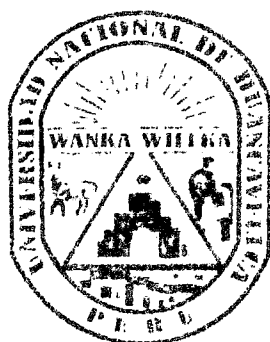


Universidad Nacional de Huancavelica
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



· TESIS

**"PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO
DE ADITIVO SIKA 21 Y T-PRO-500 PARA EL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS-
MECANICAS DE LA SUPERFICIE DE RODADURA
EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS"**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN
CIENCIA DE LOS MATERIALES**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. TAIPE GUTIERREZ, Wilder
Bach. PILLACA YANCCE, Benicio**

ASESOR:

Ing. ANDRES ZOSIMO NAHUI GASPAR

HUANCAMELICA - PERU

2014



Acta de Sustentación de Tesis

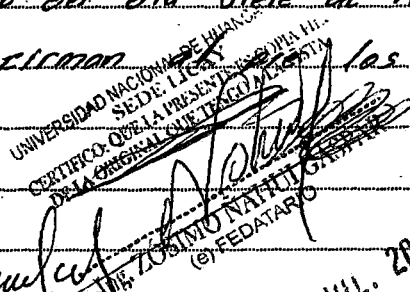
En el paraninfo de la Facultad de Ingeniería Minas - Civil de la Escuela Académica Profesional Civil Arequipa, a las siete días del mes de Mayo del dos mil catorce siendo horas seis pasado el meridiano se instaló las sesiones de Jurado, en base a la Resolución de Consejo de Facultad N° 118 - 2014 - FIMC - UNH, de fecha veinte y ocho de Abril del Dos mil catorce en el cual se resuelve:

Artículo Primero: Aprobar la Hora y Fecha para la sustentación de Tesis de Título Profesional de Ingeniero Civil, a desarrollarse el día siete de Mayo del Dos mil Catorce, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Título de Proyecto: "Propuesta Técnica y Económica del Uso de Aditivos Giza 21 y PRO-500 para el Mejoramiento de las propiedades Física - Mecánica de la superficie de Rodadura en las Carreteras no Pavimentadas". Responsables del Proyecto: Bach. Pillaca Yanceo Benicio y Bach. Taipe Gutierrez, Wilder, Asesor Ing. Nahui Gaspar Andres Zarima, Jurados Ing. Enrique R. Camac Ojeda (Presidente), Ing. Dedicación Miguel Medina Champe (Secretario), Lic. Franklin Burichagui Gutierrez (Vocal), con la finalidad de Evaluar la Sustentación de Tesis referida inmediatamente se procedió con la intervención del presidente, quien dio las instrucciones correspondientes dado a conocer al Tesisista el tiempo de duración de treinta minutos de sustentación y autorizando el inicio de la misma. Terminada la sustentación, se procedió con la formulación de preguntas pertinentes las cuales fueron absueltas y sustentadas seguidamente los miembros del Jurado. Después de un amplio debate se resolvió: Aprobado por Mayoría.

La Tesis Materia de la Presente

Siendo Horas siete pasado meridiano del día siete de Mayo del Dos mil Catorce y en señal de conformidad firman los Miembros del Jurado.



Enrique R. Camac Ojeda

Ing. Enrique R. Camac Ojeda

Presidente

Cirafireza

Dedicación M. Medina Champe

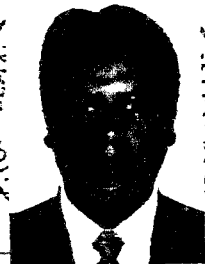
Ing. Dedicación M. Medina Champe

Secretario

21 JUL. 2014

Lic. Franklin Burichagui Gutierrez

Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA
SEDE LIGAY
CERTIFICADO LA PRESENTE ES COPIA FIEL
DE LA ORIGINAL QUE SE ENCUENTRA EN LA VISTA
FOLIO N° 1
FEDATARIO

11 JUL. 2014 156

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Paraninfo de la facultad de Ingeniería Minas-Civil, e la Escuela Académica Profesional Civil-Minas, a los Quince días del mes febrero del año 2014, siendo las 005 de la tarde, se instaló a miembros del jurado, En base a la Resolución de Consejo de Facultad N° 005-2014-FIMC-UMH, de fecha 14 de enero del dos mil catorce en la cual se Resuelve:

Artículo Primero: Probar la Hora y fecha para la sustentación de tesis de título profesional de Ingeniera Civil, a desarrollarse el Quince de enero del dos mil catorce, De acuerdo a las siguientes especificaciones:

Título del Proyecto: "Propuesta técnica y económica del uso de Aditivos Sika 21 y T-Pro-500 Para el mejoramiento de las propiedades física-mecánica de la Superficie de Rodadura en las Carreteras no Pavimentadas, Responsable del proyecto Bach. Pillaca Yancee Benito y Bach. Taipei Gutierrez, Wilder, Preson Ing. Vahui Gaspar. Dadaés Zósimo; jurador Ing. Enrique R. Camarjeda Presidente, Ing. Dedecación Miguel, Medina Champe (secretario), Ing. Franklin Surichagui Gutierrez (Vocal), con la finalidad de evaluar la sustentación de tesis referida, Que por motivo de Salud el Tesista Taipei Gutierrez, Wilder no se presentó a la sustentación, Procegiendo con la sustentación con la intervención del presidente, Quien dio las instrucciones correspondientes, dando a conocer a los testar el tiempo de duración de treinta minutos de sustentación y Autorizando el inicio de la misma Terminado la sustentación se procedió con la formulación de preguntas referentes las cuales fueron algunas sueltas y sustentadas. Siguiendo los miembros de jurado por un debate amplio se Resuelve: Aprobar por Mayoría Tesis materia del presente.

En las tres de la tarde del día Quince de enero del dos mil catorce y señal en conformidad firma al pie, los miembros de

Ing. Medina Champe
secretario

Ing. Vahui Gaspar
presidente

Ing. Franklin Surichagui B.
Vocal

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto de investigación, a mis padres por estar ahí cuando más los necesité; en especial a mi madre Cecilia Yancce Peralta por su ayuda y constante cooperación y a mi hermana Mirian por apoyarme y ayudarme en los momentos más difíciles.

BENICIO PILLACA YANCCE.

A dios todo poderoso por ser mi amigo por guiarme por un buen camino, a mis queridos padres; a mi enamorada, por el apoyo constante que me brindaron durante mi formación como estudiante y a mis hermanos.

WILDER TAPE GUTIERREZ.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios cada día más por brindarnos una oportunidad para avanzar hacia nuestros objetivos; y porque es quien guía nuestros caminos y nuestros logros.

En primer lugar agradecemos a nuestros padres por el apoyo incondicional a lo largo de todos estos años; en segundo lugar a nuestra alma mater Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; de igual manera a nuestro Jurado Al Ing. Medina Champe Dedicación, por el apoyo y aliento que nos ha permitido lograr uno de nuestros más grandes anhelos; y por último a la Universidad Nacional de Huancavelica por habernos dado la oportunidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

ABSTRACT

The not paved roads deteriorate more rapid with regard to a paved route. The thin particles on having agglutinated with the thick attachés exposed to the environment lose dampness; and with the physical external action of the traffic traffic it generates disgregamiento superficially, turning this way into powder particulado and later there appear superficial faults like pot-holes, wavinesses, ahuellamientos, etc. To be able to preserve the above mentioned surfaces and that do not experience a deterioration accelerated in the time, it proposed to apply two additives SIKKA I OCCUR 21 and T PRO - 500 as alternatives of solution. These applied additives to themselves in situ in agreement to the recommendations of the manufacturer, to the type of soil and of two determinant variables for his respective application: The Index of

152

ÍNDICE	Paginas
PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ABSTRACT	
ÍNDICE	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	

CAPÍTULO I

PROBLEMA.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.3. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS	11
1.4. JUSTIFICACIÓN	12

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES	13
2.2. BASES TEÓRICAS	15
2.3. HIPOTESIS	29
2.4. SIKA 21	29

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	48
3.2. TIPO DE INVESTIGACION	48
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	48
3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	49
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACION	50
3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUETSREO	62
3.7. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	63
3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS	63
3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISI DE DATOS	63

131

CAPÍTULO IV

ASPECTO ADMINISTRATIVO.

4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	102
4.2.	DISCUSIÓN	102

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ARTÍCULO CIENTÍFICO

ANEXOS.

GRÁFICOS, CUADROS, IMÁGENES

RESUMEN

Las carreteras no pavimentadas se deterioran más rápido con respecto a una vía pavimentada. Las partículas finas al aglutinarse con los agregados gruesos expuestos al medio ambiente pierden humedad; y con la acción física externa del tránsito vehicular genera disgregamiento superficial, convirtiéndose así en polvo particulado y posteriormente aparecen fallas superficiales como baches, ondulaciones, ahuellamientos, etc. Para poder conservar dichas superficies y que no experimenten un deterioro acelerado en el tiempo, se propuso aplicar dos aditivos SIKA SUELO 21 y T PRO - 500 como alternativas de solución. Se aplicaron éstos aditivos in situ de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, al tipo de suelo y de dos variables determinantes para su aplicación respectiva: El Índice de plasticidad y el porcentaje de finos que pasan la malla N°200. La construcción de estos sectores de prueba estuvo sujeta a las mismas condiciones de clima, mismas condiciones geométricas de tráfico vehicular y del mismo tipo de suelo (aporte de material de cantera). Luego de hacer el monitoreo después de aplicado, estos productos se compararán y proyectarán su desempeño en el tiempo por medio de dos indicadores: El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP). Con los resultados obtenidos se pretende incentivar las posteriores investigaciones de la gran gamma de aditivos químicos que existen en el medio y bajo condiciones determinadas poder proponer su utilización en la conservación superficial de la carpeta de rodadura en una vía no pavimentada.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis pretende verificar la idoneidad técnica de aditivos SIKa 21 Y T-PR 500 para modificar los suelos con el fin de que sirvan como materiales constitutivos de la base y la subbase en afirmado en carreteras no pavimentadas. La investigación a culminado con la aplicación de dos aditivos con fines de conservación superficial en la progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS – PUCA LOMA. PROVINCIA HUAMANGA DEPARTAMENTO AYACUCHO. Se desarrollaron las siguientes actividades:

- 1) aplicación de un tratamiento de suelos con aditivos SIKa 21 Y T PRO 500 en el perfilado con aporte de material de cantera.
- 2) Utilización de material de cantera que cumplan con las especificaciones de la norma vigentes del MTC (E-107/ASTM D-422), conforme a los requisitos mínimos que recomiendan los fabricantes.
- 3) Se evaluó experimentalmente la eficiencia superficial del suelo estabilizado con los compuestos químicos SIKa Y T- PRO 500 por medio de un sistema de monitoreo después de aplicados.
- 4) Los objetivos específicos para la presente investigación tenemos:
 - Seleccionar el tramo de prueba para aplicar el ADITIVO SIKa 21 Y T- PRO 500 en 2 tramos diferenciados de prueba determinando su eficiencia comparada con la de un tercer tramo de control sin aplicación de aditivo.
 - Realizar una evaluación visual de la superficie de rodadura carpeta de rodadura.
 - Evaluar la eficiencia y los costos en la recurrencia del perfilado con aporte de material en los sectores tratados respecto al sector patrón.
 - Verificar a lo largo del tiempo la evolución del comportamiento del firme, comparándolo con otros terraplenes que se ejecutarán con similares condiciones iniciales pero sin la aplicación de los aditivos de naturaleza polimérica.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las Carreteras No Pavimentadas son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto el mayor porcentaje de la vialidad se encuentra en esta categoría. Las carreteras no pavimentadas principalmente en la región sierra y selva tienden a deteriorarse en forma acelerado, principalmente debido a las constantes lluvias que se presentan. La consistencia de la capa de afirmado es vulnerable a los factores climáticos y a la acción física de los vehículos. Por ejemplo, en estaciones secas las partículas de la superficie de rodadura llegan a pulverizarse bajo la acción abrasiva de los neumáticos, iniciándose así el deterioro progresivo de la superficie, y por lo mismo la emisión de polvo afectando la salud de los pobladores que habitan cerca las carreteras de tierra, así mismo en épocas de lluvia principalmente pierde la capacidad portante iniciándose las fallas tales como ahuellamientos, surcos, baches, etc. Por estas causas el mantenimiento rutinario de las carreteras no pavimentadas implica un alto costo afectando la economía de nuestra sociedad. En tal sentido el presente proyecto de investigación es evaluar la eficiencia técnica y económica del uso de aditivos **SIKA 21 Y T-PRO-500** en las carreteras no pavimentadas para disminuir el deterioro acelerado de la capa de rodamiento y así mejorar la calidad de servicio al transporte vehicular y al mismo tiempo disminuir el costo de mantenimiento rutinario. Como también reducir la generación de polvo para evitar contaminación del medio ambiente que

principalmente son afectados las personas aledañas a las carreteras de tierra, reducir el impacto ambiental por el uso indiscriminado de las canteras de afirmado.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿ De qué manera influye el uso de aditivos SIKA 21 Y T-PRO-500 para el mejoramiento de las propiedades física-mecánica en la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas, progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS – PUCA LOMA. PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.

- ✓ ¿Cuál será costo de mantenimiento con el uso de aditivos SIKA 21 Y T-PRO-500 en la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas.
- ✓ ¿Cómo influye el uso de aditivos SIKA 21 Y T- PRO 500 en la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas.

1.3. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la influencia del uso de aditivos SIKA 21 Y T- PRO-500 para el mejoramiento de las propiedades física-mecánica en la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas, progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS – PUCA LOMA. PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO?

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Evaluar el costo de mantenimiento con el uso de aditivos SIKA 21 Y T – PRO-500 en la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas,

progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS –
PUCA - LOMA. PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO?

1.4. JUSTIFICACIÓN.

El presente trabajo de investigación se justifica por la necesidad de mejorar la calidad de nuestras carreteras de tierra, aumentar la conservación de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas. Por ende la estabilización de suelos es una técnica que puede contribuir Notablemente a la reducción del impacto ambiental en las obras de carretera, disminuir las emisiones de ahuellamientos y bajar el costo para el Mantenimiento. Es trabajo fundamental de los ingenieros probar alternativas de solución que mejore la calidad de servicio, la conservación bajando el costo de ejecución y mantenimiento así mismo prevenir el impacto ambiental en la explotación de canteras de afirmado, y así cambiar las practicas rutinarias e ideologías convencionales en el campo de ingeniería, pero nada de esto sería impulsado sin antes comprobar la eficiencia de estos aditivos para diferentes tipos de suelo por ésta la presente proyecto de investigación es evaluar la eficiencia técnica y económica de los aditivos SIKA 21 Y T-PRO-500 y proponer el uso de estos en carreteras no pavimentadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.

Los antecedentes de este estudio están ordenados de acuerdo a su origen y de acuerdo al tiempo, considerándose como máximo 5 años de antigüedad.

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL:

A nivel internacional el uso de estabilizantes de suelos para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo en carreteras vecinales esta difundido, teniéndose como ejemplo lo siguiente.

En Sudamérica se tienen los siguientes países:

1. Chile: uso de cloruro de magnesio, polímeros, enzimas.
2. Colombia: uso de cal, cemento, enzimas.
3. Brasil: uso de cal, cenizas, cemento, enzimas, polímeros.
4. Argentina: uso de cal, cemento, cenizas, polímeros.

2.1.2. A NIVEL NACIONALES:

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a través del proyecto especial de infraestructura de transporte nacional - PROVIAS NACIONAL-, tercer izó la conservación de la red vial nacional por niveles de servicio, donde

el principal objetivo fue alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad a través de la ejecución permanente de actividades de conservación rutinaria, conservación periódica, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales. Esto se realizó mediante la contratación de servicios de conservación vial por niveles de servicio con plazos superiores a tres años.

En el año 2008, la carretera a nivel de afirmado Ayacucho – Andahuaylas – Puente Sahuinto se encontró con un inadecuado nivel de transitabilidad. Y con la finalidad de atender dicha carretera durante el tiempo que duren los estudios definitivos y se inicie su construcción, el Estado previó contratar el servicio de conservación vial por niveles de servicio de la Carretera Ayacucho – Andahuaylas – Pte. Sahuinto, con una longitud de 384.50 Km. por el periodo de cuatro años, el cual fue controlado por indicadores de niveles de servicio. Este tipo de contratos se ejecutó en dos etapas: La primera etapa es de conservación antes de la construcción, donde se ejecutaron actividades de conservación para mejorar la transitabilidad mientras se culminaban los estudios definitivos y se iniciaba la construcción, aquí no se realizaron modificaciones en el diseño geométrico de la vía. Las principales actividades que se realizaron para esta etapa son: Roce y desbroce de arboles, limpieza de obras de arte, limpieza de la calzada y bermas, limpieza de señales verticales e hitos, perfilado, bacheo de calzada y bermas, remoción de derrumbes. En cuanto a la segunda etapa consistió en la conservación después de la construcción, donde se ejecutaron actividades de conservación rutinaria sobre la vía asfaltada.

La información en el ámbito nacional del uso de estabilizantes de suelos como T-PRO-500 Y SIKA 21 para mejorar las propiedades físicas - mecánicas del suelo en carreteras no pavimentadas es limitada, pero si se ha utilizado los aditivos químicos como ZIMPLEX PZ – 22X, TERRAZYME y SUELO-CEMENTO en las siguientes obras e investigaciones:

USO DEL ZIMPLEX PZ – 22X

- ✓ Carretera Ayacucho Andahuaylas - Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas⁽¹⁾
- ✓ Trocha Carrozable la Victoria – Rumicucho (Cajamarca).
- ✓ Prueba realizada en el proyecto Olmos Corral Quenado SIN AC – MTC.

USO DE SOIL CEMENT

- ✓ Estabilización del sub base en la construcción de la carretera Pucallma – Socos en Ayacucho.
- ✓ Estabilización de terraplenes en la obra carretera Ayacucho Andahuaylas, transporte gas del Perú, etc.

USO DE TERRAZyme

- ✓ Carretera pampas- Imperial en Huancavelica.
- ✓ Base aérea de Talara, Estacionamiento del Comando.
- ✓ Carretera taraco – Huancané en puno.

2.1.3. A NIVEL REGIONAL

No se encontró estudios anteriores.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

2.2.1.1. Definición:

Aquellas que tienen una superficie de rodadura formada por materiales granulares y que han sido sometidas a tratamientos superficiales, con trabajos previos de alineación, con apropiada sección transversal y longitudinal, y adecuado drenaje; o que han sido trabajadas sin ningún tratamiento alguno tales como los

142

caminos de herradura o trochas que son contruidos por la necesidad de acceder a lugares remotos.

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN

Las carreteras no pavimentadas por las capas superiores y la superficie de rodadura, se pueden clasificar en cuatro categorías:

- Carreteras de tierra: constituidas por suelos naturales y grava tratada con zarandeo.
- Carreteras gravosas: constituidas por una capa de revestimiento con material natural granular sin procesar que es seleccionado manualmente o por zarandeo. Su tamaño máximo es de 75mm.
- Carreteras afirmadas: aquellas que funcionan como superficie de rodadura y/o soporte al tráfico vehicular cuya capa de rodadura está constituida por materiales granulares naturales provenientes de canteras, excedentes de excavaciones o materiales que se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos.
- Carreteras con superficies estabilizadas con materiales de origen industrial.

2.2.1.3. CARACTERÍSTICAS

Los principales elementos que componen este tipo de carretera son:

- La plataforma: lo constituye fundamentalmente la superficie de rodadura, franja que es utilizada para la circulación de los vehículos. Tiene la función de soportar las cargas vehiculares y de mejorar drenaje para un mejor mantenimiento en el tiempo. Está

construida de tal forma que el eje central esté elevado con respecto a las laderas (normalmente entre 2% y 3% de bombeo). Las obras de drenaje configuran un sistema que evita el acumulamiento del agua superficial que puede filtrarse hacia la base o subbase, lo que genera daños estructurales y superficiales. Dentro de este sistema tenemos el drenaje superficial (bombeo, cunetas, zanjas de coronación, alcantarillas y canales) y el sub drenaje (filtros longitudinales, drenes, etc.). Los agregados en la conformación de este tipo de carreteras se deben disponer de una buena mezcla con adecuadas arenas y finos que actúen en principio contra la acción del tráfico y el escurrimiento del agua.

2.2.2. DETERIORO EN CARRETERAS SIN PAVIMENTAR.

2.2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO DE DETERIORO.

El mecanismo de deterioro de un camino sin pavimentar a diferencia de las carreteras pavimentadas consiste en un proceso progresivo más acelerado. Los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico) llegan a pulverizarse en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones. Estos problemas estructurales y superficiales se presentan debido a la acción del tráfico y a las condiciones climáticas (lluvias, presencia de hielo, efecto del deshielo). El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se

muo

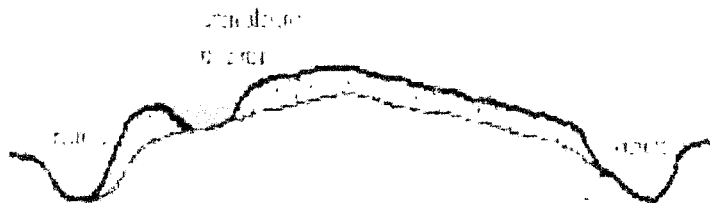
percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía.

2.2.2.2. DEFECTOS COMUNES EN VÍAS SIN PAVIMENTAR.

Los defectos más comunes en vías sin pavimentar fueron tratados a profundidad por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, quienes publicaron un estudio llamado "Unsurfaced Road Maintenance (Special Report 87-15)" en 1987, actualizado en el reporte del 92-96. Este estudio se basó en la evaluación de la magnitud y gravedad de los defectos donde se identificó siete situaciones o problemas tipificados de la siguiente forma:

SECCIÓN TRANSVERSAL IMPROPIA: Al ocurrir esto la carretera estará propensa a sufrir deterioro por problemas de circulación y de drenaje, por lo que se debe presentar una pendiente transversal suficiente para que las aguas superficiales sean evacuadas de manera rápida fuera de la plataforma.

Figura: 1 Sección transversal impropia



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo
Centroamericano de daños a pavimentos viales.

- **DRENAJE INADECUADO:** Se caracteriza por la acumulación de agua superficial en la plataforma, no necesariamente por el mal drenaje superficial o la inexistencia de elementos de drenaje profundo, sino por falta de mantenimiento en las obras de arte.

Figura; 2 Drenaje inadecuado.

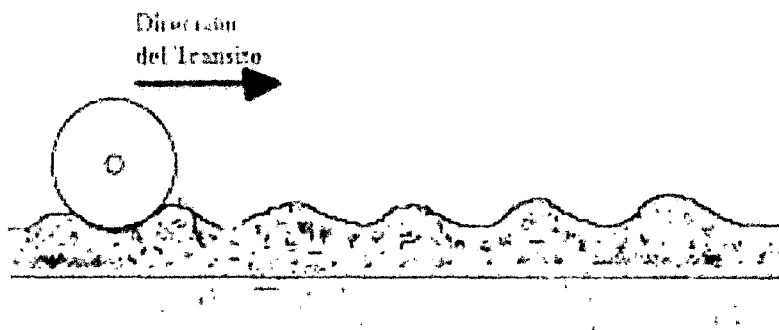


Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales.

- **ONDULACIONES:** Se distinguen por las deformaciones que ocurren en la superficie de rodadura, en intervalos regulares y perpendiculares al tráfico. Su origen se debe a una serie de factores tales como: continuo tráfico de vehículos, pérdida de finos, deficiencias en la capacidad de soporte, pendiente inadecuada y capas granulares de mala calidad.

130

Figura: 3 Ondulaciones.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales.

-BACHES: Se genera debido a los siguientes factores: Inexistencia de capas de revestimiento, deficiencias en la composición de la mezcla, ausencia de partículas aglutinantes en la composición de la carpeta de rodado, plataforma mal drenada y sin inclinación transversal.

Figura: 4 Baches.

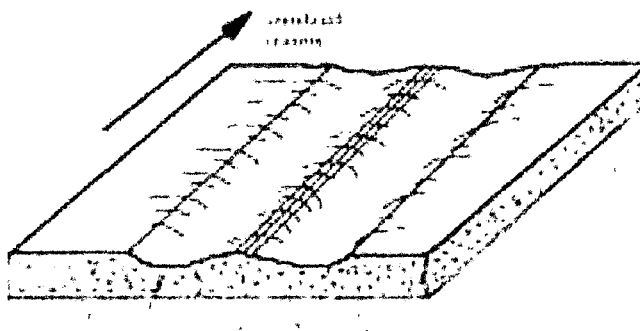


Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales.

