

"AÑO DE LA INTEGRACION NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

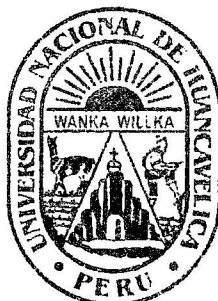
Universidad Nacional de Huancavelica

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE CIVIL - LIRCAY

U.B.
Hugo C. Salas Tocasca
Hugo C. Salas Tocasca
ARQUITECTO CAP. 10016



TESIS

**"COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL
DISTRITO DE LIRCAY KM 0+010 CAMINO A
OCOPA DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

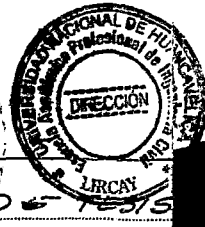
Bach. TAIPE SARMIENTO, Walter

Bach. TOVAR CHOCCELAHUA, Edson

ASESOR:

Arq. SALAS TOCASCA, Hugo Camilo

HUANCAMELICA - PERÚ
2012



124

EL PARANINTE DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL, ESCUELA
ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY, A LOS TRECE
S DEL MES DE DICIEMBRE DEL DOS MIL DOCE, SIENDO LAS OCHO Y
VINTE MINUTOS PASADO MERIDIANO, SE INSTALO LOS MIEMBROS DEL
JURADO EN BASE A LA RESOLUCION DE CONCEJO DE FACULTAD N° 30-2012
MC-R-LNH, DE FECHA. TRES DE DICIEMBRE DEL DOS MIL DOCE, EN
CUAL SE RESUELVE:

PRIMERO.- APROBAR LA DESIGNACION DE FECHA Y HORA DE
SUSTENTACION DE TESIS, DE LOS TESISISTAS DEL IV CURSO DE TITULACION
TESIS DEL TESISISTA DE LA EAPC - LIRCAY, DE LA FACULTAD DE INGENIE
RIA DE MINAS - CIVIL CUYO PROYECTO TITULADO "COMPORTAMIENTO DEL
VIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO DE
LIRCAY KM 0+010 CAMINO A OCOPA DEPARTAMENTO DE HUANCABERICA"
TANDO LOS RESPONSABLES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION CIENTIFICA LOS
HILLERES: TOVAR CHOCCELAHUA, EDSON y TAIFE SARMIENTO, WALTER,
Y MIEMBROS DEL JURADO COMO PRESIDENTE ING. ENRIQUE CAMAC
EDA, COMO SECRETARIO ING. WILLY NEIRA CALSIN. y COMO VOCAL
L. FRANKLIN, SURICHAQUI GUTIERREZ.

Y LA FINALIDAD DE EVALUAR LA SUSTENTACION DE LOS TESISISTAS REFERIDO,
PROCEDIO CON LA PARTICIPACION DEL PRESIDENTE DANDO LAS INSTRUCCIONES
RESPONDIENTES PARA DAR INICIO A LA SUSTENTACION.

SEGUNDO: DANDO EL TIEMPO NECESARIO DE 30 MINUTOS DE SUSTENTACION

JURADO: TERMINADA LA EXPOSICION SE PROCEDE A LA FORMULACION DE
PREGUNTAS PERTINENTES EL CUAL FUE ABSUELTO POR LOS TESISISTAS.

TERCERO: LOS MIEMBROS DEL JURADO DESPUES DE UN DEBATE DECLARARON
ACEDER LA APROBACION POR MAYORIA.

ENDOD LAS NUEVE Y TRENTA MINUTOS PASADO EL MERIDIANO DEL DIA.

SE DE DICIEMBRE DEL DOS MIL DOCE, EN SEÑAL DE CONFORMIDAD
MANOS AL PIE DEL PRESENTE

[Signature]

WILLY NEIRA CALSIN
SECRETARIO

[Signature]

ING. E. CAMAC E.
PRESIDENTE

[Signature]

Lic Franklin Suricchaqui Grafiresa

CERTIFICO: Que la presente copia fotostática es una reproducción exacta de su original con el cual confronto. La presente no prejuzga la legalidad del original presentado por quien manifiesta ser. _____

19 DIC. 2012

Huancavelica Lircay



Dra. BLANCA VICTORIA VEGA MORALES
ABOGADA
NOTARIA DE HUANCAMELICA LIRCAY



BLANCA V. VEGA MORALES
NOTARIA DE HUANCAMELICA LIRCAY



DEDICATORIA

A mi familia y padres
quienes me siguen
apoyando con sus sabios
concejos.

Walter Taipe Sarmiento

A mis padres que con su
esfuerzo, cariño y paciencia
lograron que mis anhelos de
cumplir este objetivo se haga
realidad.

Edson Tovar Choccelahua

AGRADECIMIENTOS

A nuestro creador, por cuidarnos y protegernos a lo largo de esta vida, dándonos oportunidades para conseguir nuestros objetivos y metas.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de Huancavelica por darnos la oportunidad de lograr el Título Profesional.

A los docentes de nuestras Facultades de Ingeniería Civil por sus enseñanzas y consejos que nos brindaron durante los años de estudio en nuestras Facultades de Ingeniería Civil de las Universidades Peruana “Los Andes” y Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

A nuestro asesor, el Arq. Hugo Camilo Salas Tocasca, por su apoyo, comprensión y tiempo dedicado para la realización del presente trabajo.

A nuestros padres por su apoyo incondicional en el camino de la superación.

A nuestros amigos y a todas aquellas personas que nos apoyaron en la culminación de la presente tesis.

Los tesistas

RESUMEN

El sistema de redes viales es parte primordial para el desarrollo económico y social del País, no sólo facilitaron la comercialización y transporte, logrando así, tener acceso a todos los servicios, generando un mejor nivel de vida del poblador beneficiado, por lo que éstas deban de mantenerse siempre en buenas condiciones.

La mayor parte de la red vial del distrito de Lircay, por su estructura física no está preparada para soportar la carga vial a la que será sometida en un futuro, por lo que es necesario implementar una red mucho más eficiente y económica, que sea capaz de soportar las cargas, volúmenes de tráfico y contrarrestar factores naturales externos, que se presentan en la zona de estudio.

La utilización de la geomalla como refuerzo, desde tiempo atrás es una alternativa, cuya finalidad es de reducir los espesores de la estructura del pavimento flexible, por lo consiguiente redujo el costo de su construcción, con las mismas calidades y requerimientos exigidos para lograr una adecuada vida útil para la que fue diseñada.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
INDICE.....	4
RESUMEN.....	7
ABSTRAC.....	8
INTRUDUCCIÓN.....	9
CAPITULO I.....	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3. OBJETIVOS.....	11
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	12
CAPITULO II.....	13
MARCO TEORICO.....	13
2.1. ANTECEDENTES.....	13
2.2. HIPOTISIS.....	13
2.2.1. HIPOTISIS GENERAL.....	13
2.3. BASES TEORICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.3.1. Pavimento flexible.....	15
2.3.2. Capas.....	16
2.3.2.1. Sub - rasante.....	16
2.3.2.2.Sub – base.....	18
2.3.2.3. Base.....	20
2.3.2.4. Carpeta de rodadura.....	21
2.3.3.Diseño del pavimento flexible.....	22
2.3.3.1. Método AASTHO para pavimentos flexibles.....	22
2.3.3.2.Procedimiento del diseño.....	22
2.3.3.3. Diseño del pavimento flexible con el uso de geomallas con el programa SPECTRA PAVE.....	23
2.3.4. Pavimento con el uso de geomalla.....	26
2.3.4.1. Geomallas.....	26
2.3.4.2. Diferentes aplicaciones de la definición de geomalla.....	27
2.3.4.3. La geomalla como refuerzo de la sub rasante.....	28
2.3.4.4. La geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible.....	32
2.3.4.5. Tipos de geomallas y sus características.....	36

2.3.4.6. Beneficios que se obtienen utilizando la geomalla en el diseño de pavimentos flexibles.....	42
2.3.4.7. Características específicas para geomallas utilizadas en esfuerzo de pavimentos.....	46
2.3.4.8. Identificación de variables.....	49
CAPITULO III.....	50
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.1. Ambito de Estudio.....	52
3.2. Tipo de Investigación.....	52
3.3. Nivel de Investigación.....	52
3.4. Método de Investigación.....	52
3.5. Diseño de Investigación.....	52
3.6. Poblacion, Muestra, Muestreo.....	52
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
3.7.1. Técnicas.....	53
3.7.2. Instrumentos.....	53
3.8. Procedimiento de recolección de datos.....	54
3.9. Procesamiento de datos.....	54
CAPITULO IV.....	56
RESULTADOS.....	56
Presentación de resultados.....	56
Discusión.....	56
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	65
GLOSARIO DE TERMINOS.....	67

ABSTRACT

The system of road networks is a basic part for the economic and social development of the Country, not only they facilitated the commercialization and transport, managing this way, to have access to all the services, generating a better standard of living of the benefited settler, for what these should of being kept always in good conditions.

Most of the road network of the district of Lircay, by his physical structure there is not prepared to support the road load to which it will be submitted in a future, for what it is necessary to implement a much more efficient and economic network, which is capable of supporting the loads, volumes of traffic and of offsetting natural external factors, which they present in the zone of study.

The utilization of the geogrid as reinforcement, from time behind is an alternative, which purpose is of reducing the thicknesses of the structure of the flexible pavement, for the consequent thing it reduced the cost of his construction, with the same qualities and requirements demanded to achieve a suitable useful life for the one that was designed.

INTRODUCCIÓN

Ascensión es un distrito que, debido a su ubicación geográfica, presenta una topografía accidentada, a lo largo de toda su extensión territorial, por lo que el ingeniero civil, se encuentra con dificultades durante los procesos constructivos de los distintos tipos de proyectos que se desarrollan.

La red vial sufre un constante deterioro, causado por el incremento vehicular, así como por el aumento de las cargas que soporta la estructura del pavimento.

Por tal motivo, es necesario proponer una solución práctica para poder construir vías más resistentes y eficientes, prolongando así, la vida útil de las mismas sin que esto represente complicaciones en el proceso constructivo o procedimientos más largos con costos excesivos.

Como una alternativa, en el diseño de pavimentos flexibles se encuentra la geomalla, utilizada recientemente en proyectos de ingeniería pero sobre todo de infraestructura vial como refuerzo de la estructura del pavimento flexible, reduciendo espesores de las capas, prolongando la vida útil de la misma y logrando un pavimento más eficiente.

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los pavimentos son sometidos a importantes cargas dinámicas debido a la circulación de vehículos, cargas que provocan la aparición de grietas, que en conjunto con el agua, aceleran el proceso de deterioro de la estructura del pavimento flexible, la existencia de grietas interrumpe la transmisión de las fuerzas transversales inducidas por la acción del tráfico, disminuyendo las propiedades mecánicas de las capas que la conforman. Tradicionalmente el procedimiento que se emplea para solucionar este problema es el tendido de una nueva capa de asfalto, sin embargo, la experiencia ha demostrado que las fisuras con el paso del tiempo, si las condiciones del tráfico no varían o disminuyen, aparecen nuevamente en la capa. Para intentar retrasar este fenómeno, se han empleado carpetas de rodadura con espesores mayores, lo cual representa una

solución anti económica, y poco práctica, ya que la transmisión de esfuerzos cortantes entre ambas capas es mínima, causado principalmente por una discontinuidad entre estas, que en algunos casos puede provocar hasta deslizamientos entre la capa superior e inferior.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será el comportamiento del Pavimento Flexible con el uso de la geomalla en el sector de Ocopa, distrito de Lircay, provincia Angaraes y departamento de Huancavelica?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer el comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomallas como alternativa para el refuerzo de la estructura.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la reducción de la estructura del pavimento flexible con el uso de geomallas y un pavimento flexible sin el uso de geomallas.
- Conocer las propiedades de la geomalla biaxial, como el sistema que mejora la capacidad soporte de la estructura de pavimento flexible.

- Conocer el uso del programa Spectra Pave 2.14, de la empresa Tensar, como una herramienta para el diseño de pavimentos flexibles.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la prolongación del camino, sector Ocopa, distrito de Lircay, provincia de Angaraes y departamento de Huancavelica, el tipo de suelo presenta características de suelo blando, donde la utilización de la geomalla sería factible frente a métodos tradicionales de diseño de la estructura del pavimento.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible, es un método moderno que se está utilizando a nivel mundial para reducir espesores de las capas, prolongando la vida útil del pavimento, logrando vías de comunicación más eficientes y duraderas. Se describen los criterios a considerar para el diseño de estructuras de pavimentos flexibles utilizando la geomalla bi-axial como refuerzo y los diferentes tipos de geomallas disponibles en el mercado con sus distintas aplicaciones. (Caballeros 2006).

2.2. HIPÓTESIS

2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL.

H₁: El uso de la geomalla como refuerzo reduce los espesores de la estructura del pavimento flexible en el Distrito de Lircay KM 0+010 camino a Ocopa, departamento de Huancavelica.

H₀: El uso de la geomalla como refuerzo no reduce los espesores de la estructura del pavimento flexible en el Distrito de Lircay KM 0+010 camino a Ocopa, departamento de Huancavelica.

DISEÑO DE UN PAVIMENTO UTILIZANDO GEOMALLAS EN TRAMO DE LA CARRETERA LIRCAY – OCOPA (KM 0+010)

En la presente tesina de seminario de graduación se realiza el diseño de un tramo de la carretera Lircay – Ocopa utilizando geomallas que es un geosintético que mejora la capacidad estructural de un pavimento. El tramo comprendido desde la abscisa 0+010 de esta carretera presenta baja capacidad de soporte por lo que se hace necesario el uso de este material. Se muestra en primer lugar la metodología de diseño por el método AASHTO comparando los espesores de cada capa de pavimento con respecto a los que resultan de la metodología de diseño utilizando la geomalla. Con esto se pretende comprobar las ventajas que ofrecen las geomallas referente a cantidades de material, transporte y tiempo de construcción de una obra, que se traducen en menor costo en comparación con el método de diseño tradicional. (Tapia et.al., 2007).

2.3 BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 Pavimento flexible

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas vehiculares provocadas por el tránsito y las transmiten a

los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe de funcionar eficientemente, además de ser cómoda para el usuario. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico derivado de un diseño, ya que cuando se determinan los espesores de las capas, el objetivo es darle el espesor mínimo aceptable que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no sólo dependerá del material que las constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo, siendo dos factores importantes la compactación y la humedad. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida útil de entre diez y quince años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento constante para poder cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente, de la sub rasante, la sub base, la base, y la carpeta de rodadura o carpeta asfáltica.

2.3.2 Capas

2.3.2.1 Sub - rasante

Definición de sub-rasante

La sub-rasante es la capa de terreno natural de una carretera, que soporta la estructura del pavimento, se extiende hasta una profundidad

tal que no le afecte la carga de diseño correspondiente al tránsito previsto. De su capacidad soporte depende el espesor que debe de tener toda la estructura del pavimento. Es considerada como la cimentación del pavimento.

Características principales de la sub-rasante

La principal función de la sub-rasante, es soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas de tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de manera que el terreno natural sea capaz de soportarlas. Si el terreno de la sub rasante es malo, por ejemplo: Tiene un alto contenido de materia orgánica, constituido por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas, generalmente de una textura fibrosa, de color café oscuro o negro, y/o basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de las estructura del pavimento, debe de desecharse este material y sustituirse por otro de mejor calidad. De igual manera si el terreno de la sub rasante está formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, deberá de colocarse una capa de

sub base de material granular seleccionado antes de proceder con el tendido de las capas superiores.

Si el terreno está formado por un suelo bien graduado que no ofrezca peligro de saturación, o bien formado por un material de granulometría gruesa, existe la posibilidad que no se requiera de una capa de sub base.

Por último, si el terreno tiene un valor soporte elevado y no existe la posibilidad de saturación de agua, no existiría la necesidad de conformar una estructura de pavimento como tal, omitiendo la colocación de la sub base y la base, colocando únicamente la carpeta de rodadura.

Ya que la sub rasante es considerada como la cimentación del pavimento, una mejor calidad de materiales con los que se cuente en esta capa, ayudará a la reducción de las capas de la estructura del pavimento, logrando así un ahorro en los costos de construcción sin disminuir la calidad y vida útil de la misma.

2.3.2.2 Sub - base

Definición de sub-base

La sub-base es la capa de la estructura del

pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que la sub rasante las pueda soportar.

Características principales de la capa de sub-base.

La capa de sub-base controla la ascensión capilar del agua proveniente de los niveles freáticos cercanos, o bien de otras fuentes, protegiendo así, el pavimento contra los hinchamientos que se puedan producir.

En países en donde existen épocas de helada, este hinchamiento se produce por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión del agua

es considerable. Controla y elimina en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el materia de la sub-rasante, además de funcionar como una capa de drenaje para la estructura del pavimento. La sub-base puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y

características de los suelos existentes en la sub-rasante pero en ningún caso dicho espesor compactado puede ser menor de cien milímetros ni mayor de setecientos milímetros.

2.3.2.3 Base

Definición de base

La capa de base es la capa encargada de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, y de repartirlos uniformemente a las capas de sub-base y sub-rasante.

Características principales de la capa de base

Las bases pueden ser granulares, formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados para construir una base integrante de un pavimento, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o estabilizadas con cemento u otro material ligante. El material pétreo que se emplee en la base deberá de llenar los siguientes requisitos:

- Resistencia a los cambios de temperatura y humedad.

- Carecer de cambios de volúmenes perjudiciales
- Un porcentaje de desgaste inferior a cincuenta, de acuerdo al ensayo de la máquina de los ángeles.
- La fracción del material que pase por el tamiz cuarenta, debe de tener un límite líquido menor del veinticinco por ciento y un índice plástico inferior a seis.
- Un CBR superior a 70 %, cuando se cumple el 95 % de la densidad máxima sea obtenida del ensayo AASHTO T-180(Proctor Modificado).

2.3.2.4 Carpeta de rodadura

Definición de carpeta de rodadura

También conocida como carpeta asfáltica, la carpeta de rodadura es la capa de la estructura del pavimento flexible elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico, que protege la base, impermeabilizando la superficie, evitando de esta manera posibles infiltraciones del agua de lluvia, que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores que conforman la estructura del pavimento flexible. Además de

evitar el desgaste y deterioro de la base como consecuencia del tránsito vehicular al cual está sirviendo.

Características principales de la carpeta de rodadura.

El concreto asfáltico es el sistema para construcción de vías, más empleado en Guatemala, que consiste en la elaboración en planta, en caliente, de una mezcla en proporciones controladas de materiales derivados del petróleo, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para obtener un producto uniforme y duradero de alta resistencia que se pueda tender y compactar, en una o varias capas.

2.3.3Diseño del pavimento flexible

2.3.3.1 Método AASHTO para pavimentos flexibles

El método de diseño AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años partir de los deterioros que experimentan representar las relaciones deterioro - sollicitación para

todas las condiciones ensayadas. A partir de la versión del año 1986, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. Los modelos matemáticos respectivos también requieren de una calibración para las condiciones locales del área donde se pretenden aplicar.

2.3.3.2. Procedimiento del diseño

El procedimiento descrito es detallado en los anexos (ver Anexo N° 01).

2.3.3.3 Diseño de Pavimento flexible con el uso de geomallas con el programa SPECTRA PAVE

El procedimiento descrito es detallado en los anexos (ver Anexo N°02)

Método de Diseño

Los Doctores Giroud y Han (2004) desarrollaron una teoría basada en calibraciones diseñadas para refuerzos de vías no pavimentadas. Ellos se basaron en el método de diseño desarrollado anteriormente

por Giroud y Noiray (1981). Giroud y Noiray desarrollaron una solución empírica para vías no reforzadas usando datos de ensayos y cuantificándolos en beneficios resultado de un refuerzo con geotextiles. Ésta solución esta basada en el equilibrio límite de la capacidad portante con una modificación que considera el beneficio del efecto de membrana tensionada. La teoría de Giroud y Han toma en cuenta la distribución de esfuerzos, las características del relleno, la interfase geomalla – agregado, volumen de tráfico, presión de las llantas, profundidad de ahuellamiento, calidad de la sub rasante, etc. El cálculo del espesor de relleno para mejoramiento se realiza en base a la siguiente fórmula:

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

Donde:

h = espesor de relleno requerido (m)

J = Modulo de apertura de la geomalla (N-m/degree)

P = Carga de la llanta (kN)

r = radio de impresión de la llanta (m)

N = Número de pasadas de un eje.

RE = Modulo de ratio:

$$\frac{E_{bc}}{E_{sg}} = \frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} \leq 5$$

CBRbc = Valor de CBR del relleno.

CBRsg = Valor de CBR de la sub rasante.

fs = Factor de profundidad (75mm)

s = Profundidad máxima de ahuellamiento (mm).

Nc = Factor de capacidad portante

= 3.14 (sin refuerzo)

= 5.71 (refuerzo con geomallas)

Fc = Factor (30kPa)

Cálculos preliminares:

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$$

p = Presión de la llanta

Se deberá realizar la verificación si se necesita una mejora en la sub rasante:

$$P_{h=0, \text{sin.refuerzo}} = \left(\frac{s}{f_s} \right) \pi r^2 N_c c_u$$

Ph = Capacidad de soporte sin refuerzo (kN)

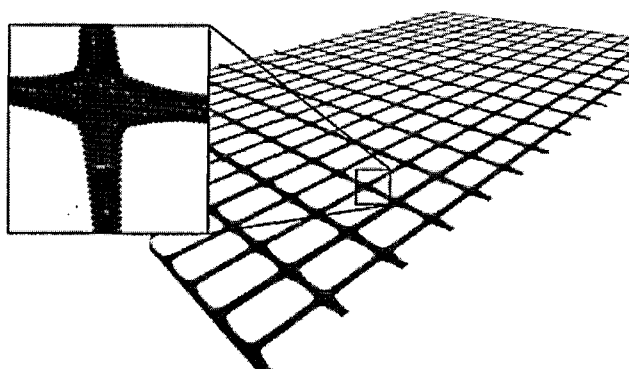
Si $P < Ph=0$, sin refuerzo la sub rasante puede

soportar la carga del eje con un mínimo de espesor de relleno de 10cm, si $P > Ph=0$, sin refuerzo se requiere de un mejoramiento de la sub rasante. Después de realizado éstos cálculos se procede a reemplazar los valores en la fórmula 1.

2.3.3 Pavimento con el uso de geomalla

2.3.4.1 Geomallas

Son estructuras tridimensionales pero con la característica de ser mono o bi-orientadas. Están fabricadas en polietileno de alta densidad, utilizando un proceso de extrusión. Tienen una mayor adherencia al terreno y una mayor durabilidad en el medio que los geotextiles. (Tapia et.al., 2007).



Vista de geomalla Biaxial

2.3.4.2 Diferentes aplicaciones de la definición de geomalla

El movimiento de tierras es cada vez más costoso, las cargas son cada vez más pesadas, y nos encontramos con grandes espesores de relleno. Para solucionar este y otros problemas, es necesario encontrar una solución práctica y económicamente atractiva para poder desarrollar los diferentes proyectos de ingeniería. Esta solución la constituye la utilización e implementación de la geomalla, brindando tecnología de aplicación innovadora con productos alternativos que mejoran la construcción y el movimiento de tierras, entre otros, sirviendo a una gran variedad de mercados industriales y comerciales, centrado principalmente en los siguientes campos de aplicación:

- Sistemas de mejoramiento de caminos
- Taludes reforzados
- Sistema de mejoramiento de cimentación
- Sistema de muros de retención
- Sistema de muros de retención temporales
- Sistema de retención de taludes

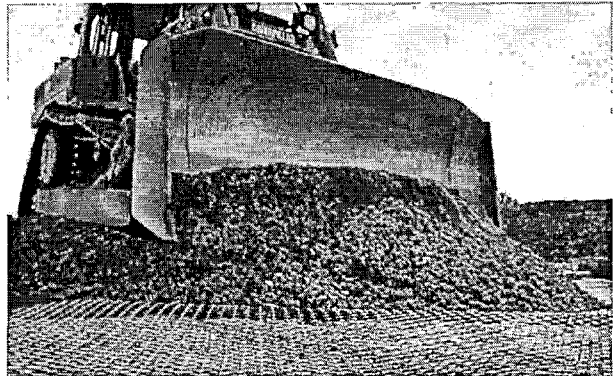
- Sistemas mineros
- Sistemas costeros y fluviales
- Sistemas de gestión de residuos

(Pérez et.al., 2003).