- SURCOS DE RUEDA O AHUELLAMIENTOS: Son depresiones que ocurren longitudinalmente al eje del camino. Se originan por la

deformación permanente de la base o revestimiento y/o cuando tienen baja capacidad de soporte.

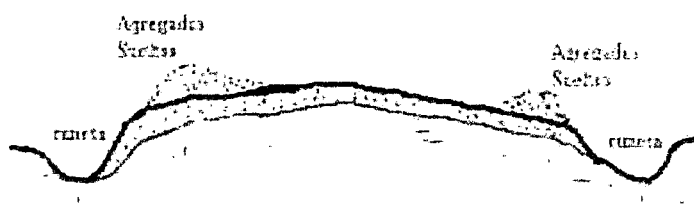
Figura: 5 Ahuellamientos.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales.

- **SEGREGACIÓN DE AGREGADOS:** Se genera por el constante paso de vehículos sobre la superficie de circulación. Como resultado los agregados gruesos se depositan junto a los surcos de las ruedas y en su mayoría en los bordes de la plataforma. La causa principal es la falta de aglutinantes en la composición de las mezclas en los materiales.

Figura: 6 Pérdida de agregados



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales.

Para poder calificar la condición de una carretera afirmada se han identificado siete características: La geometría de la corona, la superficie de rodadura, las deformaciones de la superficie, los defectos especiales de la superficie de rodadura, el drenaje, el deterioro del medio ambiente y la señalización.

2.2.3. CONSERVACIÓN VIAL.

2.2.3.1. Definición

Conjunto de operaciones necesarias para la preservación y mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las buenas condiciones para el tráfico compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo.

2.2.3.2. ENFOQUE ACTUAL

Se trata de un cambio en la concepción tradicional de trabajo de actuar para reparar lo dañado, adoptándose una política de carácter preventivo para la conservación vial. Esto garantiza que los caminos nacionales y vecinales tengan los niveles necesarios para una adecuada circulación vial en todas las épocas del año.

2.2.3.3. IMPORTANCIA EN LA CONSERVACIÓN VIAL

Es importante mantener los caminos porque permite:

- Garantizar un confort adecuado y seguridad al usuario.
- Ahorro en los costos de operación de vehículos.
- Disminuye el tiempo perdido en el viaje.

- Mantiene la inversión en las etapas de construcción, reconstrucción o rehabilitación.

2.2.3.4. CICLO DE VIDA DE UN CAMINO

Los deterioros de un camino, como ya se ha mencionado, se deben en principio al efecto del agua y del tráfico. Estos influyen en el progreso de desgaste y en la transitabilidad. Por eso el mantenimiento debe hacerse sostenidamente en el tiempo de manera preventiva, para así poder extender el tiempo de vida útil y reducir las inversiones en mantenimientos periódicos y no llegar a la reconstrucción. El ciclo de deterioro de un camino consta de cuatro fases:

- Fase 1: Construcción.

En esta fase el camino se encuentra en excelentes condiciones para la satisfacción de los conductores.

- Fase 2: Deterioro lento y poco visible.

El camino presenta desgaste después de un tiempo, donde se evidencia de manera significativa el deterioro de la superficie de rodadura. Durante esta fase el camino se encuentra en buen estado.

- Fase 3: Deterioro acelerado.

Aquí la carretera presenta mayor desgaste en la superficie de rodadura y en los demás elementos de la carretera. Se evidencia el deterioro acelerado y cada vez resiste menos al tránsito vehicular. Los daños comienzan a hacerse puntuales y en el tiempo se van extendiendo hasta afectar al camino. Tiene

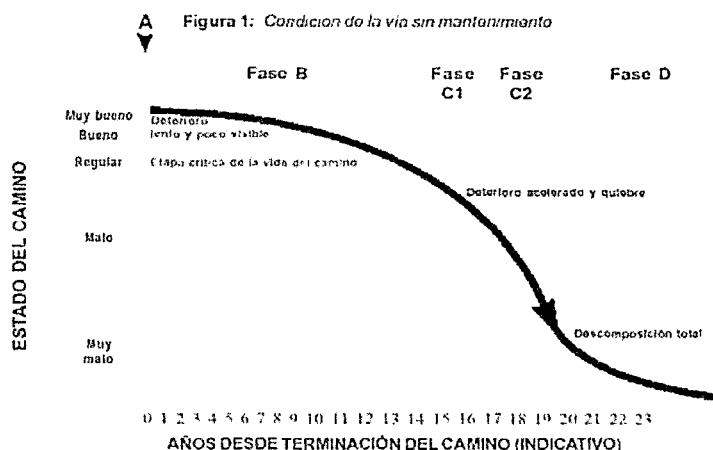
1321

corta duración y es el comienzo de la aceleración del deterioro superficial.

- Fase 4: Descomposición Total

En esta fase los vehículos elevan sus costos de operación y tienen dificultades para circular. La capacidad del camino se ve reducida afectando así a los vehículos en los neumáticos, ejes, amortiguadores y el chasis.

Figura 7: Curva de deterioro de un pavimento de hormigón asfáltico



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas. Lima. 1era edición 2003.

2.2.3.5 El mantenimiento vial y su relación con la rugosidad

Las características funcionales de una vía tienen gran incidencia en las condiciones de seguridad y comodidad, lo que afecta económicamente a los costos de operación y mantenimiento. Las irregularidades que presentan las vías tienen relación directa con los costos de operación de los vehículos, por consiguiente afecta la velocidad, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible. Estas irregularidades a parte de ocasionar desgastes en los vehículos modifican el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía. La calidad

de un pavimento se puede entender como la capacidad estructural que soporta a diferentes solicitaciones, asimismo como la comodidad que siente el usuario al transitar sobre el pavimento.

Se cuantifica ésta capacidad efectuándose métodos debidamente normados tales como: la extracción de testigos, ensayos de calidad de agregados, ensayo de abrasión, etc. y la comodidad del usuario se cuantifica en forma relativa de acuerdo a su percepción, la cual tiene relación directa con las irregularidades superficiales del pavimento.

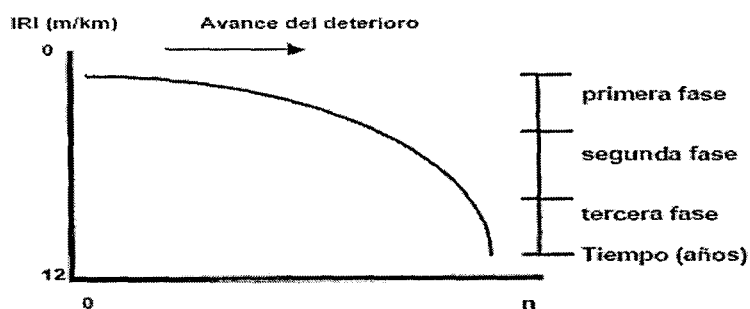
El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en el año 1986, siendo obtenida por medio de una correlación con cualquier equipo de medición de rugosidad. El IRI puede ser entendido como una especificación de construcción o el estado del pavimento, está orientado al mantenimiento cuya incidencia se centra en funciones de aspectos económicos (IRI vs costos de usuarios), sociales (opinión de los usuarios) y técnicos (gestión de carreteras, costos de conservación vs costo Unitario).

2.2.3.6. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL EN FUNCIÓN DEL IRI

Los factores que afectan la condición superficial (de manera principal el tráfico de vehículos y las precipitaciones pluviales) ocasionan una disminución no lineal en la calidad superficial en función de la rugosidad dividiéndose en tres etapas, donde la primera tiene un deterioro poco significativo en los primeros

años; la segunda presenta desgaste más acusado y la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, en pocos años el nivel de servicio cae de forma importante, por esta razón va a llegar a un costo significativo de mantenimiento del camino y como límite puede ser necesaria una reconstrucción total del mismo.

Figura 8: Avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.



Arriaga Patiño, Mario; Garnica Anguas Paul; Rico Rodríguez, Alfonso. Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México. México. Año 1998. Pág. 13 -14.

Evaluación de las condiciones de la vía

La condición de la superficie de la vía está relacionada con varios factores como: Integridad estructural, capacidad estructural, fallas o defectos y su nivel de deterioro.

La evaluación cualitativa y/o cuantitativa de algunos factores puede exigir uso de equipos costosos. Pero estos factores pueden evaluarse en forma empírica mediante la observación, para esto se debe tener en cuenta la experiencia de campo del profesional encargado.

Estas observaciones pueden plasmarse en el Índice de la condición de la vía no pavimentada (ICVNP): basado en una escala que va desde 0 hasta 100. Con esto se indica la integridad de la vía y sus condiciones de operación, se determina a través de la medición de los defectos de la superficie de la vía.

2.2.3.7. NIVELES DE INTERVENCIÓN

Son las actividades que se realizan en la vía con la finalidad de evitar el deterioro de la infraestructura del camino, tiene diversos niveles que van desde una intervención sencilla hasta una más costosa.

Obras de conservación rutinaria: actividades de carácter preventivo que se ejecutan para conservar la calzada, el sistema de drenaje, la señalización y obras de arte. En general se realizan durante todo el año para evitar el deterioro de la vía y garantizar la transitabilidad.

Obras de conservación periódica: acciones que se realizan para reconformar y restablecer las características en la superficie de rodadura. Generalmente se repiten en periodos de más de un año de acuerdo a la influencia del tráfico.

Obras de conservación puntual: son trabajos aislados que corrigen un defecto funcional o estructural. Del mismo modo también sirve para eliminar un riesgo que se pueda prevenir.

Trabajos de emergencia: conjunto de actividades que se realizan para devolver la transitabilidad en una vía donde ha sido afectada por eventos extraordinarios o fuerza mayor.

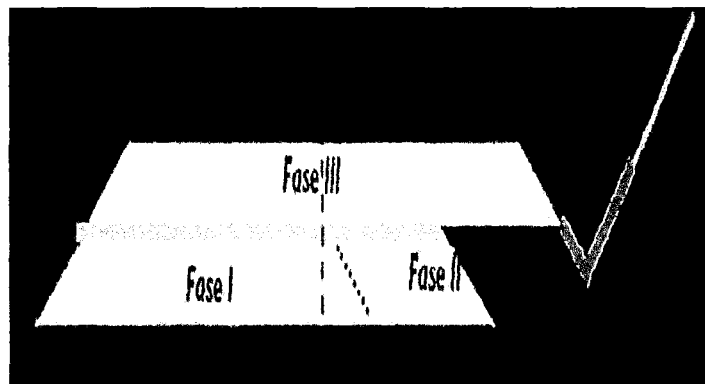
2.2.3.8. PROGRAMA PROYECTO PERÚ

Es un programa de infraestructura vial, diseñado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el objetivo de mejorar las vías de integración de corredores económicos, el cual trabaja ejes de desarrollo para elevar los niveles de competitividad en zonas rurales, redes viales nacionales, departamentales y vecinales. Establece la contratación de actividades de conservación vial a empresas que controlen por niveles de servicio en un tiempo de 3 años a más, desarrollando así un mantenimiento preventivo de tal manera que evita el deterioro prematuro de las vías.

Este programa desarrolla la mejora continua de nuestra red vial y se conceptualiza hacerlo en 3 fases:

- **Fase I**, se realiza mantenimiento periódico, rutinario por niveles de servicio y por emergencias.
- **Fase II**, se uniformizan los anchos de calzada de acuerdo a nuestra norma y cuando se incremente considerablemente el tráfico se iniciará la Fase III.
- **Fase III**, se construye la obra definitiva.

Figura: 9 Esquema de fases Programa Proyecto Perú



Fuente: MTC

En el periodo 2006 - 2009 Previas Nacional implementó 10 contratos de conservación de niveles de servicio que abarcó alrededor de 3 mil kilómetros de carreteras en intervención. Asimismo cuando se contrate la totalidad de los corredores viales se asegurará la transitabilidad de alrededor del 60% de la red vial nacional.

2.4. SIKA 21

A. DESCRIPCIÓN. Sika 21 es un producto destinado a la estabilización e impermeabilización de suelos naturales en aplicaciones viable. Su empleo permite el aprovechamiento de suelos de por sí no aptos para uso vial. Sika 21 está compuesto por polímeros que actúan como agentes catalíticos de intercambio iónico sobre la fracción coloidal o "activa" de las arcillas, reduciendo el potencial electrostático de las partículas, quitándoles la capacidad de absorber agua.

B. USOS

Sika 21 se recomienda para los siguientes procesos.

- ✓ Compactación de caminos naturales.
- ✓ Estabilización de Sub-bases de carpetas asfálticas.
- ✓ Compactación e impermeabilización de terraplenes.
- ✓ Tratamiento de suelos arcillosos evitando el lavado de los finos.
- ✓ Estabilización de Sub-bases de carreteras no pavimentadas.
- ✓ Construcción de carreteras de poco presupuesto.
- ✓ Rehabilitación de fallas de carreteras, canales, etc.

C. APLICACIÓN Y LÍMITES.

- ✓ No todos los suelos son aptos para ser estabilizados directamente. Los suelos muy arenosos no son

apropiados; los suelos aptos para el uso de Sika 21 deben contener como mínimo 20% a 30% de arcilla. Por ello es importante realizar el análisis de los suelos a estabilizar. En dicho análisis se determinarán las características físicas del suelo a tratar (granulometría, porcentajes de arcilla, humedad, etc).

- ✓ Terminación opcional: Para la terminación, y con el objeto de formar una superficie de rodamiento antideslizante, se puede reemplazar a la colocación de piedra partida por un riego con una emulsión asfáltica súper estable (1 kg/ m².) a la cual se le esparce una capa de arena granítica 0/6 en una cantidad de 8 a 10 kg por m².
- ✓ Sika 21 comienza a actuar inmediatamente después de acabada su colocación, pero tarda aproximadamente 48 horas en proveer la máxima dureza a los caminos.

D. CARACTERISTICAS

- ✓ Densidad: 1.10 g/cm³ soluble en agua.
- ✓ Aspecto: líquido de baja viscosidad de color marrón rojizo claro.

E. MODO DE EMPLEO

Para el correcto uso de SIKA 21 se deberán seguir los siguientes pasos:

Ensayos previos

Previo a la aplicación del producto se deberá verificar el contenido de arcillas del suelo (los materiales deben de ser clasificados de acuerdo a las normas AASHTO o de la Dirección Nacional de

Vialidad, realizando los análisis granulométricos, como también los límites de Atterberg).

- Tareas preliminares.

-

Verificar el estado de las obras de desagüe del camino o ruta.
Proveer al camino de una pendiente transversal mínima del 3%.
Escarificar con moto niveladora la capa a estabilizar (capas de 150/ 200 mm de espesor).

Deshacer el suelo con disco vial: desmenuzar los terrones de suelo grandes y quitar las piedras mayores a 100 mm.

Proceso de estabilización.

SIKA 21 deberá ser adicionado al agua en el tanque regador. La dilución del producto en agua se determinará de acuerdo a la cantidad de agua necesaria para elevar el contenido de humedad del material a tratar (humedad óptima).

La solución agua – SIKA 21 - deberá ser aplicada uniformemente sobre todo el ancho del camino, mediante pasadas sucesivas del regador y el equipo de mezclado (mezclando el suelo mediante el disco y evitando exceder el nivel óptimo de humedad de compactación.) hasta completar la cantidad total de producto determinada para ese material.

Compactación.

El material tratado deberá ser compactado con el contenido óptimo de humedad o ligeramente sobre este. La compactación final es aconsejable que sea realizada mediante rodillo neumático o liso, ó bien compactar con pata de cabra por estratos delgados.

126

Carpeta de rodamiento.

Para evitar una superficie resbaladiza en condiciones húmedas se aconseja el agregado de piedra partida 10/30 sobre el material recientemente estabilizado, con un consumo de 18 a 20 kg / m².

- Dosificación y consumo

La dosis usual es de 1 Kg por cada metro cúbico de suelo a tratar, diluidos en el agua necesaria para compactar.

La dosis puede variar dependiendo del tipo de camino, su uso y la profundidad de Consolidación.

2.4.1. T-PRO-500.

Definición:

T-PRO-500 es un polímero acrílico de alto rendimiento que está diseñado específicamente para lograr la estabilización del suelo y la construcción de caminos con tránsito pesado. T-PRO-500 aumenta la capacidad para soportar carga y la resistencia al cizallamiento como una capa de desgaste. Brinda un rendimiento destacado y un mantenimiento con buena relación entre costo y rendimiento de las superficies y los caminos no pavimentados en una variedad de aplicaciones. Es sumamente resistente al agua y estable en condiciones de humedad sin producir averías ni filtraciones cuando se lo utiliza de conformidad con las instrucciones establecidas de instalación y preparación.

La Tecnología de Construcción de Caminos de Terratech proporciona una alternativa a la construcción estándar de caminos de concreto y asfalto por medio del uso de polímeros de tecnología de avanzada, los cuales generan superficies de caminos estables a partir de los suelos actuales. Los productos de polímero están diseñados para ser utilizados de conformidad con

los métodos de construcción estándar. Además, al ser utilizados con fines del sellado y la estabilización de la capa de desgaste, la base y la capa de asiento, estos productos ofrecen un rendimiento muy alto puesto que aumentan las propiedades de resistencia de los caminos que están diseñados correctamente y tienen el drenaje adecuado.

APLICACIONES Y BENEFICIOS

T-PRO-500 se aplica por excelencia en obras viales principalmente en carreteras no pavimentadas obteniéndose los siguientes beneficios:

Disminución en la migración de materiales finos provenientes de la capa de desgaste, la capa de asiento y la base.

Disminución en la resistencia al apisonamiento y aumento en el rendimiento del camino.

Menos surcos, desprendimientos, desmoronamientos y degradación de la superficie.

Supresión del polvo y control de emisión de partículas.

Disminución en la infiltración, mejora en la escorrentía y el control de la erosión.

Aumento en la capacidad para soportar carga.

Disminución del desgaste en vehículos.

2.4.2. COMPOSICIÓN

T-PRO-500 es una mezcla patentada de polímeros de alto rendimiento y aditivos diseñados para adherirlas partículas en una matriz cohesiva. T-PRO-500 es un producto exclusivo y ecológico formulado para estabilizar el suelo y crear condiciones mejoradas de superficie de carreteras de terracería: No representa peligros físicos ni sanitarios y, por lo tanto, se lo considera no peligroso de acuerdo con la Norma 29 CFR 1910.1200 de Comunicación de Peligros de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA). Las características no peligrosas del polímero pueden clasificarse como:

Es seguro para el medio ambiente.

No se filtra ni se dispersa.

No es peligroso.

No es tóxico para los animales.

No inhibe el crecimiento de las plantas.

No es inflamable.

No es corrosivo.

No requiere seguimiento.

PROPIEDADES	
Forma Física	Líquido
Color	Blanco
Olor	Característico
Punto de Inflamación	No corresponde
Presión del Vapor	17 mmHg @ 20°C
pH	6.0-9.0
Viscosidad	>500 cst (estimado)
Total Sólidos	>50%
Temperatura Mínima en Forma de película	7°C (45°F)
Tamaño de partícula	125nm

MODO DE EMPLEO

T-PRO-500 se aplica de dos formas.

Aplicación por infusión.

Esta aplicación estabiliza la parte superior de la superficie del suelo de 10 a 15 cm (de 4 a 6 pulgadas) a los fines de obtener un aumento en la resistencia y una mejor capacidad para soportar carga y calidad del camino. El polímero se mezcla mecánicamente con el suelo, se compacta en el lugar y la superficie terminada se sella con un recubrimiento por contacto de la solución de polímero. La disminución en la permeabilidad de la superficie que se genera a partir de la aglomeración del polímero y la compactación de las partículas del suelo reduce el desgaste, los surcos, los desmoronamientos y la degradación general de la superficie del suelo que provocan el tránsito y la infiltración del agua.

En el caso de las aplicaciones por infusión, es necesario realizar pruebas de suelos en laboratorios. Las pruebas de laboratorio constituyen un método rápido y económico para determinar las propiedades del suelo, la viabilidad de la aplicación y las proporciones correctas de dosificación. Las pruebas optimizan el rendimiento antes de la instalación en campo y minimiza el período de inactividad durante la construcción.

Requisitos de Pruebas Preliminares en Laboratorio

Análisis del Tamiz (ASTM C136)

Índice de Plasticidad (ASTM D4318)

Prueba Próctor Modificado (ASTM D1557)

Prueba de UCS (ASTM D1633)

Requisitos de Equipamiento:

Fresadora/Recuperadora: CMI RS 650, Tractor Oruga RM-350 o equipo equivalente capaz de fresar a una profundidad de 15 cm (6 pulgadas), tales como un arado impulsado por toma de fuerza (PTO) o un tractor con disco de arado.

Niveladora: con el correspondiente accesorio de cuchilla.

Camión Cisterna: incluye una barra de aspersión presurizada que está diseñada para aplicar el producto a una proporción controlada.

Apisonadora Neumática

Rodillo de tambor de acero vibratorio: preferentemente un tambor doble, con una capacidad mínima de 10 a 12 toneladas.

El contenido de humedad y la densidad del suelo se prueban continuamente durante la instalación a fin de mantener una correcta compactación. Se utiliza un medidor de densidad nuclear para realizar las pruebas.

Proporciones de Aplicación

Las proporciones de dosificación son específicas del lugar y varían ampliamente en función de las propiedades del suelo, el tránsito y las condiciones de drenaje. Las concentraciones de polímero se basan en los resultados de las pruebas de Resistencia por Compresión No Confinada (USC). La cantidad de polímero que se agregará se calcula como un porcentaje de volumen de suelo total que se estabilizará y que, por lo general, varía entre un 0.5% y un 2% de polímero por peso.

Aplicación por contacto

Esta aplicación solidifica los 6 mm (0.25 pulgada) de la parte superior de la superficie del suelo a fin de obtener un aumento en la

resistencia y el control del polvo y la erosión. La superficie nivelada es tratada con el recubrimiento de sellado por contacto de la solución de polímero y se la cura con aire durante un período de 48 a 72 horas, dependiendo de las condiciones a temperatura ambiente. En el caso de las aplicaciones por contacto, por lo general, no se requiere de ninguna prueba de laboratorio. En general, la evaluación cualitativa del sitio y la clasificación del suelo de campo (ASTM 2488) son suficientes para determinar la adecuación del material del suelo y la viabilidad de la aplicación. La evaluación del sitio también determina los criterios de rendimiento, la correcta dosificación y el programa de mantenimiento previsto. Los suelos que ofrecen buenos resultados deben ser lo suficientemente permeables como para absorber la solución de polímero y lo suficientemente cohesivos como para mantener la capacidad de soporte de carga.

Preparación del Sitio: Antes de la aplicación, todo el material suelto debe ser quitado y la superficie debe ser nivelada a los fines de lograr un correcto drenaje. El material suelto se desintegrará inmediatamente después de que se reasuma el tránsito y creará tensión en la superficie, lo cual disminuye la infiltración del polímero. Por lo general, se utiliza una niveladora con el accesorio de una cuchilla para quitar el material suelto. Además, se utiliza una apisonadora neumática para compactar y sellar cualquier tipo de material fino remanente antes de la aplicación.

Requisitos de Equipamiento:

Niveladora: con el correspondiente accesorio de cuchilla.

Camión Cisterna: incluye una barra de aspersión presurizada que está diseñada para aplicar el producto a una proporción controlada.

Apisonadora Neumática.

Proporciones de Aplicación: Las proporciones de dosificación son específicas del lugar y varían en función de las propiedades del suelo, el tránsito y las condiciones drenaje. Es posible que se requiera de un mantenimiento más frecuente en áreas con mucho tránsito. Las proporciones de la cobertura del área varían entre 1.96 m²/l (80 pie²/galón) en el caso de las aplicaciones en superficies con mucho tránsito y 2.45 m²/l (120 pie²/galón) en el caso de las aplicaciones en superficies con poco tránsito.

2.4.3. RELACIÓN ENTRE DEMANDA Y CARACTERÍSTICAS DEL CAMINO

La demanda del tránsito, se extiende hasta los límites de los volúmenes de demanda que justificarían el cambio de superficie granular a rodadura pavimentada. El límite real es específico de cada caso y dependerá de la cantidad y tipo de los vehículos; y puede calcularse mediante un análisis técnico-económico para establecer para que caso específico, aproximadamente en el rango entre 200 y 400 vehículos por día, es justificable; el cambio de superficie de rodadura.

El Cuadro N° 1 sintetiza las características de la superficie de rodadura, que la experiencia peruana ha definido como la práctica adecuada en términos técnico económico, para los caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

2.4.4. ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL

Si en la aplicación de esta norma los usuarios encontraran la necesidad de introducir reajustes o correcciones que permitan su actualización y que permitirá perfeccionar la norma, sin perjuicio de su aplicación justificada en el campo de forma inmediata, los usuarios deberán remitir la correspondiente nota a manera de propuesta y con la debida justificación del caso a la Dirección de

Normatividad Vial del MTC para que sea tomada en consideración en el proceso de actualización de la norma.

CUADRO Nº 1
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE
LOS CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

CAMINO DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO CALZADA (m)	ESTRUCTURA Y SUPERFICIE DE RODADURA – ALTERNATIVAS (**)
T4	201 - 400	2 carriles 6.00 – 7.00	Afirmado (material granular, grava, homogenizado natural o por chancado tamaño máximo 5 cm) con superficie de rodadura (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.60	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u Otros; perfilado y compactado.
T2	51 - 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por

			chancado (tamaño máximo 5 cm); Perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 - 50	1 carril(*) ó 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o a Mano, tamaño máximo 5 cm). perfilada y compactada, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra). En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, Perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozabl e	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana los caminos puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento ó cal ó productos químicos u otros.

2.4.5. DEFINICIONES

AFIRMADO:

Capa de material natural selecto procesado o semiprocesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante de un camino. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas.

Estas capas pueden tener tratamiento para su estabilización.

BANQUETA:

Obra de estabilización de taludes consistente en la construcción de una o más terrazas sucesivas en el talud. También se usa el término banqueta para construir una terraza en el talud adyacente al camino destinada a que se cumpla el requisito de la distancia mínima de visibilidad de parada del vehículo.

BASES DE LICITACIÓN:

Documento que contiene todas las disposiciones, condiciones y procedimientos para efectuar una licitación y para el control administrativo de la obra durante su ejecución y hasta su liquidación final.

BERMA: Franja longitudinal paralela y adyacente a la calzada del camino. Que se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en emergencia y de confinamiento del pavimento.

BM (Bench Mark):

Referencia topográfica de coordenada y altimetría de un punto marcado en el terreno, destinado a servir como control de la elaboración y replanteo de los planos del proyecto de un camino.

BOMBEO:

Inclinación transversal de la superficie de rodadura del camino, que facilita el drenaje superficial.

CALZADA:

Superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, puede estar compuesta por uno o varios carriles de circulación. No incluye la berma (hombro).

CAMINO:

Franja longitudinal del terreno preparada para su uso por vehículos.

CAMINO DE TIERRA:

Camino en que la superficie de rodadura es el terreno natural, nivelado y compactado mediante el uso de herramientas o maquinarias simples.

CAMINO VECINAL:

Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y a chacras o predios rurales.

CAPACIDAD POSIBLE: Es el máximo número de vehículos que pueden circular por una sección de un camino, durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la sección vial estudiada. De no haber indicación en contrario, se expresa en términos de vehículos por hora.

CARRIL:

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CUNETAS:

Canal generalmente triangular o rectangular localizado al lado de la berma destinada a recolectar las aguas de lluvia o de otra fuente, que caen sobre la plataforma del camino.

CURVA HORIZONTAL: Curva circular que une los tramos rectos de un camino o carretera en el plano horizontal.

CURVA HORIZONTAL DE TRANSICIÓN: Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente.

CURVA VERTICAL: Curva parabólica o similar en elevación que une las líneas rectas de las pendientes de un camino en el plano vertical.

DERECHO DE VÍA: Franja de terreno dentro de la cual se ubica el camino y todas sus obras complementarias y accesorias, incluyendo áreas de servicios y zonas de seguridad, elementos paisajistas y de protección del medio ambiente así como áreas de reserva para futuras ampliaciones del camino.

DIAGRAMA DE MASAS: Metodología de cómputo del transporte de materiales para explanadas, que se utiliza para planificar la optimización de los recursos existentes en la zona del proyecto, a los efectos de minimizar la inversión en costos de transporte.

DISTANCIA DE ACARREO: Distancia computable según normas, de recorrido del material que será utilizado en las obras, desde los bancos o canteras.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO: Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE: Distancia mínima de visibilidad a lo largo del camino en ambas direcciones, que requiere observar el conductor de que pretende atravesar un camino.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA: Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo.

EJE DEL CAMINO: Línea longitudinal a lo largo del camino, que define el trazado en planta y perfil longitudinal de un camino. El eje esta normalmente diseñado en el centro de la calzada.

EMERGENCIA: Evento repentino e imprevisto generado por la ocurrencia real o inminente de un evento adverso que requiere de una acción de corrección inmediata por parte de la autoridad competente.

EXPLANACIÓN: Zona de terreno realmente ocupada por el camino, en la que se ha modificado el terreno original.

EXPROPIACION: Procedimiento de adquisición de predios privados, de conformidad a lo establecido en la Ley N° 27628 (incluida como Anexo 1), a ser destinados a conformar el Derecho de Vía, necesario para un camino público.

GRADIENTE: Ver pendiente del camino.

GUARDAVÍA: Dispositivo de contención de vehículos empleado en los márgenes y separadores de las carreteras.

IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO: Son aquellos daños a los que están expuestos la comunidad y el medio ambiente, como consecuencia de las obras de construcción, mejoramiento, rehabilitación, etc., de un camino.

IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO: Son aquellos beneficios ambientales, sociales y económicos que logrará la comunidad con la ejecución de las obras del camino.

INTERSECCIÓN A DESNIVEL: Zonas en la que dos o más caminos se cruzan a distinto nivel.

INTERSECCIÓN A NIVEL: Zona común a dos caminos que se cruzan en un mismo nivel.

LINEA DE GRADIENTE: Procedimiento de trazado directo de una poligonal estacada en el campo, como eje preliminar con cotas que configuran una pendiente constante, hasta alcanzar un punto referencial de destino, de un trazo nuevo.

MANTENIMIENTO RUTINARIO: Conjunto de actividades que se realizan en el camino permanentemente para que conserve su estado de transitabilidad y se evite su deterioro prematuro.

MATERIAL DE CANTERA: Es aquel material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma.

MATERIAL DE PRESTAMO LATERAL: Es aquel material de características apropiadas para su uso en la construcción de las explanaciones, que proviene de bancos y canteras naturales adyacentes a la explanada del camino.

MATERIAL DE PRESTAMO PROPIO: Son aquellas que corresponden a compensaciones de materiales adecuados para su

uso en las explanaciones, de corte con rellenos, en volúmenes transportados a lo largo del eje entre las diversas secciones del camino.

2.5. HIPOTESIS.

2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.

El uso de aditivos SIKA 21 y T-PRO-500 mejora las propiedades físico – mecánicas de la superficie de rodadura, en carreteras no pavimentadas de la progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS – PUCA LOMA. PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO?

2.5.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.

Hi: El uso de aditivos estabilizantes SIKA 21 y T-PRO-500 influye positivamente para el mejoramiento de las propiedades física-mecánica en la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas, de la progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS – PUCA LOMA. PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO?

Ho: El uso de aditivos estabilizantes SIKA 21 y T-PRO-500 influye negativamente para el mejoramiento de las propiedades física-mecánica en la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas de la progresiva km 5+000 de la carretera libertadores AMPUCCASA – SOCOS – PUCA LOMA. PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO?

2.6. VARIABLES DE ESTUDIO.

2.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

El empleo de aditivo SIKA 21 Y T-PRO-500 para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de carreteras no pavimentadas.

2.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Propuesta técnica y económica del uso de aditivo para el mejoramiento en carreteras no pavimentadas.

111

2.6.3. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONA L	INDICADORE S	
<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> EL EMPLEO DE ADITIVO SIKA 21 Y T-PRO-500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.	ES LA DETERMINACIÓN DEL USO DE ADITIVO PARA LA ESTABILIZACION EN LAS CARETERRAS NO PAVIMENTADAS	EFFECTOS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS COMO:	VARIABILIDAD EN:	TIPO, FORMA FALLA	
<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS		• SEGREGACION DE AGREGADOS		GRADO DE AFECTACIÓN	CLASES DE FALLA.
		• SURCO DE RUEDA O AHUELLAMIENTO			
		• BACHES			
		• ONDULACIONES			
	• DRENAJE INADECUADOS			NIVEL DE SEVERIDAD.	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.

Está ubicada a la altura del Km 5+000 de la carretera libertadores Ayacucho, la obra de ejecución es de la comunidad de AMPUCCASA – SOCOS (DISTRITO) – PUCA – LOMA de la Provincia de Huamanga.

Ubicación Política	
Lugar	Ampuccasa – Puca Loma
Distrito	Socos
Provincia	Huamanga.
Departamento	Ayacucho.
Longitud	L=7+000Km

3.2. TIPO DE INVESTIGACION.

El tipo de investigación al que pertenece es:

CUANTITATIVO.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación es:

EXPERIMENTAL:

Porque la variable independiente influenciará a la variable dependiente ya que el resultado de este se dará en función de cuanto estén estudiadas.

3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo de la investigación, se considera la siguiente metodología, cuyo desarrollo es el siguiente:

- a. Planteamiento del problema.
- b. Marco teórico.
- c. Recopilación y evaluación de información existente.
- d. Ensayos de laboratorio.
- e. Evaluación e interpretación de resultados obtenidos.

El trabajo busca en su primera etapa, recopilar, elaborar y presentar los conceptos de la tecnología de los ESTABILIZANTES DE SUELO SIKA 21 para entender el desarrollo del tema.

SE REALIZARON ENSAYOS DE LABORATORIO:

- Se realizaron los ensayos de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas de la carretera en estudio sin el uso de ESTABILIZANTES DE SUELO, las cuales se utilizarán como muestras patrón.
- Se realizaron los ensayos de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas de la carretera en estudio utilizando ESTABILIZANTES SIKA 21 Y T - PRO – 500. Los materiales a usar en el diseño son: muestra de suelo, ESTABILIZANTES DE SUELO y agua.
- Los ensayos a realizados son:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.

- Humedad natural
- Límites de plasticidad

Además, se realizarán ensayos especiales de evaluación de las propiedades de resistencia, uno por cada tipo de suelo, y son los siguientes:

Figura 10: Análisis Granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

PROCTOR MODIFICADO (CBR)

Los resultados de los ensayos de laboratorio utilizando aditivos de suelo se compararon con los ensayos de la muestra patrón, y se determinaron la variación que existe. Los resultados de los ensayos de laboratorio utilizando aditivos de suelo se compararon si cumplen con los requerimientos exigidos por el "MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO EG-CBT 2008" SECCION 308B (2008).

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACION.

3.5.1. SECTORIZACIÓN.

Para poder evaluar la aplicación íntima de los aditivos estabilizadores se buscará escenarios con iguales condiciones y así se podrá comparar su efectividad.

3.5.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN.

La influencia de la condición de las carreteras en los costos de operación de los vehiculos es significativa. Estos costos son mínimos si las condiciones de circulación son óptimas que se asocian con una carretera bien conservada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito. La presencia de

deficiencias en la superficie, de pendientes o grados de curvaturas inadecuados, afectan estas condiciones. Por lo tanto los criterios de selección serán escogidos en base a la geometría, a la morfología y a la acción humana. Los factores que influyen en la conservación vial de una carretera son: La geometría de la carretera (Curvatura media horizontal e inclinación media), Acción del medio sobre la carretera (Las precipitaciones y la altitud) y la acción del tráfico sobre la carretera (Flujo vehicular).

3.5.3. GEOMETRÍA DE LA CARRETERA.

Según los niveles establecidos, en el "Safety at Road Geometry Standars in some European Countries", la inclinación y el grado de curvatura se pueden calcular con el procedimiento establecido por el Banco Mundial en su publicación "Estimating Vehicle Operating Cost" y otras publicaciones de la serie "Highway Design and Maintenance" (Manual del HDM III.)

3.5.4. INCLINACIÓN MEDIA

Se define como el promedio de metros ascendidos y descendidos que un vehículo circulando por la carretera realiza a lo largo de un tramo analizado. Se expresa en porcentaje (%) (metros por kilómetro).

Un tramo de carretera se clasifica utilizando la inclinación media expresada en metros por kilometro como se muestra en la tabla siguiente:

Cuadro 1: Inclinación Media y su Clasificación

Inclinación media (%)	Calificación
0 a 8	Llano
8 a 20	Ondulado
20 a 30	Accidentado
Mayor a 30	Montañoso

Fuente: Elaboración Propia.

ced

CURVATURA

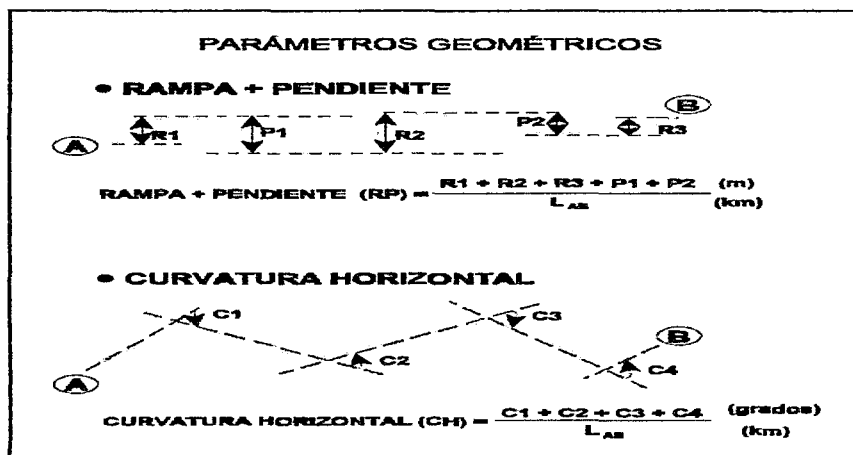
La curvatura horizontal analiza el trazado en planta y se define como el promedio de los ángulos entre alineaciones horizontales que un vehículo, circulando por la carretera, efectúa a lo largo de su recorrido. Se expresa en grados por kilómetro. Un tramo de carretera se clasifica utilizando la curvatura media expresada en grados por kilómetro como se muestra en la tabla siguiente:

Cuadro 2: Curvatura media y su calificación

Curvatura media (Grados/km)	Calificación
0 a 25	Rectilíneo
25 a 50	Normal
50 a 75	Regular
Mayor a 75	Sinuoso

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11: Esquema del cálculo de los parámetros geométricos.



Fuente: Elaboración Propia.

ACCIÓN DEL MEDIO SOBRE LA CARRETERA.

El clima, las precipitaciones y la altitud, además del tráfico, son los principales factores que influyen frecuentemente en el deterioro de una carretera.

CLIMA Y ALTITUDES.

El clima y vegetación del área de influencia del proyecto varía con la altitud y la topografía. Según la clasificación del Dr. Carlos Nicholson, se localizan los siguientes tipos de climas:

- A) Clima Puna: Frio y seco con neblina durante la noche y primeras horas. Tiene un promedio anual de temperatura que oscila entre 5 y 10 C°. Sobre los 4000 msnm precipitación 600 a 1000 mm anuales. Presenta una flora como gramínea compuesta por ichu y vegetación: Maíz, trigo, cebada, papa, oca, caña de azúcar y frutales.

- B) Clima Valles Interandinos: Con temperatura que oscilan entre los 6 y 18°C y precipitaciones anuales debajo de los 4000 msnm que fluctúan entre los 250 - 1000mm al año. Presenta una vegetación compuesta por: arbustos, matorrales y arboles (molle, sauce, eucalipto).

Según el Dr. Javier Pulgar Vidal existen ocho regiones (Chala, Yunga, Quechua, Suni, Puna o Jalca, Janca, Rupa Rupa u Omagua) basándose en la existencia de pisos altitudinales o pisos ecológicos que son función del clima, flora y fauna.

3.5.5. PRECIPITACIONES.

De acuerdo a las características del terreno y del suelo, las lluvias generan la presencia de cursos de aguas, que producen impactos afectando su estabilidad, tanto de los terraplenes como en la superficie de rodadura.

3.5.6. ACCIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR.

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el factor que impacta sobre su estructura y, en especial, sobre su superficie de rodadura. Aspectos como el número de vehículos que usarán la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y pesos por ejes, incluso la presión usada en sus

neumáticos, que influencia determinante mente sobre la decisión de elegir el tipo de superficie de rodadura y otras estructuras que deberá tener la carretera a lo largo de su periodo de vida útil.

3.5.7. METODOLOGÍA APLICADA.

Para la pendiente media podemos agruparlas en 4 variables como se muestra en el cuadro N° 3. Para la curvatura media también podemos agruparlas en 4 variables como se muestra en el cuadro N° 4

Cuadro 3: Criterio para pendiente o inclinación media.

Pendiente Media		
(%/kilómetro)	Calificación	Variable
De 0 a 8	Llano	P1
De 8 a 20	Ondulado	P2
De 20 a 30	Accidentado	P3
Mayor a 30	Montañoso	P4

Fuente Elaboración Propia.

Cuadro 4: Criterio para curvatura media.

Curvatura Media		
(Grados/kilómetro)	Calificación	Variable
De 0 a 25	Rectilíneo	C1
De 25 a 50	Normal	C2
De 50 a 75	Regular	C3
Mayor a 75	Sinuoso	C4

Fuente: Elaboración Propia

Como punto de partida estableceremos la condición de elección de los sectores que tengan una curva por kilómetro; esto se debe al hecho de que para efectos de medición de la regularidad superficial (IRI) se buscarán sectores lo menos sinuosos de tal manera que no se distorsione la medida.

Las altitudes se agruparon en tramos teniendo en cuenta como cota base los 3000 msnm (debido a que los vehículos conforme ascienden a cotas mayores de 3000 comienzan a tener mayores exigencias operativas) y los pisos altitudinales; tal como se muestra.

Cuadro 5: Criterio de Altitudes.

Alturas		Variable
Yunga	De 500 a 2000	H1
Quechua	De 2000 a 3000	H2
Suni	De 3000 a 4000	H3
Puna	Mayores a 4000	H4

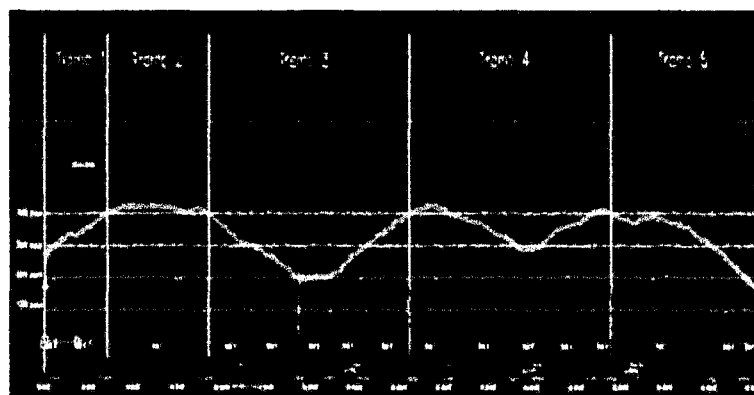
Fuente Elaboración Propia

3.5.8. PROCEDIMIENTO DE ELECCIÓN.

Con ayuda de un perfil longitudinal que se elaboró se pudo hacer una gran sectorización, tomando en cuenta la altura de los 3000 msnm y los rangos de las altitudes consideradas.

Perfil longitudinal de la carretera en estudio.

Figura 12: Perfil longitudinal de la carretera en estudio.



Fuente Elaboración Propia

Se obtuvieron 3 grandes tramos que se utilizaron los aditivos en los siguientes rangos:

Cuadro 6: Sectorización para aplicación de aditivos químicos.

Sectorización		
Tramo inicio de obra 0+000 KM		Tramo final de obra 7+000 KM
Tramo	Km Inicio	Km Final
1 (T-PRO-500)	0+300	0+500
2 (SIKA 21)	6+500	6+800
3 (SIN ADITIVO)	0+500	1+000

Fuente Elaboración Propia

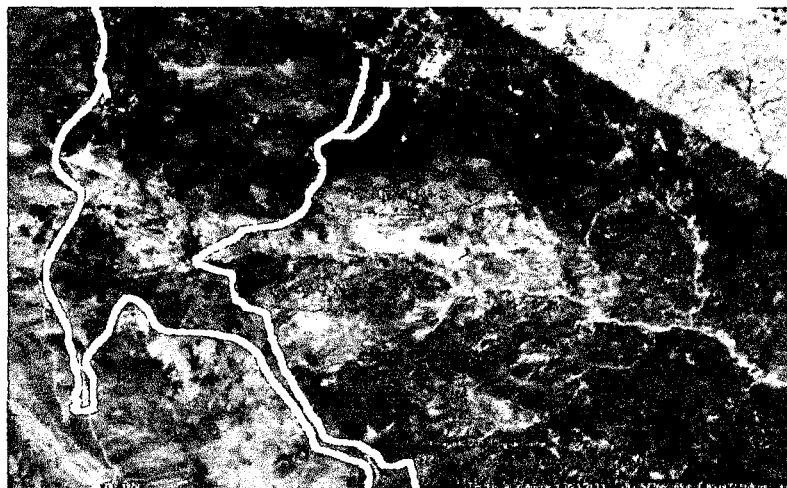
De los 10 sectores resultantes se escogió el sector que tenga un escenario desfavorable:

3.5.9. RESULTADOS

Se escogió el siguiente sector con las siguientes características:

- Pendiente media Llana I
- Altitud: mayor a los 3466.00 msnm
- Progresiva: Entre los kilómetros Km 0+300 a Km 6+800
- Ancho de calzada: 5 metros en promedio.

Figura 12: UBICACIÓN DEL SECTOR DE PRUEBA ELEGIDO



Fuente: Elaboración Propia

➤ **SECTORIZACIÓN RESULTANTE**

Compatibilización en el campo: Se localizó en campo la ubicación de los sectores de prueba entre las progresivas 0+300 y 6+500.

Ubicación geográfica de los sectores: La ubicación del inicio y final de los sectores de prueba son:

3.5.10. ESCENARIO EXPERIMENTAL

Se dividió todo el tramo de prueba en tres tramos de 200 – 300 y 500 metros con las siguientes características:

Cuadro 7: Características de los sectores de Prueba.

Características de los sectores de Prueba			
Leyenda		Longitud (m)	Ancho promedio (m)
TRAMO N° 1	Con aditivo T- PRO - 500	0+300 – 0+500 200	5
TRAMO N° 2	Con aditivo SIKA 21	6+500 - 6+800 300	5
TRAMO N° 3	Sin aditivo	0+500 – 1+000 500	5

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 8: Ubicación de los sectores de prueba

Coordenadas UTM Tramo de Prueba			
Ítem	NORTE	ESTE	COTA
Inicio	8538961.85	578821.35	3466.00
Final	8539439.38	575898.17	3475.00

Fuente Elaboración Propia

100

Figura 13: UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LOS SECTORES DE PRUEBA.



Fuente: elaboración propia.

Figura 14: SECTORES DE PRUEBA.



Fuente: elaboración propia.

➤ **DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES**

La estabilización de suelos se hará bajo el esquema de hacer una reposición con aporte de material en las zonas identificadas como sectores de prueba.

El tramo de prueba tiene un promedio de 4 metros de ancho con lugares donde llegan a 6 metros aproximadamente. El estado superficial que se encuentra la carpeta de rodadura es regular teniéndose el problema de levantamiento de polvo cuando pasan vehículos de carga pesada de gran tonelaje que pasan por la zona

de prueba. Las cunetas están 100% limpias, siendo indispensable limpiarlas así como también las alcantarillas existentes. La temperatura en época de estiaje a partir de las 9am hasta las 3pm se acentúa y después de esa hora hay ocurrencias de vientos y la disminución de temperatura gradualmente. En época de invierno las temperaturas disminuyen y las precipitaciones son más constantes.

➤ ESTUDIO DE CANTERAS

Ubicación

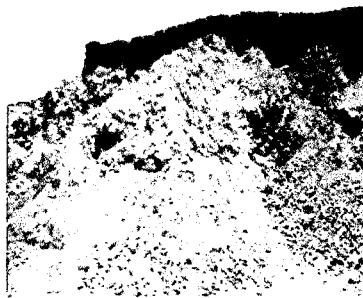
Ubicada a la altura del Km 3+300 de la carretera libertadores Ayacucho – lima – antes del control de peaje; a una distancia de 20 metros en el lado izquierdo de la carretera.