2.3.4.3 La geomalla como refuerzo de la sub rasante

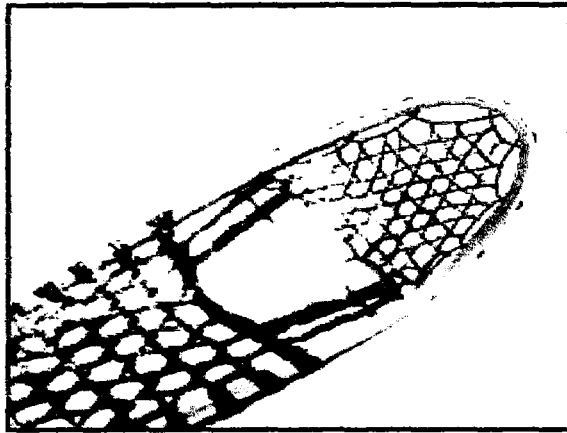
En suelos blandos las sub-rasantes débiles representan un problema común en la construcción de pavimentos, el fallo de la misma conduce al deterioro rápido de la estructura del pavimento flexible. Tradicionalmente, estas sub-rasantes débiles, pobres o contaminadas han sido removidas para ser reemplazadas con relleno de material importado, o bien estabilizadas químicamente. Sin embargo estas opciones son sumamente caras y consumen mucho tiempo durante el proceso constructivo. Con la incorporación de la geomalla se aumenta el rendimiento de la sub-rasante, formando una estructura de pavimento flexible más resistente, dando a la misma una capa de cimentación estable y mucho más resistente, actuando como una plataforma constructiva, mejorando la compactación, reduciendo la oscilación y el

punzonamiento maximizando la capacidad de carga de la sub-rasante, además de reducir costos y tiempos provocados por el movimiento de tierras.



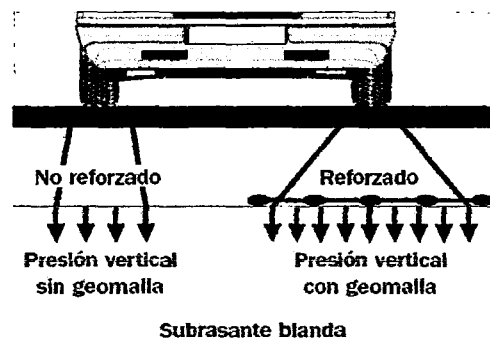
Vista del colocado sobre la malla de la sub-base

Esto se logra mediante la distribución de cargas de manera más eficiente, reduciendo la presión sobre la sub-rasante, mejorando de este modo su comportamiento, utilizando el mismo principio de las raquetas para nieve, que soportan el peso de un hombre sobre la nieve blanda, transformando la carga puntual en una carga distribuida.



Modelo de distribución de esfuerzos

La geomalla debe tener la capacidad de distribuir cargas eficazmente sobre la subrasante, de manera amplia y pareja, debe de existir una interacción compleja entre la geomalla y el material.



Efecto de carga de vehículo

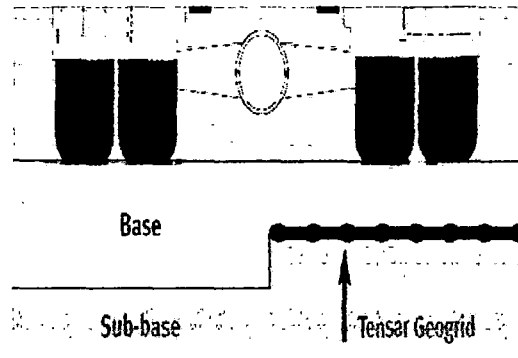
En la medida en que la resistencia de la subrasante se incrementa, la aplicación de la geomalla va de estabilización mecánica de la misma, a refuerzo de la capa de base granular,

en general, la utilización de la geomallas se recomienda para sub-rasantes, en los rangos de: CBR, entre cero y dos, para permitir la construcción de una plataforma de trabajo (mejoramiento de la sub-rasante) y proteger la sub-rasante ante fallas por capacidad soporte. CBR entre dos y cuatro, para garantizar la estabilidad de las capas granulares. CBR, mayor a cuatro, para reducir el espesor de las capas de base granular y aumentar la vida útil de la estructura del pavimento flexible. (Cajigas, 2003)

2.3.4.4 La geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible

Con frecuencia, las estructuras de pavimento flexible fallan prematuramente porque el material de la capa de base se esparce lateralmente de los senderos de las ruedas, produciendo el ahuellamiento, alejándose de las cargas del tránsito. Dando como resultado la rotura de la superficie del pavimento. Se ha podido demostrar que la utilización de la geomalla aumenta significativamente la vida útil de la estructura del pavimento flexible, además de contribuir con la reducción de las

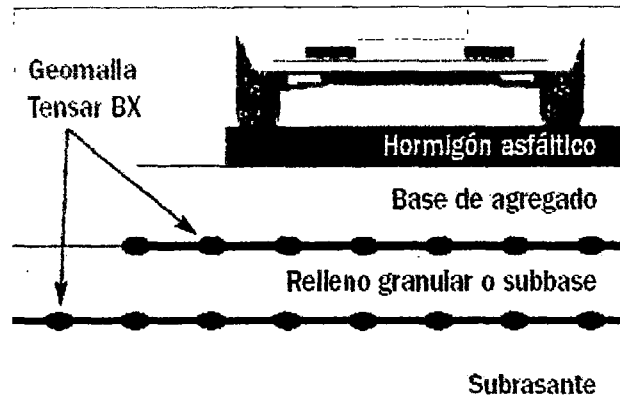
capas de base, y aumentar la capacidad soporte de la misma, dando como resultado un ahorro significativo en los costos tanto de construcción como de operación.



Espesores; Sin y con aplicación de la geomalla

Las geomallas han sido utilizadas con éxito como refuerzo de estructuras granulares en pavimentos flexibles desde el año de 1980 en Estados Unidos. Este tipo de refuerzo se ha definido como refuerzo de base, como efecto de restricción lateral o de refuerzo de confinamiento, debido a la unión que se genera en la interacción del suelo granular con la geomalla. El agregado no reforzado se desplaza lateralmente bajo las cargas del tráfico, causando el ahuellamiento, y finalmente el fallo de la estructura del pavimento flexible. Las capas reforzadas con geomalla resisten este movimiento lateral y brindan un mejor comportamiento a largo

plazo.

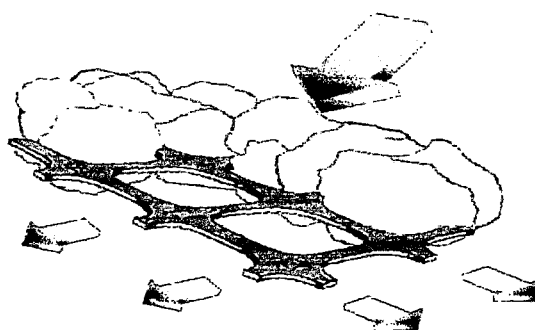


Aplicación de dos capas de geomalla

La restricción al desplazamiento lateral hace referencia al confinamiento que restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de cargas. Dado que la mayoría de los materiales utilizados para la construcción de pavimentos flexibles son esfuerzo – dependientes, la restricción al desplazamiento lateral hace que queden trabajando permanentemente a compresión, obteniendo como resultado un aumento en el módulo mecánico de la capa de base, lo que significa una mayor capacidad soporte y de distribución de esfuerzo, por lo tanto, menores deformaciones sobre la sub-rasante.

La geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente

de falla que se genera, confinándola completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la subrasante. El refuerzo a tensión que ejerce la geomalla interactuando con el suelo y el mecanismo vertical resultante, están en función del modulo de deformación elástico de la geomalla y de la restricción lateral al movimiento del suelo granular, utilizando para ello, de preferencia suelos granulares con mayor cantidad de partículas angulares, para obtener un mayor efecto de refuerzo como resultado de la interacción de las partículas y la geomalla.



Interacción malla suelo, distribución de esfuerzos

La colocación de una o varias capas de geomalla dentro o en el fondo de la capa de base, permite la interacción por cortante entre

el agregado y la geomalla, a medida que la base trata de desplazarse lateralmente. La carga por cortante es transmitida desde el agregado de la capa granular hacia la geomalla y la coloca en tensión. La relativamente alta rigidez de la geomalla actúa para retardar el desarrollo de la deformación por tensión en el material adyacente a esta.

Una deformación lateral más pequeña de la base se traduce en menor deformación vertical de la superficie de rodadura.

Cuando se diseña un refuerzo de la estructura granular de un pavimento flexible, debe tenerse en cuenta que las aperturas de la geomalla permitan una buena interacción con el suelo y especialmente que garantice una baja deformación a lo largo de la vida útil de la misma, ante la permanente repetición de cargas dinámicas, que exigen a la geomalla mantener su resistencia a la tensión, para no permitir deformaciones en la estructura del pavimento flexible. (Cajigas, 2003)

2.3.4.5 Tipos de geomallas y sus características

Las geomallas pueden ser flexibles de hilos de poliéster, nylon o fibra de vidrio de alta

tenacidad, u homogéneos de alta densidad fabricados con polietileno, polipropileno, o bien fibra de vidrio para casos especiales.

La geomalla es una red regular de elementos tensiles conectados integralmente, con una geometría de apertura suficiente para permitir una traba mecánica importante con el suelo, agregados y material que le rodea.

Para todos los tipos de geomalla el porcentaje del área abierta debe estar entre el cincuenta y ochenta por ciento, según recomendación del Cuerpo de Ingenieros de los Estado Unidos.

Todas las geomallas deberán tener una resistencia mínima en las costillas, o juntas, de cuarenta libras, si esto no se cumple entonces deberá tener una masa mínima de 8 onzas por yarda cuadrada, y una rigidez flexional de 30.000 mg-cm. Las mallas de polietileno y de polipropileno, deben contar con los tratamientos antioxidantes para estabilizarlos dentro del proceso de fabricación, para protegerlos durante la construcción y su vida útil, introduciendo la cantidad de carbón necesario para lograr dicho efecto.

Todas estas características forman una cadena de propiedades que confiere a las

geomallas su capacidad para mejorar el rendimiento de la estructura del pavimento flexible. (Cajigas, 2003).

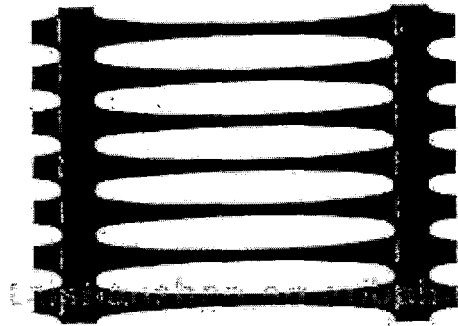
Geomallas Uniaxiales

Las geomallas Uniaxiales poseen toda su capacidad alineada en una única dirección, con juntas transversales, éstas, se utilizan en aplicaciones donde se conoce a ciencia cierta la dirección de aplicación de la carga, soportando así grandes cargas de tracción en la dirección del rollo, por ejemplo en el refuerzo de taludes y muros, fabricadas principalmente con polietileno.

Estas suelen utilizarse como un refuerzo primario del suelo, brindándole resistencia al mismo, permitiendo en el caso de taludes, tomar ángulos de inclinación prácticamente verticales.

Actúan mediante dos mecanismos, por un lado, transfieren las tensiones resistentes al suelo por el empuje pasivo que se genera en los miembros transversales de la misma, y por el otro lado, crean esfuerzos de fricción entre el suelo y sus superficies horizontales (costillas) Ambos mecanismos se resisten al

movimiento o *pull out* de la malla, creando un refuerzo eficaz. (Cajigas, 2003).



Estructura de geomalla monoaxial

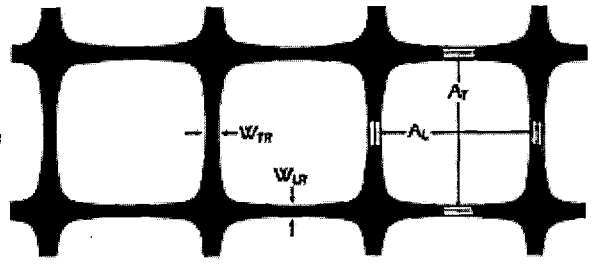
Geomallas bi-axiales

Las geomallas bi-axiales poseen su capacidad de carga en ambas direcciones, aproximadamente perpendiculares entre sí, y se utilizan para refuerzos con cargas en direcciones variables, por ejemplo carreteras. Resisten altas cargas, a corto plazo o cargas moderadas durante períodos prolongados de tiempo, aplicadas en cualquier dirección del plano de colocación de la misma. Estas son fabricadas principalmente con resinas selectas de polipropileno, son químicas y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos, además de ser resistentes al desgaste, rasgaduras y

punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección del plano de la malla.

Dentro de las geomallas bi-axiales, pueden diferenciarse otros dos grupos, las geomallas rígidas y las geomallas flexibles. Las primeras son aquellas fabricadas de polipropileno, y las segundas fabricadas generalmente con fibras de poliéster unidas en los puntos de encuentro mediante diferentes métodos de tejido con un revestimiento generalmente de PVC. La función más importante que debe cumplir la geomalla bi-axial es la de servir de refuerzo de las capas de la estructura de pavimento flexible, ayudando efectivamente a soportar las cargas vehiculares sobre la misma, ya sea durante el proceso constructivo, o bien durante su funcionamiento. A partir de investigaciones realizadas en Estado Unidos, se ha demostrado que para el refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles, se requiere que la geomalla bi-axial esté a una profundidad óptima entre veinticinco y treinta y cinco centímetros de la superficie de rodadura, para lograr un mejor comportamiento de la misma y obtener todos los beneficios

proporcionados por la geomalla.



Estructura de una geomalla biaxial

La presencia de la geomalla bi-axial en la capa de base ha demostrado contribuir con el cambio en las condiciones de carga y deformación del material de la sub-rasante, ya que la rigidez incrementada en esta capa da lugar a una reducción en las tensiones verticales actuantes sobre la sub-rasante. (Cajigas, 2003).

2.3.4.6 Beneficios que se obtienen utilizando la geomalla en el diseño de pavimentos flexibles.

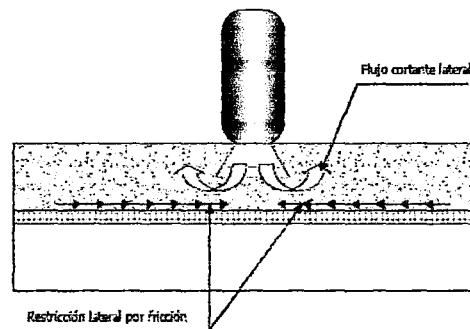
Refuerzo

Se han identificado tres tipos de mecanismos de refuerzo fundamental que suceden al colocar una geomalla dentro de la capa granular, o bien dentro del sub-rasante y la

capa de base granular. (Flores y Rolando, 2002).

Restricción del desplazamiento lateral

La restricción del desplazamiento lateral hace referencia al confinamiento que restringe el desplazamiento del material granular ante la aplicación de carga. (Cajigas, 2003).

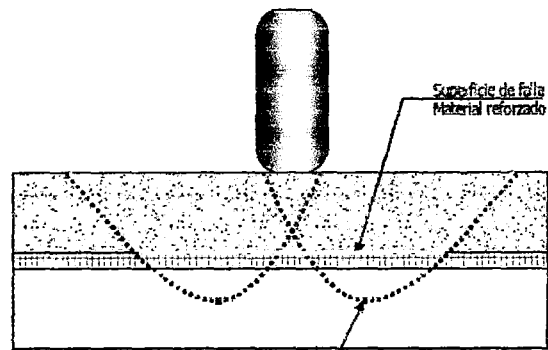


Esfuerzo de cargas producidas por un vehículo

Mejora de la capacidad soporte

El segundo mecanismo es en consecuencia al desplazamiento hacia arriba de la envolvente de falla del sistema del pavimento.

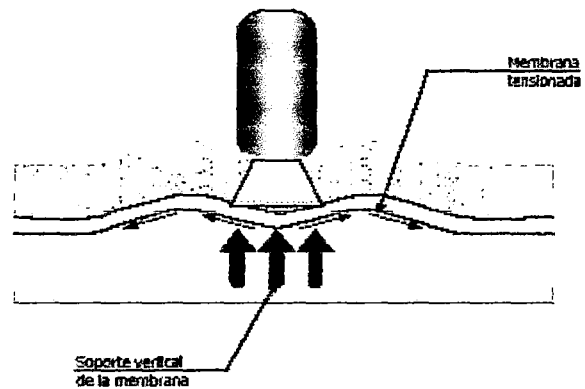
La geomalla actúa como una barrera que controla la superficie inferior de la envolvente de falla, confinándola completamente a la capa de base granular, que ofrece mayor resistencia que la sub-rasante. (Cajigas, 2003)



Incremento del modulo resiliente

Efecto de membrana tensionada

Este efecto se basa en el mejoramiento de la capacidad de distribución vertical del esfuerzo resultante de la tensión en una membrana deformada.



En recapeos para minimizar el espesor de la nueva carpeta de rodadura, retrasar la aparición de las grietas e incrementar la resistencia de la estructura del pavimento flexible se ha utilizado la geomalla de fibra de vidrio, aumentando la resistencia de la nueva carpeta asfáltica, ya que absorbe los esfuerzos

a tracción horizontal que se generan sobre la misma. Es importante tomar en cuenta que exista continuidad dentro del conjunto, por lo que es fundamental que la geomalla se adhiera perfectamente al asfalto. Para incrementar esta adherencia se puede impregnar y recubrir esta de material bituminoso. (Cajigas, 2003).

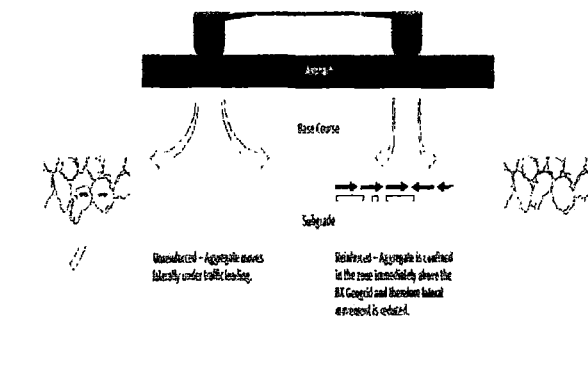
Confinamiento

El refuerzo de estructuras granulares en pavimentos flexibles con la utilización de la geomalla se ha definido como refuerzo de confinamiento, debido al trabe que se genera en la interacción de suelo granular de la capa de base con la geomalla. (Cajigas, 2003)

Separación de capas

La separación de capas a través de una geomalla evita que los componentes de la capa de base granular de un pavimento flexible, se puedan mezclar con el suelo de la sub-rasante, cambiando las características iniciales de ésta, produciendo una falla de

deformación en esta interfase, y desde luego el ahuellamiento y fisuras en la carpeta de rodadura. (Cajigas, 2003).



Efecto estructural del geomalla

2.3.4.7 Características específicas para geomallas utilizadas en esfuerzo de pavimentos.

Tamaño de la abertura

Las aberturas de las geomallas deben ser lo suficientemente grandes, como para permitir que los agregados y el suelo penetren a través de ellas, pero lo suficientemente pequeñas para proporcionar un trabe eficaz. Se ha demostrado que una abertura entre 0.9 y 1.5 pulgadas tiene el mejor comportamiento con la mayor parte de las combinaciones de agregados y suelos de las bases para carreteras. (Gálvez y Tomas, 2005).

Área de la abertura

El área de abertura es un porcentaje del área total de la geomalla medida en sentido horizontal. Para todos los tipos de geomalla este porcentaje debe de ser entre el cincuenta y ochenta por ciento del área total. Las geomallas con mayor estabilidad de apertura tienen un mejor comportamiento en campo. (Gálvez y Tomas, 2005).

Grosor de las costillas y uniones

Las costillas cuadradas o rectangulares y gruesas proporcionan mejor interacción con los suelos al momento de confinar las partículas, en comparación a las costillas redondeadas y angostas. (Gálvez y Tomas, 2005).

Resistencia a la torsión

También es conocido como módulo de estabilidad de la abertura, es la resistencia al movimiento de rotación en el plano de una carga aplicada a la unión central de una muestra. (Gálvez y Tomas, 2005).

Resistencia a la flexión

Esta característica simplifica la instalación en campo ya que ofrece resistencia a la deformación durante y después de la instalación de la geomalla. (Gálvez y Tomas, 2005).

Resistencia a la tensión

Para el caso de las geomallas Uniaxiales esta resistencia se da únicamente en un sentido, en el sentido longitudinal de la misma, o bien el sentido del rollo. Para el caso de la geomallas bi-axiales esta resistencia se presenta en ambos sentidos, sin embargo presentan mayor capacidad a la tensión en el sentido longitudinal, o bien el sentido del rollo. (Gálvez y Tomas, 2005).

Resistencia de las juntas

Todas las geomallas deben tener una resistencia mínima en las uniones o costillas de cuarenta libras, con el fin de transmitir eficazmente las cargas de costilla a costillas, a lo largo y ancho de toda la geomalla. (Gálvez y Tomas, 2005).

2.3.4.8. IDENTIFICACION DE VARIABLES:

a. Variable Independiente:

X : Uso de la geomalla como refuerzo.

b. Variable Dependiente:

Y : reduce los espesores de la estructura del pavimento flexible.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERATIVA	INDICADORES
X : USO DE LA GEOMALLA COMO REFUERZO	Es el estudio de pavimentos flexibles están dentro del límite aceptable basados en la NTP.	Es aquella que cumple con las NTP.	Uso : %
Y : REDUCE LOS ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	El uso de la geomalla en el comportamiento del pavimento flexible reducirá los espesores estructurales del pavimento.	Esta referida a la reducción de espesor de la estructura del pavimento flexible en metros	Espesores en M

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ámbito de Estudio

Aspectos Geográficos

a. Ubicación política y geográfica.

Región	: Huancavelica
Provincia	: Huancavelica
Distrito	: Lircay
Anexo	: Ocopa
Sector	: Lircay - Ocopa

Ubicación geográfica:

Latitud Sur	: 12° 50' 27"
Longitud Oeste	: 74° 34' 14"

Vías de Comunicación

El anexo de Ocopa cuenta con dos accesos desde la ciudad de Lircay; Por el barrio Bellavista se accede a través de la Av. Ancara, con una vía pavimentada en buen estado.

Topografía y tipo de Suelo

El tipo de suelo predominante es el suelo del tipo conglomerado con mezclas de gravas, arenas y arcillas en diferentes porcentajes, siendo la zona más vulnerable el sector de Quintanilla Pampa, por presentar un suelo con alto contenido de arcillas y limos orgánicos y adicionalmente presencia del nivel freático.

Clima y Precipitación

El clima predominante es típico de la sierra central, el cual es frío, seco y lluvioso. La temperatura ambiental fluctúa a lo largo del año, registrándose temperaturas según el periodo de año, en los meses de junio y agosto hasta 0 °C en la noche mientras que en el día presenta una temperatura de hasta 18 °C. La temperatura media en los últimos años fue de 15° C, y el ciclo de lluvias es de Diciembre a Abril y los meses de verano es de Mayo a Noviembre.

Hidrología

La colectora principal del recurso hídrico en el distrito de Lircay es la cuenca del río Sicra, del cual forma parte el río Lircay. El

comportamiento hidrológico de esta cuenca es regular, por cuanto las precipitaciones son típicas de la sierra del Perú.

Estado actual de la infraestructura vial

Actualmente la infraestructura vial de la zona urbana de la ciudad de Lircay se encuentra clasificada en vías pavimentadas, del tipo rígido; concreto simple y empedrados con lajas de piedra y vías en terreno natural a nivel de afirmado en pésimo estado de conservación.

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación de fue Básica

3.3 Nivel de Investigación

Se analizó a un nivel Analítico – Descriptivo

3.4 Método de Investigación

La investigación fue del tipo Cuantitativo.

3.5 Diseño de Investigación

Según el análisis y alcance de los resultados la tesis fue descriptiva.

3.6 Población, Muestra, Muestreo

Población:

Las vías que tengan las características de suelos blandos y que serán pavimentadas en el ámbito del distrito Lircay.