Figura 15: Ubicación de la cantera.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16: Vista general de la cantera



Fuente: Elaboración Propia.

98

Potencia

Esta cantera tiene una potencia de 10000 m³ aproximadamente con un rendimiento del 70%.

Requerimientos

El material que se extrae de la cantera debe cumplir de acuerdo a la norma técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC- EG-200) con los siguientes requerimientos:

Los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas:

Cuadro 9: Análisis Granulométrico.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO(gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	480	12.00	12.00	88.00
3/8"	9.50	835	20.88	32.88	67.13
Nº4	4.75	475	11.88	44.75	55.25
Nº8	2.36	545	13.63	58.38	41.63
Nº16	1.18	540	13.50	71.88	28.13
Nº 20	0.84	165	4.13	76.00	24.00
Nº30	0.60	145	3.63	79.63	20.38
Nº 40	0.43	100	2.50	82.13	17.88
Nº50	0.30	95	2.38	84.50	15.50
Nº100	0.15	90	2.25	86.75	13.25
Nº200	0.075	105	2.63	89.38	10.63
fondo		425	10.63	100.00	0.00
total		4000			

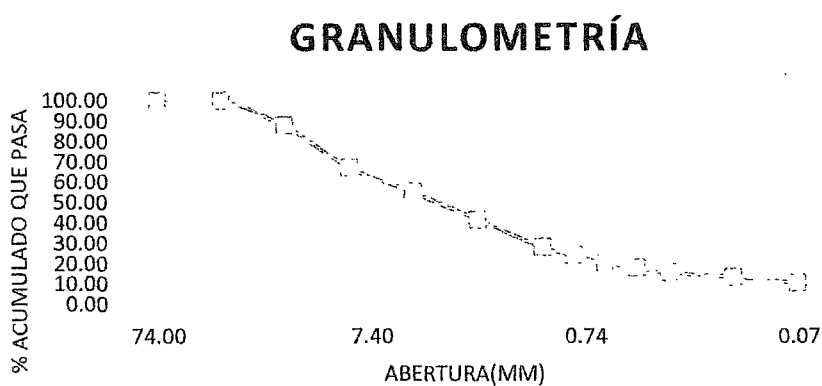
Fuente: Elaboración Propia

Se extrajo muestra de la cantera y se enviaron para ser analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Huancavelica Sede Lircay. Se realizaron los siguientes ensayos:

97

1. Granulometría
2. Contenido de humedad
3. Límite Líquido.

Figura 17: Gráfico de curva granulométrica del suelo de la cantera.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9: Contenido de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
N° de Tarra	1	2	3
Peso de la tara (gr)	30.09	30.08	30.06
Tara + suelo humedo (gr)	168.00	186.10	185.90
Tara + suelo seco (gr)	154.60	171.40	172.80
Peso del agua (gr)	13.40	14.70	13.10
Peso del suelo seco (gr)	124.51	141.32	142.74
Contenido de humedad %	10.76	10.40	9.18
Contenido de humedad prom.	10.11		

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

Fuente: elaboración propia.

96

Figura 18: Límite Líquido.

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO		
ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles	L. L	MTC E 110-2000
ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles	L. P	MTC E 111-2000

LÍMITE LÍQUIDO	NL
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

$$LL = \bar{w}_L \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.122}$$

Fuente: elaboración propia.

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUETSREO.

3.6.1. POBLACIÓN

La investigación tomará como universo, mejoramiento de las propiedades físicas – mecánicas de la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas se encuentra ubicada:

Ubicación Política

Lugar : Ampuccasa – Puca - loma
 Distrito : Socos
 Provincia : Huamanga
 Departamento : Ayacucho
 Longitud : L=07.000Km

3.6.2. MUESTRA

Para obtener la muestra se deberá efectuar prospecciones de campo (calicatas), una por kilómetro, en caso de haber diferenciación en las características de los estratos entre calicatas contiguas, se hará una adicional entre ambas.

La profundidad de las calicatas será como mínimo 1.20 m debajo de la subrasante proyectada. De la cual se obtendrá la muestra de suelo para los respectivos ensayos de laboratorio.

3.6.3. MUESTREO.

Probabilístico.

3.7. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Las técnicas para la recolección de datos de las muestras de suelo serán las que se indican en la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS MTC 101 – 2000, DEL MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01).

3.7.1. TECNICA.

- Encuesta.
- Observación.
- Análisis de laboratorio.

3.7.2. INSTRUMENTO.

- Cuestionario.
- Guía de observación.
- Prueba de laboratorio.

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS.

En esta parte de la investigación se realizará la evaluación de la información de campo para luego darle una confiabilidad a dicha investigación, para tal efecto se utilizará software como Excel.

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISI DE DATOS.

En esta etapa se realizaran todos los ensayos necesarios para encontrar las características geotécnicas de las muestras del material en estudio.

PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.

EQUIPO:

- Balanza con aproximación al décimo de gramo
- horno eléctrica
- Taras.
- Espátulas

**PROCEDIMIENTO:**

1. De la muestra representativa se pesan como mínimo 300 gramos, registrando este valor como peso inicial de la muestra o peso húmedo actual (Wh).
2. posteriormente, esta muestra se coloca en el horno eléctrico para hacer el secado del material durante 24h a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
3. Procediendo a dejar enfriar el material y pesarlo y este peso se registrará como peso seco (Ws).

CÁLCULOS:

$$W(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

Wh = Peso del agregado humedo.

Ws = Peso del agregado en condicion seca.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN HUMEDAD DEL MATERIAL (a%)**EQUIPOS:**

- Una balanza.
- Un horno eléctrico.
- Taras metálicas.
- Espátula.
- Tamiz # 4

PROCEDIMIENTO.

1. La muestra de 1 kg. Se pone a saturar durante 24 horas, como mínimo.
2. Al término de este tiempo se deja secar al aire libre y frente al sol hasta que esté en estado saturado superficialmente seco.
3. Se pesa en una balanza con gran sensibilidad para obtener el peso saturado superficialmente seco (Psss).
4. Luego se deja secar en el horno durante 24h. a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$
5. Para luego pesar y obtener el peso seco (Ps).

CÁLCULOS:

$$a\% = \frac{p_{sss} - p_s}{p_s} \times 100$$

Psss = Peso saturado superficialmente seco del material en gramos.

Ps = Peso seco del material en gramos.

PESO ESPECÍFICO

- Una balanza.
- Taras metálicas.
- Espátula.
- Probeta.

**PROCEDIMIENTO.**

1. Se toma la muestra representativa de 200g después de ser cuarteada.
2. Se satura el agregado por 24 horas como mínimo.
3. Después se hace hervir por un cierto tiempo para tener una mejor y completa saturación.
4. Y luego se deja secar al aire libre hasta un estado saturado superficialmente seco.
5. En una probeta se coloca un volumen conocido, luego se vierte el agregado y se toma como dato la variación de volumen o volumen desplazado.

CÁLCULOS:

$$P. E = \frac{W_s}{V_d}$$

Ws = Peso saturado del material en gramos.

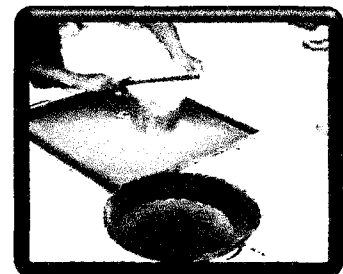
Vd = volumen desplazado del material en cm³.

PESO UNITARIO SECO Y SUELTO DEL MATERIAL (P.U.S.)**EQUIPOS:**

- Una balanza.
- Moldes.
- Espátula.
- Tamiz # 4.

**PROCEDIMIENTO.**

1. Se procede llenar el molde con arena cuarteada dejándola caer a una altura aproximada de 5 centímetros, el llenado del recipiente debe de hacerse en tres capas distribuyéndolos en toda la superficie uniformemente el material.
2. Se enraza el recipiente con la varilla punta de bala y se limpian todas las partículas que hayan quedado adheridas a las paredes exteriores.
3. Después de haber realizado los pasos anteriores se pesa el molde con el material y se le resta el peso del molde para así obtener el peso neto del material.

**CÁLCULOS:**

$$P. U. S. = \frac{W_m}{V_m}$$

Wm = Peso de la muestra en gramos.

Vm = volumen del molde en cm³.

$$P.U.S = \frac{\text{peso de la muestra}}{\text{volumen del molde}} = \frac{8169.435}{0.00566}$$

3.9.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO

Ubicación: La cantera está ubicada a la altura del Km 3+300 a una distancia de acarreo de 20 metros. Tiene una potencia de 10,000 metros cúbicos con una eficiencia del 70%. El acceso se mejoró con el material propio del mismo zarandeo.

Equipos Para la producción de afirmado se emplearon los siguientes equipos:

Dos retroexcavadoras, una de capacidad en el cucharón de 0.31 m³ y lampón de 1.24 m³ y la otra con capacidad de 0.25 m³ de cucharón y de lampón de 1 m³.

Para el transporte de material de afirmado se emplearon:

Dos volquetes de capacidad de 15 metros cúbicos cada uno.

Instalación de zaranda.

Se uso una zaranda mecánica que fue fabricada de varillas de acero dispuestas de tal forma que sólo pasen las partículas menores a 2 pulgadas. Se evaluó la disposición en campo de las zonas donde se iba a depositar el over y el material procesado. Como un alcance de campo y después de varias pruebas se pudo establecer como ángulo de inclinación de la zaranda de 55 grados para la adecuada caída del material. Se usaron parantes de madera para elevar el nivel de la zaranda y poder lograr esa inclinación. En la siguiente imagen se muestra la disposición que se logró en la zaranda.

Figura 19: Acondicionamiento de zonas de material procesado



Fuente: elaboración propia.

Figura 20: Vista de disposición de zaranda.



Fuente: elaboración propia.

PROCESO DE ZARANDEO.

Con el equipo dispuesto en obra se hicieron trabajos mixtos en cantera. Una retroexcavadora afloja el material del banco y luego se desplaza para zarandear el material y la otra retroexcavadora lleva el material y carga a los volquetes.

TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO.

El material de afirmado ya procesado es transportado por cada volquete y dispuesto en obra en un lado del carril. El proceso duró 5 días. Se tuvo bastante cuidado en la seguridad del material acopiado en la plataforma de la carretera.

3.9.2. PROCESO CONSTRUCTIVO SECTOR SIN ADITIVO

Requerimientos para la estabilización

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de agua necesaria para el perfilado con aporte de material se debe contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar dicha información.

- Volumen del suelo (m³)=L*A*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho
- h (m)=espesor
- Máxima densidad seca MDS (g/cm³) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Próctor modificado.
- Humedad del suelo w_n (%)

Preparación del terreno

El proceso de estabilización se hará con material de préstamo de la cantera. Para la compactación se tomará en cuenta como espesor máximo de 15 cm y mínimo de 7.5 cm, esto se debe a que a mayor de 15 centímetros se debe construir en dos estratos para lograr una adecuada compactación. La superficie existente se humedeció previamente antes del perfilado con aporte de material.

Preparación de la dosificación de agua

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento (Fuente de agua usado km 0+700).

Cuadro 10: Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H

Datos de Campo	
Longitud (m)	400.00
ancho (m)	6.00

espesor (m)	0.10
Volumen suelo suelto (m ³)	285.71
Volumen suelo compactado (m ³)	240.00
MDD* (kg/m ³)	1884.00
OCH* (%)	12.44
Hinsitu*** (%)	10.16
Agua (%)	2.28
Peso suelo (kg)	452160.00
Agua para humedad optima	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10309.25
(galones)	2723.71

Fuente: elaboración propia.

Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.16%

Mezclado y Homogenización

En esta fase lo que se pretende lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia. Se humedeció el sector sin aditivo, luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo. Para tener mejores resultados se tuvo previsto realizar un cálculo del caudal de la cisterna que se usó para el mezclado del material.

37

Cuadro 11: Cubicación de la cisterna usada para cálculo del caudal de agua.

CUBICACIÓN DE CISTERNA		
Área	2.4268	m ²
24268	cm ²	
L	570	Cm
Volumen	13832760	cm ³
Volumen	13832.76	Litros
Volumen	3106.432232	Galones

Fuente: elaboración propia.

A una velocidad de 10 KMH se hizo el recorrido en pendiente positiva y los resultados son los siguientes:

Cuadro 12: Cálculo del gasto de la cisterna usada en el proceso de estabilización.

CALCULO DEL CAUDAL DE AGUA		
Día Prueba	09 de	Noviembre 2013
Hora Prueba	04:10	Pm
Vc	10	km/h
T	2220	Segundos
D	6500	Metros
A	2.52	Metros
Q	1.4	gal/seg
5.3	Litros/segundos	

Leyenda	
L	Longitud de la cisterna
Vc	Velocidad de cisterna constante
T	Tiempo que demora en descargar el agua a la Vc = constante
D	Distancia lineal que descarga la cisterna el agua
a	Ancho efectivo de regado
Q	Caudal de descarga

Fuente: elaboración propia.

Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procede a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2%. Luego se procede a perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

Compactación

Conforme las moto niveladoras esparcen el material se procede a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Óptimo contenido de humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores. Sólo es necesario 4 pasadas. Para la fase final se pasa el rodillo sin vibración y así se evitan las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma. La superficie se aplanar hasta lograr una apariencia uniforme y sellada.

3.9.3. PROCESO CONSTRUCTIVO CON ADITIVO SIKA 21

Requerimientos para la aplicación de los aditivos

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de aditivo es necesario contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

- Volumen del suelo (m³)=L*A*h
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho
- h (m)=espesor
- Máxima densidad seca MDS (g/cm³) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Próctor modificado.
- Humedad del suelo w_n (%)
- Dosificación y/o rendimiento del aditivo a emplear.

Preparación de la dosificación del aditivo

De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes se usarán la siguiente dosificación siguiente:

Cuadro 13: Dosificación recomendada por el fabricante para alto volumen de tráfico.

Producto químico	Dosificación
SIKA 21	*4 Kg/ m ²

Fuente: QUIMPAC SA.

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

Cuadro 13:

Cálculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H. –SIKA 21.

<u>Fuente de Agua usada en el Km:</u>	
Requerimiento	
%finos mayores al 18% *	22.44%
IP* (entre 4 y 10)	9.12
PH** agua (entre 5.5 a 8)	7.03
Dosis Recomendada	
Tráfico Pesado (kg/m ²)	4

Primera aplicación (75%) kg/m ²	3
Segunda aplicación (25%) Kg/m ²	1
Datos de Campo y Laboratorio	
Longitud (m)	400.00
ancho (m)	6.00
espesor (m)	0.10
Volumen suelo suelto (m ³)	285.71
Volumen suelo compactado (m ³)	240.00
MDD* (kg/m ³)	1884.00
OCH* (%)	12.44
Hinsitu*** (%)	10.16
Agua (%)	2.28
Peso suelo (kg)	452160.00
Agua para humedad optima	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10309.25
Cantidad de aditivo (litros)	7200.00
(galones)	1902.25
agua (litros)	7200.00
Agua a agregar (litros)	3109.25
Agua total a usar (litros)	10309.25
(galones)	2723.71
Agua para la segundo aplicación	
Cantidad de aditivo (litros)	2400.00
(galones)	634.08

Fuente: QUIMPAC SA.

La mezcla se hizo cuando se abasteció a la cisterna en la fuente de agua aprovechando el movimiento por la succión del agua. Se realizó este procedimiento usando todo el equipo de protección personal tal como establece la Hoja de Seguridad del producto.

Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.16%.

Mezclado y Homogenización

En esta fase lo que se pretende lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia. De acuerdo a la cantidad de material se podrá hacer en dos fases, primero mezclando y esparciendo que servirá como base para la segunda mezcla. Se humedeció, luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo.

Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procede a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2% para después perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

Compactación

Conforme las moto niveladoras esparcen el material se procede a compactar teniendo en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Óptimo contenido de humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores sólo es necesario de 2 a 4 pasadas. Para la fase final se pasa el rodillo sin vibración y así se evitan las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma. La superficie se aplanar hasta lograr una apariencia uniforme y sellada. En climas cálidos puede que se necesite humedecer un poco la superficie.

Proceso de aplicación de un sello superficial.

Según recomendación del fabricante se dosificará con el 75% del líquido al suelo y luego con el 25% restante se procederá a echar en forma de sello con ayuda de la cisterna.

Proceso de Curado

En caso del estabilizador del cloruro de calcio la apertura al tránsito es inmediata y no necesita curarse.

3.9.4. PROCESO CONSTRUCTIVO CON ADITIVO T- PRO – 500

Requerimientos para la aplicación de los aditivos

Para establecer los cálculos en el cálculo de la cantidad de aditivo es necesario contar con la siguiente información en el sitio de trabajo para determinar las proporciones necesarias:

- Volumen del suelo (m³)= $L \cdot A \cdot h$.
- L (m)= longitud
- A (m)=ancho
- h (m)=espesor
- Máxima densidad seca MDS (g/cm³) y Óptimo Contenido de Humedad OCH (%) del ensayo del Próctor modificado.
- Humedad del suelo w_n (%)
- Dosificación y/o rendimiento del aditivo a emplear.

Preparación de la dosificación del aditivo

De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes se usarán la siguiente dosificación:

Cuadro 14: Dosificación recomendada por el fabricante para alto volumen de tráfico.

Producto químico	Dosificación
T- PRO - 500	1litro/30m3

Fuente: QUIMPAC SA.

Para el cálculo de agua se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

Para el aditivo T – PRO – 500

Cuadro 15: Calculo de la cantidad de agua para llegar al O.C.H. T – PRO – 500.

<u>Fuente de Agua usada en el Km:</u>	
Requerimiento	
%finos mayores al 18% *	22.44%
IP* (entre 6 y 15%)	9.12
PH** agua (entre 5.5 a 8)	6.96
Datos de Campo y Laboratorio	
Longitud (m)	400.00
ancho (m)	6.00
espesor (m)	0.10
Volumen suelo suelto (m3)	285.71
Volumen suelo compactado (m3)	240.00
MDD* (kg/m3)	1884.00
OCH* (%)	12.44
Hinsitu*** (%)	10.16
Agua (%)	2.28
Peso suelo (kg)	452160.0

	0
Agua para humedad optima	
Agua para llegar al O.C.H. (litros)	10309.25
Cantidad de aditivo (litros)	8.00
(galones)	2.11
agua (litros)	8000.00
Agua a agregar (litros)	2301.25
Agua total a usar (litros)	10309.25
(galones)	2723.71

La mezcla se hizo cuando se abasteció a la cisterna en la fuente de agua aprovechando el movimiento por la succión del agua. No presentó ningún problema para la manipulación debido a que el líquido es biodegradable.

Proceso de aplicación de un sello superficial.

Según recomendación del fabricante indica que en el caso del producto enzimático, se dosificará con el 100% del líquido al suelo. Solo se pasará un ligero regado con agua a la superficie después de terminado.

Proceso de Curado

La carretera tratada con el estabilizador enzimático, se curará normalmente de 48 a 72 horas. En climas secos la carretera puede abrirse inmediatamente al tráfico. Las condiciones lluviosas o de alta humedad pueden aumentar el tiempo de secado y hacer necesario el mantener la vía cerrada.

Pruebas in situ

Para hallar el contenido de humedad natural in situ se efectuó la prueba del carburo de calcio (MTC E 126-2000). Se obtuvo como humedad natural in situ de 10.16%

Mezclado y Homogenización

En esta fase lo que se pretende lograr es restablecer el equilibrio de los finos con los demás agregados. Teniendo en cuenta la velocidad de la motoniveladora, el ángulo longitudinal de la cuchilla (posición transversal al eje de la vía), y un correcto ángulo de incidencia. De acuerdo a la cantidad de material se podrá hacer en dos fases, primero mezclando y esparciendo que servirá como base para la segunda mezcla. Se humedeció luego se mezcló y reproceso las cantidades necesarias hasta lograr una homogeneidad en todo el suelo.

Conformación y Perfilado

Luego de humedecer el material para mezclarlo y llegar a una homogeneidad, se procede a conformar la plataforma dándole un bombeo del 2%. Luego se procede a perfilar con el mismo material puesto en obra dándole la cantidad de pasadas necesarias hasta obtener uniformidad en el acabado.

Compactación

Conforme las motoniveladoras esparcen el material se procede a compactar, se tiene que tener en cuenta que tiene que llegar al O.C.H (Óptimo contenido de Humedad) dato que se obtiene de la prueba de la humedad de campo insitu con el Speedy. Usando los rodillos vibro – compactadores, sólo es necesario de 2 a 4 pasadas. Para la fase final se pasa el rodillo sin vibración y así se evitan las grietas excesivas en la superficie causadas por el rápido secado de la misma. La superficie se aplanar hasta lograr una apariencia uniforme y sellada. En climas cálidos puede que se necesite humedecer un poco la superficie.

Proceso de Curado

La carretera tratada con el estabilizador enzimático, se curará normalmente de 48 a 72 horas. En climas secos la carretera puede abrirse inmediatamente al tráfico. Las condiciones lluviosas o de alta humedad pueden aumentar el tiempo de secado y hacer necesario el mantener la vía cerrada.

COSTOS

Carta balance

Es una herramienta estadística que nos permite describir detallada y formalmente el proceso de una operación constructiva, esto nos ayuda a analizar la metodología aplicada y poder optimizar la cantidad de recurso humano. También con la utilización de esta herramienta se obtiene información para el análisis de los rendimientos.

Procesos analizados

Para la obtención de los rendimientos de los procesos que conforman para la estabilización se efectuó el análisis de la carta balance en los siguientes procesos: Aflojar material y zarandeo, carguío a volquetes, transporte de material de afirmado a obra, transporte de agua, Perfilado con aporte de material. (Ver anexo N°2)

Análisis de resultados

La actividad de aflojar material representa el 17% de todo el proceso de zarandeo y afloje de material, siendo el desplazamiento con y sin material las mayores actividades que llevan la mayor parte del tiempo hacerlas. El zarandeo propiamente dicho representa una pequeña fracción de todo el proceso de producción de afirmado, solo un 7% del total. El carguío a los volquetes por la otra retroexcavadora usa el 7% del ciclo de esta actividad mientras que el 30% del tiempo lo hace para desplazarse sin material. Los volquetes se demoran un 46% del tiempo en transportar el material y el desplazamiento ya descargado consume el 37% del tiempo en realizar dicho

desplazamiento. La cisterna se demora un 20% en transportar el agua y en descargarla usa el 46% del tiempo del ciclo. En el trabajo de perfilado y conformación la moto niveladora consume el 40% del tiempo, usando el 20% del ciclo para la limpieza de cunetas.

Análisis de Precios Unitarios

En base a las cartas balances que se obtuvieron se consiguió los rendimientos para las siguientes actividades:

Cuadro 16: de rendimientos.

Actividad	Rendimientos	Und
1. Aflojar material	268	m3/d
2. Zarandeo	459	m3/d
3. Carguío al volquete	689	m3/d
4. Transporte de material de afirmado a obra	185	m3/d
5. Limpieza de cuentas de tierra con equipo	2800	m2/d
6. Tendido de material puesto a obra	4685	m2/d
7. Riegos, Mezclado y homogenizado de material con aditivo	2811	m2/d
8. Riegos, Mezclado y homogenizado de material sin aditivo	5020	m2/d
9. Conformación de plataforma con aditivo	2636	m2/d
10. Conformación de plataforma sin aditivo	3012	m2/d
11 Perfilado y Compactación con aditivo	2811	m2/d
12 Perfilado y Compactación sin aditivo	5020	m2/d
13. Curado y sello superficial de material	13281	m2/d

Fuente: Elaboración Propia

Rendimientos obtenidos en campo.

Se hizo el respectivo análisis de precios unitarios de las siguientes partidas:

- Estabilización sin aplicación de aditivo.

- Material de afirmado puesto en obra.

Resumen de precios unitarios del uso de ADITIVO T-PRO-500 en los sectores de prueba.

Cuadro 17: Precios unitarios del proceso de estabilización.

Aditivo	Estabilización (S/./m ²)	Material Afirmado (S/./m ³)
Sin aditivo	2.99	2.64
T- PTR - 500	6.75	
SIKA 21	11.15	

Fuente: Elaboración Propia.

3.9.5. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA

Definiciones

Para poder evaluar la eficiencia económica, nos vamos a basar en dos parámetros o índices de desempeño para poder comparar las aplicaciones de los aditivos químicos estabilizadores con un sector patrón sin tratamiento alguno.

Estos parámetros son:

- El índice de rugosidad internacional
- El índice de la condición de vía no pavimentada

3.9.6. ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Definición:

Es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento que representa la diferencia entre un perfil longitudinal teórico y uno real en el instante de la medida. El perfil real es aquel perfil de una carretera recién construida que tiene un IRI >0 (en estado cero) y que en estado de servicio debido al paso del tránsito, va elevando dicho valor representando mayores irregularidades. Se determina mediante cálculos matemáticos realizado con las cotas de una línea de perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo.

Ventajas

El IRI es un modelo matemático cuyo resultado no depende del método y utilización de equipos en la medición de un perfil.

Se debe tener buena confiabilidad en las técnicas o equipos y de la frecuencia del muestreo. La precisión de los equipos es un amplio tema de discusión para la medición de la rugosidad. La longitud mínima para los sitios de prueba es de 320 metros y puede ser calculado para cualquier longitud de camino. La relación que existe entre la variación de la rugosidad en el camino y su longitud es promediada.

3.9.7. SISTEMA DE MONITOREO SIN ADITIVO

Frecuencia de medición

Se programó 04 mediciones para la rugosidad, se hicieron tres pasadas por cada carril en cada sector de prueba, los resultados se muestran a continuación:

- **Fecha: Del 01 al 04 de noviembre del 2013.**

Cuadro18: Resultados del primer monitoreo sin aditivo

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
3	DERECHO	5.222	4.644	4.486
3	DERECHO	3.995		
3	DERECHO	4.714		
3	IZQUIERDO	4.832	4.328	
3	IZQUIERDO	3.792		
3	IZQUIERDO	4.361		

Fuente: Elaboración Propia

Fecha: Del 05 al 09 de noviembre del 2013

Cuadro 19: Resultados del segundo monitoreo.

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
3	DERECHO	5.342		
3	DERECHO	5.892		

3	DERECHO	5.892	5.709	5.801
3	IZQUIERDO	5.892	5.892	
3	IZQUIERDO	5.868		
3	IZQUIERDO	5.915		

Fuente: Elaboración Propia.

Fecha: Del 11 al 16 de Noviembre del 2013
Cuadro 20: Resultados del segundo monitoreo.

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
3	DERECHO	6.206	6.358	6.076
3	DERECHO	6.033		
3	DERECHO	6.834		
3	IZQUIERDO	5.362	5.794	
3	IZQUIERDO	6.010		
3	IZQUIERDO	6.010		

Fuente: Elaboración Propia.

Fecha: Del 18 al 21 de noviembre del 2013.
Cuadro 21: Resultados del cuarto monitoreo.

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
3	DERECHO	6.610	6.655	6.501
3	DERECHO	6.481		
3	DERECHO	6.873		
3	IZQUIERDO	6.422	6.346	
3	IZQUIERDO	6.559		
3	IZQUIERDO	6.057		

Fuente: Elaboración Propia

MEDICIÓN DE ICVNP

Para el sector sin aditivo la mayor falla que se presentó en campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad. Se tomó como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

Cuadro 22: criterio de medición

CRITERIO DE MEDICION				
Diámetros Promedio Bache (cm)				
	Profundidad	Menor a 30	30-70	Mayor a
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0	B	M	A
A	cm Mayor a 5.0	M	M	A

Área :	Se mide el área que ocupan los baches con respecto al total.
	B: Bajo M: Moderado A: Alto
Severidad:	Se definen en función del diámetro promedio y profundidad del bache, <i>condición y estado de los bordes</i>
	B: Bajo M: Moderado A: Alto

Fuente: Elaboración Propia

PRIMER MONITOREO

- Tramo (Sin aditivo)
- No presentó ningún bache a lo largo del tramo.

SEGUNDO MONITOREO

- Tramo (Sin aditivo)
- No presentó ningún bache a lo largo del tramo.

TERCER MONITOREO

- Tramo (Sin aditivo): Presencia de 206 baches donde lo más frecuente que se encuentra son de diámetro promedio de 20 cm y profundidad promedio de 2 cm.

72

Cuadro 23: Sistema de Monitoreo.

Fuente: Elaboración Propia

Tramo - Tercer monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	0.07	0.30	0.00	0.37	18.5%	81.5%	0.0%
2	0.04	0.77	0.00	0.81	4.4%	95.6%	0.0%
3	0.07	0.00	0.00	0.07	100.0%	0.0%	0.0%
4	0.76	0.00	0.00	0.76	100.0%	0.0%	0.0%
5	1.35	0.00	0.00	1.35	100.0%	0.0%	0.0%
6	0.57	2.22	0.00	2.80	20.5%	79.5%	0.0%
7	0.41	2.03	0.00	2.44	16.9%	83.1%	0.0%
8	0.24	2.22	0.00	2.46	9.7%	90.3%	0.0%

3.9.8. SISTEMA DE MONITOREO CON ADITIVO SIKI 21.

Frecuencia de medición IRI

Se programó las siguientes mediciones para la rugosidad: Frecuencia de Mediciones.

- Fecha: Del 16 al 17 de Noviembre del 2013
- Fecha: Del 15 al 16 de Diciembre del 2013

Se hicieron tres pasadas por cada carril en cada sector de prueba, los resultados se muestran a continuación:

FECHA: DEL 14 AL 16 DE NOVIEMBRE DEL 2013 RESULTADOS DEL PRIMER MONITOREO - IRI (SECTOR 2- CON ADITIVO SIKI 21).

Cuadro 24: SISTEMA de Monitoreo

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
2	DERECHO	5.362	4.728	4.252
2	DERECHO	4.283		
2	DERECHO	4.538		
2	IZQUIERDO	3.861	3.776	
2	IZQUIERDO	3.912		
2	IZQUIERDO	3.555		

Fuente: Elaboración Propio

FECHA: DEL 16 AL 17 DE DICIEMBRE DEL 2013 RESULTADOS DEL SEGUNDO MONITOREO-IRI (SECTOR 2 CON ADITIVO SIKA 21).

Cuadro 25: Sistema de Monitoreo

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
2	DERECHO	6.127	6.101	6.026
2	DERECHO	6.481		
2	DERECHO	5.696		
2	IZQUIERDO	5.774	5.951	
2	IZQUIERDO	5.715		
2	IZQUIERDO	6.363		

Fuente: Elaboración Propia

MEDICIÓN DE ICVNP

Para el sector con cloruro de calcio la mayor falla que se presentó en campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad. Tomando como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

Cuadro 26: Criterios de Medición – Fallas – con ADITIVO SIKA 21.

CRITERIO DE MEDICION				
Diámetros Promedio Bache (cm)				
	Profundidad	Menor a 30	30-70	Mayor a 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
	Mayor a 5.0			

Área:	Se mide el área que ocupan los baches con respecto al total.
	B: Bajo M: Moderado

90

Severidad:	Se definen en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes.
	B: Bajo M: Moderado

Fuente: Elaboración Propia

Primer Monitoreo.

- Tramo 2 (Sika 21)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

Segundo Monitoreo.

- Tramo 2 (Sika 21)
- No presentó ningún bache a lo largo del sector.

Tercer Monitoreo.

- Tramo 2 (Sika 21)
- Presencia de 129 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 30 cm y profundidad de 3 cm en promedio.

Cuadro 27: Tercer monitoreo – Tramo 2 (Sika 21). ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Tramo 1- Tercer monitoreo u Tramo 1 (Sika 21)								
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A	
1	0.60	0.79	0.00	1.39	8%	81%	11%	
2	1.58	2.20	0.00	3.8	42%	58%	0%	
3	0.78	2.05	0.00	0.83	27%	73%	0%	
4	1.44	3.03	0.00	4.47	32%	68%	0%	
5	0.83	4.26	0.00	5.09	16%	84%	0%	
6	1.34	3.22	0.00	4.57	29%	71%	0%	
7	1.43	3.17	0.00	4.60	31%	69%	0%	
8	0.51	1.99	0.00	2.50	15%	56%	29%	

Fuente: Elaboración Propia

Cuarto Monitoreo

- Sector 2 (SIKA 21)
- Presencia de 87 baches. Se encontró en su mayoría baches de diámetro de 50 cm y profundidad de 5 cm en promedio. En el primero y último 50 metros presenta estado de alta severidad.

Cuarto 28: monitoreo – Sector 2 (SIKA 21). ICVNP (NDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Sector 2 - Cuarto monitoreo							
Tramos evaluados	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M	A
1	0.99	2.41	0.93	4.32	22.8%	55.8%	21.4%
2	0.99	3.61	0.00	4.60	21.4%	78.6%	0.0%
3	0.88	4.30	0.77	5.94	14.7%	72.3%	13.0%
4	0.34	4.24	0.38	4.97	6.9%	85.3%	7.8%
5	0.22	6.73	1.02	7.97	2.8%	84.4%	12.8%
6	0.06	10.39	1.77	12.23	0.5%	85.0%	14.5%
7	0.39	5.95	0.77	7.11	5.5%	83.6%	10.8%
8	0.57	9.05	2.28	11.90	4.8%	76.1%	19.1%
Total:				59.04			

Fuente: elaboración propia.

Cuarto 29: monitoreo – Sector 2 (SIKA 21).

Area(m2)	Severid	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	INDICE
3	M	10.764	15.51003759	16	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	16.50366743	17	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	21.32528016	21	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	17.81516863	18	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	28.59940578	29	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	43.88400269	44	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	25.51734977	26	88	8	40	REGULAR
3	M	10.764	42.68381282	43	88	8	40	REGULAR

Fuente: elaboración propia.

3.9.9. SISTEMA DE MONITOREO CONg ADITIVO T - PRO - 500

Frecuencia de medición IRI

Se programó las siguientes mediciones para la rugosidad: Frecuencia de Mediciones.

- Fecha: Del 09 al 17 de Noviembre del 2013
- Fecha: Del 04 al 16 de Diciembre del 2013.
- Fecha: Del 09 al 17 de Noviembre del 2013.

Cuadro 30: Resultados del primer monitoreo- IRI (CON ADITIVO T-PRO - 500)

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
1	DERECHO	6.677	6.376	5.663
1	DERECHO	6.127		
1	DERECHO	6.323		
1	IZQUIERDO	4.832	4.95	
1	IZQUIERDO	5.009		
1	IZQUIERDO	5.009		

Fuente: elaboración propia.

Fecha: Del 04 al 16 de Diciembre del 2013

Cuadro 31: Resultados del cuarto monitoreo- IRI (CON ADITIVO T - PRO - 500).

SECTOR	CARRIL	IRI	IRI PROM	
1	DERECHO	7.187	7.285	7.256
1	DERECHO	7.109		
1	DERECHO	7.560		
1	IZQUIERDO	7.069	7.226	
1	IZQUIERDO	7.030		
1	IZQUIERDO	7.580		

Fuente: elaboración propia.

MEDICIÓN DE ICVNP.

Para el sector CON ADITIVO T - PRO - 500 la mayor falla que se presentó en

campo es la formación de baches. Se hizo el levantamiento de información paralelamente con la medición de la rugosidad. Tomando como referencia el catálogo centroamericano de fallas en pavimentos viales y el catálogo de fallas del Banco Mundial. Se establecieron los siguientes criterios de medición y luego se cuantificarán con el Índice de la condición de la vía no pavimentada.

Cuadro 32: Criterios de Medición – Fallas con aditivo T - PRO - 500.

CRITERIO DE MEDICIÓN				
Diámetros Promedio Bache (cm)				
	Profundidad	Menor a 30	30 - 70	Mayor a 70
B	Menor a 2.5 cm	B	B	M
M	Entre 2.5 a 5.0 cm	B	M	A
A	Mayor a 5.0 cm	M	M	A

Fuente: elaboración propia.

Área :	Se mide el área que ocupan los baches con respecto al total.
	B: Bajo M: Moderado A: Alto
Severidad:	Se definen en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes. B: Bajo M: Moderado A: Alto

Primer Monitoreo

- Sector 1 (t-pro -500)
- Presencia 110 baches. En su mayoría con diámetro promedio de 28 cm y profundidad de 3 cm. Su estado es de severidad moderada.

Cuadro 33: Primer monitoreo – Sector 1 (t-pro -500).

Evaluados A	B (m2)	M (m2)	A (m2)	Total (m2)	B	M
1 0%	1.15	2.77	0.00	3.92	29%	71%
2 0%	1.52	4.83	0.00	6.34	24%	76%
3 0%	1.06	2.05	0.00	3.11	34%	66%
4 0%	1.04	3.95	0.00	4.99	21%	79%
5 0%	1.01	4.08	0.00	5.08	20%	80%
6 0%	1.55	0.82	0.00	2.36	65%	35%
7 0%	1.98	0.26	0.00	2.24	88%	12%
8 6%	1.10	0.07	0.00	1.18	94%	
Total:				29.22		

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 34: segundo monitoreo – Sector 1 (con t- pro -500) ICVNP. INDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA.

Area(m2)	Severidad	K	D (M2)	D	VDF	q	VDT	INDICE
300	M	10.764	14.05735415	14	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	22.76500076	23	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	11.15677789	11	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	17.89181847	18	88	7	40	REGULAR
300	M	10.764	18.23730632	18	88	7	40	REGULAR
300	B	10.764	8.4765699	8	55	7	80	MUY BUENO
300	B	10.764	8.038369561	8	55	7	80	MUY BUENO
300	B	10.764	4.216093132	4	40	7	80	MUY BUENO

Fuente: Elaboración Propia.

Tercer Monitoreo

- tramo 1 (T – PROO- 500)
- Presencia 150 baches. En su mayoría con diámetro promedio de 38

cm y profundidad de 4 cm. Su estado es de severidad moderada.

adro 35: tercer monitoreo – sector 1 (T-PRO -500).

Sector 1 – segundo monitoreo							
Tramos evaluado	B (m ²)	M (m ²)	A (m ²)	Total (m ²)	B	M	A
1	0.38	5.95	0.00	6.32	6%	94%	0%
2	0.60	8.83	1.77	11.20	5%	79%	16%
3	0.19	7.64	0.00	7.83	2%	98%	0%
4	0.32	11.14	0.77	12.23	3%	91%	6%
5	0.29	9.83	0.38	10.50	3%	94%	4%
6	0.42	4.73	0.38	5.54	8%	85%	7%
7	1.24	3.03	0.00	4.27	29%	71%	0%
8	0.86	6.37	0.00	7.23	12%	88%	0%

Total:

65.13

Fuente: elaboración propia

Cuadro 36: cuarto monitoreo– sector 1 (t-pro -500). ICVNP (INDICE DE CONDICION DE VIA NO PAVIMENTADA)

Area(m ²)	Severidad	K	D (M ²)	D	VDF	q	VDI	INDICE
300	M	10.764	22.6920143	23	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	40.1918478	40	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	28.0955458	28	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	43.8834391	44	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	37.6838201	38	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	19.8599157	20	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	15.3158768	15	88	8	58	REGULAR
300	M	10.764	25.9468143	26	88	8	58	REGULAR

ANÁLISIS COMPARATIVO

De la rugosidad (IRI)

Cuadro 37: Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba.

SECTOR	1era Medición IRI	2da Medición IRI	3era Medición IRI	4ta Medición IRI
3	4.49	5.80	6.08	6.50
2	4.25	6.03	6.67	9.29
1	4.04	4.71	5.66	7.26

Fuente: elaboración propia

64

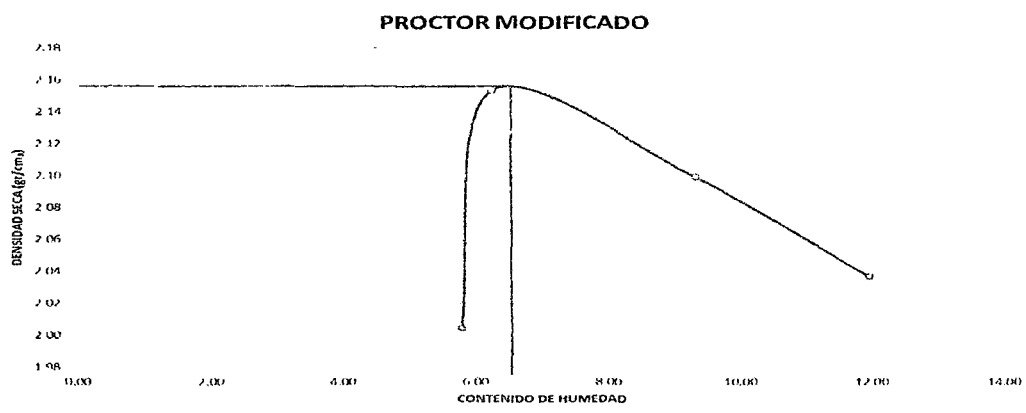
PROGRESIÓN DE LA RUGOSIDAD CON RESPECTO AL SECTOR PATRÓN.

El siguiente gráfico muestra como está progresivamente aumentando la rugosidad a medida que pasa el tiempo.

FIGURA 21: PRUEBA DE PROCTOR

COMPACTACION					CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba N°	1	2	3	4	Prueba N°	I	II	III	IV
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	118.00	185.00	172.00	113.00
Peso molde + suelo compa. (gr)	7730	7910	7850	7695	Tara + suelo seco (gr)	112.10	173.20	160.03	104.30
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	5.90	11.80	11.97	8.70
Peso del suelo compactado (gr)	4960	5140	5080	4925	Peso de la tara (gr)	22.00	30.00	30.00	22.00
Volumen del molde (cm ³)	2129.09	2129.09	2129.09	2129.09	Peso del suelo seco (gr)	90.10	143.20	130.03	82.30
Densidad humeda (kg/cm ³)	2.33	2.41	2.39	2.31	Contenido de humedad %	6.55	8.24	9.21	10.57
Densidad seca (kg/cm ³)	2.19	2.23	2.18	2.09					

GRAFICO DEL PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Maxima Densidad seca	2.23	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	8.2	%

Fuente: elaboración propia

FIGURA 22: PRUEBA DE CBR

COMPACTACION			
Proeba Nº	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8810	9075	9265
Peso del molde (gr)	4155	4150	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4655	4925	5110
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm ³)	2.20	2.32	2.41
Densidad seca (kg/cm ³)	2.04	2.16	2.24

k = 10.304 A = 3

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Proeba Nº	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	187.15	187.93	176.68
Tara + suelo seco (gr)	176.32	177.10	166.59
Peso del agua (gr)	10.83	10.83	10.09
Peso de la tara (gr)	30.25	30.65	30.07
Peso del suelo seco (gr)	146.07	146.45	136.52
Contenido de humedad %	7.41	7.40	7.39
Densidad seca (kg/cm ³)			

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		45	154.56	29	99.61	15	51.52
0.050	1.27		99	340.03	67	230.12	45	154.56
0.075	1.9		125	429.33	92	315.99	68	233.56
0.100	2.54	1000	140	480.85	115	394.99	86	295.38
0.150	3.17		210	721.28	158	542.68	119	408.73
0.200	3.81	1500	284	975.45	185	635.41	145	498.03
0.250	5.08		330	1133.44	230	789.97	185	635.41
0.300	7.62	1900	410	1408.21	273	937.66	230	789.97
0.400	10.16	2300	510	1751.68	370	1270.83	300	1030.40

Fuente: elaboración propia.

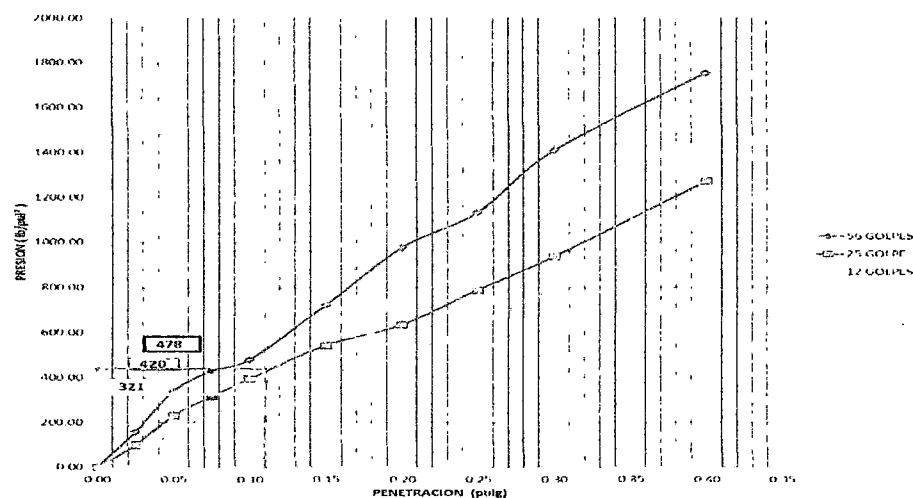
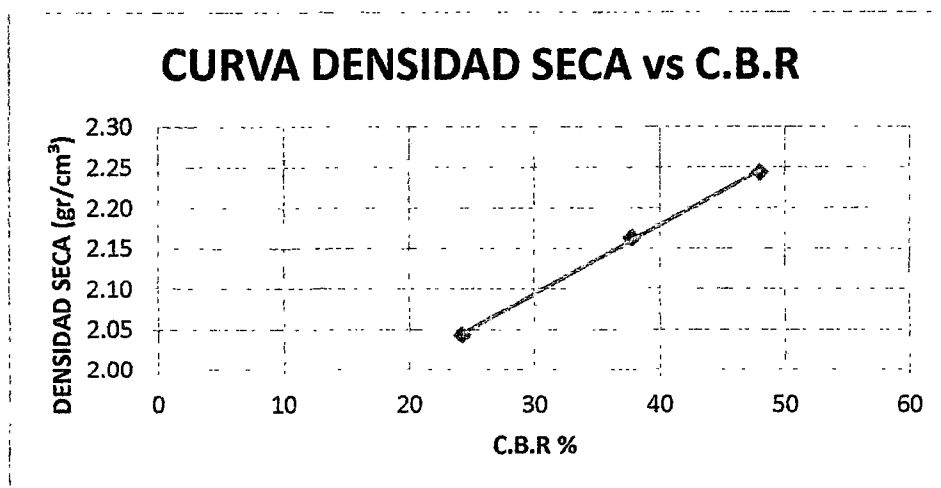
Fecha Monitoreo

(Días)	3	2	1
16/11/2013	25.00	4.486	4.247
17/11/2013	66.00	5.801	6.026
17/12/2013	87.00	6.076	6.667
15/12/2013	117.00	6.501	9.290

Los presentes gráficos muestran, con respecto a la primera medida del sector patrón (pivote), como es el progreso (en %) del deterioro en cada uno de los sectores donde se aplicaron los aditivos Resumen de las variaciones del IRI por cada monitoreo.

PRESION	% w
24.2	2.04
37.80	2.16
48.00	2.24

FIGURA 23: CURVA DE NSIDAD SECA VS CBR.



RESULTADOS DEL ENSAYO		G.B.R.)- ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm3)		2.24
Optimo Contenido de humedad (%)		7.40
CBR al 100% de la MDS (%)		48
CBR al 95% de la MDS (%)		36

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda

- 3 Sector sin aditivo
- 2 Sector con SIKÁ 21
- 1 Sector con aditivo T- PROO – 500

Con los datos obtenidos de los cuatro monitoreos se hizo una regresión no lineal de la rugosidad en función del tiempo. La mejor función que cumple dicha tendencia es una función exponencial.

PROGRESIÓN DE RUGOSIDAD DEL SECTOR 3

Cuadro 38: Datos del IRI en el sector 3.

Sector 3		
Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/km)
22/11/2013	Experimento	
14/11/2013	25	4.49
17/11/2013	66	5.80
17/12/2013	87	6.08
15/12/2013	11	6.50

Fuente: Elaboración Propia

PROGRESIÓN DE RUGOSIDAD DEL SECTOR 2

Cuadro 39: Datos del IRI en el sector 2

Sector 2		
Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/ km)
22/11/2013	Experimento	
14/11/2013	25	4.25
17/11/2013	66	6.03
17/12/2013	87	6.67
15/12/2013	117	9.29

Fuente: Elaboración Propia.