Muestra y Muestreo:

Tramo Lircay – Ocopa del distrito de Lircay de la Provincia de Angaraes del departamento de Huancavelica. Se obtuvo información de campo de la zona de estudio, la cual posteriormente se procesó en gabinete siguiendo una secuencia metodológica.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnicas

Se realizó calicatas siguiendo las técnicas de obtención de muestras de suelo; una vez aperturada la calicata, obtener los volúmenes de muestra, tenderlos sobre un costal de yute y efectuar el cuarteo, definir la muestra representativa y almacenarla en un recipiente para ser enviado a laboratorio, con su respectivo etiquetado. Se realizó calicatas para obtener muestras en la en las progresivas 0+010km con una profundidad de 0.80m, 1+625km con una profundidad de 0.80m, 1+790km con una profundidad de 1.70m, 2+000km con una profundidad de 1.15 m.

3.7.2 Instrumentos

- Cámara digital
- Equipo de Casagrande

- Tamices
- Cinta métrica
- Horno eléctrico
- Balanza electrónica

3.8 Procedimiento de recolección de datos

Especificaciones Técnicas de la geomalla Bi-axial Bx.

Estos datos fueron tomados de acuerdo a los estudios realizados por la empresa Tensar, las que son:

- Estabilidad de la abertura y resistencia a la torsión.
- Rigidez y resistencia a la flexión.
- Resistencia a la tensión.
- Resistencia de las uniones o nudos.

Ensayos de laboratorio para la Sub base y Base:

- Análisis Granulométrico (ASTM-D422, AASHTO T217)

Límites de Consistencia

a) Límite Líquido ASTM D423

b) Límite Plástico ASTM D424:

c) Índice de Plasticidad:

Ensayo Proctor Modificado:

Ensayo de CBR (ASTM-D1883, AASHTO T193).

3.9 Procesamiento de datos

Software Spectra pave v. 4.12

- El sistema Spectra, de Tensar Earth Technologies, mejora la sistematización de diseño de pavimento flexible de tres maneras:
 - Simplifica la construcción
 - Prolonga por diseño la vida útil
 - Reduce los materiales requeridos
- Este sistema no sólo permitió acceso y construcción en situaciones poco ideales, sino que ofreció una solución técnica predecible.
- Esta solución depende de la actuación conjunta de las geomallas Tensar® biaxiales (BX) y la base de agregados triturados para crear una estructura compuesta más fuerte que aumenta el rendimiento de la subrasante o la capa base de agregados subyacente.
- El resultado fue un pavimento más duradero y eficiente en términos de costo. El sistema Spectra y los principios de diseño probados logran estos resultados por medio de dos métodos distintos pero afines:
 - Mejoramiento de la subrasante
 - Refuerzo de la capa base

CAPITULO IV:

RESULTADOS

Presentación de Resultados

Se realizaron ensayos de Límite Líquido, Índice de Plasticidad y Granulometría para clasificar la calidad del suelo, según el sistema AASHTO, el material se clasifica:

- En el grupo (A-1-b(0)) para la Prog. Km 01+420 que corresponde a un suelo Grava limoso. Los resultados obtenidos para la clasificación fueron los siguientes LL 25.3% L P 23.3%, IP 2.00% (ver anexos – ensayos de laboratorio).
- En el grupo (A-2-6(0)) para la Prog. Km 01+625 que corresponde a un suelo Grava Arcilloso. Los resultados obtenidos para la clasificación fueron los siguientes LL 37.7%, L P 23.3%, IP 14.4% (ver anexos – ensayos de laboratorio).
- En el grupo (A-2-7(0)) para la Prog. Km 01+790 que corresponde a un suelo Arena Arcilloso. Los resultados obtenidos para la clasificación fueron los siguientes LL 51.1%, L P 0.2%, IP 51.0% (ver anexos – ensayos de laboratorio).

- En el grupo (A-1-a (0)) para la Prog. Km 02+000 que corresponde a un suelo Grava mal graduada – Grava Limosa. Los resultados obtenidos para la clasificación fueron los siguientes LL 28.7%, L P 26.2%, IP 2.5% (ver anexos – ensayos de laboratorio).
- En el grupo (A-2-4(0)) para la Prog. Km 02+000 que corresponde a un suelo Grava mal graduada. Los resultados obtenidos para la clasificación fueron los siguientes LL 36.1%, L P 28.1%, IP 7.9% (ver anexos – ensayos de laboratorio).
- En el grupo (A-2-4(0)) para la Prog. Km 02+025 que corresponde a un suelo Arena Limosa. Los resultados obtenidos para la clasificación fueron los siguientes LL 32.3%, L P 28.9%, IP 3.4% (ver anexos – ensayos de laboratorio).

Resultados del CBR para la Sub rasante.

- Se realizó ensayo de Compactación CBR en la progresiva 1+420 km. en laboratorio dándonos los siguientes resultados (al 95% es de 5.8% y al 100% es de 12.00%) y en el ensayo de Proctor modificado los resultados son los siguientes (Densidad Seca al 95% es 2.03gr/cc y Densidad Seca al 100% es de 1.93gr/cc, humedad óptima 10.80%).
- Se realizó ensayo de Compactación CBR en la progresiva 2+025 km. en laboratorio dándonos los siguientes resultados (al 95% es de 3.3 % y al 100% es de 2.8%) y en el ensayo de Proctor modificado los resultados son los siguientes (Densidad Seca al 95% es 1.72gr/cc y Densidad Seca al 100% es de 1.63gr/cc, humedad óptima 14.20%)

Resultados del CBR para la base y sub base (estudio de cantera).

Cantera Huaylacucho.

- Se realizó ensayo de Compactación CBR en la progresiva 4+250 km. en laboratorio dándonos los siguientes resultados (al 95% es de 4.25% y al 100% es de 6.00%) y en el ensayo de Proctor modificado los resultados son los siguientes (Densidad Seca al 95% es 1.89 gr/cc y Densidad Seca al 100% es de 1.99 gr/cc, humedad óptima 9.00%).

Cantera Uchcupampa – Carretera Huancavelica Lircay

- Se realizó ensayo de Compactación CBR en la progresiva 3+000 km. en laboratorio dándonos los siguientes resultados (al 95% es de 5.35 % y al 100% es de 11.00%) y en el ensayo de Proctor modificado los resultados son los siguientes (Densidad Seca al 95% es 2.01 gr/cc y Densidad Seca al 100% es de 2.12 gr/cc, humedad óptima 9.40%)

Resultado de diseño realizado por el Método AASHTO.93 y Spectra Pave .14

Aplicando el sistema tradicional de estructuración del pavimento flexible se obtuvo: i) Sub-base de 30 cm, ii) Base de 20 cm, iii) Carpeta asfáltica de 13 cm. Con la aplicación de la geomalla Biaxial (Tensar BX 1200), se obtuvo los siguientes resultados: i) Sub-base de 10 cm, ii) Base de 10 cm, iii) Carpeta asfáltica de 3.5 cm.

- En términos de porcentajes se redujo los espesores de la estructura del pavimento del método tradicional en:

Capa	Espesor de Pavimento Tradicional (cm.)	Espesor de Pavimento con Geomalla (cm.)	Disminución de espesor (%)
Carpeta asfáltica	13.00	3.50	26.92
Capa de base	20.00	10.00	50.00
Capa de subbase	30.00	10.00	33.30

Tabla: Resultado de disminución de espesores de capas de pavimento

- Las características y exigencias impuestas para el diseño por el método de AASHTO, son las utilizadas para los cálculos mediante software especializado, por lo que se garantiza sus valores a ser usados, estos serán contrarrestados y recalculados a criterio y experiencia del constructos.

Costo de pavimento flexible sin geomalla

A continuación presentamos el costo del pavimento por el método tradicional a partir de la sección típica detallada a continuación:

CAPA	Espesor (m)	Costo Unitario (\$/m ²)	Ancho (m)	Largo (m)	Area a pavimentar (m ²)	COSTO (\$)
CARPETA ASFÁLTICA	0.130	68.55	6.6	650	4290	294,079.50
CAPA DE BASE	0.200	13.45	6.6	650	4290	57,700.50
CAPA DE SUBBASE	0.300	20.18	6.6	650	4290	86,572.20
TOTAL						438,352.20
POR KILOMETRO						674,388.00

Costo de pavimento utilizando geomalla

A continuación presentamos el costo del pavimento utilizando geomalla el cual se detalla a continuación:

CAPA	Espesor m	Costo Unitario \$/M2	Ancho m	Largo m	Area a pavimentar m2	COSTO (\$/)
CARPETA ASFÁLTICA	0.035	20.56	6.6	650	4290	88,202.40
CAPA DE BASE	0.100	6.72	6.6	650	4290	28,828.80
CAPA DE SUBBASE	0.100	10.09	6.6	650	4290	43,286.10
GEOMALLA		40.50	6.6	650	4290	173,745.00
TOTAL						334,062.30
POR KILOMETRO						513,942.00

Tabla: Costo de de pavimento con la utilización de la geomalla

Discusión

- Con frecuencia, los sistemas de pavimento fallan prematuramente porque el material de la capa base se esparce lateralmente de los senderos de las ruedas (carga). Esto produce el ahuellamiento y finalmente la rotura de la superficie del pavimento (Dr. Jie Han), respecto a esta afirmación podemos decidir que mediante el uso de la geomalla biaxial, se proporciona confinamiento al suelo de base, el sistema Spectra permite que la capa base reforzada resista el desplazamiento lateral, mejorando así el desempeño estructural del pavimento.
- El Método Tensar utiliza la teoría de distribución de esfuerzos de Boussinesq para calcular el esfuerzo vertical máximo bajo el centro de un área de carga circular. consideran la carga por rueda, la presión del neumático y el esfuerzo de corte de la subrasante en los cálculos. también supone 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. Además, el método

G&N considera el número de aplicaciones de carga y la profundidad de ahuellamiento aceptable. Sin embargo, el método no considera otros factores de manifiesta importancia, tales como las propiedades de los materiales de la capa base y el refuerzo. Desde principios 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 incorporaran estos parámetros.

- Al igual que los métodos clásicos de diseño de carreteras reforzadas, el Método Giroud- Han (Utilizado por el software Spectra pave usado en esta tesis) se basa en un modelo teórico. Sin embargo, Giroud y Han calibraron el modelo utilizando los resultados de un programa de investigación especialmente desarrollado (Gabr, 2001) y realizado en North Carolina State University. Este programa de investigación incorporó un número significativo de pruebas de carga de placas cíclicas a gran escala utilizando refuerzo con geomallas Tensar BX1100 y BX1200. 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. Tras la calibración, se verificó el método utilizando los resultados de otros datos de investigación y de campo.

CONCLUSIONES

- Se conoció el comportamiento del pavimento flexible con el uso la geomalla y sin el uso de la misma.
- Se comparó los espesores de la estructura del pavimento con y sin el uso de la geomalla.
- Se conoció las propiedades de la geomalla biaxial como mejorador de las propiedades de la capacidad de soporte del pavimento.
- Se conoció el uso del software Spectra Pave 2.14.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la geomalla de acuerdo a los estudios realizados en el sector Pucarumi.
- Se recomienda el uso del software Spectra pave, para diseñar estructuras de pavimentos y abaratar costos en construcción.
- Incluir dentro de los contenidos de los cursos de Pavimentos y/o Materiales de Construcción, la aplicabilidad del software Spectra Pave y una unidad relacionada con la geomalla.
- Se recomienda hacer investigaciones al respecto en carreteras de tercer orden para estabilizaciones de bases y sub bases.

BIBLIOGRAFÍA

Caballeros, E., 2006. Utilización de la Geomalla como refuerzo de la Estructura del Pavimento Flexible. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cajigas, G., 2003. Medición en campo del Aporte de Geomallas Biaxiales en el Mejoramiento de Sub rasantes Blandas. Bogotá, Colombia.

Dirección General de Caminos., 2001. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala.

Flores, E. R., 2002. Análisis Comparativo para la Construcción de Pavimentos Flexibles, Rígidos y Semi Rígidos. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gálvez, Q. y Tomas J., 2005. Aplicación de la norma AASHTO 2002 en el Diseño de Pavimentos Flexibles. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Instituto Mexicano del Transporte., 2001. Pavimentos flexibles, Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. Querétaro, México.

Pérez S. y Alzadora D., 2003. Uso de Geogrillas para Mejoramiento de Caminos y Sub rasantes. Buenos Aires, Argentina.

Tapia, A., Barona, F., Inga, L., y Santos E., 2007. Diseño de un Pavimento utilizando Geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy – Aguas Verdes – Pocito (Absc.2+900 hasta Absc. 3+600). Lima, Perú.

Sitios www (world wide web)

Tensar, 2010 – Geomalla Tensar Biaxiales (BX) [en línea]

<<http://www.tensarcorp.com>> [consulta: 20setiembre 2010]

Maccaferri, 2010 – MacGrid® EGB 20S [en línea]

<<http://www.maccaferri.com>> [consulta: 06 octubre 2010]

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **AFIRMADO**

Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

- **AGREGADO**

Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

- **AHUELLAMIENTO**

Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

- **APLICACIÓN ASFÁLTICA**

Utilización del material asfáltico en sus distintas formas con o sin agregados.

- **ASENTAMIENTO**

Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

- **ASENTAMIENTO DIFERENCIAL**

Diferencia de nivel como consecuencia del desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

- **ASFALTO**

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

- **AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE**

Carretera de IMDA mayor a 4 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central mínimo de 6 m, cada una con dos o más carriles, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujos vehiculares continuos, sin pasos a nivel, con servicios auxiliares (mecánico y salud), berma lateral derecha de 3m o más y berma lateral izquierda no menor de 1,20 m, que permite velocidades de circulación mayor a 120 km/h para vehículos livianos.

- **AUTOPISTA DE SEGUNDA CLASE (CARRETERA DUAL):** Carretera de IMDA mayor a 4 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central que puede ser menor de 6 m, cada una con dos o más carriles, que proporcionan flujos vehiculares continuos, berma lateral derecha menor de 3 m y berma lateral izquierda no menor de 1,20 m, que permite velocidades de circulación hasta 120 km/h para vehículos livianos. Excepcionalmente puede tener pasos a nivel con rampas de acceso y salida concordante con la

velocidad directriz y necesidades de seguridad vial de la carretera.

- **BASE**

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

- **CALZADA**

Sector de la carretera que sirve para la circulación de los vehículos.

- **CARRETERA AFIRMADA**

Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de AFIRMADO.

- **CARRETERA NO PAVIMENTADA**

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

- **CARRETERA PAVIMENTADA**

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida).

- **CARRETERA SIN AFIRMAR**

Carretera a nivel de subrasante ó aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el AFIRMADO.

- **COHESIÓN**

La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

- **CORTE (directo):**
Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.
- **ELASTICIDAD**
Propiedad de un material que hace que retorne a su forma original después que la fuerza aplicada se mueve o cesa.
- **ELEMENTOS VIALES**
Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.
- **FLEXIBILIDAD**
Propiedad de un pavimento asfáltico para ajustarse a asentamientos en la fundación. Generalmente, un alto contenido de asfalto mejora la flexibilidad de una mezcla.
- **FLUJO DE TRÁNSITO**
Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.
- **GRIETA**
Fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía.
- **IMPERMEABILIDAD**
Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

- **ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**
Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.
- **LÍMITE LÍQUIDO**
Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.
- **LÍMITE PLÁSTICO**
Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semi-sólido.
- **MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO**
Es una mezcla en frío procesada en planta u otros medios, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.
- **PAVIMENTO**
Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.
- **PAVIMENTO FLEXIBLE**
Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

- SUBRASANTE

Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

- SUPERFICIE DE RODADURA

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

- TRÁNSITO

Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

- TRANSITABILIDAD

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

TRATAMIENTO SUPERFICIAL: Aplicación de una o más capas conformadas por riegos asfálticos que pueden incluir aditivos y agregados cuyas características es definida según especificaciones técnicas. Por lo general son de una, dos y tres capas (monocapa y bicapa)

- VEHICULO

Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

- VEHICULO LIVIANO

Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t

- VEHICULO PESADO

Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t.

- VELOCIDAD DE DISEÑO

Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

- VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

- VÍA

Camino, arteria o calle.

- VÍA DE EVITAMIENTO

Vía que se construye para evitar atravesar una zona urbana.

- VIDA ÚTIL

Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

ANEXO

ANEXOS

ANEXO N° 01: Procedimiento del diseño MÉTODO AASHTO para pavimento flexible.

- 1) Asuma un valor del número estructural = SN (asumido)
- 2) Determine los factores de equivalencia, F; usando la Tabla 2.13 o la siguiente ecuación:

$$\log\left(\frac{W_{tr}}{W_{rls}}\right) = 4,79 \log(18+1) - 4,79 \log(L_x + L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}} + 4,33 \log L_2$$

donde

$$G_t = \log_{10}\left(\frac{4,2 - p_t}{4,2 - 1,5}\right) \quad \beta_x = 0,40 + \frac{0,081(L_x + L_2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} L_2^{3,23}}$$

$$\beta_{18} = 0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}$$

$$F = \frac{1}{\left(\frac{W_{tr}}{W_{rls}}\right)}$$

siendo

$L_2 = 1, 2, 3$ para ejes sencillos, tandem y triple, respectivamente

$L_x =$ carga del eje en kips.

Table D.1. Axle load equivalency factors for flexible pavements, single axles and p_t of 2.0 ($p_o = 4.2$ $L_2 = 1$)

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	.009	.012	.011	.010	.009	.008
8	.030	.036	.036	.033	.031	.029
10	.075	.085	.090	.085	.079	.076
12	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.58	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.38	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.62	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.8	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Tabla 2.17 Factores de Equivalencia en carga por eje para pavimentos flexibles. Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

Los resultados de la Prueba de Carreteras AASHTO mostraron que el daño que produce un eje con una carga determinada puede representarse por el número de pasadas de un eje sencillo de 18 kips (8,16 t = 80 kN) de rueda doble, considerado como eje patrón, que produce un daño similar. Distintas configuraciones de ejes y cargas inducen daños diferentes en el pavimento, pudiendo asociarse dicho deterioro al producido por un determinado número de ejes convencionales de 18 kips de carga por eje sencillo de rueda doble.

- 3) Calcular las repeticiones diarias para cada eje = $ADT \times \% \text{ Composición}$
- 4) Calcular los ejes equivalentes de 18 kips esperados el primer día de apertura del pavimento, ESAL.

Tipo de vehículo	Ap	B	T2-S2	TOTAL
Cantidad				ADT
% Composición				100%

Tabla 2.18 Esquema para llenar con la cantidad y porcentajes de los vehículos de la carretera. Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO.

SN (asumido) = _____

Tipo de vehículo	Ejes de carga (kips)	% Composición	Factor de equivalencia	Repeticiones diarias	Ejes equivalentes
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=ADT×(3)	(6)=(5)×(4)
Ap	2S				
	2S				
B	8S				
	16S				
T2-S2	8S				
	18S				
	24T				

ESAL₀ = _____

Tabla 2.19 Forma para calcular Ejes equivalentes. Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

- 5) Calcular los ejes equivalentes esperados el primer año de uso del pavimento $w_{18} = ESAL_0 \times 365$. Realizar los ajustes a causa del número de carriles y la distribución direccional:

$$w_{18} = DD \times DL \times w_{18}$$

- 6) Pronosticar la cantidad de repeticiones del eje equivalente de 18 kips esperados al final del periodo de diseño, $W_{18} = ESAL$:

$$ESAL = W_{18} = w_{18} \left[\frac{(1+g)^i - 1}{g} \right]$$

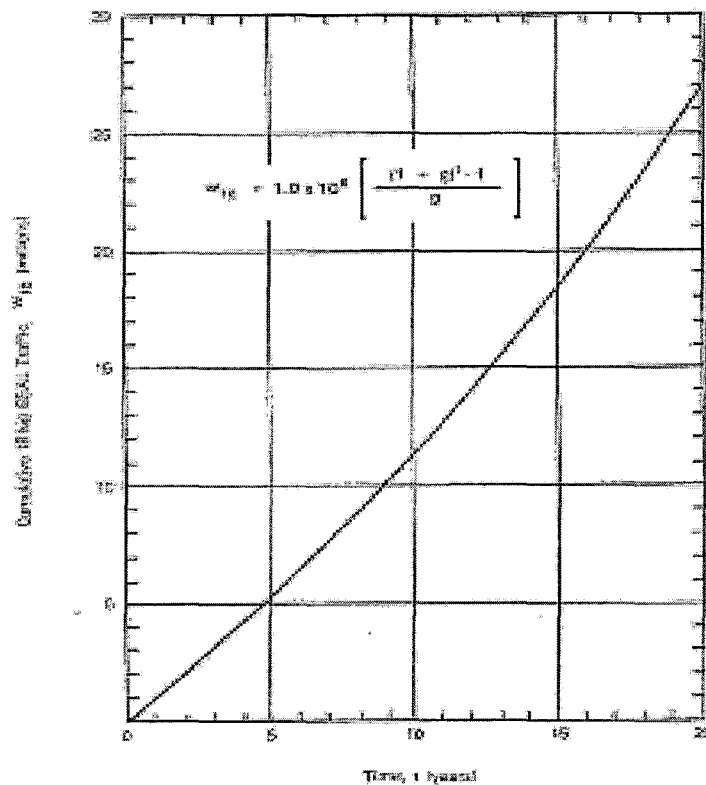


Figura 2.20 W_{18} acumulado vs. Periodo de diseño en años de la carretera. Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

Donde:

g = Tasa de crecimiento; representa el incremento promedio anual del

ADT. En general, las tasas de crecimiento son distintas para cada vehículo.

n = Número de carriles

DD = Distribución direccional crítica (a menos que existan consideraciones especiales, la distribución direccional asigna un 50% del tránsito a cada dirección)

DL= Factor de distribución por carril

7) Resolver la ecuación de diseño para SN. Esto nos proporcionará el SN calculado.

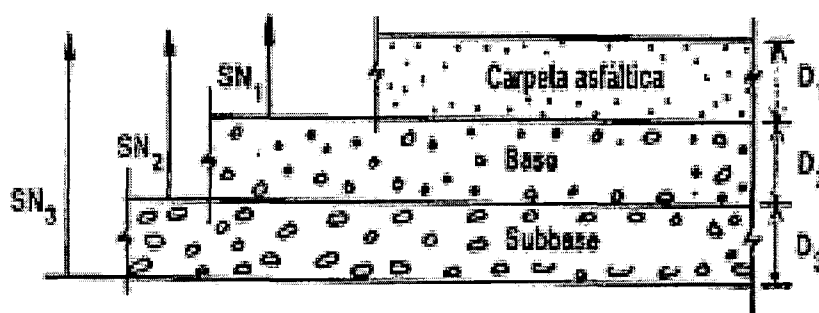
$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

8) Comparar el SN (asumido), el que utilizó para determinar los factores de equivalencia, con el SN (calculado)

Si la diferencia es menor a 1, entonces pase al punto 9).

Si la diferencia es mayor a 1, entonces proceda iterativamente hasta lograr que SN (calculado) = SN (asumido).

9) Utilice el procedimiento de la Figura 2.21 para determinar los espesores requeridos de acuerdo al SN encontrado.



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

Figura 2.21 Procedimiento para determinar espesores de las capas de pavimento. Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO.

Para determinar el espesor de la carpeta asfáltica D_1 se asume que toda la resistencia, para soportar las repeticiones pronosticadas, la brinda la carpeta asfáltica. Se resuelve la ecuación de diseño colocando en lugar del MR de la terracería, el valor del EBS obtenido por ensayo directo o por correlación con una prueba de resistencia como el CBR. Al resolver la ecuación de diseño se obtiene un $SN = SN_1$

$$SN_1 = a_1 D_1$$

$$D_1^* \geq SN_1 / a_1$$

Se redondea el valor de D_1 a un entero de pulgada o media pulgada.

Este será el valor D_1^*

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_p + 9,36 \log_{10}(SN_1 + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} E_{BS} - 8,07$$

4.2 Para determinar el espesor de la capa base D_2 se asume que toda la resistencia la brinda la carpeta asfáltica y la capa base, de manera que

$$SN_2 = SN_1 + a_2 D_2 m_2$$

Donde SN_2 se determina con la ecuación de diseño colocando en lugar del MR el valor del módulo de elasticidad de la capa sub-base ESB obtenido por ensayo directo o por correlación con una prueba de resistencia como el CBR.