PROGRESIÓN DE RUGOSIDAD DEL SECTOR 1

Cuadro 40: Datos del IRI en el sector 1

Sector 1		
Monitoreo	Tiempo (días)	IRI (mm/km)
22/11/2013	Experimento	
14/11/2013	25	4.04
17/11/2013	66	4.71
17/12/2013	87	5.66
15/12/2013	117	7.26

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo de recurrencia

Para poder estimar el tiempo de recurrencia de mantenimiento en los sectores de prueba, nos basaremos en la escala de rugosidad IRI propuesta por el Banco Mundial (consideración que adapta el manual de conservación de carreteras para vías de bajo volumen de tránsito). El Banco Mundial considera que a partir de un IRI igual a 8 un camino sin pavimentar presenta irregularidades. También considera que con IRI de más de 10, la carretera se le considera como una vía sin conservación. Por tanto consideraremos que a partir de un IRI igual a 8 los sectores de prueba necesitan intervención. De las ecuaciones (1), (2) y (3) se igualan a 8 obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 41: Tiempo de recurrencia en cada sector.

Sector	Tiempo de recurrencia (meses)
1	5.4
2	3.4
3	4.6

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Eficiencia

Para poder definir un coeficiente que nos indique que sector es el más eficaz en el tiempo; estableceremos de manera cualitativa, mediante una matriz multicriterio. Esquematizaremos de la siguiente manera dichos criterios.

Podemos establecer lo siguiente: "A menos costo por metro cuadrado y con mayor tiempo de recurrencia, el sector con o sin aditivo es más eficaz"

Por tanto para establecer el coeficiente de eficiencia debemos de obtener el mayor cociente debido a que queremos ver cuál es el sector más eficaz.

El coeficiente de eficiencia se expresaría de la siguiente forma:

$$C.E = \text{Tiempo de recurrencia} / P.U.$$

Cuadro 42: Coeficientes de eficiencia en cada sector.

Coeficiente de eficiencia estabilización			
Sector	Tiempo recurrencia (meses)	Precio Unitario (Soles/ m ²)	Coeficiente de eficiencia (recurrencia/costo)
1	5.4	2.99	1.81
2	3.4	6.75	0.50
3	4.6	11.15	0.41

Fuente: Elaboración Propia

Precipitaciones durante el monitoreo

Las precipitaciones acumuladas con respecto al tiempo desde el inicio de la aplicación de las pruebas a los sectores elegidos hasta el término del sistema de monitoreo están representadas en el siguiente gráfico:

Precipitaciones acumuladas desde el inicio de aplicación de las pruebas.

Fuente: Estación socos. Red Hidrometeoro lógica. Gobierno Regional de Ayacucho. Agosto-Noviembre 2013.

Progreso del IRI con respecto a las precipitaciones acumuladas

Las precipitaciones acumuladas en el tiempo de acuerdo a los registros de precipitaciones diarias se relacionaron con la medición de la rugosidad a lo largo de la experimentación.

Cuadro 43: Precipitaciones acumuladas en el tiempo de medición del IRI.

Días	PP. acum	Sec.3	Sec.2	Sec.1
2	0.00	4.486	4.247	4.039
6	42.20	5.801	6.026	4.710
8	79.50	6.076	6.667	5.663
1	174.90	6.501	9.290	7.256

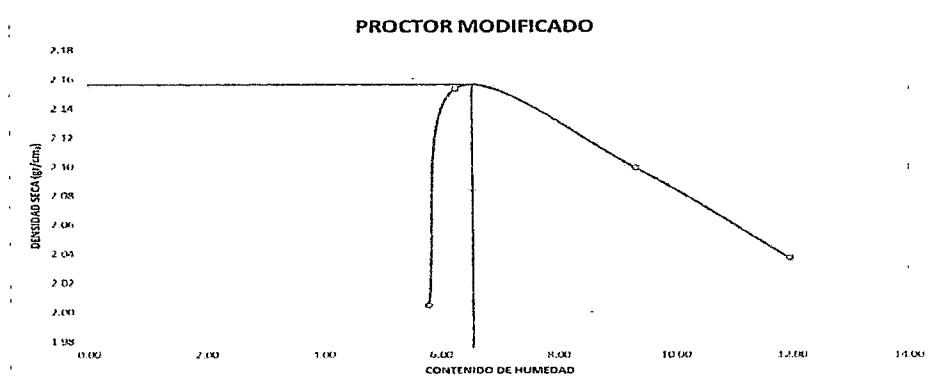
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24: Compactación y Contenido de Humedad.

COMPACTACION					CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba Nº	1	2	3	4	Prueba Nº	I	II	III	IV
Numero de golpes por capas	56	56	56	56	Tara + suelo humedo (gr)	118.00	185.00	172.00	113.00
Peso molde + suelo compa. (gr)	7730	7910	7850	7695	Tara + suelo seco (gr)	112.10	173.20	160.03	104.30
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770	Peso del agua (gr)	5.90	11.80	11.97	8.70
Peso del suelo compactado (gr)	4960	5140	5080	4925	Peso de la tara (gr)	22.00	30.00	30.00	22.00
Volumen del molde (cm3)	2129.09	2129.09	2129.09	2129.09	Peso del suelo seco (gr)	90.10	143.20	130.03	82.30
Densidad humeda (kg/cm3)	2.33	2.41	2.39	2.31	Contenido de humedad %	6.55	8.24	9.21	10.57
Densidad seca (kg/cm3)	2.19	2.23	2.18	2.09					

Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: ensayo de Próctor Modificado.



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Maxima Densidad seca	2.23	kg/cm3
Óptimo Contenido de humedad	8.2	%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: penetración.

COMPACTACION				CONTENIDO DE HUMEDAD			
Proeba Nº	1	2	3	Proeba Nº	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56	Tara + suelo humedo (gr)	650.56	436.90	549.65
Peso molde + suelo compa. (gr)	8885	9105	9255	Tara + suelo seco (gr)	611.00	412.32	513.25
Peso del molde (gr)	4145	4165	4160	Peso del agua (gr)	39.56	24.58	36.40
Peso del suelo compactado (gr)	4740	4950	5105	Peso de la tara (gr)	128.80	112.50	69.20
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120	Peso del suelo seco (gr)	482.2	299.82	444.05
Densidad humeda (kg/cm3)	2.24	2.33	2.41	Contenido de humedad %	8.20	8.20	8.20
Densidad seca (kg/cm3)	2.09	2.19	2.23	Densidad seca (kg/cm3)			

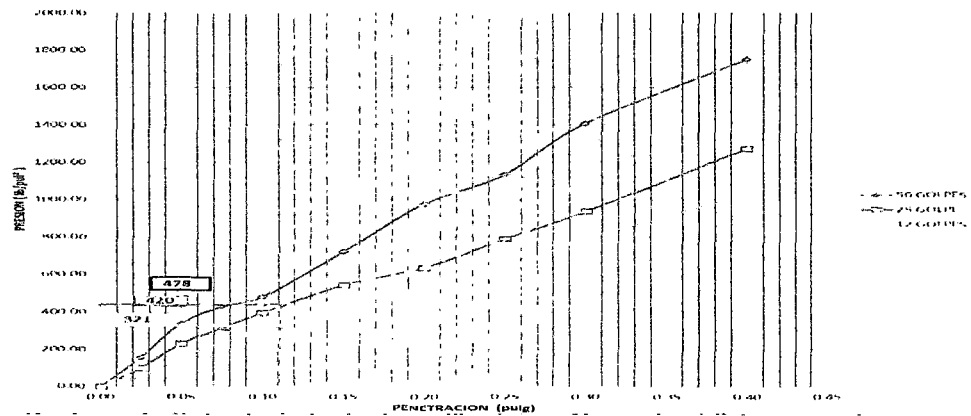
57

$$k = 10.304 \quad A = 3$$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		39	133.95	27	92.74	14	48.09
0.050	1.27		87	298.82	60	206.08	39	133.95
0.075	1.9		119	408.73	86	295.38	62	212.95
0.100	2.54	1000	140	480.85	114	391.55	81	278.21
0.150	3.17		202	693.80	155	532.37	120	412.16
0.200	3.81	1500	279	958.27	179	614.81	135	463.68
0.250	5.08		329	1130.01	226	776.23	178	611.37
0.300	7.62	1900	404	1387.61	258	886.14	222	762.50
0.400	10.16	2300	498	1710.46	352	1209.00	290	996.05

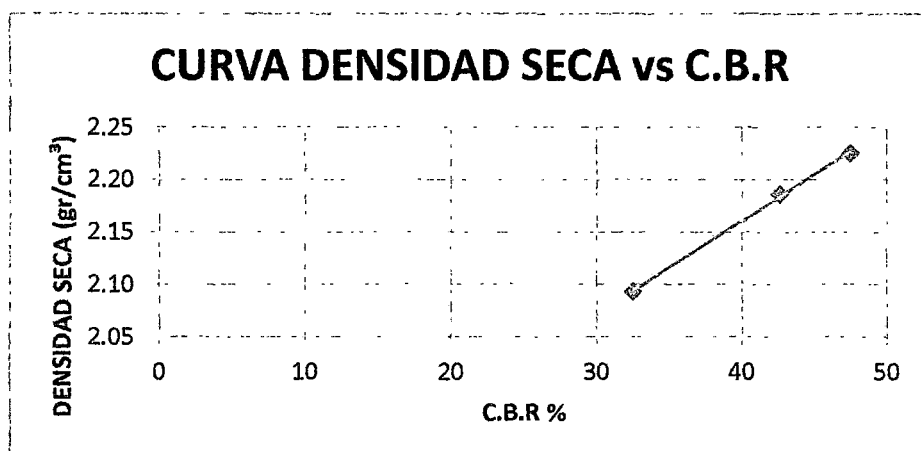
Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Próctor Modificado



PRESION	D seca
32.5	2.09
42.60	2.19
47.50	2.23

CURVA DENSIDAD SECA vs C.B.R



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

ASPECTO ADMINISTRATIVO

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

4.1.2. RESULTADOS DE CANTERA DE AFIRMADO AMPUJASA SIN ADITIVOS

➤ CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Prueba N°	1	2	3
N° de Tarra	1	2	3
Peso de la tara (gr)	30.09	30.08	30.06
Tara + suelo Húmedo (gr)	168.00	186.10	185.90
Tara + suelo seco (gr)	154.60	171.40	172.80
Peso del agua (gr)	13.40	14.70	13.10
Peso del suelo seco (gr)	124.51	141.32	142.74
Contenido de humedad %	10.76	10.40	9.18
Contenido de humedad Prom. %	10.11		

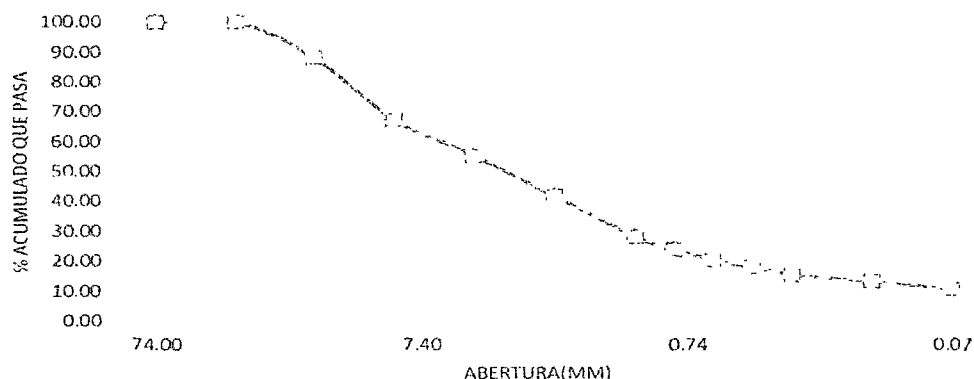
OBSERVACION: Muestra Remitida por el Peticionario

➤ LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO			L. L	MTC E 110-2000
ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles			L. P	MTC E 111-2000
ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles				
LIMITE LIQUIDO	NL	$LL = Wp \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.123}$		
LIMITE PLASTICO	NP			
INDICE DE PLASTICIDAD				
D60:	8.95	mm		
D30:	2.35	mm		
D10 (diámetro efectivo):		mm		
Coeficiente de uniformidad				
Grado de curvatura (Cc):				
Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)				
Suelo de partículas gruesas.(Nomenclatura con símbolo doble).				
GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE ARENA FINOS (GP SP)				

➤ **ANALISIS DE GRANULOMETRIA.**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO(gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	480	12.00	12.00	88.00
3/8"	9.50	835	20.88	32.88	67.13
Nº4	4.75	475	11.88	44.75	55.25
Nº8	2.36	545	13.63	58.38	41.63
Nº16	1.18	540	13.50	71.88	28.13
Nº 20	0.84	165	4.13	76.00	24.00
Nº30	0.60	145	3.63	79.63	20.38
Nº 40	0.43	100	2.50	82.13	17.88
Nº50	0.30	95	2.38	84.50	15.50
Nº100	0.15	90	2.25	86.75	13.25
Nº200	0.075	105	2.63	89.38	10.63
fondo		425	10.63	100.00	0.00
total		4000			

GRANULOMETRÍA➤ **ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO****COMPACTACION**

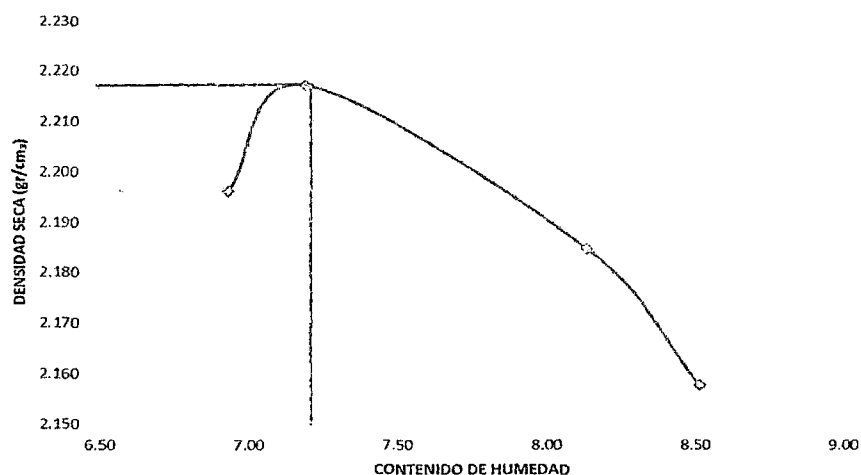
Prueba Nº	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	7770	7830	7800	7755
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770
Peso del suelo compactado (gr)	5000	5060	5030	4985
Volumen del molde (cm3)	2129.09	2129.09	2129.09	2129.09
Densidad humeda (kg/cm3)	2.35	2.38	2.36	2.34
Densidad seca (kg/cm3)	2.196	2.217	2.185	2.158

CONTENIDO DE HUMEDAD

Prueba N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	164 50	155 70	170 00	184 60
Tara + suelo seco (gr)	155 80	147 30	159 50	172 50
Peso del agua (gr)	8 70	8 40	10 50	12 10
Peso de la tara (gr)	30 30	30 50	30 40	30 40
Peso del suelo seco (gr)	125 5	116 8	129 1	142 1
Contenido de humedad %	6.93	7.19	8.13	8.52

GRÁFICA DE PROCTOR PARA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA NATURAL



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2 219	kg/cm3
Optimo Contenido de humedad	7.19	%

➤ ENSAYO DE CBR.

COMPACTACION

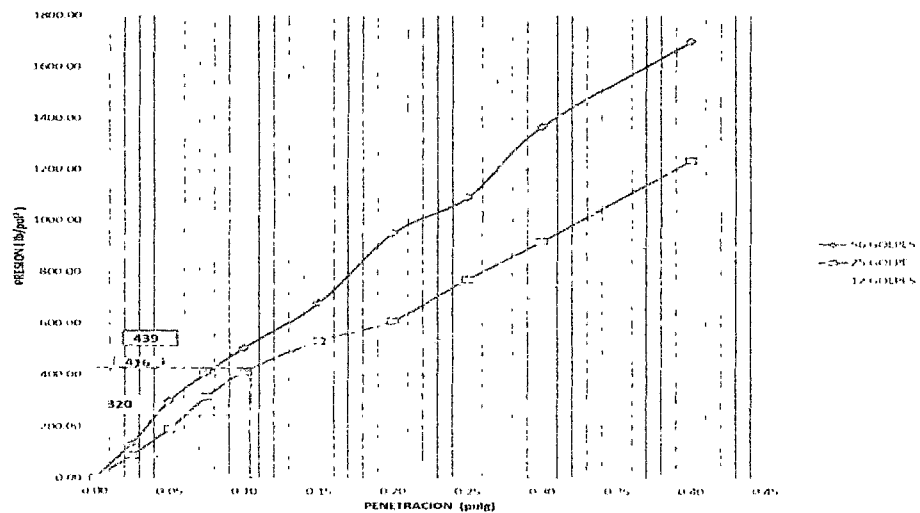
Proeba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa (gr)	8810	9130	9210
Peso del molde (gr)	4155	4150	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4655	4980	5055
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm3)	2 20	2 35	2 38
Densidad seca (kg/cm3)	2 05	2 19	2 22

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Proeba N°	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	186.82	187.63	176.40
Tara + suelo seco (gr)	176.32	177.10	166.59
Peso del agua (gr)	10.5	10.53	9.81
Peso de la tara (gr)	30.25	30.65	30.07
Peso del suelo seco (gr)	146.07	146.45	136.52
Contenido de humedad %	7.19	7.19	7.19
Densidad seca (kg/cm3)			

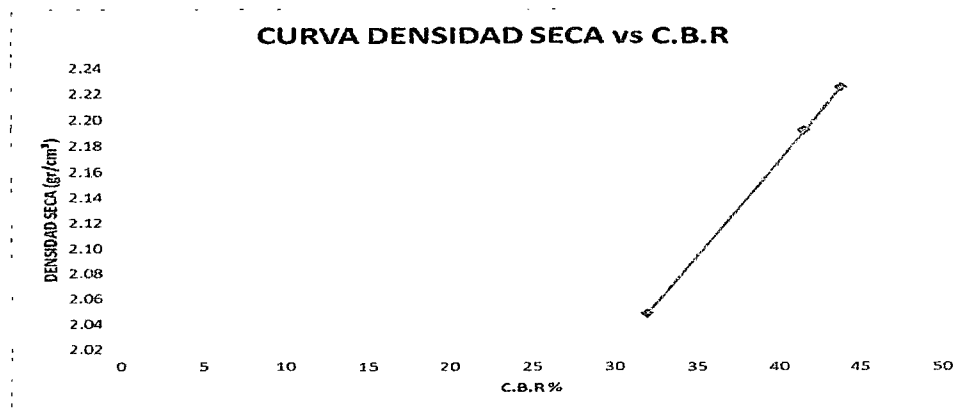
$$k = 10.304 \quad A = 3$$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		39	133.95	26	89.30	12	41.22
0.050	1.27		87	298.82	56	192.34	32	109.91
0.075	1.9		119	408.73	92	315.99	55	188.91
0.100	2.54	1000	147	504.90	120	412.16	71	243.86
0.150	3.17		198	680.06	155	532.37	98	336.60
0.200	3.81	1500	277	951.40	178	611.37	134	460.25
0.250	5.08		318	1092.22	225	772.80	170	583.89
0.300	7.62	1900	398	1367.00	268	920.49	210	721.28
0.400	10.16	2300	495	1700.16	360	1236.48	285	978.88

GRAFICO DE CBR



PRESION	% w
32	2.05
41.60	2.19
43.90	2.22



RESULTADOS DEL ENSAYO	C.B.R.) - ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.22
Optimo Contenido de humedad (%)	7.19
CBR al 100% de la MDS (%)	44.1
CBR al 95% de la MDS (%)	34.5

4.1.3. RESULTADOS DE CANTERA DE AFIRMADO AMPUCCASA CON ADITIVO SIKI 21

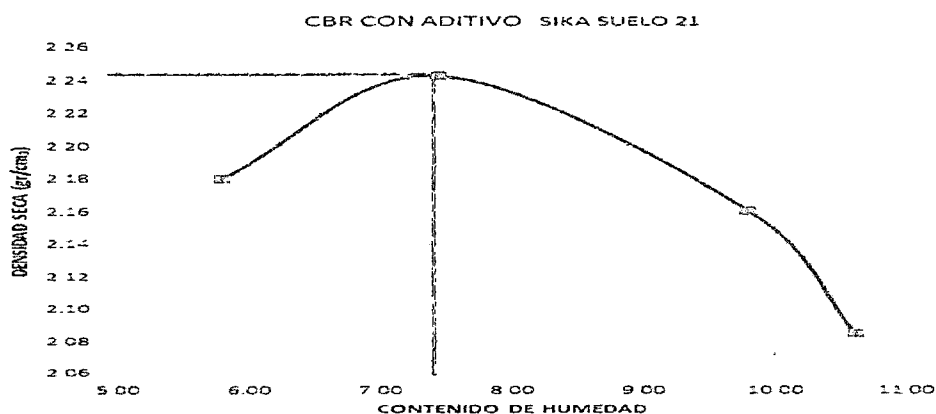
➤ ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CON ADITIVO SIKI 21

COMPACTACION				
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo compa (gr)	7680	7900	7820	7680
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770
Peso del suelo compactado (gr)	4910	5130	5050	4910
Volumen del molde (cm ³)	2124.58	2124.58	2124.58	2124.58
Densidad humeda (kg/cm ³)	2.31	2.41	2.37	2.31
Densidad seca (kg/cm ³)	2.18	2.24	2.16	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba N°	A	B	C	D
Tara + suelo humedo (gr)	187.00	192.00	188.00	205.00
Tara + suelo seco (gr)	178.40	180.70	173.90	188.20
Peso del agua (gr)	8.60	11.30	14.10	16.80
Peso de la tara (gr)	30.00	29.00	30.00	30.00
Peso del suelo seco (gr)	148.40	151.70	143.90	158.20
Contenido de humedad %	5.80	7.45	9.80	10.62

51

GRAFICO DEL PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO		
Maxima Densidad seca	2.243	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7.4	%

➤ ENSAYO DE CBR.