Con este valor de $SN = SN_2$

Para determinar el espesor de la capa sub-base se asume que toda la resistencia la brinda la carpeta asfáltica+capa base+capa sub-base, pero esto ya se realizó cuando usamos el Módulo de resiliencia de la terracería MR para calcular el SN que se convertirá en SN3.

$$SN_3 = SN_1 + SN_2 + a_3 D_3 m_3$$

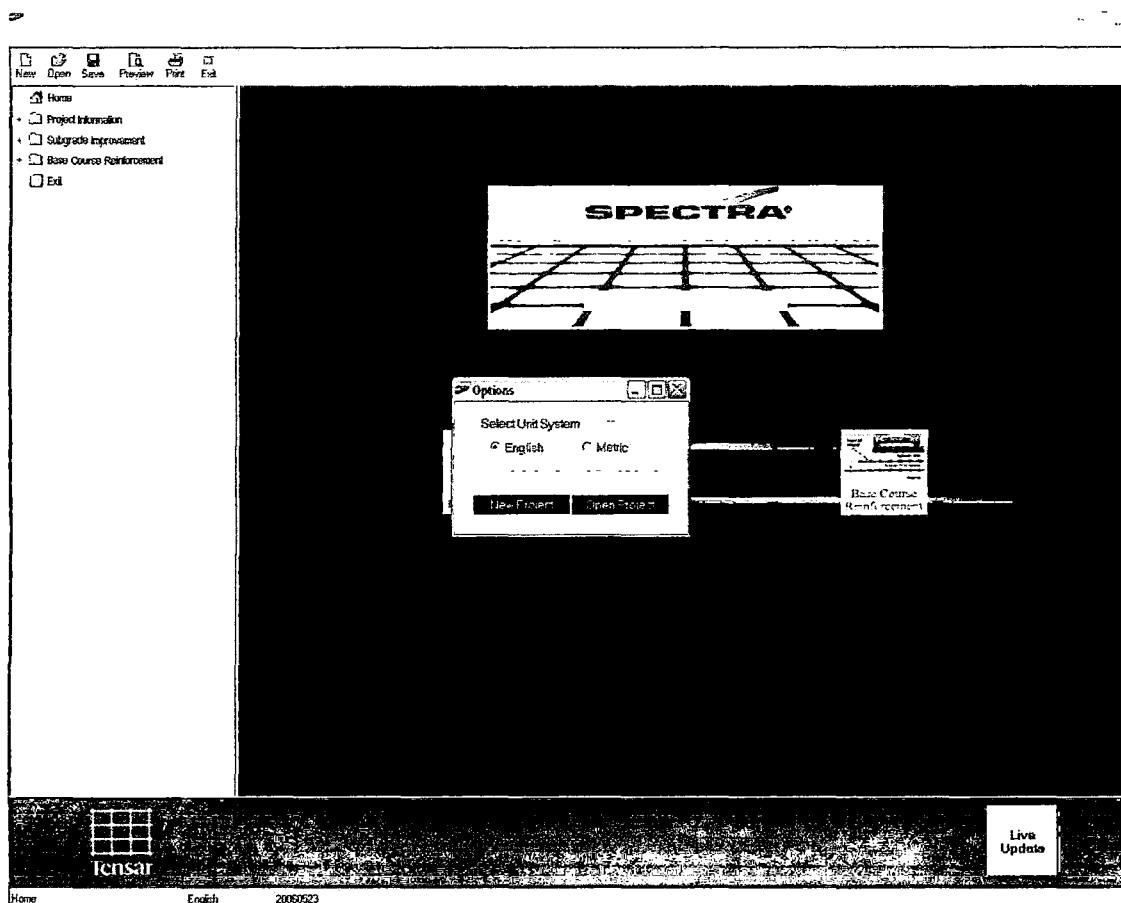
$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN_3 + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

ANEXOS

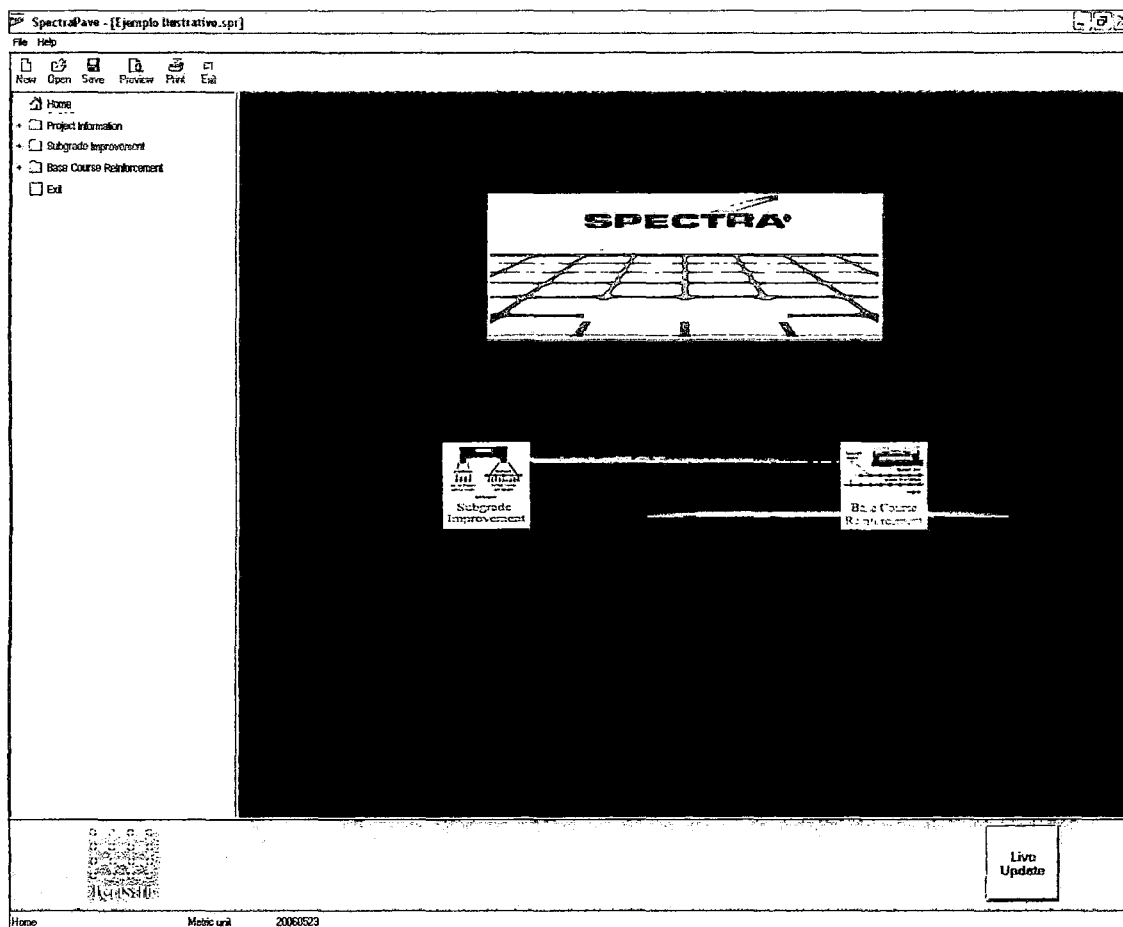
Anexo N° 02: Diseño de Pavimento flexible con el uso de geomallas con el programa SPECTRA PAVE.

Figura01. Pantalla principal



En la primera pantalla se presenta la opción de iniciar un proyecto nuevo o bien de abrir el archivo de uno previamente guardado. Además de dar la opción de seleccionar entre dos sistemas de medida, el métrico o inglés.

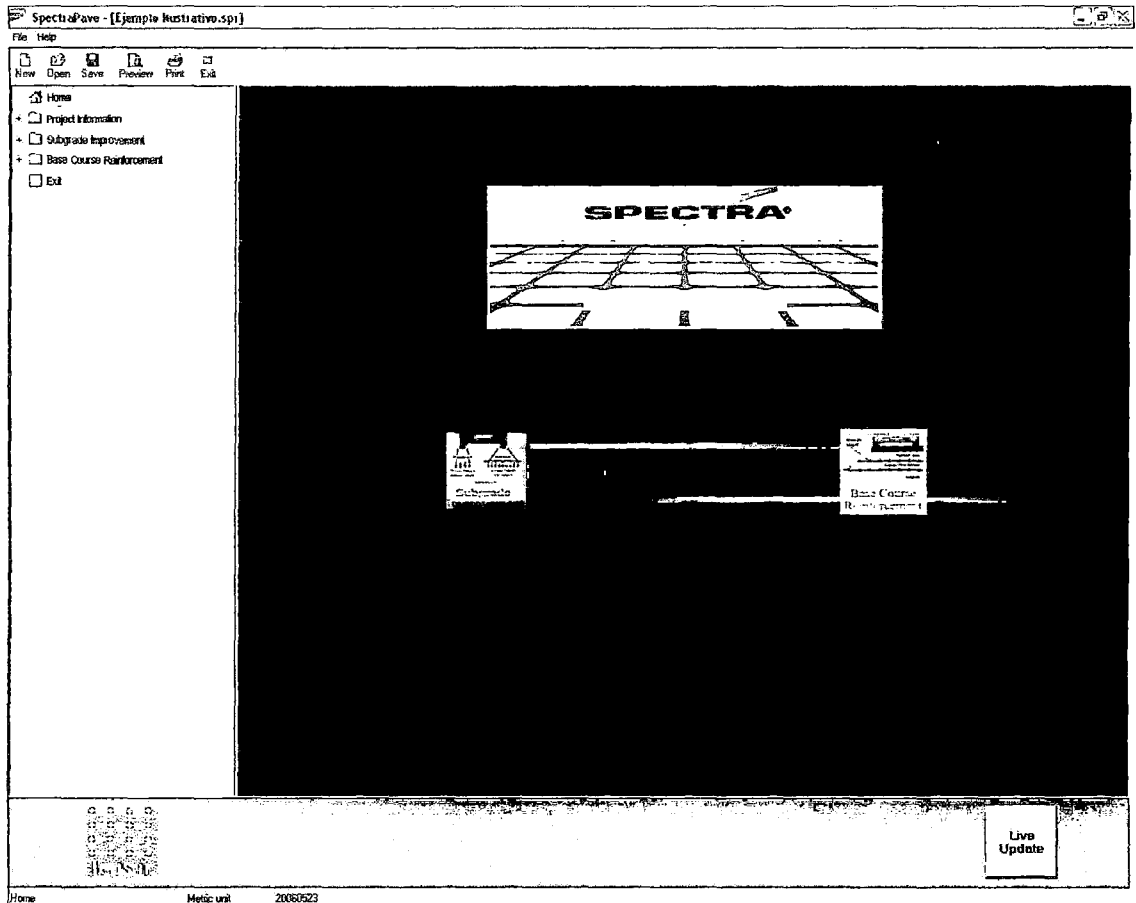
Figura 02. Selección de proyecto a desarrollar



Como complemento al menú tradicional que presenta el sistema Windows, el programa cuenta con su propio menú, al lado izquierdo de la pantalla, para acceder a todas las aplicaciones y módulos, con las que cuenta, en forma de carpetas y sub carpetas.

Una vez seleccionado el archivo y el sistema de medida a utilizar el programa presente dos opciones de diseño.

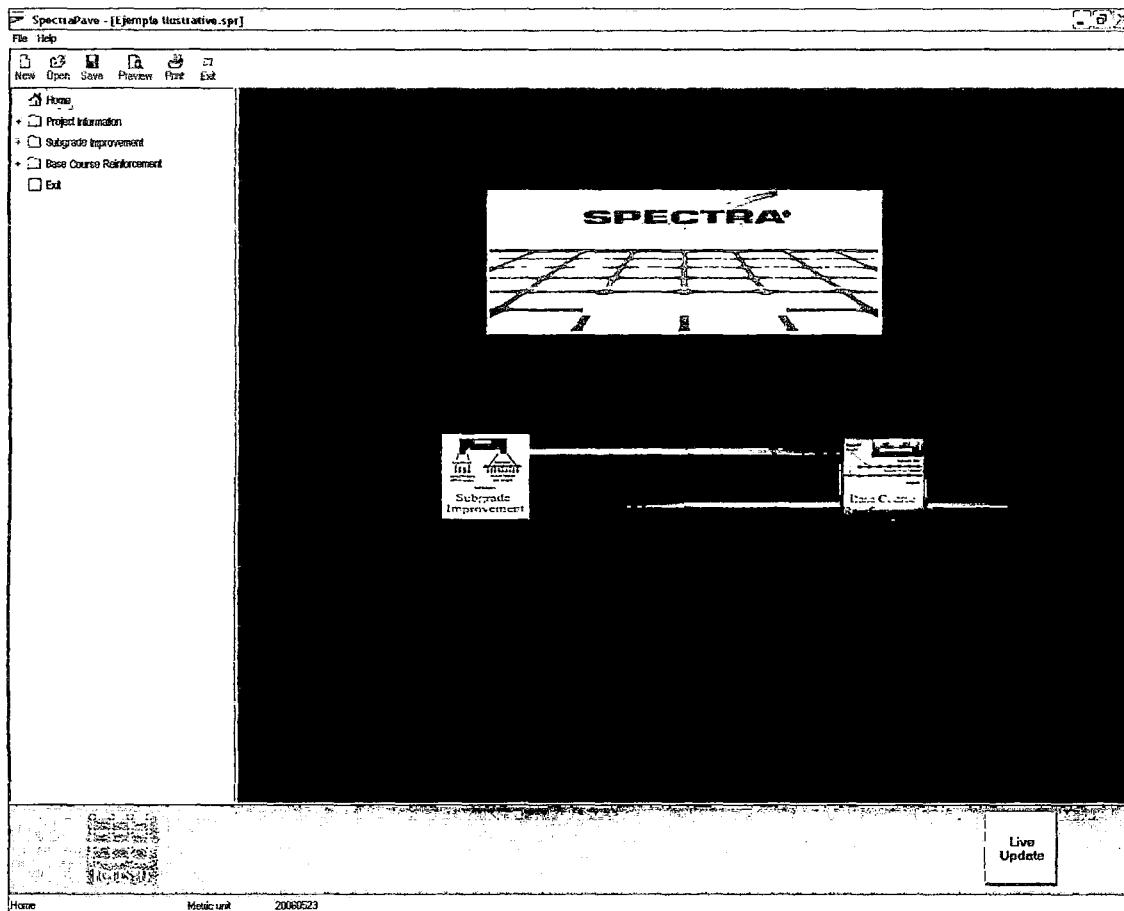
Figura 03. Opción de refuerzo de sub-rasante



El icono de la izquierda, que se encuentra resaltado, es la opción que nos da el programa, para realizar el estudio del mejoramiento de la sub-rasante, utilizando la geomalla bi-axial.

Cuando posicionamos el cursor directamente sobre el icono cuadrado correspondiente al módulo de mejoramiento de la sub-rasante, el programa automáticamente despliega una pequeña descripción de su contenido, en este caso, en la parte inferior de los iconos.

Figura 04. Opción de refuerzo de base



El icono de la derecha, que se encuentra resaltado, es la opción que nos da el programa, para realizar el estudio del mejoramiento de la base granular, utilizando la geomalla bi-axial.

Nuevamente, el programa automáticamente despliega una pequeña descripción del contenido del módulo, en la parte inferior.

Figura 05. Pantalla con información general del proyecto

The screenshot displays the SpectraPave software interface. The title bar reads "SpectraPave - [Untitled.spr]". The menu bar includes "File" and "Help". The toolbar contains icons for "New", "Open", "Save", "Preview", "Print", and "Exit".

The left sidebar shows a tree view of the software's modules:

- Home
- Project Information (selected)
 - Project Information
 - Client Information
 - Designer
- Subgrade Improvement
 - Design Analysis
 - Data Input
 - Results
 - Cost Analysis
 - Data Input
 - Results
- Base Course Reinforcement
 - Data Input
 - Results
- Exit

The main window is divided into three tabs: "Project Information", "Client Information", and "Designer". The "Project Information" tab is active, showing the following fields:

- Project Name: APLICACION DEL SOFTWARE
- Project Reference: TESIS
- Project Location: Peru (Country), Huancavelica (State/Province), Ascencion (City/County)

Below these fields is a "Project Description" section with the text:

COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLAS EN EL DISTRITO DE ASCENSION DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA.

The bottom status bar displays "Project INFO", "Metric unit", and "ZIGZAG710". The bottom right corner features a "Live Update Status" button.

Posterior a la selección del proyecto a desarrollar se debe completar la información general a dicho proyecto.

- Nombre del proyecto
- Alguna referencia o palabra clave
- La ubicación del proyecto
- País
- Estado o Provincia
- Condado o Ciudad
- Por último una breve descripción del proyecto a desarrollar

Figura 06. Pantalla con información general del cliente

SpectraPave - [Untitled.spr]

File Help

New Open Save Preview Print Exit

Home

Project Information

Client Information

Designer

Project Information

Client Information

Designer

Subgrade Improvement

Design Analysis

Data Input

Results

Cost Analysis

Data Input

Results

Base Course Reinforcement

Data Input

Results

Exit

Company Name

TORIBIO Y ALMONACIO

Contact Person

EDITH Y DANIEL

Street Address

City/County

Country

Peru

State

Huancavelica

Zip Code

0101

Telephone Number

967708045 - 956889543

Fax Number

E-mail Address

daandaro@hotmail.com

Project INFO

Metric unit

20040710

Live

Support

Share

Adicionalmente se completa la información completa del cliente.

- Nombre de la empresa
- Nombre del contacto
- Dirección del cliente o empresa
- Ciudad y/o Estado
- Código postal
- Número de teléfono
- Número de fax
- Dirección de correo electrónico

Figura 07. Pantalla con información general del diseñador

The screenshot shows the SpectraPave software interface. The title bar reads "SpectraPave - [Untitled.spr]". The menu bar includes "File" and "Help". The toolbar contains icons for "New", "Open", "Save", "Preview", "Print", and "Exit". The left sidebar shows a tree view with categories: "Home", "Project Information", "Client Information", "Designer", "Subgrade Improvement", "Design Analysis", "Cost Analysis", "Base Course Reinforcement", and "Exit". The main window is divided into three tabs: "Project Information", "Client Information", and "Designer". The "Designer" tab is active, displaying a form with the following fields:

Design Firm's Name	Tensar Earth Technologies, Inc.
Street Address	5883 Glenridge Drive
City/County	Atlanta
Country	United States
State	Georgia
Zip Code	30328
Telephone Number	404-250-1290
Fax Number	404-250-9185
User	TORIBIO Y ALMONACID
E-mail Address	daandaro@hotmail.com
Date	Huancavelica 2010

At the bottom right of the form, there is a button labeled "Click here to save designer information". The status bar at the bottom shows "Project INFO", "Metric unit", and "20040710".

Por último la información general del diseñador,

- Nombre
- Dirección
- Ciudad
- País
- Estado
- Código postal
- Número de teléfono
- Número de fax
- Nombre del usuario que corrió el programa o Dirección de correo electrónico del usuario o Fecha.

Figura 08. Ingreso de datos para refuerzo de sub-rasante

SpectraPave - [Untitled.spr]

File Help

None Open Save Preview Print Exit

Home

Project Information

Project Information

Client Information

Designer

Subgrade Improvement

Design Analysis

Data Input

Results

Cost Analysis

Data Input

Results

Base Course Reinforcement

Data Input

Results

Exit

Data Input Results

Traffic Conditions

Axle load (kN) 80

Tire pressure (kPa) 550

Axle passes (each) 1200

Maximum rut depth (mm) 40

Soil Conditions

Aggregate Fill CBR (%) 40

Field Subgrade CBR (%) 3.5

Geosynthetic Reinforcement

☐ ☐ ☐

☐ Geotextile ☐ Other Geogrid

Subgrade Improvement Metric unit 20040710

AXLE LOAD=2P

P P

AGGREGATE FILL

REINFORCEMENT

SUBGRADE

Live

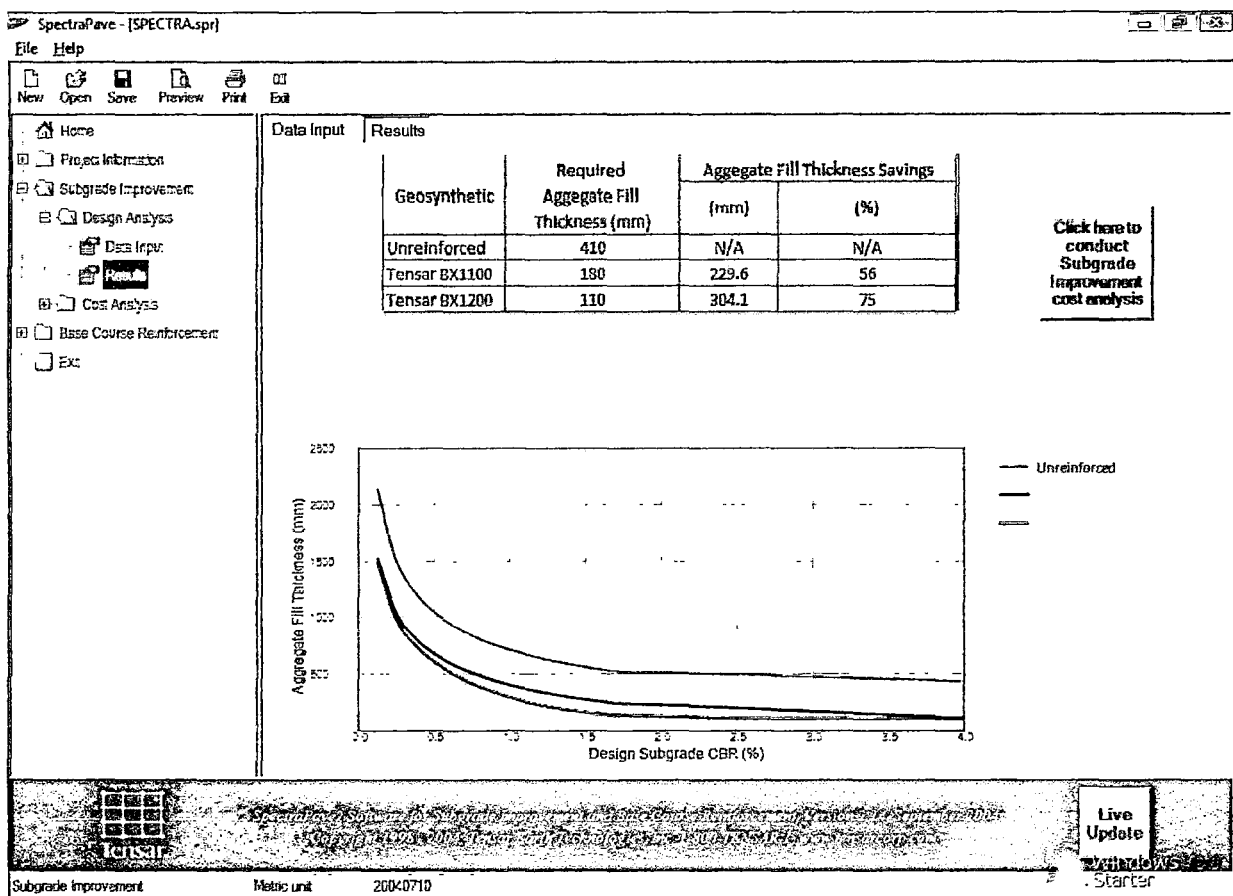
Unlabeled

Stages

Para el módulo de mejoramiento de la sub-rasante, es necesario ingresar los siguientes datos, para la opción de sistema métrico.

- La carga de cada eje (80 kN)
- La presión de las llantas (550 kPa)
- La cantidad de ejes que transitarán (esto depende del diseño)
- Profundidad máxima permisible del ahuellamiento (40 mm)
- El porcentaje del CBR , proveniente del estudio de suelos
- El tipo de geomalla bi-axial (BX) a utilizar, (BX 1100 ó BX 1200

Figura 09. Resultado de espesores de sub-rasante



- El programa devuelve la pantalla con la siguiente información
En la tabla
- Comparación de los espesores de la capa de sub-rasante para soportar el tránsito requerido, con los dos tipos de geomalla bi-axial seleccionados.
En la gráfica
- Comparación de los espesores de la sub-rasante en función del CBR.

Figura 10. Pantalla de ingreso de datos para refuerzo de base.

SpectralPave - [SPECTRA.asp]

File Help

New Open Save Preview Print Exit

Home

Project Information

Subgrade Improvement

Design Analysis

Cost Analysis

Base Course Reinforcement

Data Input

Results

Exit

Data Input Results

Number of Layers in Pavement Structure: 3

Pavement Structure Layers

Layer Name	Material Type	Elastic Modulus (MPa)	Cost (\$/sq.m)	Thickness (mm)	Layer Coefficient	Drainage Factor
ACC1	CARPETA	2,780	170.13	35	0.30	
ABC	AGREGADO DE LA BASE	168	56.00	100	0.09	0.8
SBC	AGREGADO DE LA SUB BASE	112	38.65	100	0.09	0.8

Reliability

Reliability (%) 85

Standard Normal Deviate -1.027

Standard Deviation 0.45

Serviceability

Initial Serviceability 4.2

Terminal Serviceability 2.0

Tensar Geogrid Data

	Supply Cost (\$/sq.m)	TBR
BX1100	2.40	3
BX1200	3.60	6
Cost to place geogrid (\$/sq.m)		0.30

Roadway Subgrade

Subgrade Resilient Modulus (MPa) 43

Tensar

SpectralPave Software for Subgrade Improvement and Base Course Reinforcement Version 1.0 September 2004
Copyright 1995 - 2004 Tensar Earth Technologies, Inc. All Rights Reserved. Tensar is a registered trademark.

Live Update

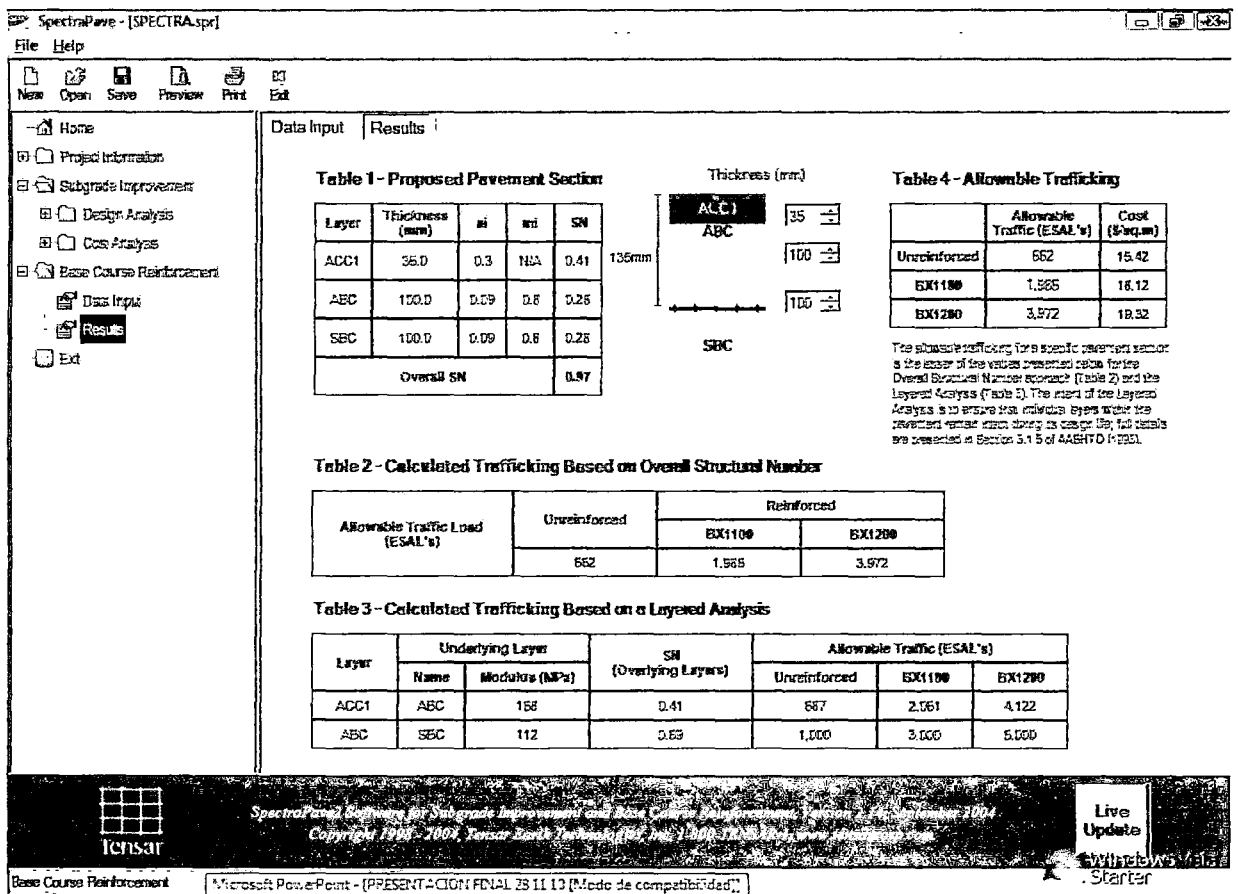
Windows 1.07

Starter

Base Course Reinforcement Metric unit 20040710

En el módulo de refuerzo de la capa de base, se debe ingresar los siguientes datos,

- Número total de capa a utilizar en la estructura del pavimento flexible
- Módulo de elasticidad de los materiales, de cada capa
- Espesores propuestos de cada capa
- Factor de drenaje para la estructura del pavimento
- Serviciabilidad inicial y final de la estructura
- Tipo de geomalla bi-axial a utilizar.



El programa devuelve la pantalla con la siguiente información

- Resumen de los espesores propuestos para el diseño
- Resultado del cálculo de ejes equivalentes de carga para cada caso; sin refuerzo, con geomalla bi-axial BX 1100 y BX 1200.
- Ubicación de la geomalla bi-axial dentro de la estructura del pavimento flexible para su instalación
- Sección esquemática de los espesores propuestos de cada capa de la estructura del pavimento flexible.

La versatilidad del programa, permite, en cualquier momento, modificar cualquier dato, actualizando toda la información automáticamente sin necesidad de reiniciar el proceso, por lo que el diseño se convierte en un procedimiento práctico y sencillo.

ANÁLISIS DE COSTOS

Se verifica por la longitud del tramo y el espesor a pavimentar.

SpectraPave - [SPECTRA.spr]

File Help

New Open Save Preview Print Exit

Home

Project Information

Subgrade Improvement

Design Analysis

Data Input

Results

Cost Analysis

Data Input

Results

Base Course Reinforcement

Data Input

Results

Exit

Data Input Results

Project Size (m)

Length 650

Width 6.6

Aggregate Fill Thickness (mm)

Unreinforced 410

Reinforced 180

Reinforced 110

Geotextile 0

Other Geogrid 0

Aggregate Cost

Delivered to site

Aggregate installation cost (\$/cu.m) 8.50

In-Place

Total in-place cost (\$/cu.m) 94.65

Top Surface Constraint

Fixed top grade (Undercut required) Free top grade (No undercut)

Finished grade 0 (mm) above existing grade

Undercut and removal cost (\$/cu.m) 0.00

Cost of placed and compacted aggregate to build up to finished level if required (\$/cu.m) 23.00

Geosynthetics Cost

Required minimum overlap (m) 0.3 Installation cost (\$/sq.m) 3

Delivered to site cost (\$/sq.m)

Roll width (m)

	BX1100	BX1200	Geotextile	Other Geogrid
Delivered to site cost (\$/sq.m)	2.40	3.60	1.22	3.00
Roll width (m)	4.0	4.0	6	4

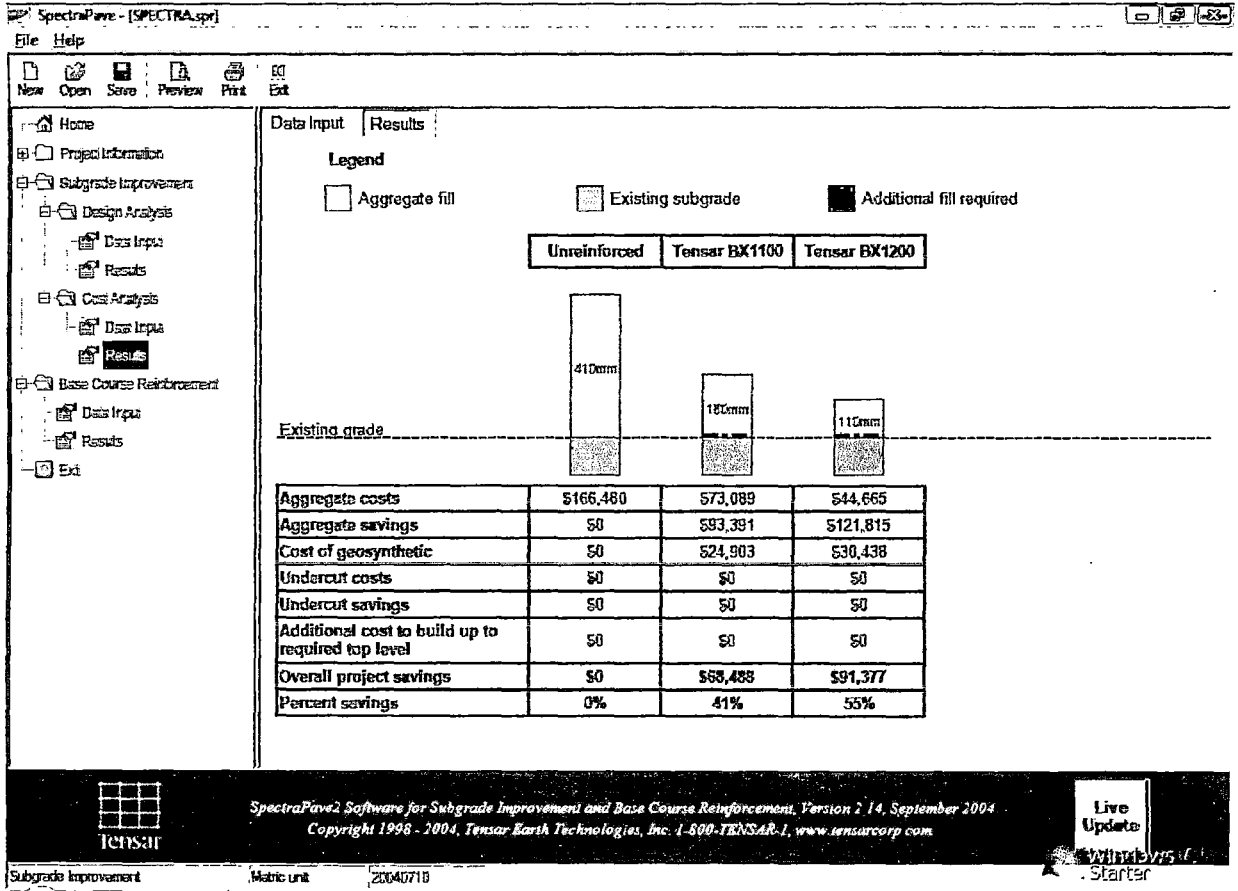
Subgrade Improvement Metric unit 20040710

Live Update

With the SpectraPave Starter

Resultados de costos

El costo del agregado total sin geomalla es de 166.48 dólares, utilizando las geomallas; Tensar Bx1100 y el Tensar Bx1200, el costo del agregado se reduce a 73.089 y 44.665 dólares respectivamente. Adicionalmente el costo ahorrado del agregado usando las geomallas son de 93.391 y 121.815 dólares, a este ahorro le descontamos el costo de la geomalla que es según modelo; Tensar Bx1100 y el Tensar Bx1200 de 24.903 y 30.438 dólares, haciendo una comparación de costo total ahorrado usando geomalla es de 68.488 y 91.377 dólares en comparación a los 166.480 dólares solo con agregados. El porcentaje de ahorro será de 41% y 55% para los modelos de geomalla descritos.



Anexo N° 03:**Especificaciones Técnicas de la geomalla Biaxial****Product Specification - Biaxial Geogrid BX1200**

Product Type:	Integrally Formed Biaxial Geogrid
Polymer:	Polypropylene
Load Transfer Mechanism:	Positive Mechanical Interlock
Primary Applications:	Spectra System (Base Reinforcement, Subgrade Improvement)

Index Properties	Product Properties		
	Units	MD Values	XMD Values
Aperture Dimensions ¹	mm (in)	35 (1.0)	33 (1.3)
Minimum Rib Thickness ³	mm (in)	1.27 (0.05)	1.27 (0.05)
Tensile Strength @ 2% Strain ²	kN/m (lb/ft)	6.0 (410)	9.0 (620)
Tensile Strength @ 5% Strain ³	kN/m (lb/ft)	11.8 (810)	19.6 (1,340)
Ultimate Tensile Strength ³	kN/m (lb/ft)	19.2 (1,310)	28.8 (1,970)
Structural Integrity			
Junction Efficiency ¹	%		93
Flexural Stiffness ²	mg-cm		750,000
Aperture Stability ⁴	m-N/deg		0.65
Durability			
Resistance to Installation Damage	%SC / %SW / %GP		95 / 93 / 90
Resistance to Long Term Degradation ⁵	%		100
Resistance to UV Degradation ⁶	%		100

Dimensions and Delivery

The biaxial geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified and nominally measuring 3.0 meters (9.8 feet) or 4.0 meters (13.1 feet) in width and 50.0 meters (164 feet) in length. A typical truckload quantity is 160 to 210 rolls.

Notes

1. Unless indicated otherwise, values shown are minimum average roll values (MARV) determined in accordance with ASTM D4759. The column labeled MD Values represents results from testing the product in the Machine Direction. The column labeled XMD Values represents results from testing the product in the Cross-Machine (Transverse) Direction.
2. Nominal dimensions.
3. True resistance to elongation when initially subjected to a load determined in accordance with ASTM D6637 without deforming test materials under load before measuring such resistance or employing "secant" or "offset" tangent methods of measurement so as to overstate tensile properties.
4. Load transfer capability determined in accordance with GRI-GG2-87 and expressed as a percentage of ultimate tensile strength.
5. Resistance to bending force determined in accordance with ASTM D5732-95, using specimens of width two ribs wide, with transverse ribs cut flush with exterior edges of longitudinal ribs (as a "ladder"), and of length sufficiently long to enable measurement of the overhang dimension. The overall Flexural Stiffness is calculated as the square root of the product of MD and XMD Flexural Stiffness values.
6. Resistance to in-plane rotational movement measured by applying a 20 kg-cm (2 m-N) moment to the central junction of a 9 inch x 9 inch specimen restrained at its perimeter in accordance with U.S. Army Corps of Engineers Methodology for measurement of Torsional Rigidity.
7. Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to mechanical installation stress in clayey sand (SC), well graded sand (SW), and crushed stone classified as poorly graded gravel (GP). The geogrid shall be sampled in accordance with ASTM D5818 and load capacity shall be determined in accordance with ASTM D6637.
8. Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to chemically aggressive environments in accordance with EPA 9090 immersion testing.
9. Resistance to loss of load capacity or structural integrity when subjected to 500 hours of ultraviolet light and aggressive weathering in accordance with ASTM D4355.

Caso II – Con Refuerzo (Geomalla Biaxial Geogrid BX1200)

Para este caso consideramos el valor $J = 0.65$ y $N_c = 5.71$, se deberá realizar iteraciones hasta alcanzar valores parecidos, para el primer cálculo asumimos un $h = 0.20$ m.

Datos:

Modulo de abertura inicial de geomalla (J) = 0.65

Fórmula General de Cálculo de espesor de relleno:

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

PRIMERA ITERACION:

Para el primer cálculo asumimos h : 0.20 m

$$h = 0.12 \text{ m}$$

SEGUNDA ITERACION:

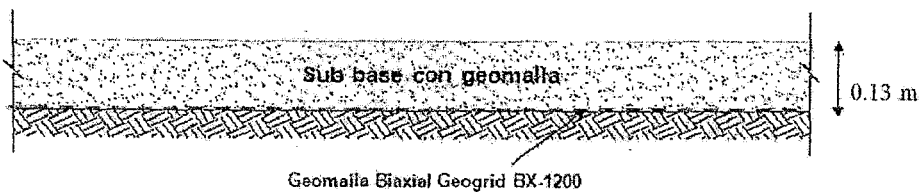
Para la segundo cálculo asumimos h : 0.12 m

$$h = 0.13 \text{ m}$$

TERCERA ITERACION:

Para el tercer cálculo asumimos h : 0.13 m

$$h = 0.13 \text{ m}$$



Caso I – Sin Refuerzo

Para este caso consideramos el valor $J = 0$ y $N_c = 3.14$, se deberá realizar iteraciones hasta alcanzar valores parecidos, para el primer cálculo asumimos un $h = 1.00\text{m}$

Datos:

Modulo de abertura inicial de la geomalla (J) = 0

Formula General de Calculo de espesor de relleno:

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

PRIMERA ITERACION:

Para el primer calculo asumimos h : 1.00 m

$$h = 0.29 \text{ m}$$

SEGUNDA ITERACION:

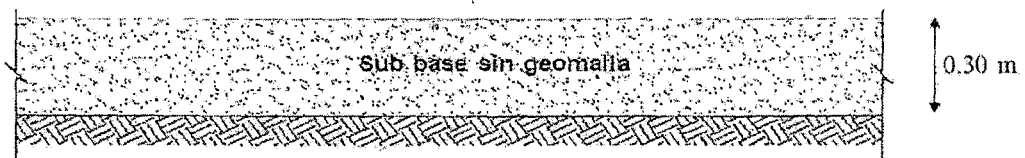
Para la segundo calculo asumimos h : 0.29 m

$$h = 0.30 \text{ m}$$

TERCERA ITERACION:

Para el tercer calculo asumimos h : 0.30 m

$$h = \boxed{0.30} \text{ m}$$



DISEÑO ANALITICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA BIAxIAL

DATOS DE INGRESO:

Descripcion	Cantidad	Unidad
Carga única por eje (P)	80	kN
Presión de la llanta (p)	550	kPa
Número de pasadas de eje (N)	1000	
CBR (sub rasante) (CBR _{sg})	4	%
CBR (relleno)	50.8	%
Profundidad de ahuecamiento (S)	40	mm
J (Geomalla Biaxial Geogrid BX1200)	0.65	N-m/Degree
Factor de profundidad (f _s)	75	mm
Factor de capacidad portante (N _c)		
Sin refuerzo:	3.14	
Con Refuerzo:	5.71	

SOLUCION:

a.) Cálculo de radio de impresión de la llanta (r):

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$$

$$r = 0.15 \quad \text{m}$$

Verificación del mejoramiento de la sub rasante:

$$P_{h=0, \sin \text{ refuerzo}} = \left(\frac{s}{f_s} \right) \pi r^2 N_c C_u$$

Sabemos:

$$C_u = CBR_{bc} + f_c$$

$$f_c = 30 \text{ kPa}$$

Por lo tanto:

$$C_u = 120 \text{ kPa}$$

En la ecuación:

$$P_{h=0, \sin \text{ refuerzo}} = 14.62 \quad \text{kN}$$

Por lo tanto:

$$P_{h=0, \sin \text{ refuerzo}} \leq P \rightarrow 14.62 \leq 40$$

La sub rasante no puede soportar la carga de la rueda y es necesario colocar un refuerzo.

Se deberá calcular el valor del ratio del modulo del relleno entre la sub rasante:

B.) Cálculo de Modulo de Ratio (RE)

$$RE = \frac{E_{bc}}{E_{sg}} = \frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} \leq 5$$

$$RE = 2.83$$

DISEÑO ASSHTO -93

Entrada de Datos

TRÁNSITO

Ejes Equivalentes (W18) : 8321740

SERVICIABILIDAD

índice serv. inicial (pi): 4.20
índice serv. final (pf): 2.00

SUELOS

Cambio de unidades

CBR subrasante: 7.50 %
CBR subbase : 19.00 %
CBR base : 40.00 %

Mrsr (subrasante): 63.91 Mpa 9268.51 psi
Mrsb (sub-base): 111.61 Mpa 16186.93 psi
Mrb (base): 168.08 Mpa 24377.16 psi

coef. Estructural subbase (a3): 0.09 coef.dren.(m3): 0.80
coef. Estructural base (a2) : 0.09 coef.dren.(m2): 0.80
coef. Estructural asfalto (a13) : 0.33
coef. Estructural asfalto (a12) : 0.41
coef. Estructural asfalto (a11) : 0.43

CONFIANZA

nivel de confianza : 85.00 %
nivel confianza (Zr): -1.036
desv.Estándar comb.(So): 0.45

ECUACION DE DISEÑO:

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 - \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} - 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

NE requeridos:	NE (in)	Lado izquierdo	Lado derecho						
		1° termino	1° termino	2°	3°	4°	5°	6°	
sub rasante (NE3) :	3	6.9202	-0.4664	5.6353	-0.2	-0.0728	9.2035	-8.0700	6.0295
sub base (NE2) :	2.4	6.9202	-0.4664	4.9746	-0.2	-0.0385	9.7653	-8.0700	5.9650
base (NE1):	2.1	6.9202	-0.4664	4.5991	-0.2	-0.0255	10.1778	-8.0700	6.0150

	NE (in)	NE (cm)
sub rasante (NE3) :	3.00	7.62
sub base (NE2) :	2.40	6.10
base (NE1):	2.10	5.33

VERIFICACIÓN POR CAPAS

Asfalto	capa 3	capa 2	capa 1	NE calc (cm):	5.49	OK
espesor (cm) :	0	5	8			
coef. Estructural (a11) :	0.33	0.41	0.43			

Base	NE calc. (cm) :	6.8949	OK
espesor (cm) :	20		
coef. estructural (a2) :	0.09		
coef. drenaje (m2) :	0.80		

Sub-Base	NE calc. (cm) :	9.13	OK
espesor (cm) :	30		
coef. estructural (a3) :	0.09		
coef. drenaje (m3) :	0.80		

EE finales : 3583884

Diseño de Pavimento Flexible
Memoria de Cálculo
Diseño AASHTO

COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA

Tramo : **PROG. 0+010 - 1+010 KM**

Fecha : **18/11/2012**

a) Datos

a.1) Tránsito

Años de Servicio:	20
E.Equivalentes:	8 Millones

a.2) Serviciabilidad

Nivel Inicial :	4.20
Nivel Final :	2.00

a.3) Suelos

CBR Subrasante:	7.50	%
CBR Sub-base:	19.00	%
CBR Base :	40.00	%

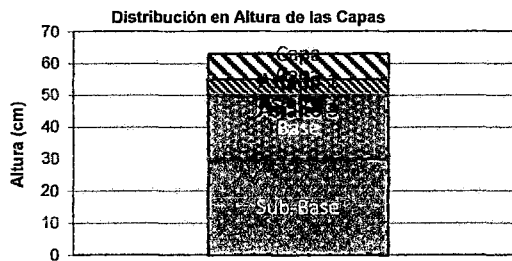
a.4) Nivel de Confianza:

85.00	%
-------	---

b) Resultados

b1) Números Estructurales Requeridos
 (Verificación por capas)

NE Sub-base (NE3) :	7.62	cm.
NE Base (NE2) :	6.10	cm.
NE Asfalto (NE1) :	5.33	cm.



b2) Espesores por Capas

Sub-Base :	30	cm.	NE :	2.23	cm.
Base :	20	cm.	NE :	1.40	cm.
Asfalto 3 :	0	cm.	NE :	0.00	cm.
Asfalto 2 :	5	cm.	NE :	2.05	cm.
Asfalto 1 :	8	cm.	NE :	3.44	cm.

NE Asfalto : 5.49 cm.