COMPACTACION

Proeba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa (gr)	8810	9075	9265
Peso del molde (gr)	4155	4150	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4655	4925	5110
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm ³)	2.20	2.32	2.41
Densidad seca (kg/cm ³)	2.04	2.16	2.24

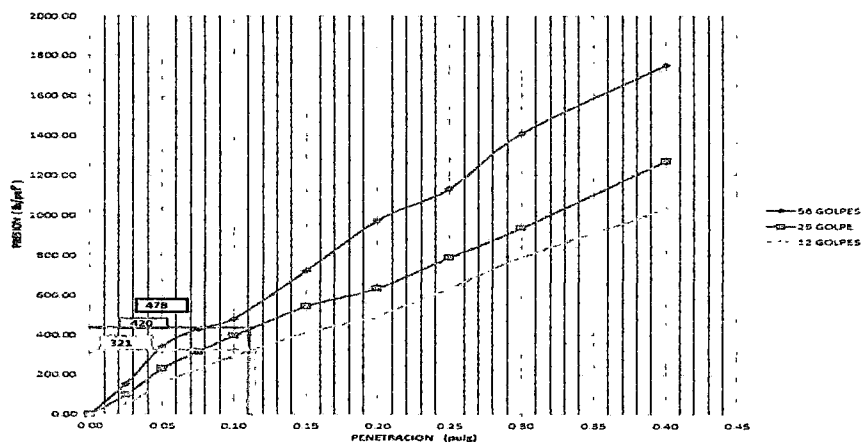
CONTENIDO DE HUMEDAD

Proeba N°	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	187.15	187.93	176.68
Tara + suelo seco (gr)	176.32	177.10	166.59
Peso del agua (gr)	10.83	10.83	10.09
Peso de la tara (gr)	30.25	30.65	30.07
Peso del suelo seco (gr)	146.07	146.45	136.52
Contenido de humedad %	7.41	7.40	7.39
Densidad seca (kg/cm ³)			

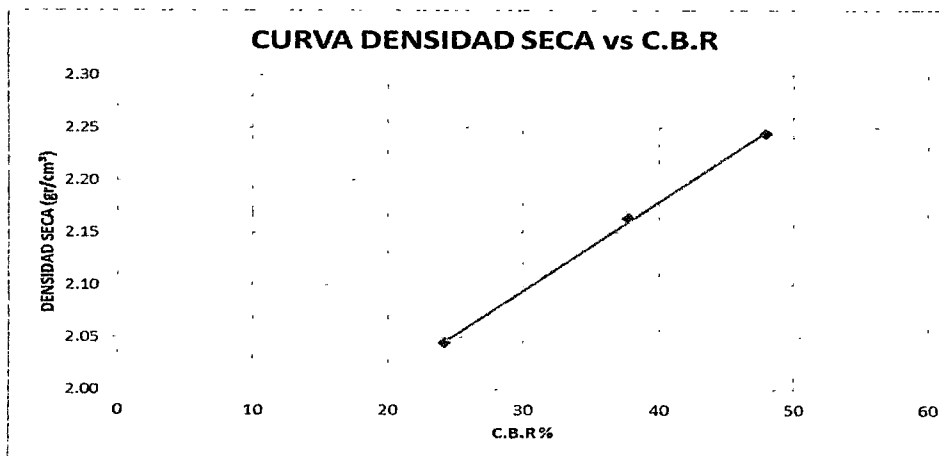
$$k = 10.304 \quad A = 3$$

80

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		45	154.56	29	99.61	15	51.52
0.050	1.27		99	340.03	67	230.12	45	154.56
0.075	1.9		125	429.33	92	315.99	68	233.56
0.100	2.54	1000	140	480.85	115	394.99	86	295.38
0.150	3.17		210	721.28	158	542.68	119	408.73
0.200	3.81	1500	284	975.45	185	635.41	145	498.03
0.250	5.08		330	1133.44	230	789.97	185	635.41
0.300	7.62	1900	410	1408.21	273	937.66	230	789.97
0.400	10.16	2300	510	1751.68	370	1270.83	300	1030.40



PRESION	% w
24.2	2.04
37.80	2.16
48.00	2.24



RESULTADOS DEL ENSAYO	C.B.R.) - ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.24
Óptimo Contenido de humedad (%)	7.40
CBR al 100% de la MDS (%)	48
CBR al 95% de la MDS (%)	36

4.1.4. RESULTADOS DE CANTERA DE AFIRMADO CON ADITIVO T - PROO - 500

➤ ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CON ADITIVO SIKA SUELO 21

COMPACTACION

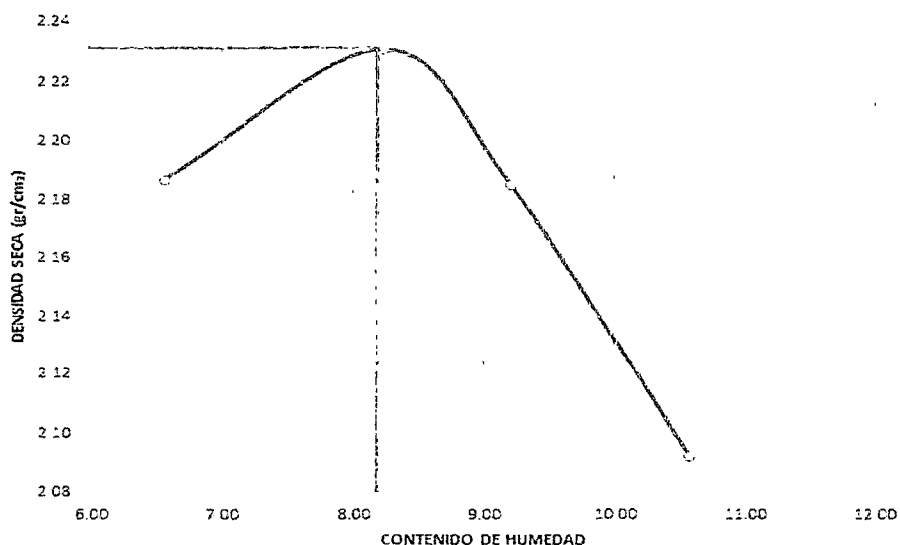
Prueba N°	1	2	3	4
Número de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo compa (gr)	7730	7910	7850	7695
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770
Peso del suelo compactado (gr)	4960	5140	5080	4925
Volumen del molde (cm ³)	2127.00	2127.00	2127.00	2127.00
Densidad húmeda (kg/cm ³)	2.33	2.41	2.39	2.31
Densidad seca (kg/cm ³)	2.19	2.23	2.18	2.09

CONTENIDO DE HUMEDAD

Prueba N°	I	II	III	IV
Tara + suelo húmedo (gr)	118.00	185.00	172.00	113.00
Tara + suelo seco (gr)	112.10	173.20	160.03	104.30
Peso del agua (gr)	5.90	11.80	11.97	8.70
Peso de la tara (gr)	22.00	30.00	30.00	22.00
Peso del suelo seco (gr)	90.10	143.20	130.03	82.30
Contenido de humedad %	6.55	8.24	9.21	10.57

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO CON ADITIVO T- PRO - 500

PROCTOR MODIFICADO



RESULTADOS DEL ENSAYO

Maxima Densidad seca	2.23	kg/cm ³
Optimo Contenido de humedad	8.2	%

➤ ENSAYO DE CBR.

COMPACTACION

Proeba N°	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8885	9105	9255
Peso del molde (gr)	4145	4155	4150
Peso del suelo compactado (gr)	4740	4950	5105
Volumen del molde (cm ³)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm ³)	2.24	2.33	2.41
Densidad seca (kg/cm ³)	2.09	2.19	2.23

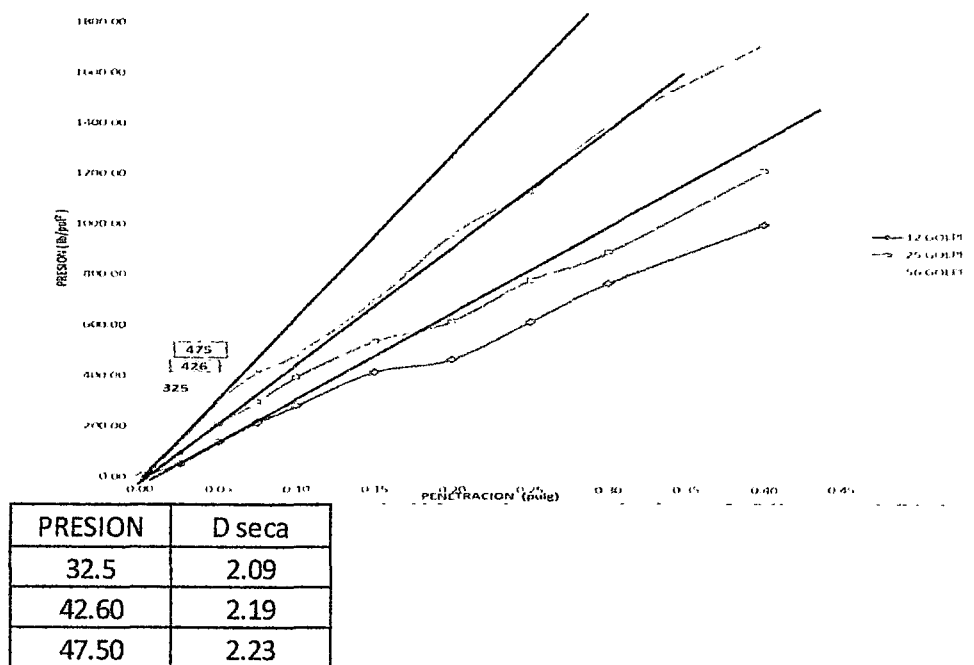
CONTENIDO DE HUMEDAD

Proeba N°	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	650.56	436.90	549.65
Tara + suelo seco (gr)	611.00	412.32	513.25
Peso del agua (gr)	39.56	24.58	36.40
Peso de la tara (gr)	128.80	112.50	69.20
Peso del suelo seco (gr)	482.2	299.82	444.05
Contenido de humedad %	8.20	8.20	8.20
Densidad seca (kg/cm ³)			

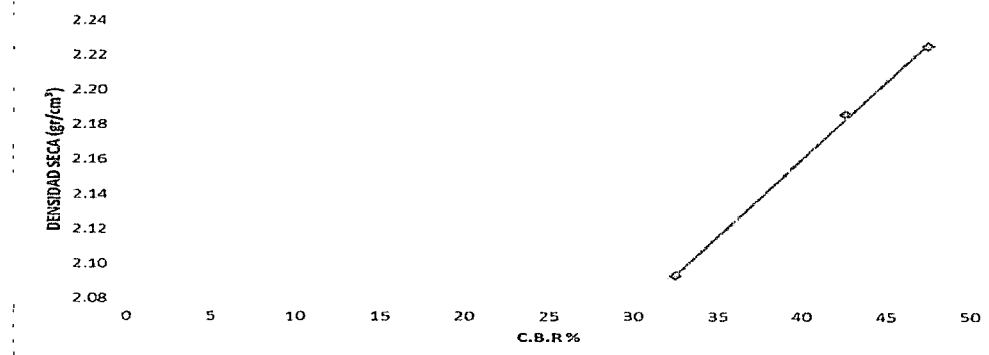
$$k = 10.304 \quad A = 3$$

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		39	133.95	27	92.74	14	48.09
0.050	1.27		87	298.82	60	206.08	39	133.95
0.075	1.9		119	408.73	86	295.38	62	212.95
0.100	2.54	1000	140	480.85	114	391.55	81	278.21
0.150	3.17		202	693.80	155	532.37	120	412.16
0.200	3.81	1500	279	958.27	179	614.81	135	463.68
0.250	5.08		329	1130.01	226	776.23	178	611.37
0.300	7.62	1900	404	1387.61	258	886.14	222	762.50
0.400	10.16	2300	498	1710.46	352	1209.00	290	996.05

GRAFICO DEL ENSAYO DE CBR CON ADITIVO T - PRO - 500



CURVA DENSIDAD SECA vs C.B.R



RESULTADOS DEL ENSAYO	C.B.R.) - ASTM D188
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.23
Óptimo Contenido de humedad (%)	8.20
CBR al 100% de la MDS (%)	47.9
CBR al 95% de la MDS (%)	35.1

DISCUSIÓN.

En la presente tesis se investigó los resultados del uso de aditivo SIKA 21 Y T- PRO- 500 para el mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas de la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas, lo cual se tomaron tres sectores de prueba para el uso de aditivos los sectores son:

- Primer sector con aditivo T- PRO – 500 a una longitud de 300 metros.
- Segundo sector con aditivo SIKA 21 a una longitud de 200 metro.
- Tercer sector sin aditivo a una longitud 500 de metros.

De acuerdo a los resultados encontrados en esta investigación se puede decir que existe una mayor consistencia o duración de la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentada.

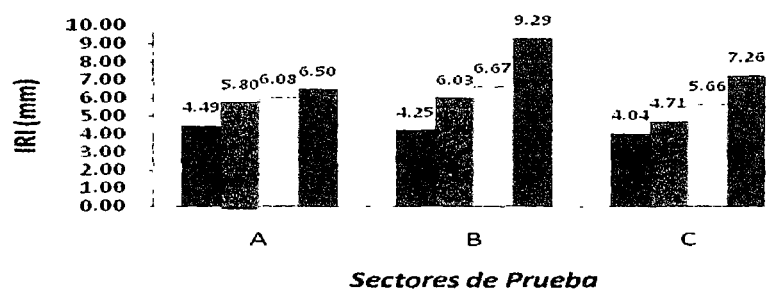
➤ ANALISIS COMPARATIVO (rugosidad (IRI))

Resumen de los resultados del IRI en cada sector de prueba.

SECTOR	1era Medición IRI	2da Medición IRI	3era Medición IRI	4ta Medición IRI
1	4.49	5.80	6.08	6.50
2	4.04	4.71	5.66	7.26
3	4.25	6.03	6.67	9.29

Fuente: Elaboración propia

Progreso de deterioro Rugosidad - Sectores de Prueba



- Primer Monitoreo 1: Sector 1 con Aditivo T - PRO - 500
- Segundo Monitoreo 2: Sector 2 con aditivo SIKA (21)
- Tercer Monitoreo 3: Sector 3sin Aditivo
- Cuarto Monitoreo

CONCLUSIONES.

- El sector patrón (sector sin aditivo) ha tenido un mejor comportamiento en lo que respecta al deterioro superficial en el tiempo que fue aplicado.
- El costo de la recurrencia, en el sector sin aditivo, en la intervención cuando el deterioro superficial llega a un IRI de 8 (necesidad de intervención cuando necesita mantenimiento), es mucho menor en el tiempo con respecto a los Sectores tratados. El tiempo de recurrencia es mayor en el sector sin aditivo.
- Todos los sectores tuvieron buen comportamiento en los primeros 30 días. Después de los 60 días comenzaron a tener un deterioro más acelerado (baches y mayor rugosidad) debido a que se intensificaron las precipitaciones llegando a un acumulado de 80 mm. Aproximadamente, con respecto al sector 3 (sin aditivo) que presentó variación de un 45%.
- El sector tratado con SIKA 21, presenta el mayor deterioro en lo que respecta a la rugosidad. Su variación es del 107% con respecto al IRI inicial del sector patrón sin aditivo ($IRI_{patrón}=4.50$).
- El sector con aplicación de SIKA 21, debido a las lluvias, presentó lavado de finos.
- Los dos sectores tratados con SIKA 21 y producto T-PRO-500 presentaron la formación de baches después de los 80 días de aplicados.
- El sector con SIKA 21 presentó un deterioro más acelerado por la formación de baches de severidad moderada inicialmente.
- El sector con T-PRO-500 presentó mayor cantidad de baches después de los 20 días de aplicado.
- Los aditivos aplicados bajo las mismas condiciones en la presente

investigación no resultaron efectivos.

- El uso de los aditivos resulto económicamente y técnicamente favorables para el mejoramiento superficial en carreteras no pavimentadas bajo las mismas condiciones.

CUADRO DE LAS CONDICIONES DE APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS.

CONDICIONES DE APLICACIÓN PARA PRODUCTOS QUÍMICOS								
Sector	Producto químico	IMDA	IP	% Finos	Precipitaciones acumuladas (mm)	Clima	Altitud (msnm)	Pendiente media (m/km)
1	T - PRO 500	410	9.12	22.44	Menores a 175	Húmedo a lluvioso	Mayor a 3644.00	Ondulada
2	SIKA 21							
3	Sin aditivo							

Fuente: Elaboración propia.

RECOMENDACIONES.

- De acuerdo a algunos investigadores, para el proceso constructivo en éste tipo de aplicación tecnológica se recomiendan hacer el mezclado y homogenizado con máquinas pulverizadoras, debido a que con la moto niveladora no se logra un mesclar al 100% de efectivo.
- El proceso de compactación debe ser bien controlado en el momento y en la manera como se pasa el rodillo sobre la zona a compactar.
- Para este tipo de escenario, usar un afirmado de más de 10 cm de espesor debido a que el uso de estabilizadores no resulta para las condiciones dadas.
- Realizar la aplicación de los aditivos en condiciones secas para evitar el exceso de agua en el proceso constructivo.
- Tener especial cuidado con la manipulación del Sika 21 al momento de aplicar el aditivo. Estar pendiente de todas las indicaciones de la persona encargada para el uso de un adecuado equipo de protección personal.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones "manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito lima, Perú – 2008"
2. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. "manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. pág.12 – 13."
3. William D. Paterson. "Road Deterioration and Maintenance Effects.Pags.3-4"
4. Ingeniero Jorge Coronado."Catálogo centroamericano de daños a pavimentos viales." Pág. 42
5. Instituto Evaluación de la eficiencia técnica y económica "manual de estabilización de suelo." pag. 19-20
6. Ing. teresa López Lara. "Estabilización de suelos con polímeros"
7. Escuela de filotecnia de universidad de costa rica Ing. Mario A Morales.
"Efectos de los microorganismos sobre la estabilidad mecánica del suelo."
8. Fred W. Billmeyer "ciencia de los polímeros"
9. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Estabilización de Suelos. Argentina 2005.
10. 7. Miguel Ángel Ballarin Zavala. Mejoramiento de caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico Permzyme 22x y el probase TX-55. Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima-Perú. 2006.
11. 8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima Perú. 2009.

12. 9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Norma Especificaciones Generales. EG 2000. Lima Perú 2000.
13. 10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Norma Peruana de Diseño Geométrico. DG 2001. Lima Perú 2001.

ANEXOS

ESTUDIO DE TRÁFICO

A efectos del presente estudio la carretera Ayacucho – socos se desagregó en tres tramos homogéneos:

1. Ayacucho – Socos
2. Socos – Ayacucho
3. Ayacucho – cangallo

Nos ocuparemos en principio del primer tramo: Ayacucho – Socos, para cuantificar el flujo de vehículos por medio de un estudio de conteo. La ubicación del punto de conteo fue el desvío Ampuccasa. Para las actividades de trabajo en campo se siguieron los siguientes procedimientos. En cada una de las estaciones se ejecutó el aforo durante las 24 horas del día, en forma continua, por sentido del tráfico.

La clasificación vehicular correspondió a: autos-camionetas, camioneta rural, micros, ómnibus de 2 ejes, ómnibus de 3 o más ejes, camiones de dos ejes, camiones de tres ejes, camiones de cuatro ejes camiones, vehículos articulados de 3 ejes, cuatro ejes, de cinco ejes, de seis ejes y siete eje desagregados en trailers y semitrailers. Se conformó una brigada de tráfico compuesta por dos personas. Los turnos fueron rotativos y se coordinó con la policía para que en la noche resguarden la seguridad de la brigada. El conteo vehicular se hizo durante 7 días, iniciándose desde el día Martes 15 de diciembre a las 00:00 horas hasta el día martes 22 a las 00:00 horas.

Metodología de estimación del IMDA y factor de corrección.

Metodología para hallar el IMDA

La metodología para hallar el Índice Medio Diario anual (IMDA), corresponde a la siguiente:

$$\text{IMDA} = \text{IDs} * \text{FC}_m$$

Dónde:

IDs = Volumen clasificado promedio de la semana

FC_m = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

Obtención de los Factores de Corrección

El factor de corrección estacional, se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosechas, las festividades, las vacaciones escolares, viajes diversos, etc.; que se producen durante el año.

Para el cálculo del factor de corrección mensual (FC_m), se obtuvo de la información proporcionada por Provias Nacional – Gerencia de Operaciones Zonales, de la Unidad de Peaje de Socos en Ayacucho para los años 2004 y 2005.

$$FC_m = \frac{\text{IMD Unidad Peaje}}{\text{IMD}_{\text{del mes del Estudio de la Unidad Peaje}}}$$

Dónde:

FC_m = factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo

IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje

$IMD_{\text{mes del Estudio}}$ = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje

El Factor de Corrección estacional fue tomado de la Unidad de Peaje de Socos del sentido oeste-este, que tiene información diaria del volumen de vehículos que paga peaje y tiene control mecánico del número de ejes que circula en dicho sentido. Este peaje ha sido utilizado para corregir la información del tramo Ayacucho – Dv. a Cangallo y el de Ocos – Chincheros que están ubicados en el

departamento de Ayacucho Volumen de Tráfico mensual 2012 - 2013. Unidad de Peaje Socos (Ayacucho).

AÑO 2012			AÑO 2013	
Mes	Vehículos Ligero	Vehículos Pesados	Vehículos Ligero	Vehículos Pesados
Enero	172	193	140	180
Febrero	216	222	170	209
Marzo	190	214	220	198
Abril	249	237	154	212
Mayo	172	226	168	207
Junio	156	219	155	217
Julio	198	209	187	215
Agosto	188	201	183	208
Septiembre	175	187	167	194
Octubre	165	189	172	194
Noviembre	157	173	167	180
Diciembre	163	176	157	182
IMDA	183	204	0	200
FCE	1.123	1.155	1.083	1.099
Diciembre				

FCE VL	1.103
FCE VP	1.129

Fuente: MTC – Provias Nacional – Gerencia de Operaciones Los Factores de Corrección, se muestran por cada gran tipo de vehículo (ligero y pesado), tomando como base para los factores de corrección mensual, asumiendo el mismo Factor de Corrección para ambos sentidos.

Este Factor de Corrección Estacional (FCE) se emplea para determinar el IMDA de los flujos contabilizados (aforos) en el presente estudio para cada tipo de tramo, en la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos.

Conteo vehicular

Efectuados los aforos vehiculares, se consolidó y revisó la consistencia de los datos recopilados en campo, determinándose así el volumen promedio semanal (IMDs), posteriormente para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDa), se aplicó al IMDs de la semana del estudio, el factor de corrección mensual del mes del aforo.

Se realizará el análisis por cada tramo en estudio, resultando el IMDA por tramo vial y luego se agregarán para estimar el crecimiento del tráfico normal, y la incidencia del tráfico generado y el tráfico desviado.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Análisis de Precios Unitarios - Sin aditivo

Obra **Mejoramiento de la Carretera ampuccasa – Socos - Ayacucho**

Fecha: 30/11/2013

Part Estabilización de afirmado sin aditivo

Rend: 1

Und:	m2					
Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
2.00	Partidas Básicas					2.99
2.01	Limpieza de cuentas de tierra con equipo	m2	1.0000	0.62	0.618	
2.02	Tendido de material puesto a obra	m2	1.0000	0.44	0.438	
2.03	Riegos, Mezclado y homogenizado de material	m2	1.0000	0.49	0.487	
2.04	Conformación de plataforma	m2	1.0000	0.68	0.675	
2.05	Perfilado y compactación	m2	1.0000	0.66	0.664	
2.06	Curado de material	m2	1.0000	0.11	0.108	
					SI.	
	Total	m2	2.99			

Sub-Part	2.01 Limpieza de cunetas de tierra con equipo m3					Rend.	2,800	m/d
Und.	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>	
	I Materiales					0.00		
	II Mano de Obra					0.00		
	III Equipo					0.62		
		Motoniveladora	1.00 hm	0.0029	216.39	0.62		
		Herramientas 5% MO	%	0.0500	0.00	0.00		
				Total	S/ m3	0.62		

Sub-Part Und.	2.02 Tendido de material puesto a obra m2						Rend.	4,685	m2/d
Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total			
I Materiales							0.00		
0	0.00	0.00							
II Mano de Obra							0.06		
Capataz	1	hh	0.0017	10.00	0.02				
Peón	7	hh	0.0120	4.00	0.05				
III Equipo							0.37		
Motoniveladora	1.00	hm	0.0017	216.39	0.37				
Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00				
Total					S/	m2	0.44		

Sub-Part Und.	2.03 Riego, mezclado y homogenizado de material m2	Rend.	5,020	m2/d
---------------	--	-------	-------	------

<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I Materiales						0.00
	Agua			0.00		
II Mano de Obra						0.06
	Capataz	1	hh	0.0016	8	0.01
	Peón	7	hh	0.0112	4.00	0.04
III Equipo						0.43
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0016	216.39	0.34
	Cisterna	0.75	hm	0.0012	68.88	0.08
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00
Total				S/	m2	0.49

<u>Sub-Part</u>	<u>Und.</u>	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
		2.04 Conformación de plataforma m2						Rend. 3,012 m2/d
		I Materiales						0.00
			0.00					
		II Mano de Obra						0.10
			Capataz	1	hh	0.0027	8	0.02
			Peón	7	hh	0.0186	4.00	0.07
		III Equipo						0.58
			Motoniveladora	1.00	hm	0.0027	216.39	0.57
			Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.00
Total				S/	m2	0.68		

<u>Sub-Part</u>	<u>Und.</u>	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
		2.05 Perfilado y Compactación m2						Rend. 5,020 m2/d
		I Materiales						0.00
		II Mano de Obra						0.06
			Capataz	1	hh	0.0016	8	0.01
			Peón	7	hh	0.0112	4.00	0.04
		III Equipo						0.61
			Motoniveladora	1.00	hm	0.0016	216.39	0.34
			Cisterna	1.00	hm	0.0016	68.88	0.11
Total				S/	m2	0.66		

<u>Sub-Part</u>	<u>Und.</u>	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
		2.06 Curado de material m2						Rend. 13,281 m2/d

Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
I Materiales						0.00
II Mano de Obra						0.00
Peón	1 hh	0.0006	4.00	0.00		
III Equipo						0.11
Cisterna	0.25 hm	0.0015	68.88	0.11		
Herramientas 5% MO		0.0500	0.00	0.00		
Total				S/ m2	0.11	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS – SIKI 21

Obra Mejoramiento de la Carretera Ampuacasa – Socos - Ayacucho
 Part Estabilización de afirmado con aditivo Sika 21

Fecha: 30/11/2013
 Rend: 1

Und:	m2					
Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
2.00	Partidas Básicas					6.7
2.01	Limpieza de cuentas de tierra con equipo	m2	1.0000	0.53	0.529	
2.02	Tendido de material puesto a obra	m2	1.0000	0.43	0.434	
2.03	Riegos, Mezclado y homogenizado de material	m2	1.0000	1.94	1.937	
2.04	Conformación de plataforma	m2	1.0000	0.77	0.772	
2.05	Perfilado y compactación	m2	1.0000	2.97	2.974	
2.06	Curado de material	m2	1.0000	0.11	0.108	
Total				S/ /	m2	6.7

Sub-Part	2.01 Limpieza de cunetas de tierra con equipo m2					
Und.						
					Rend.	2,800 m2/d
Código	Descripción	* Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
I Materiales						0.00
II Mano de Obra						0.00
III Equipo						0.53
Motoniveladora	1.00 hm	0.0029	185.00	0.53		
Herramientas 5% MO	%	0.0500	0.00	0.00		
Total				S/ m2	0.53	

Sub-Part	2.02 Tendido de material puesto a obra m2					
Und.						
					Rend.	4,685 m2/d
Código	Descripción	* Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
I Materiales						0.00
0	0.00 0.00					
II Mano de Obra						0.06
Capataz	1 hh	0.0017	8.00	0.01		
Peón	7 hh	0.0120	4.00	0.05		
III Equipo						0.37
Motoniveladora	1.00 hm	0.0017	216.39	0.37		
Herramientas 5% MO		0.0500	0.06	0.00		

31

		Total		S/ m2	0.43	
Sub - Part	2.03 Riego, mezclado y homogenizado de material m2				Rend. 2,811 m2/d	
Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial Total
I Materiales						1.07
	Estabilizador Zymplex PZ 22x	Lt	0.0033	320.00	1.07	
II Mano de Obra						0.10
	Capataz	1 hh	0.0028	8	0.02	
	Peón	7 hh	0.0199	4.00	0.08	
III Equipo						0.77
	Motoniveladora	1.00 hm	0.0028	216.39	0.62	
	Cisterna	0.75 hm	0.0021	68.88	0.15	
	Herramientas 5% MO		0.0500	0.10	0.01	
		Total		S/ m2	1.94	

Sub-Part Und.	2.04 Conformación de plataforma m2					Rend.	2,636	m2/d
	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
	I Materiales						0.00	
	0.00							
	II Mano de Obra						0.11	
	Capataz	1	hh	0.0030	8	0.02		
	Peón	7	hh	0.0212	4.00	0.08		
	III Equipo						0.66	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0030	216.39	0.66		
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.11	0.01		

		Total		S/ m2		0.77	
Sub - Part	2.05 Perfilado y Compactación m2					Rend. 2,811 m2/d	
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I Materiales						0.00	
II Mano de Obra						0.10	
	Capataz	1	hh	0.0028	8	0.02	
	Peón	7	hh	0.0199	4.00	0.08	
III Equipo						2.87	
	Motoniveladora	1.00	hm	0.0028	216.39	0.62	
	Cisterna	1.00	hm	0.0288	68.88	1.98	
	Rodillo	0.75	hm	0.0021	124.76	0.27	
	Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.01	

		Total		S/ m2	2.97
Sub-Part	2.06 Curado de material m2				Rend. 13,281 2/d

Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
I Materiales							0.00
II Mano de Obra							0.00
Peón	1	hh	0.0006	4.00	0.00		
III Equipo							0.11
Cisterna	0.25	hm	0.0015	68.88	0.11		
Herramientas 5% MO			0.0500	0.00	0.00		
Total					S/ m2		0.11

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS – CON ADITIVO T - PRO – 500.