EE finales: 3583884 Revisar

NE total :	9.13	cm.	OK
NE Asfalto :	5.49	cm.	OK

CALCULO DE ESAL DE DISEÑO

Tipo de vehiculo	N° Veh/dia	N° Veh/año	F.Equiv.	ESAL en el carril de diseño	Factor de crecimiento	ESAL diseño
AUTOMOVIL	63	22995	1.06	24374.7	29.78	725831.7319
STATION WAGON	573	209145	1.06	221693.7	29.78	6601612.418
CAMIONETA	21	7665	1.06	8124.9	29.78	241943.9106
BUS MEDIANO (Combi)	3	1095	3.56	3898.2	29.78	116080.9059
BUS GRANDE	1	365	13.44	4905.6	29.78	146079.3423
C2E	4	1460	3.56	5197.6	29.78	154774.5412
C3E	10	3650	2.53	9234.5	29.78	274985.6666
ARTICULADO	1	365	5.56	2029.4	29.78	60431.63266
TOTAL						8321740.149

Factor de Crecimiento:

Datos:

Tasa de crecimiento (r): 0.04

Periodo de diseño en años 20

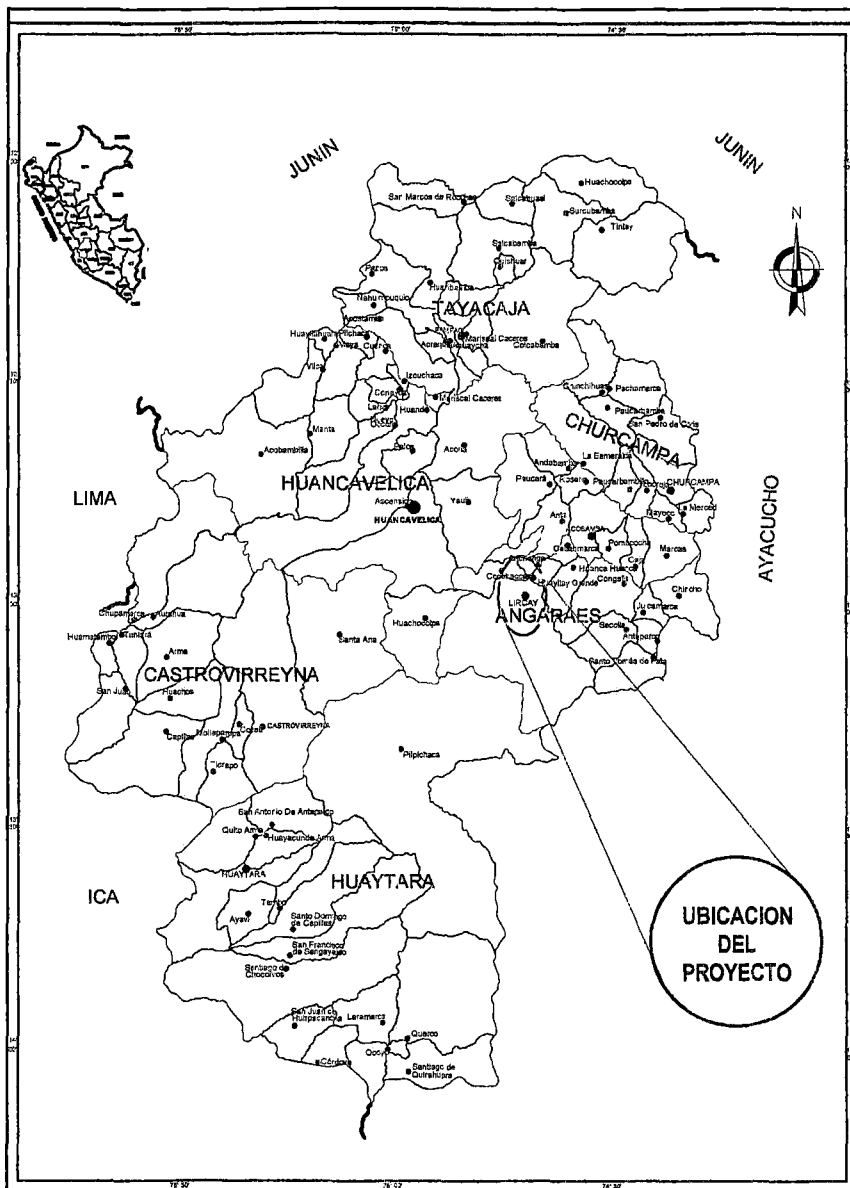
$$Fac. Crec. = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 29.78$$

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

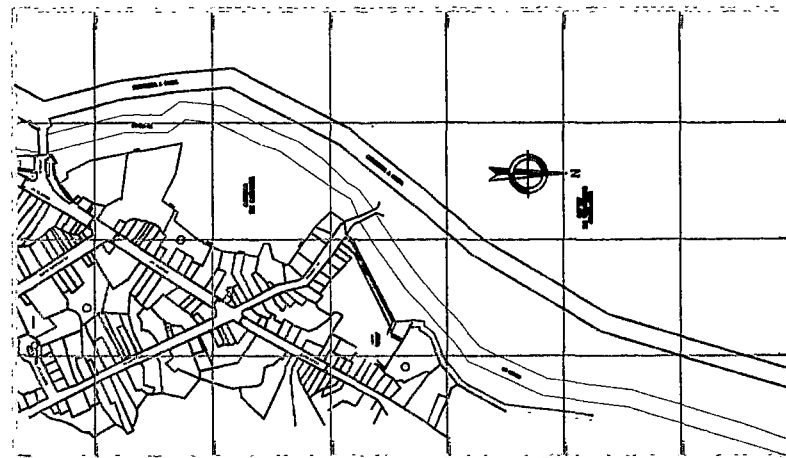
PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR	
			TIPO I	TIPO II
TAMANO DE ABERTURA: MD (Sentido Máquina) XD (Sentido Contrario Máquina)	ASTM D 4751	Pulg. Pulg.	1.0 nom. 1.3 nom.	1.0 nom. 1.3 nom.
ESPESOR: COSTILL A JUNTA	ASTM D 1777 - (64) ASTM D 1777 - (64)	Pulg. Pulg.	0.03 nom. 0.11 nom.	0.05 nom. 0.16 nom.
MÓDULO INICIAL REAL EN USO: MD XD	GR1 - GG1 - 87 GR1 - GG1 - 87	KN/m (lb/ft)	226.4 (15,170) 360.1 (24,685)	481.2 (32,980) 652.5 (44,725)
CAPACIDAD A LA TENSIÓN AL 2% DE ELONGACIÓN MD XD	GR1 - GG1 - 87 GR1 - GG1 - 87	KN/m (lb/ft)	4.09 (280) 6.57 (450)	5.98 (410) 9.78 (670)
CAPACIDAD A LA TENSIÓN AL 5% DE ELONGACIÓN MD XD	GR1 - GG1 - 87 GR1 - GG1 - 87	KN/m (lb/ft)	8.46 (580) 13.42 (920)	11.82 (810) 19.55 (1,340)
CAPACIDAD DE LAS JUNTAS MD XD	GR1 - GG1 - 87 GR1 - GG1 - 87	KN/m (lb/ft)	11.2 (765) 17.1 (1,170)	17.2 (1,180) 25.9 (1,778)
RIGIDEZ FLEXURAL	ASTM D 1388 - 96 Opción A	Mg/cm	250,000	750,000
RIGIDEZ TORSIONAL	US COE PRELIMINAR	kg-cm/deg	3.2	6.5
RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN A LARGO PLAZO	EPA 900 INMERSIÓN	%	100	100

Tabla: Características y especificaciones técnicas de la geomalla biaxial BX 1200 para refuerzo estructural

Fuente: MOP-001- F-2002. TOMO I



UBICACION DEL PROYECTO



LOCALIZACION DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCAMELICA

TESIS:
"COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO DE LIRCAY
KM 0+010 CAMINO A OCOPA DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"

PLANO:

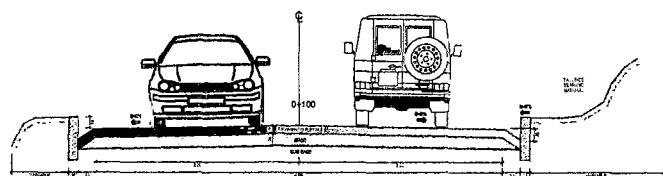
UBICACION Y
LOCALIZACION

TESISTAS:
TOVAR CHOCCELAHUA Edison
TAIPE SARMIENTO Walter
CAD TESISTAS

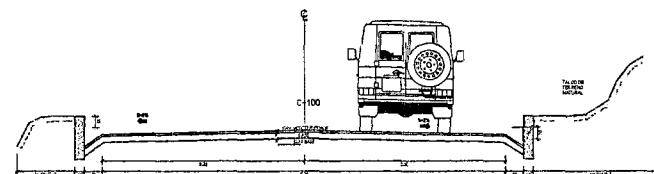
REVISIA:

ESCALA:
SIN ESCALA
FECHA:
NOVIEMBRE - 2012

LAMINA:
UL-01



**SECCION DE PAVIMENTO
FLEXIBLE SIN GEOMALLA**



**SECCION DE PAVIMENTO
FLEXIBLE CON GEOMALLA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCavelica**

**"COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL
DISTRITO DE LIRCAY KM 0+010 CAMINO A OCOPA DEPARTAMENTO DE HUANCavelica.**

TESISTAS:
TOVAR CHOCCELAHUA Edson
TAIPE SARMIENTO, Walter
CAD:
TESISTAS

PLANO:
SECCIONES CON EL USO Y
SIN EL USO DE GEOMALLA

ESCALA:
INDICADA
FECHA:
DICIEMBRE - 2012

S-01

Presupuesto

Obra PAVIMENTACION
Fórmula PAVIMENTO FLEXIBLE SIN GEOMALLA
Cliente TESISTAS **Tarjeta** 01/12/2012
Departamento HUANCAVELICA **Provincia** Angaraes **Distrito** Lircay

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.00.00	PAVIMENTO FLEXIBLE SIN GEOMALLA					
01.01.00	Conformacion y compactacion de subrasante	M2	4,290.00	4.24	18,189.60	18,189.60
01.02.00	Base granular con equipo e+0.20m	M2	4,290.00	13.90	59,631.00	59,631.00
01.03.00	Imprimacion asfaltica	M2	4,290.00	5.15	22,093.50	22,093.50
01.04.00	Carpeta asfaltica en caliente de 0.13m	M2	4,290.00	37.69	161,690.10	161,690.10

COSTO DIRECTO	261,604.20
----------------------	-------------------

SON: DOSCIENTOS SESENTIUN MIL SEISCIENTOS CUATRO Y 20/100 NUEVOS SOLES

Análisis de precios unitarios

Obra

PAVIMENTACION

Fórmula

PAVIMENTO FLEXIBLE SIN GEOMALL

Fecha 01/12/2012

Partida

CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE

Rendimiento

750.00

M2/DIA

Costo unitario directo por : M2

4.24

Código

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OFICIAL	HH	1.00	0.01	5.93	0.06
PEON	HH	4.00	0.04	4.71	0.20
					0.26
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.26	0.01
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.00	0.01	110.00	1.18
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	1.00	0.01	80.00	0.86
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.00	0.01	180.00	1.93
					3.98

Partida

01.02.00

BASE GRANULARC/EQUIPO E+0.20M

Rendimiento

500.00 M2/DIA

Costo unitario directo por : M2

13.90

Código

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OFICIAL	HH	1.00	0.02	5.93	0.09
PEON	HH	4.00	0.06	4.71	0.30
					0.39
Materiales					
AFIRMADO	M3		0.26	28.72	7.47
AGUA	M3		0.01	9.60	0.11
					7.58
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.39	0.01
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.00	0.02	110.00	1.76
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	1.00	0.02	80.00	1.28
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.00	0.02	180.00	2.88
					5.93

Partida

01.03.00

IMPRIMACION ASFALTICA

Rendimiento

2,500.00 M2/DIA

Costo unitario directo por : M2

5.15

Código

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OFICIAL	HH	1.00	0.00	5.93	0.02
PEON	HH	2.00	0.01	4.71	0.03
					0.05
Materiales					
ASFALTO RC-250	GLN		0.22	17.50	3.76
KEROSENE INDUSTRIAL	GLN		0.08	8.01	0.60
					4.36
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.05	0.00
COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	HM	1.00	0.00	55.00	0.18
CAMION IMPRIMADOR DE 1800 GLS.	HM	1.00	0.00	175.00	0.56
					0.74

Partida 01.04.00

CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 0.13M

Rendimiento

2,500.00 M2/DIA

Costo unitario directo por : M2

37.69

Código

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OFICIAL	HH	2.00	0.01	5.93	0.04
PEON	HH	12.00	0.04	4.71	0.18
					0.22
Materiales					
MEZCLA ASFALTICA	M3		0.09	375.00	33.75
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	M3		0.09	32.00	2.88
					36.63
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.22	0.01
RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	HM	1.00	0.00	80.00	0.26
RODILLO TANDEM ESTATICO AUT 58-70HP 5-8T	HM	1.00	0.00	60.00	0.19
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.00	0.00	120.00	0.38
					0.84

Precios y cantidades de insumos requeridos

Obra

Fórmula 01

PAVIMENTO FLEXIBLE SIN GEOMALLA

Fecha

01/12/2012

Código	Insumo	Unidad	Precio	Cantidad	Parcial	Presupuestado
	AFIRMADO	M3	28.72	1,115.40	32,034.29	32,046.30
	ASFALTO RC-250	GLN	17.50	922.35	16,141.13	16,130.40
	MEZCLA ASFALTICA	M3	375.00	386.10	144,787.50	144,787.50
	AGUA	M3	9.60	47.19	453.02	471.90
	OFICIAL	HH	5.93	155.73	923.48	900.90
	PEON	HH	4.71	649.94	3,061.22	3,045.90
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	110.00	114.54	12,599.40	12,612.60
	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	M3	32.00	386.10	12,355.20	12,355.20
	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	HM	55.00	13.73	755.15	772.20
	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	80.00	114.54	9,163.20	9,180.60
	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	HM	80.00	13.73	1,098.40	1,115.40
	RODILLO TANDEM ESTATICO AUT 58-70HP 5-8T	HM	60.00	13.73	823.80	815.10
	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	180.00	114.54	20,617.20	20,634.90
	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	120.00	13.73	1,647.60	1,630.20
	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 GLS.	HM	175.00	13.73	2,402.75	2,402.40
	KEROSENE INDUSTRIAL	GLN	8.01	321.75	2,577.22	2,574.00

SUB-TOTAL	261,440.55	261,475.50
------------------	-------------------	-------------------

INSUMOS COMODIN

HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	128.70
-----------------------	-----	--------

SUB-TOTAL	128.70
------------------	---------------

TOTAL	261,440.55	261,604.20
-------	------------	------------

MONTO PARTIDAS ESTIMADAS	0.00
---------------------------------	-------------

261,604.20

La columna parcial es el producto del precio por la cantidad requerida; y en la última columna se muestra el Monto Real que se está utilizando

Presupuesto

Obra PAVIMENTACION
Fórmula PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA
Cliente TESISTAS **Tarjeta** 0001 **01/12/2012**
Departame HUANCavelica **Provincia** ANGARAES **Distrito** LIRCAY

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.00.00	PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA					
01.01.00	Conformacion y compactacion de subrasante	M2	4,290.00	4.24	18,189.60	18,189.60
01.02.00	Base granular con equipo e+0.10m	M2	4,290.00	10.58	45,388.20	45,388.20
01.03.00	Imprimacion asfáltica	M2	4,290.00	5.15	22,093.50	22,093.50
01.04.00	Carpeta asfáltica en caliente de 0.035m	M2	4,290.00	19.38	83,140.20	83,140.20
01.05.00	Colocacion de geomalla	M2	4,290.00	12.03	51,608.70	51,608.70

COSTO DIRECTO	220,420.20
----------------------	-------------------

SON: DOSCIENTOS VEINTE MIL CUATROCIENTOS VEINTE Y 20/100 NUEVOS SOLES

Análisis de precios unitarios

Fórmula PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA **Fecha** 01/12/2012
Partida CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE
Rendimiento 750.00 M2/DIA **Costo unitario directo por : M2** 4.24

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
	OFICIAL	HH	1.00	0.01	5.93	0.06
	PEON	HH	4.00	0.04	4.71	0.20
						0.26
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.26	0.01
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.00	0.01	110.00	1.18
	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	1.00	0.01	80.00	0.86
	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.00	0.01	180.00	1.93
						3.98

Partida 01.02.00 **BASE GRANULARC/EQUIPO E+0.10M**
Rendimiento 500.00 M2/DIA **Costo unitario directo por : M2** 10.58

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
	OFICIAL	HH	1.00	0.02	5.93	0.09
	PEON	HH	4.00	0.06	4.71	0.30
						0.39
	Materiales					
	AFIRMADO	M3		0.13	28.72	3.73
	AGUA	M3		0.06	9.60	0.53
						4.26
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.39	0.01
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	1.00	0.02	110.00	1.76
	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	1.00	0.02	80.00	1.28
	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1.00	0.02	180.00	2.88
						5.93

Partida 01.03.00 **IMPRIMACION ASFALTICA**
Rendimiento 2,500.00 M2/DIA **Costo unitario directo por : M2** 5.15

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
	OFICIAL	HH	1.00	0.00	5.93	0.02
	PEON	HH	2.00	0.01	4.71	0.03
						0.05
	Materiales					
	ASFALTO RC-250	GLN		0.22	17.50	3.76
	KEROSENE INDUSTRIAL	GLN		0.08	8.01	0.60
						4.36
	Equipos					
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.05	0.00
	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	HM	1.00	0.00	55.00	0.18
	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 GLS.	HM	1.00	0.00	175.00	0.56
						0.74

Partida 01.04.00 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 0.035M
 Rendimiento 2,500.00 M2/DIA Costo unitario directo por : M2 19.38

Código

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OFICIAL	HH	2.00	0.01	5.93	0.04
PEON	HH	12.00	0.04	4.71	0.18
					0.22
Materiales					
MEZCLA ASFALTICA	M3		0.05	375.00	16.88
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	M3		0.05	32.00	1.44
					18.32
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.22	0.01
RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	HM	1.00	0.00	80.00	0.26
RODILLO TANDEM ESTATICO AUT 58-70HP 5-8T	HM	1.00	0.00	60.00	0.19
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.00	0.00	120.00	0.38
					0.84

Partida 01.05.00 COLOCACION DE GEOMALLA
 Rendimiento 4,200.00 M2/DIA Costo unitario directo por : M2 12.03

Código

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OFICIAL	HH	1.00	0.00	5.93	0.01
PEON	HH	2.00	0.00	4.71	0.02
					0.03
Materiales					
GEOMALLA BX1200	M2		1.00	12.00	12.00
					12.00
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	0.03	0.01
					0.01

Precios y cantidades de insumos requeridos

Fórmula 01

PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA

Fecha

01/10/2012

Código

Insumo	Unidad	Precio	Cantidad	Parcial	Presupuestado
AFIRMADO	M3	28.72	557.70	16,017.14	16,001.70
ASFALTO RC-250	GLN	17.50	922.35	16,141.13	16,130.40
MEZCLA ASFALTICA	M3	375.00	193.05	72,393.75	72,415.20
AGUA	M3	9.60	235.95	2,265.12	2,273.70
GEOMALLA BX1200	M2	12.00	4,290.00	51,480.00	51,480.00
OFICIAL	HH	5.93	163.88	971.81	943.80
PEON	HH	4.71	666.24	3,137.99	3,131.70
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	HM	110.00	114.54	12,599.40	12,612.60
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	M3	32.00	193.05	6,177.60	6,177.60
COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	HM	55.00	13.73	755.15	772.20
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	HM	80.00	114.54	9,163.20	9,180.60
RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	HM	80.00	13.73	1,098.40	1,115.40
RODILLO TANDEM ESTATICO AUT 58-70HP 5-8T	HM	60.00	13.73	823.80	815.10
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	180.00	114.54	20,617.20	20,634.90
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	120.00	13.73	1,647.60	1,630.20
CAMION IMPRIMADOR DE 1800 GLS.	HM	175.00	13.73	2,402.75	2,402.40
KEROSENE INDUSTRIAL	GLN	8.01	321.75	2,577.22	2,574.00

SUB-TOTAL 220,269.26 220,291.50

INSUMOS COMODIN

HERRAMIENTAS MANUALES %MO 128.70

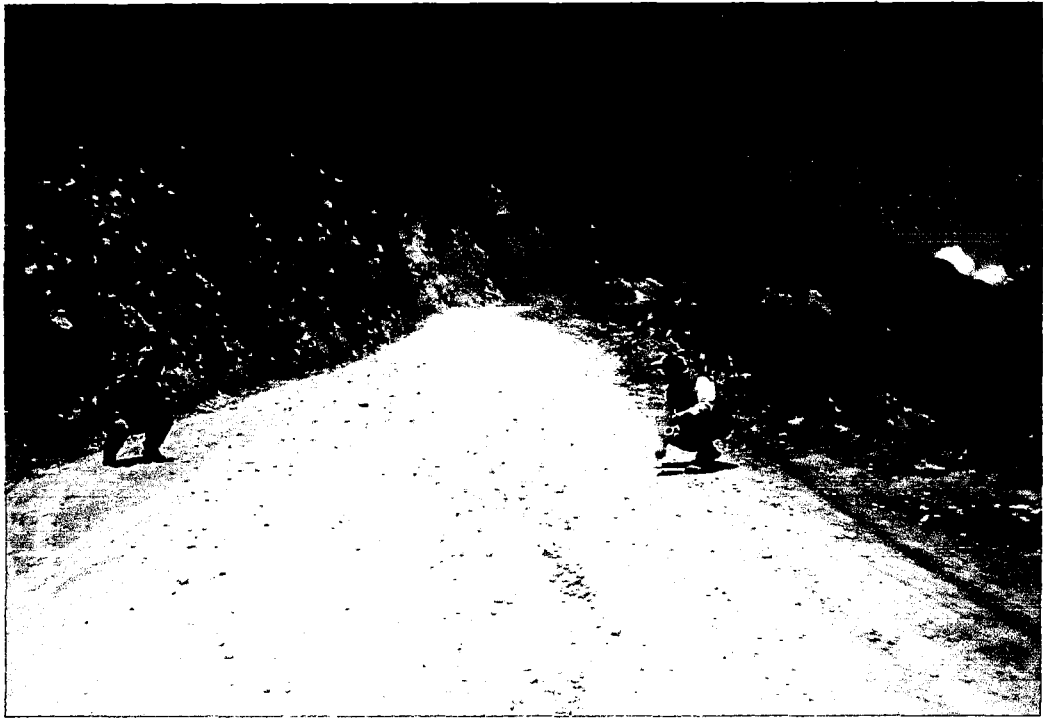
SUB-TOTAL 128.70

TOTAL 220,269.26 220,420.20

MONTO PARTIDAS ESTIMADAS 0.00

220,420.20

La columna parcial es el producto del precio por la cantidad requerida; y en la última columna se muestra el Monto Real que se está utilizando



Vista de Camino hacia Ocopa zona de estudio



Se aprecia en el área la presencia de suelo blando



Tramo con presencia de agrietamientos



Se indica la presencia de ahuellamiento y agrietamiento

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

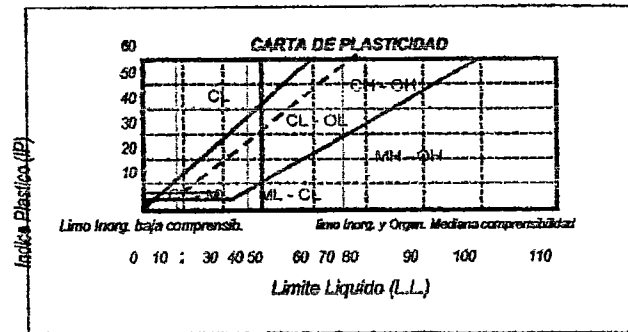
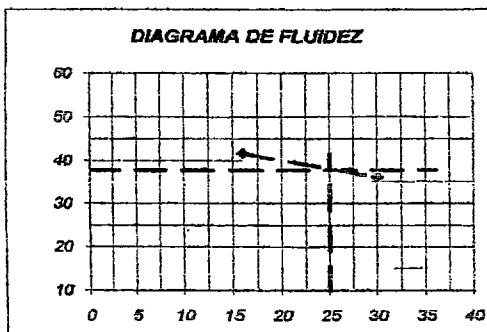
12

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY - OCOPA		
TRAMO			
UBICACIÓN	TIERRA DE FUNDACION KM 0+010	FECHA	15/11/2012
CLIENTE	WALTER Y EDSON	ESTRUCTURA	TIERRA DE FUNDACION
ENSAYOS	ESTANDAR DE CLASIFICACION	OPERADOR	RERM
NORMAS	ASTM D422 - D2218 - D845 - D4318 - D427 - D2437 / AASHTO T87		

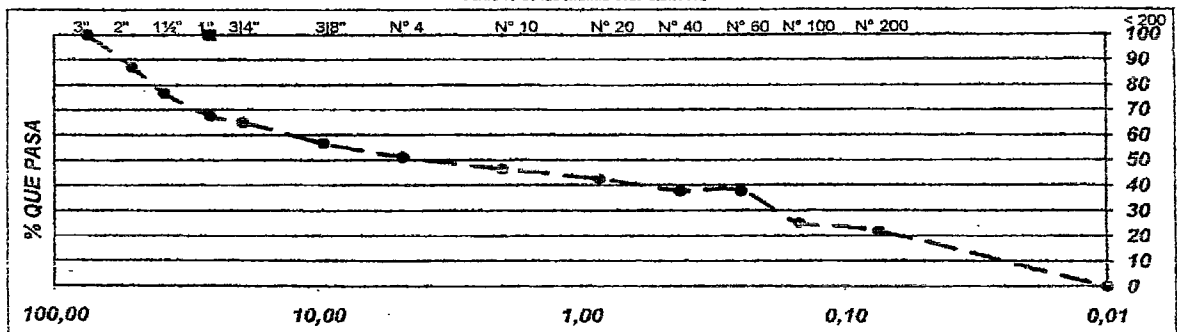
Tipo de Exploración	Calicata
Nº de Exploración	C1
Nº de Muestras	M1
Profundidad del Estrato (m)	0.00 - 1.50
Angulo de fricción interna	--
Cohesión de suelo	--
Peso Unitario Seco Suelto	--
Capacidad Portante Admisible kg/cm2	--
Peso Específico Natural (γ)	--
Humedad Natural (w) %	17,10
Límite Líquido (LL)	25,30
Límite Plástico (LP)	23,30
Índice Plasticidad (IP)	2,00
Porcentaje de Absorción	--
Peso Unitario Seco Compacto	--
CLASIFICACIÓN SUCS	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A1-b(0)
Suelos formado por arena limosa de mediana plasticidad a baja plasticidad,	
tierra de fundación regular amalo	

TAMAÑO	TAMICES	PESO	% QUE	ESPECIF
MALLA	ASTM	RETEN	PASA	
75,000	3"	0,00	100,00	
50,000	2"	1044,00	87,08	
37,500	1½"	836,00	76,73	
25,000	1"	751,00	67,44	
19,000	¾"	191,00	65,07	
9,500	3/8"	665,00	56,84	
4,750	Nº 4	468,00	51,05	
2,000	Nº 10	379,50	46,36	
0,850	Nº 20	321,75	42,37	
0,425	Nº 40	363,00	37,88	
0,250	Nº 60	0,00	37,88	
0,150	Nº 100	1031,25	25,12	
0,075	Nº 200	272,25	21,75	
0,010	< 200	1757,25	0,00	
Peso inic.	8080	6322,75		
D10 (mm)	0,03	Cu	381,28	
D30 (mm)	0,19	Cc	0,08	
D60 (mm)	13,15	I.G.		



REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U.S. Standard



Betsy Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 109101

Rogelio Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

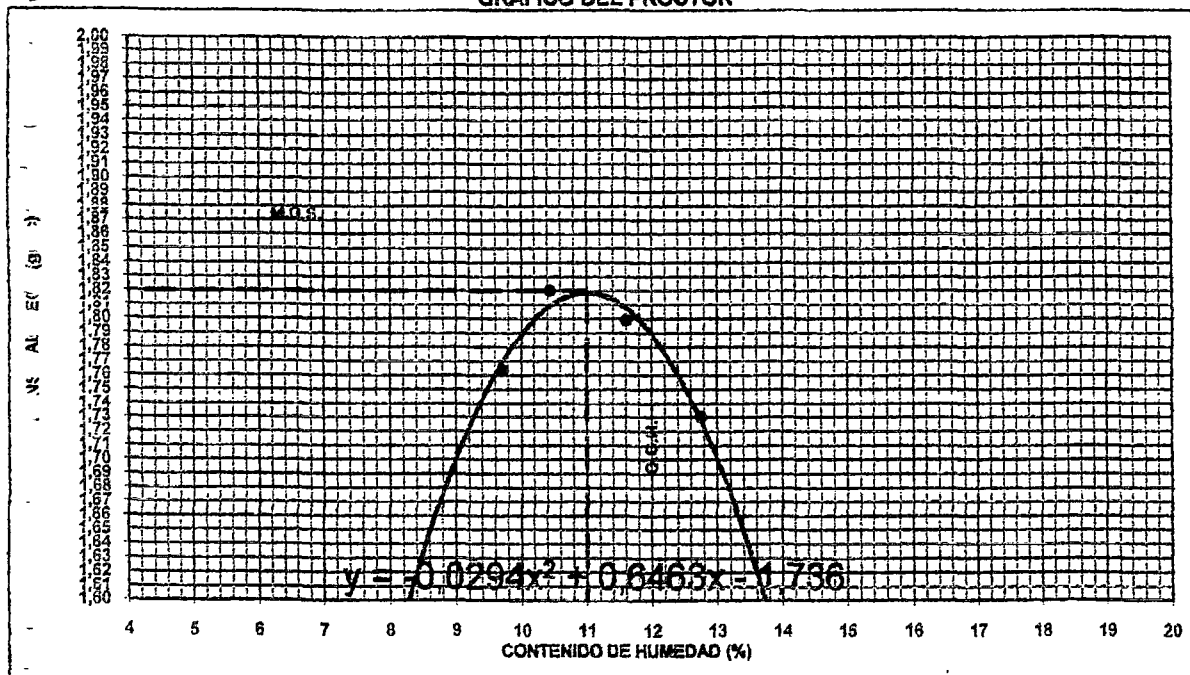
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

PROCTOR MODIFICADO

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO URCAY - OCOPA		
TRAMO			
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	FECHA	15/11/2012
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 0+010	EFFECTUADO	RERM
EJE	IZQUIERDO	CALICATA	C1- M1

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180 METODO - D				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2087	PESO DEL MOLDE (gr) :	5840	MOLDE Nro.
NÚMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	9878	10035	10030	9912
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4038	4195	4190	4072
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,935	2,010	2,008	1,951
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	170,00	152,00	159,00	158,00
PESO SUELOS SECO + TARA	158,00	140,00	146,00	144,00
PESO DE LA TARA	34,33	25,00	33,90	34,23
PESO DE AGUA	12,00	12,00	13,00	14,00
PESO DE SUELO SECO	123,67	115,00	112,10	109,77
CONTENIDO DE AGUA	9,70	10,43	11,60	12,75
% PROMEDIO DE AGUA	9,70	10,43	11,60	12,75
PESO VOLUMETRICO SECO	1,78	1,82	1,80	1,73
DENSIDAD MAXIMA SECA	1,82 gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA		11,00 %

GRAFICO DEL PROCTOR



Betty Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 109101

Rogers E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 04134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

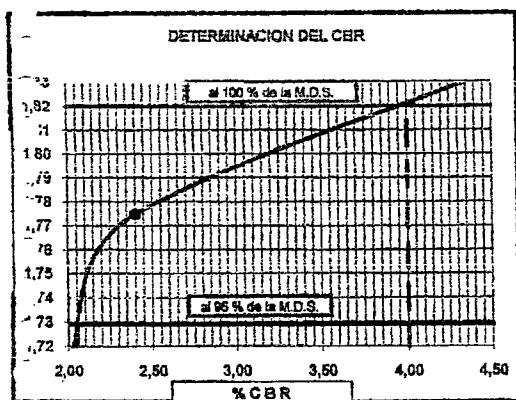
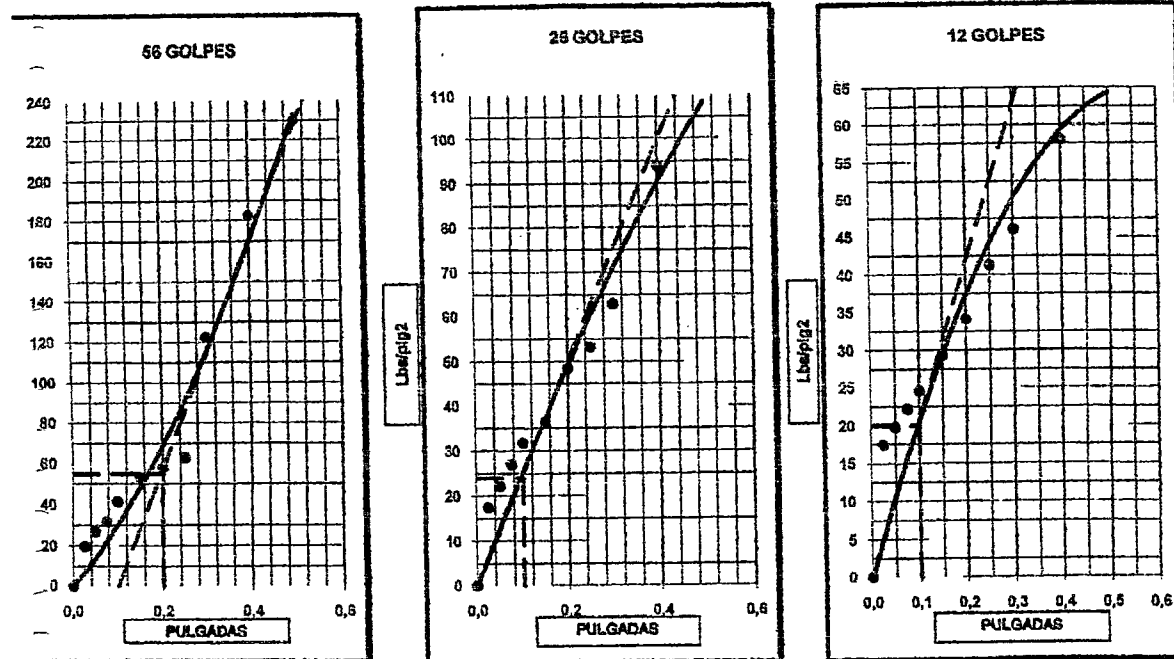
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

C.B.R

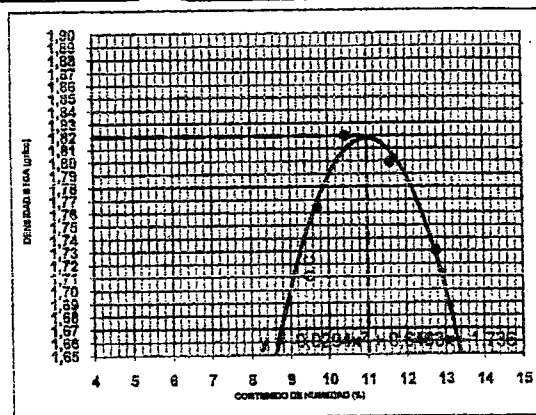
ASTM D-1883

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO URCAY - OCOPA		
TRAMO		FECHA	15/11/2012
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	CALICATA	C1
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 0+010	MUESTRA	M1
EJE	IZQUIERDO	PROFUND.	0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR		
R AL 100%	0.1"	= 4.00 %
CBR AL 95%	0.1"	= 2.05 %



DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA al 100%	=	1.82 gr/cc.
DENSIDAD SECA al 95%	=	1.73 gr/cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	=	11.0 %



Betsy Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 109101



Rogers E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CPL N° 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

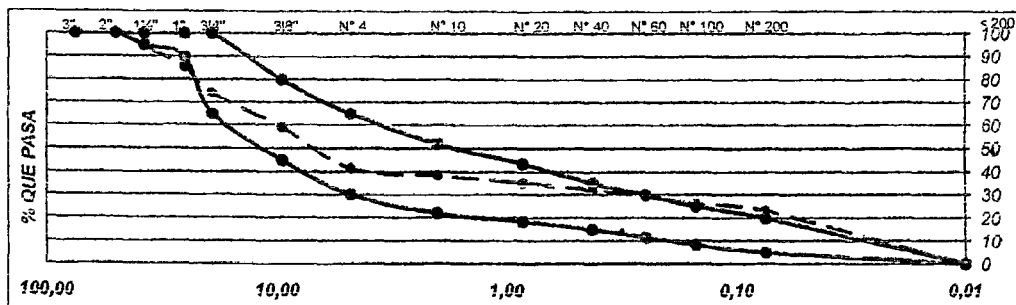
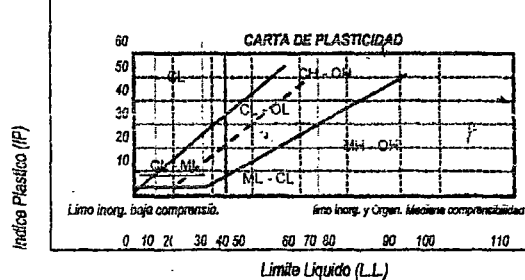
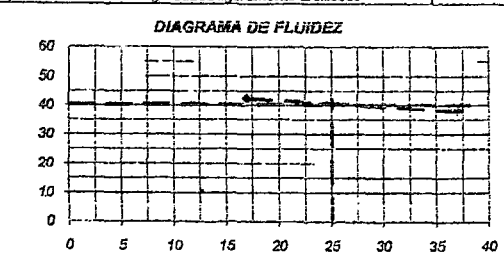
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY - OCOPA		
TRAMO			
UBICACIÓN	TIERRA DE FUNDACION KM 1+010	FECHA	15/11/2012
CLIENTE	WALTER Y EDSON	ESTRUCTURA	TIERRA DE FUNDACION
ENSAYOS	ESTANDAR DE CLASIFICACION	OPERADOR	RERM
NORMAS	ASTM D422 - D2218 - D845 - D4318 - D427 - D2437 / AASHTO T87		

Tipo de Exploración	Calicata
Nº de Exploración	C1
Nº de Muestras	M1
Profundidad del Estrato (m)	0.00 - 3.00
Angulo de fricción interna	--
Cohesión de suelo	--
Peso Unitario Seco Suelto	1289,00
Capacidad Portante Admisible kg/cm²	--
Peso Especifico Natural (γ)	2,05
Humedad Natural (w) %	16,10
Límite Líquido (LL)	40,26
Límite Plástico (LP)	30,62
Índice Plasticidad (IP)	9,64
Porcentaje de Absorción	2,04
Peso Unitario Seco Compacto	1355
CLASIFICACIÓN SUCS	GM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-7(0)
Suelo formado por Grava Lamosa, mezcla de Grava limo arena y limo de color marrón violeta, con finos y grava	
tierra de fundación regular a buño	
Grava mal graduada ligeramente arcillosa	

TAMANO	TAMICES	PESO	% QUE	ESPECIF.	
MALLA	ASTM	RETEN.	PASA		
75,000	3"	0,00	100,00		
50,000	2"	0,00	100,00	100	100
37,500	1½"	230,00	94,25	95	100
25,000	1"	360,00	85,25	90	100
19,000	¾"	440,00	74,25		
9,500	3/8"	605,00	59,13		
4,750	Nº 4	702,00	41,58	30	65
2,000	Nº 10	123,06	38,50		
0,850	Nº 20	129,71	35,26		
0,425	Nº 40	126,39	32,10	15	35
0,250	Nº 60	113,08	29,27		
0,150	Nº 100	123,06	26,19		
0,075	Nº 200	119,74	23,20	5	20
0,010	< 200	927,95	0,00	0	0
Peso Inic.		4000	1663,00		
D10 (mm)		0,03	Cu	310,78	
D30 (mm)		0,30	Cc	0,27	
D60 (mm)		10,05	I.G.		



Betsy Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 109101

Rodrigo E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

PROCTOR MODIFICADO

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY - OCOPA		
TRAMO			
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	FECHA	15/11/2012
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 1+010	EFECTUADO	RERM
EJE	IZQUIERDO	CALICATA	C1- M1

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180 METODO - D

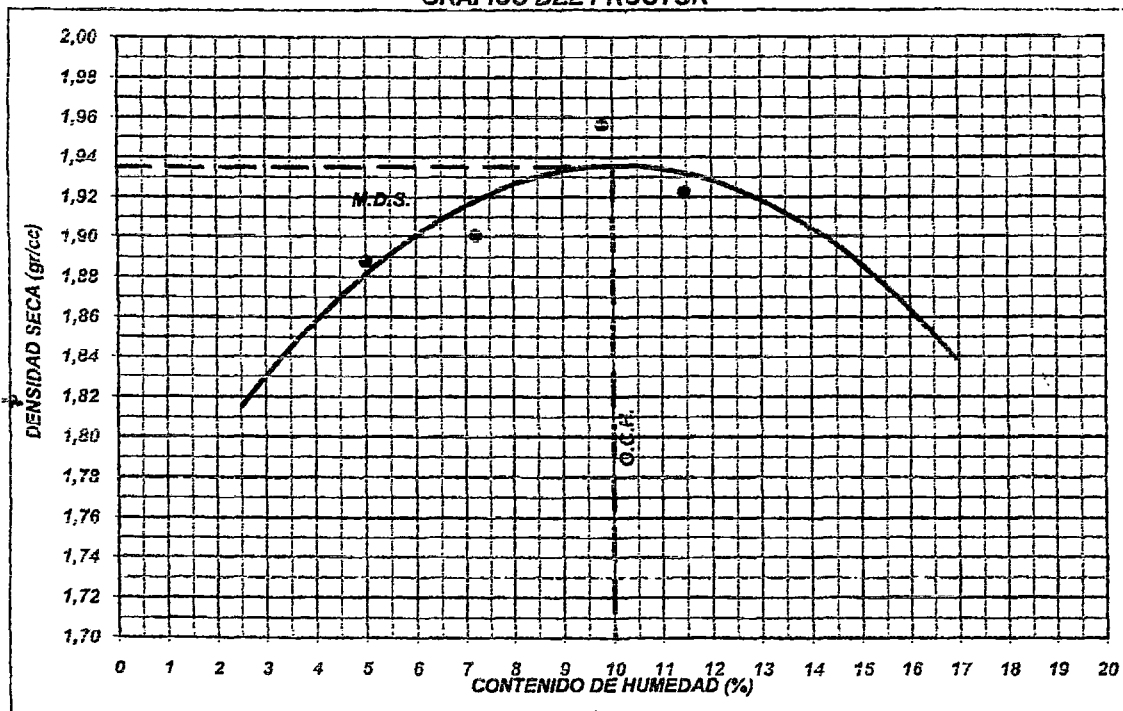
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2087	PESO DEL MOLDE (gr 5248)	MOLDE Nro.	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	9385	9500	9730	9720
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4137	4252	4482	4472
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,982	2,037	2,148	2,143

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	2215,00	2145,00	2150,00	2165,00
PESO SUELOS SECO + TARA	2164,00	2081,00	2060,50	2052,00
PESO DE LA TARA	1146,00	1193,00	1146,00	1065,00
PESO DE AGUA	51,00	64,00	89,50	113,00
PESO DE SUELO SECO	1018,00	888,00	914,50	987,00
CONTENIDO DE AGUA	5,01	7,21	9,79	11,45
% PROMEDIO DE AGUA	5,01	7,21	9,79	11,45
PESO VOLUMETRICO SECO	1,89	1,90	1,96	1,92

DENSIDAD MAXIMA SECA	1,94 gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA	10,00 %
----------------------	-------------	----------------	---------

GRAFICO DEL PROCTOR



Betssy Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 109101



Rogers E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CPL N° 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

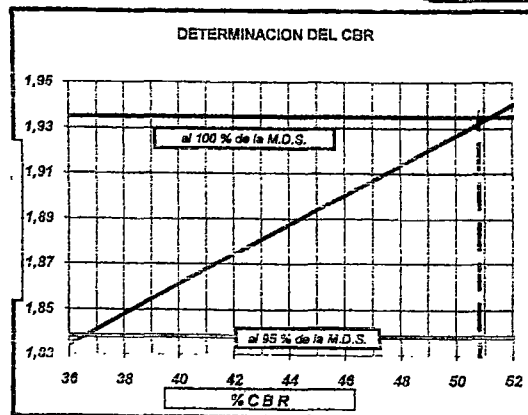
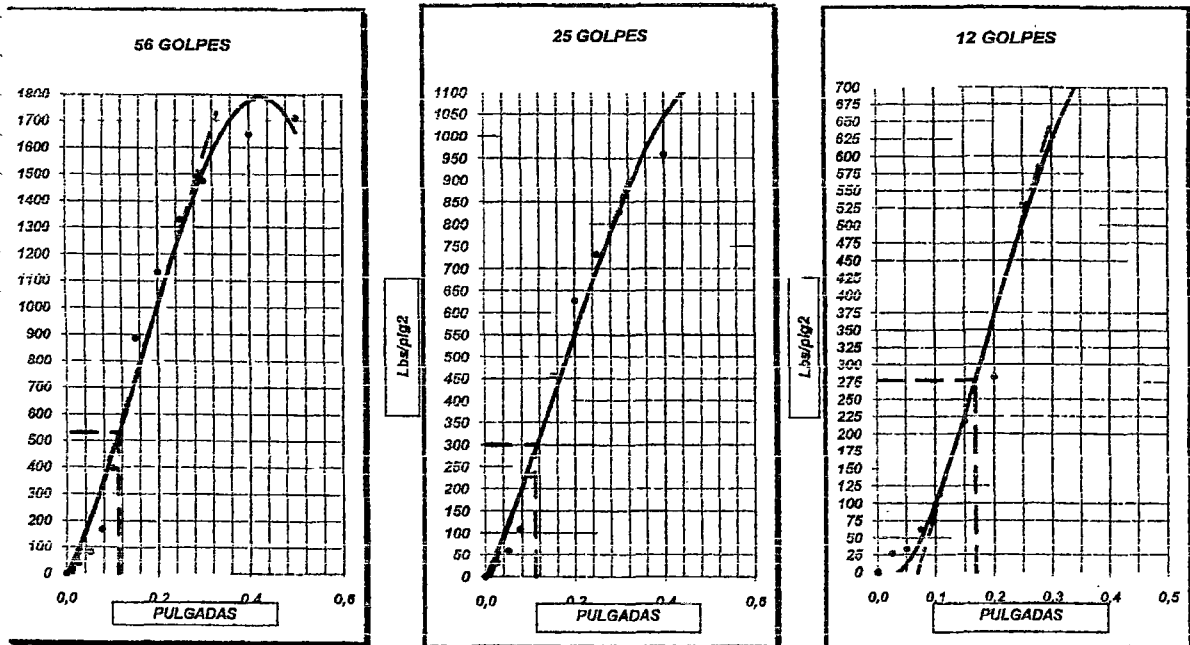
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

C.B.R

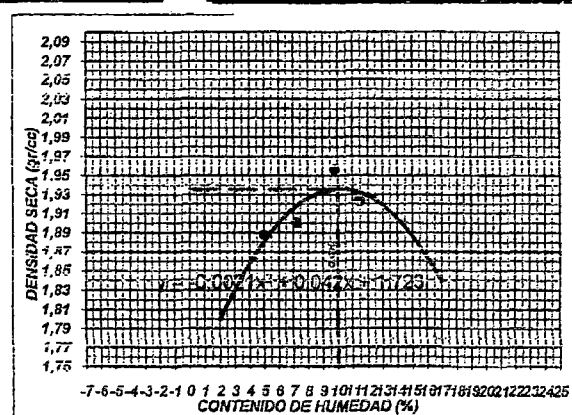
ASTM D-1883

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO URCAY - OCOPA		
TRAMO	WALTER Y EDSON	FECHA	15/11/2012
SOLICITADO	Tierra Camino a OCOPA KM 1+010	ALICATA	C1
PROCEDENCIA	IZQUIERDO	MUESTRA	M1
EJE		PROFUND.	0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR
 CBR AL 100% 0.1" = 50.80 %
 CBR AL 95% 0.1" = 29.00 %



DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA al 100% = 1.94 gr./cc.
 DENSIDAD SECA al 95% = 1.84 gr./cc.
 OPTIMO DE HUMEDAD = 10.0 %

Bessy Espinoza Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 109101

Rogers E. Romero Meigs
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

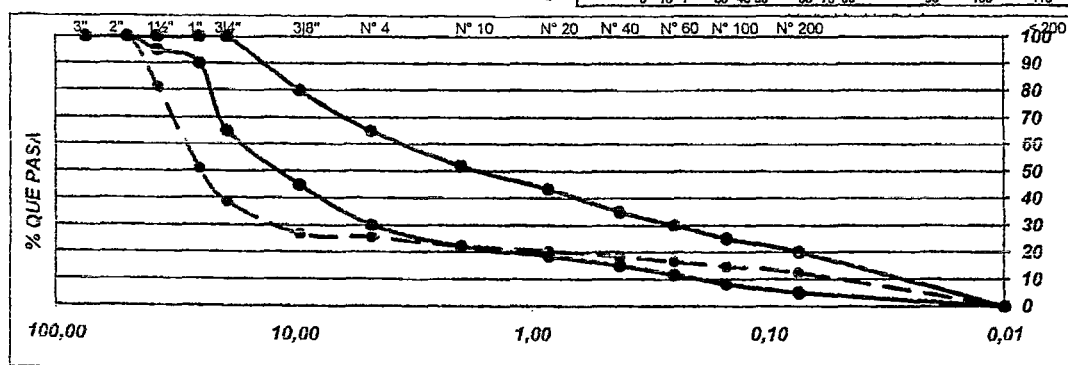
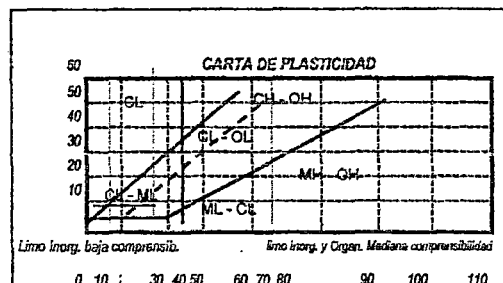
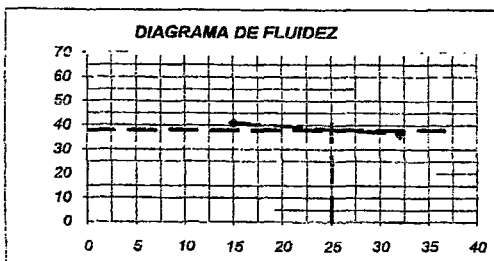
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

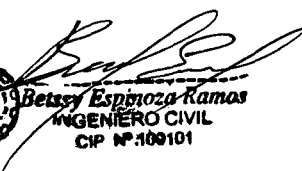
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY - OCOPA		
TRAMO			
UBICACIÓN	TIERRA DE FUNDACION KM 1+090	FECHA	15/11/2012
CLIENTE	WALTER Y EDSON	ESTRUCTURA	TIERRA DE FUNDACION
ENSAYOS	ESTANDAR DE CLASIFICACION	OPERADOR	RERM
NORMAS	ASTM D422 - D2218 - D845 - D4318 - D427 - D2437 / AASHTO T87		

Tipo de Exploración	Calicata
Nº de Exploración	C1
Nº de Muestras	M1
Profundidad del Estrato (m)	0.00 - 3.00
Angulo de fricción interna	--
Cohesion de suelo	--
Peso Unitario Seco Suelto	1125,00
Capacidad Portante Admisible kg/cm2	--
Peso Especifico Natural (γ)	2,14
Humedad Natural (w) %	8,71
Límite Líquido (LL)	34,51
Límite Plástico (LP)	28,43
Indice Plasticidad (IP)	6,08
Porcentaje de Absorción	4,61
Peso Unitario Seco Compacto	1285
CLASIFICACIÓN SUCS	GC
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4(0)
Gravas arcillosas, mezcla de grava arena y arcilla	
decolor marron amarillento	
tierra de fundación Regular a bueno	

TAMANO	TAMICES	PESO	% QUE	ESPECIF
MALEA	ASTM	RETEN.	PASA	
75,000	3"	0,00	100,00	
50,000	2"	0,00	100,00	100 100
37,500	1½"	640,00	81,18	95 100
25,000	1"	1027,00	50,97	90 100
19,000	¾"	420,00	38,62	
9,500	3/8"	408,00	26,62	
4,750	Nº 4	42,00	25,38	30 65
2,000	Nº 10	107,01	22,24	
0,850	Nº 20	63,86	20,36	
0,425	Nº 40	69,04	18,33	15 35
0,250	Nº 60	65,59	16,40	
0,150	Nº 100	58,68	14,67	
0,075	Nº 200	77,67	12,39	5 20
0,010	< 200	421,15	0,00	0 0
Peso Inic.	3400	2978,85		
D10 (mm)	0,06	Cu	474,72	
D30 (mm)	12,18	Cc	85,23	
D60 (mm)	28,74	I.G.		




Betsey Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 109101


Rogelio E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 24134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

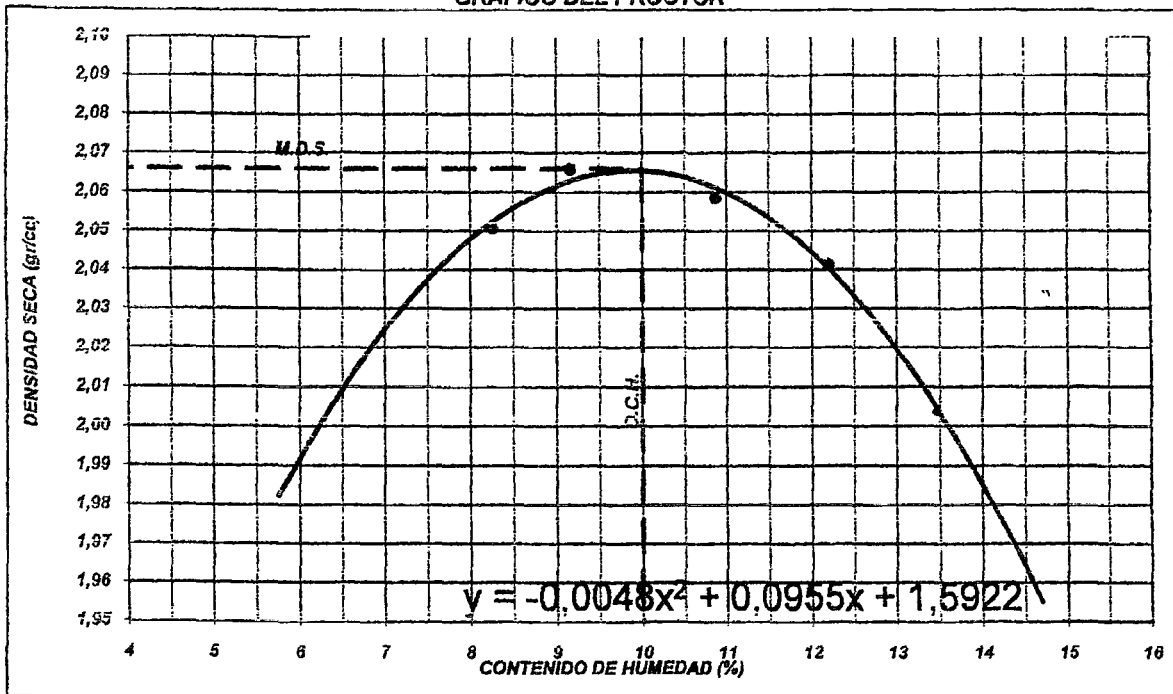
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

PROCTOR MODIFICADO

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LURCAY - OCOPA		
TRAMO			
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	FECHA	15/11/2012
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 1+090	EFEITUADO	RERM
EJE	IZQUIERDO	CALICATA	C1- M1

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180 METODO - D				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2050	PESO DEL MOLDE (gr) :	6625	MOLDE Nro.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	11176	11248	11304	11320
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4551	4623	4679	4695
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,220	2,255	2,282	2,290
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	9	2	16	6
PESO SUELO HUMEDO + TARA	260,00	227,00	135,00	148,00
PESO SUELOS SECO + TARA	243,00	211,50	125,10	135,50
PESO DE LA TARA	37,00	42,28	34,00	33,00
PESO DE AGUA	17,00	15,50	9,90	12,50
PESO DE SUELO SECO	206,00	169,22	91,10	102,50
CONTENIDO DE AGUA	8,25	9,16	10,87	12,20
% PROMEDIO DE AGUA	8,25	9,16	10,87	12,20
PESO VOLUMETRICO SECO	2,05	2,07	2,06	2,04
DENSIDAD MAXIMA SECA	2,07 gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA		10,00 %

GRAFICO DEL PROCTOR



Betsy Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 109191

Rogers E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

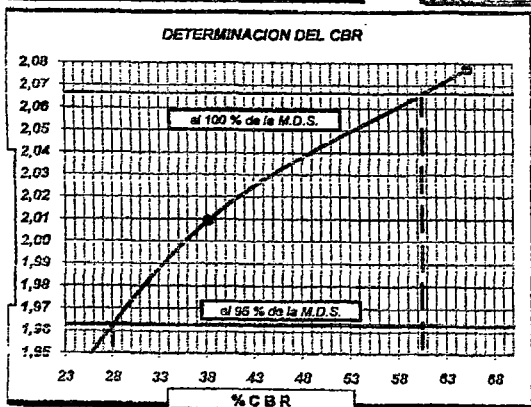
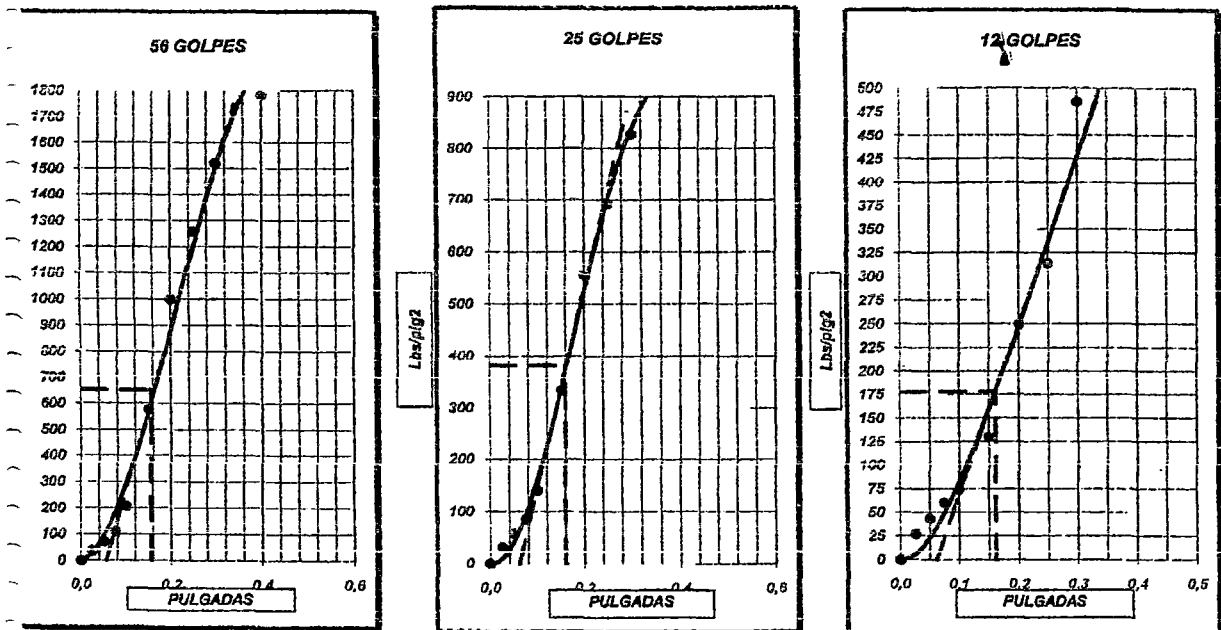
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

C.B.R

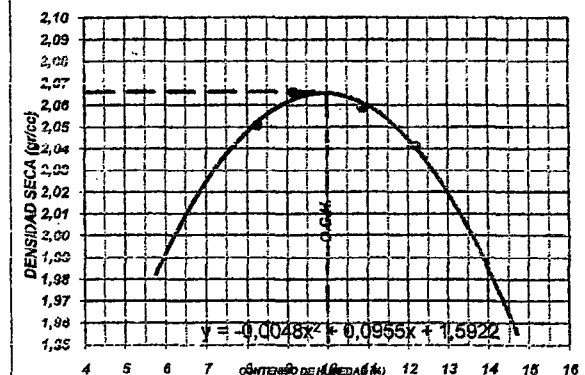
ASTM D-1883

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY OCOPA		
TRAMO		FECHA	15/11/2012
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	CALICATA	C1
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 1+090	MUESTRA	M1
EJE	IZQUIERDO	PROFUND.	0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR
 CBR AL 100% 0.1" = 80,50 %
 CBR AL 95% 0.1" = 28,00 %



DATOS DEL PROCTOR
 DENSIDAD SECA al 100% = 2,07 gr/cc.
 DENSIDAD SECA al 95% = 1,98 gr/cc.
 OPTIMO DE HUMEDAD = 10,0 %

Betsy Espinoza Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 109101

Rogers E. Romero Mejia
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

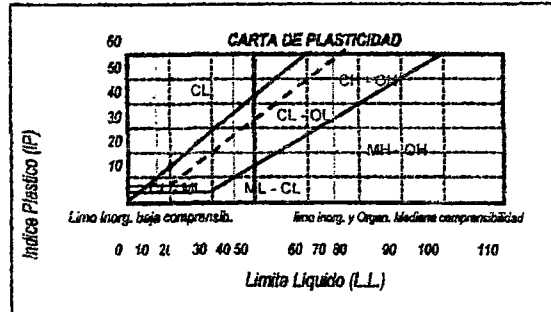
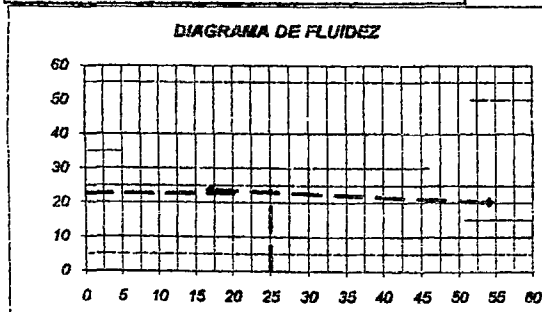
Telf. 067-369394 - Cel. 964-645800 - RPM #870159

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY - OCOPA		
TRAMO			
UBICACIÓN	TIERRA DE FUNDACION KM0+020	FECHA	15/11/2012
CLIENTE	WALTER Y EDSON	ESTRUCTURA	TIERRA DE FUNDACION
ENSAYOS	ESTANDAR DE CLASIFICACION	OPERADOR	RERM
NORMAS	ASTM D422 - D2218 - D845 - D4318 - D427 - D2437 / AASHTO T87		

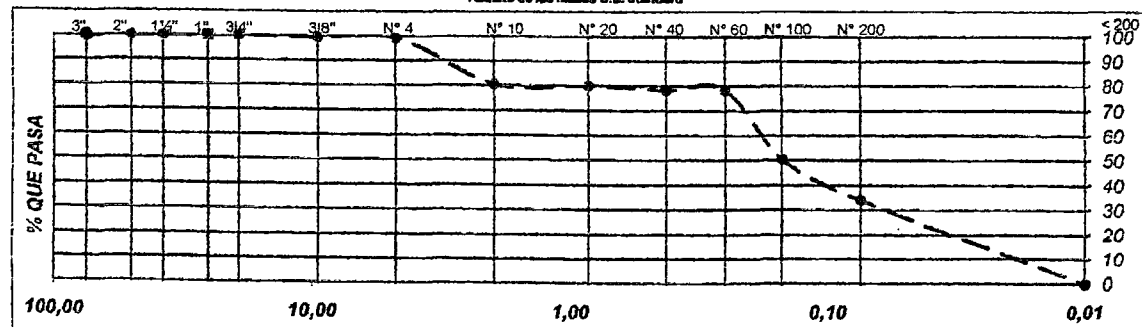
Tipo de Exploración	Calicata
Nº de Exploración	C1
Nº de Muestras	M1
Profundidad del Estrato (m)	0.00 - 1.50
Angulo de fricción interna	--
Cohesion de suelo	--
Peso Unitario Seco Suelto	--
Capacidad Portante Admisible kg/cm2	--
Peso Especifico Natural (γ)	--
Humedad Natural (w) %	31,90
Límite Líquido (LL)	32,30
Límite Plástico (LP)	28,90
Índice Plasticidad (IP)	3,40
Porcentaje de Absorción	--
Peso Unitario Seco Compacto	--
CLASIFICACIÓN SUCS	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4(0)
Arenas limosas de plasticidad media	
tierra de fundación malo	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMANO	TAMICES	PESO	% QUE	ESPECIF.
	MALCA	ASTM	RETEN.	PASA	
ASTM D422 - D2218 - D845 - D4318 - D427 - D2437 / AASHTO T87	75,000	3"	0,00	100,00	
	50,000	2"	0,00	100,00	
	37,500	1½"	0,00	100,00	
	25,000	1"	0,00	100,00	
	19,000	¾"	0,00	100,00	
	9,500	3/8"	26,00	99,53	
	4,750	Nº 4	16,00	99,23	
	2,000	Nº 10	1021,00	80,60	
	0,850	Nº 20	32,63	80,01	
	0,425	Nº 40	87,01	78,42	
	0,250	Nº 60	0,00	78,42	
	0,150	Nº 100	1533,52	50,44	
	0,075	Nº 200	902,71	33,96	
	0,010	< 200	1861,13	0,00	
Peso Inic.		5480	3618,87		
D10 (mm)		0,02	Cu	8,34	
D30 (mm)		0,04	Cc	0,34	
D60 (mm)		0,18	I.G.	-1,42	



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS

Tamaño de las mallas U.S. Standard



Betty Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 109101



Rogers E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 94134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

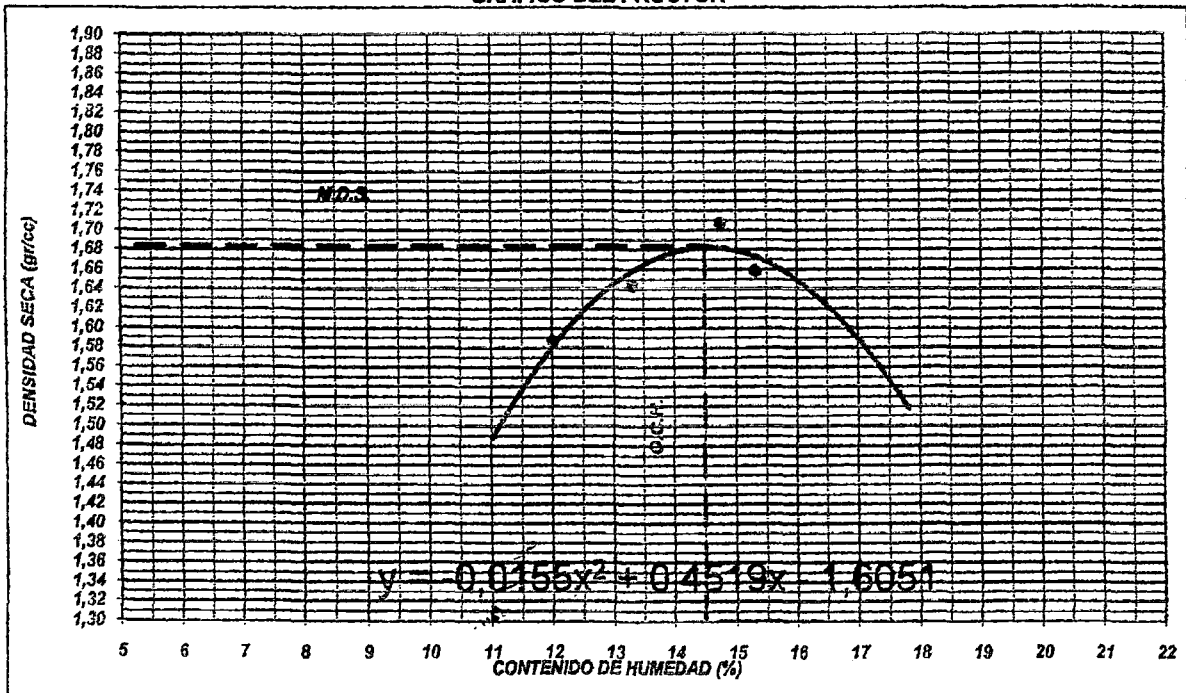
RUC : 20487063399

Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY OCOPA		
TRAMO			
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	FECHA	15/11/2012
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 0+020	EFFECTUADO	RERM
EJE	IZQUIERDO	CALICATA	C1- M1

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180 METODO - D				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2087	PESO DEL MOLDE (gr) :	6603	MOLDE Nro.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	10312	10490	10690	10594
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3709	3887	4087	3991
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,777	1,862	1,958	1,912
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + TARA	146,00	153,00	153,00	147,00
PESO SUELOS SECO + TARA	134,00	139,00	138,00	132,00
PESO DE LA TARA	34,06	33,85	36,25	34,04
PESO DE AGUA	12,00	14,00	15,00	15,00
PESO DE SUELO SECO	99,94	105,15	101,75	97,96
CONTENIDO DE AGUA	12,01	13,31	14,74	15,31
% PROMEDIO DE AGUA	12,01	13,31	14,74	15,31
PESO VOLUMETRICO SECO	1,59	1,64	1,71	1,66
DENSIDAD MAXIMA SECA	1,68 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA	14,50 %

GRAFICO DEL PROCTOR



Betsy Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 108101

Rogers E. Roman Mejar
INGENIERO CIVIL
CPL N° 84134

HIDROGEOMIN R&B S.A.C.

RUC : 20487063399

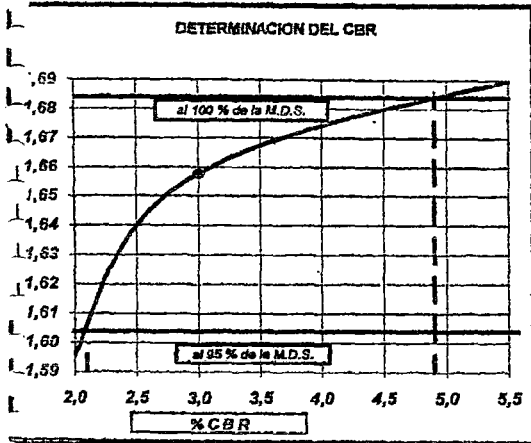
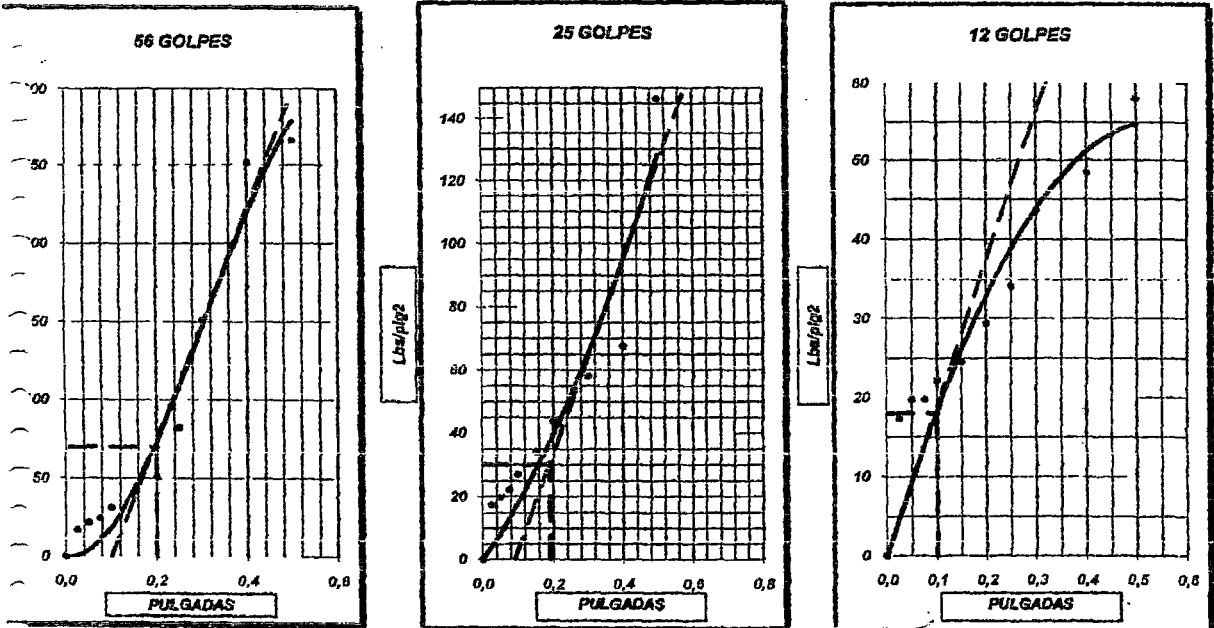
Telf. 067-369394 – Cel. 964-645800 – RPM #870159

C.B.R

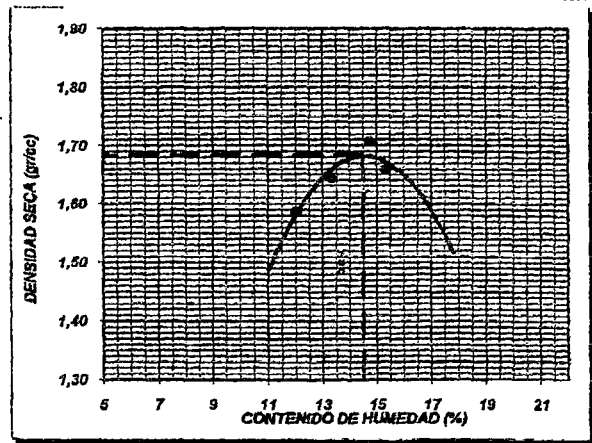
ASTM D-1883

OBRA	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL USO DE GEOMALLA EN EL DISTRITO LIRCAY - OCOPA		
TRAMO		FECHA	15/11/2012
SOLICITADO	WALTER Y EDSON	CALICATA	C1
PROCEDENCIA	TIERRA CAMINO A OCOPA KM 0+020	MUESTRA	M1
EJE	IZQUIERDO	PROFUND.	0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 4.90 %
BR AL 95%	0.1"	= 2.10 %



DATOS DEL PROCTOR		
DENSIDAD SECA al 100%	=	1.68 gr/cc.
DENSIDAD SECA al 95%	=	1.60 gr/cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	=	14.5 %

Betty Espinoza Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 108101

Rogers E. Romero Melgar
INGENIERO CIVIL
CIP N° 94134