Obra **Mejoramiento de la Carretera Ampuaccasa – Socos - Ayacucho**
 Part **Estabilización de afirmado con aditivo T - PRO – 500**

Fecha: **30/11/2013**
 Rend: **1**

Und:	m2					
Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total
2.00	Partidas Básicas					11.15
2.01	Limpieza de cuentas de tierra con equipo	m2	1.0000	0.62	0.618	
2.02	Tendido de material puesto a obra	m2	1.0000	0.43	0.434	
2.03	Riegos,Mezclado y homogenizado de material	m2	1.0000	3.08	3.075	
2.04	Conformación de plataforma	m2	1.0000	0.77	0.772	
2.05	Perfilado y compactación	m2	1.0000	5.40	5.404	
2.06	Curado de material	m2	1.0000	0.84	0.843	
				S/.		

Total / m2 11.15

Sub-Part	2.01 Limpieza de cunetas de tierra con equipo m3							
Und.							Rend.	2,800 m2/d
	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	*	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
	I Materiales						0.00	
	II Mano de Obra						0.00	
	III Equipo						0.62	
		Motoniveladora	1.00 hm	0.0029	216.39	0.62		
		Herramientas 5% MO	%	0.0500	0.00	0.00		

Total S/ m3 0.62

Sub - Part	2.02 Tendido de material puesto a obra m2					Rend.	4,685	m2/d
Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
I Materiales						0.00		
0	0.00	0.00						
II Mano de Obra						0.06		
Capataz	1	hh	0.0017	8.00	0.01			
Peón	7	hh	0.0120	4.00	0.05			
III Equipo						0.37		
Motoniveladora	1.00	hm	0.0017	216.39	0.37			
Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00			

Total S/ m2 0.43

Sub-Part	2.03 Riego, mezclado y homogenizado de material m2						Rend.	2,811	m2/d
Und.	Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
	I Materiales							2.21	
		Estabilizador Cloruro de Calcio		Kg	3.0000	0.74	2.21		
	II Mano de Obra							0.10	
		Capataz	1	hh	0.0028	8	0.02		
		Peón	7	hh	0.0199	4.00	0.08		
	III Equipo							0.77	
		Motoniveladora	1.00	hm	0.0028	216.39	0.62		
		Cisterna	0.75	hm	0.0021	68.88	0.15		
		Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.01		

Total S/ m2 3.08

Sub-Part	2.04 Conformación de plataforma m2						Rend.	2,636	m2/d
Und.	Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
	I Materiales							0.00	
		0.00							
	II Mano de Obra							0.11	
		Capataz	1	hh	0.0030	8	0.02		
		Peón	7	hh	0.0212	4.00	0.08		
	III Equipo							0.66	
		Motoniveladora	1.00	hm	0.0030	216.39	0.66		
		Herramientas 5% MO			0.0500	0.11	0.01		

Total S/ m2 0.77

Sub-Part	2.05 Perfilado y Compactación m2						Rend.	2,811	m2/d
Und.	Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
	I Materiales							0.00	
	II Mano de Obra							0.10	
		Capataz	1	hh	0.0028	8	0.02		
		Peón	7	hh	0.0199	4.00	0.08		
	III Equipo							5.30	
		Motoniveladora	1.00	hm	0.0028	216.39	0.62		
		Cisterna	1.00	hm	0.0288	68.88	1.98		
		Rodillo	0.75	hm	0.0216	124.76	2.70		
		Herramientas 5% MO			0.0500	0.10	0.01		

Total S/ m2 5.40

Sub-Part	2.06 Sellado de material m2						Rend.	3,281	m2/d
Und.	Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
	I Materiales							0.74	
		Estabilizador Cloruro de Calcio		kg	1	0.74	0.74		
	II Mano de Obra							0.00	
		Peón	1	hh	0.0006	4.00	0.00		
	III Equipo							0.11	
		Cisterna	0.25	hm	0.0015	68.88	0.11		
		Herramientas 5% MO			0.0500	0.00	0.00		

Total S/ m2 0.84

CONTEO VEHICULAR DEL AÑO (2013) AYACUCHO – DISTRITO SOCOS

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		camion			Semi trayler					Trayler				Total
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2 S1	T2 S2	T2 S3	T3 S2	T3 S3	C2 R2	C2 R3	C3 R2	C3 S3	
Martes 15/09/13	18	55	101	0	9		61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	244
Miércoles 09/12/13	26	55	63	0	11		27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182
Jueves 17/09/13	22	50	59	0	16		37	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	188
Viernes 18/09/13	21	37	33	0	9		42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142
Sábado 19/09/13	47	80	78	0	20		34	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	263
Domingo 20/09/13	34	51	65	0	4		34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	188
Lunes 21/09/13	30	32	62	0	32		39	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	197
Total	198	360	461	0	##		274	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1404
Promedio	28.29	51.429	65.86	0	14		39.1	0	1.29	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	200.571429

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		camion			Semi trayler					Trayler				Total
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2 S1	T2 S2	T2 S3	T3 S2	T3 S3	C2 R2	C2 R3	C3 R2	C3 S3	
Martes 15/10/13	32	55	46	0	6		51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190
Miércoles 16/10/13	35	45	47	0	10		30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167
Jueves 17/10/13	32	47	59	0	10		49	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	207
Viernes 18/10/13	21	37	70	0	10		50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	188
Sábado 19/10/13	23	79	60	0	17		27	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210
Domingo 20/10/13	31	60	65	0	27		47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230
Lunes 21/11/13	24	70	62	0	15		54	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	234
Total	198	393	409	0	95		308	0	17	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1426
Promedio	28.29	56.143	58.43	0	14		44	0	2.43	0	0.86	0	0	0	0	0	0	0	203.714286

CONTEO VEHICULAR DEL AÑO (2012) AYACUCHO – DISTRITO SOCOS

Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		camion			Semi trayler					Trayler				Total
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2 S1	T2 S2	T2 S3	T3 S2	T3 S3	C2 R2	C2 R3	C3 R2	C3 S3	
Martes 15/11/12	20	55	101	0	6	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233
Miércoles 16/11/12	12	55	63	0	8	0	38	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	176
Jueves 17/11/12	16	41	59	0	7	0	37	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164
Viernes 18/11/12	12	37	60	0	7	0	42	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	158
Sábado 19/11/12	27	63	54	0	15	0	27	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190
Domingo 20/11/12	18	51	65	0	6	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175
Lunes 21/11/12	22	32	62	0	12	0	39	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	169
Total	127	334	464	0	61	0	269	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1265
Promedio	18.14	47.714	66.29	0	9	0	38.4	0	1.29	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	180.714286
Día	Auto	Camionetas		Micro	Buses		camion			Semi trayler					Trayler				Total
		Pick-Up	Combi		2E	3E	2E	3E	4E	T2 S1	T2 S2	T2 S3	T3 S2	T3 S3	C2 R2	C2 R3	C3 R2	C3 S3	
Martes 15/12/12	14	55	101	0	6		51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227
Miércoles 16/12/12	11	55	63	0	8		27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164
Jueves 17/12/12	22	41	59	0	7		37	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170
Viernes 18/12/12	21	37	33	0	9		42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142
Sábado 19/12/12	12	63	54	0	15		27	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175
Domingo 20/12/12	19	51	65	0	4		35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174
Lunes 21/12/12	20	32	62	0	12		39	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	167
Total	119	334	437	0	61		258	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1219
Promedio	17	47.714	62.43	0	9		36.9	0	1.29	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	174.142857

27



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKASUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM C566

MTCE 108-2000

SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFFECTUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANERA

Prueba Nº	1	2	3
Nº de Terra	1	2	3
Peso de la tara (gr)	30.09	30.08	30.06
Tara + suelo humedo (gr)	168.00	186.10	185.90
Tara + suelo seco (gr)	154.60	171.40	172.80
Peso del agua (gr)	13.40	14.70	13.10
Peso del suelo seco (gr)	124.51	141.32	142.74
Contenido de humedad %	10.76	10.40	9.18
Contenido de humedad prom. %	10.11		

Ing. Ariel Neira Galán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO

SOLICITADO	LOS TESISISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEITUADO	LOS TESISISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA
LIMITE LIQUIDO			NL
LIMITE PLASTICO			
INDICE DE PLASTICIDAD			NP

$$L.L = W_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

CLASIFICACION

D60:	8.95 mm
D30:	2.35 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).

GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE ARENA FINOS (GP SP)


Ing. Uriel Nara Calsín
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL

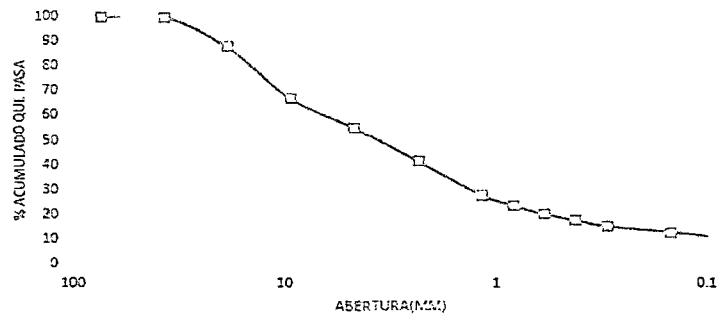


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T - PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO					
ASTM D-4318, AASHTO T-89, J. E. Bowles			ASTM D-4318, AASHTO T-90, J. E. Bowles		
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA		08/12/2013	
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFECTUADO		LOS TESISTAS	
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA		CANTERA	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	480	12.00	12.00	88.00
3/8"	9.50	835	20.88	32.88	67.13
Nº4	4.75	475	11.88	44.75	55.25
Nº8	2.36	545	13.63	58.38	41.63
Nº16	1.18	540	13.50	71.88	28.13
Nº 20	0.84	165	4.13	76.00	24.00
Nº30	0.60	145	3.63	79.63	20.38
Nº 40	0.43	100	2.50	82.13	17.88
Nº50	0.30	95	2.38	84.50	15.50
Nº100	0.15	90	2.25	86.75	13.25
Nº200	0.075	105	2.63	89.38	10.63
fondo		425	10.63	100.00	0.00
total		4000			

GRANULOMETRÍA



[Signature]
Ing. Uriel Nera Calsín
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



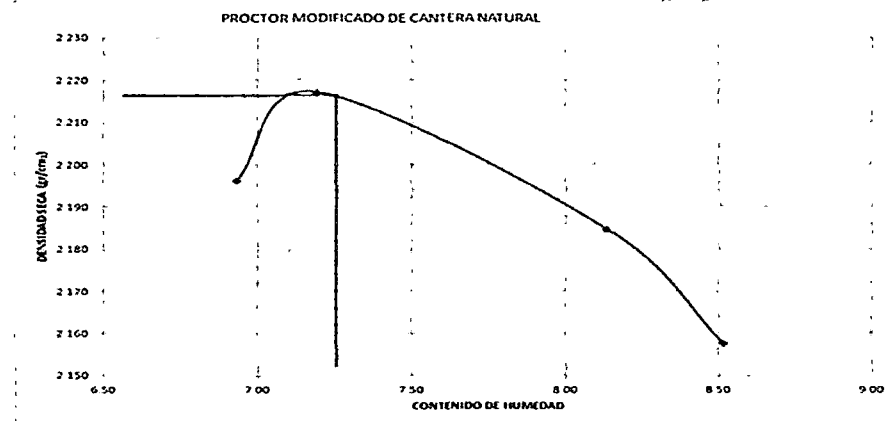
PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T - PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO			
ASTM D-4318, AASHTO T-99, J. E. Bowles		ASTM D-4318, AASHTO T-99, J. E. Bowles	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	16/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFECTUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA

COMPACTACION				
Prueba Nº	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	7770	7830	7800	7755
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770
Peso del suelo compactado (gr)	5000	5060	5030	4985
Volumen del molde (cm ³)	2129.09	2129.09	2129.09	2129.09
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.35	2.38	2.36	2.34
Densidad seca (g/cm ³)	2.346	2.377	2.363	2.341

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Prueba Nº	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr)	164.50	155.70	170.00	184.60
Tara + suelo seco (gr)	155.80	147.30	159.50	172.50
Peso del agua (gr)	8.70	8.40	10.50	12.10
Peso de la tara (gr)	30.30	30.50	30.40	30.40
Peso del suelo seco (gr)	125.5	116.8	129.1	142.1
Contenido de humedad %	6.93	7.19	8.13	8.52

GRAFICA DE PROCTOR VS OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD



Ing. Uriel Naira Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

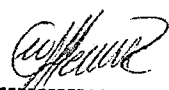


PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE C.B.R			
ASTM D-1557	MTS E 115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	11/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEITUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA
COMPACTACION			
Proeba Nº	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa (gr)	8810	9130	9210
Peso del molde (gr)	4155	4150	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4655	4980	5055
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm3)	2.20	2.35	2.38
Densidad seca (kg/cm3)	2.05	2.19	2.22

k = 10.304 A = 3

CONTENIDO DE HUMEDAD								
Proeba Nº	1	2	3					
Tara + suelo humedo (gr)	186.82	187.63	176.40					
Tara + suelo seco (gr)	176.32	177.10	166.59					
Peso del agua (gr)	10.5	10.53	9.81					
Peso de la tara (gr)	30.25	30.65	30.07					
Peso del suelo seco (gr)	146.07	146.45	136.52					
Contenido de humedad %	7.19	7.19	7.19					
Densidad seca (kg/cm3)								
PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		35	133.55	26	89.30	12	41.22
0.050	1.27		87	293.82	56	192.34	32	109.51
0.075	1.9		119	408.73	92	315.95	55	163.91
0.100	2.54	1000	147	504.50	120	412.16	71	243.05
0.150	3.17		158	650.05	155	532.37	95	335.60
0.200	3.81	1500	277	931.40	178	611.57	134	460.25
0.250	5.05		318	1092.22	225	772.60	170	583.59
0.300	7.62	1900	353	1367.00	268	920.49	210	721.28
0.400	10.16	2300	495	1700.16	360	1236.45	255	972.83


Ing. Uriel Néira Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

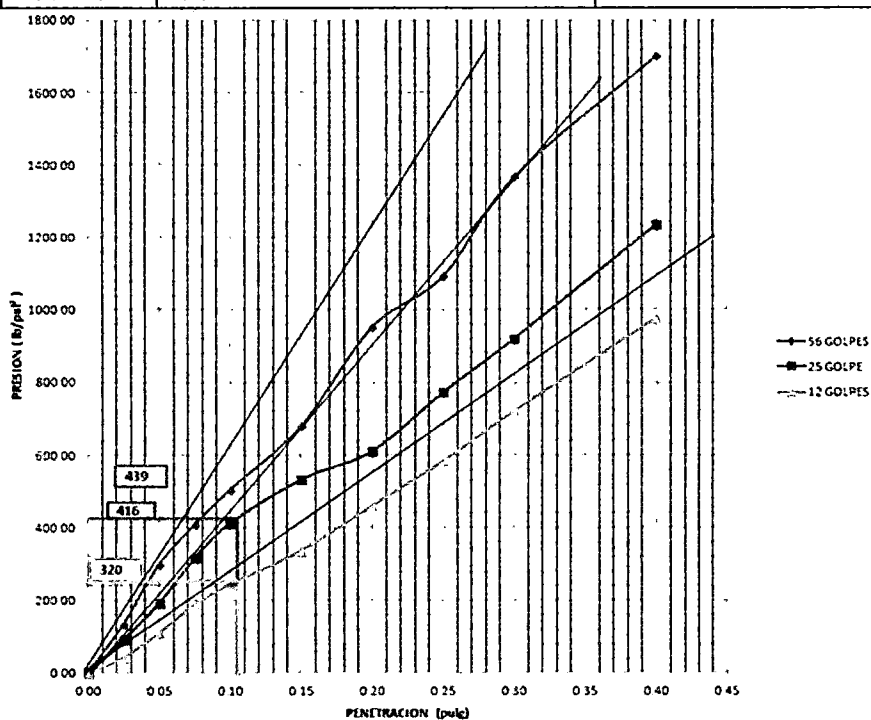
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKASUELO 21 Y T-PRO-500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

GRAFICO DE C.B.R			
ASTM D-1557	MTS E-115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	11/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEITUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA



Ing. Uriel Nera Cabán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935

20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL

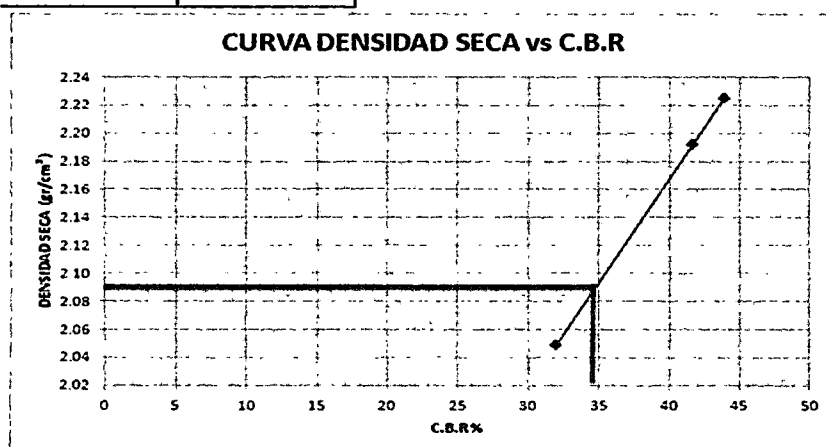
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKASUELO 21 Y T - PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

GRAFICO DE C.B.R			
ASTM D-1557	MTS E 115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	11/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEITUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	AFIRMADO

PRESION	% w
32	2.05
41.60	2.19
43.90	2.22



Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	2.22
Optimo Contenido de humedad (%)	7.19
CBR al 100% de la MDS (%)	44.1
CBR al 95% de la MDS (%)	34.5

Ing. Uriel Néira Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CON ADITIVO SIKA 21			
ASTM D-1557	MTG E115-2000	METODO	
SOLICITADO	LOS TESISISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AJAPUCCASA - PUCA LOMA	EFECTUADO	LOS TESISISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA

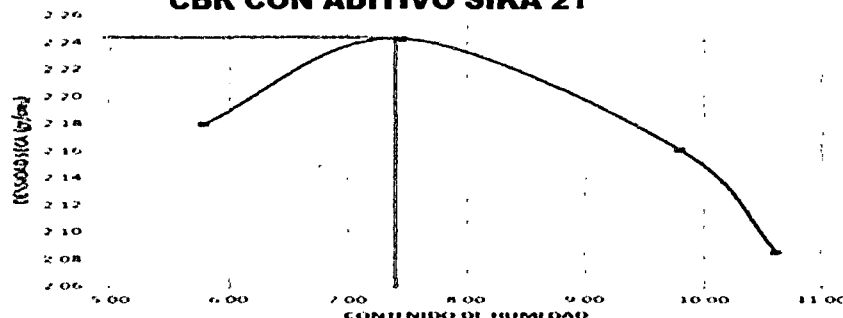
COMPACTACION

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de golpes por capas	56	56	56	56
Peso molde + suelo compa (gr)	7680	7900	7820	7680
Peso del molde (gr)	2770	2770	2770	2770
Peso del suelo compactado (gr)	4910	5130	5050	4910
Volumen del molde (cm ³)	2129.01	2129.03	2129.03	2129.05
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.31	2.41	2.37	2.31
Densidad seca (kg/cm ³)	2.18	2.24	2.16	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD

Prueba N°	A	B	C	D
Tara + suelo húmedo (gr)	187.00	192.00	188.00	205.00
Tara + suelo seco (gr)	178.40	180.70	173.90	188.20
Peso del agua (gr)	8.60	11.30	14.10	16.80
Peso de la tara (gr)	30.00	29.00	30.00	30.00
Peso del suelo seco (gr)	148.40	151.70	143.90	158.20
Contenido de humedad %	5.80	7.45	9.80	10.62

CBR CON ADITIVO SIKA 21



Maxima Densidad seca	2.24	g/cm ³
Optimo Contenido de humedad	7.4	%

Ing. Uriel Viera Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKASUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE C.B.R CON ADITIVO SIKASUELO 21			
ASTM D-1557	MTS E 115-2000	METODO	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFFECTUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA
COMPACTACION			
Proeba Nº	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8810	9075	9265
Peso del molde (gr)	4155	4150	4155
Peso del suelo compactado (gr)	4655	4925	5110
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm3)	2.20	2.32	2.41
Densidad seca (kg/cm3)	2.20	2.32	2.41
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Proeba Nº	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	187.15	187.93	176.68
Tara + suelo seco (gr)	176.32	177.10	166.59
Peso del agua (gr)	10.83	10.83	10.09
Peso de la tara (gr)	30.25	30.65	30.07
Peso del suelo seco (gr)	146.07	146.45	136.52
Contenido de humedad %	7.41	7.40	7.39
Densidad seca (kg/cm3)			

k = 10.304

A = 3

PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.63		45	154.56	29	99.61	15	51.52
0.050	1.27		99	340.03	67	230.12	45	154.56
0.075	1.9		125	429.33	92	315.99	68	233.56
0.100	2.54	1000	140	480.85	115	394.99	86	295.38
0.150	3.17		210	721.28	158	542.68	119	408.73
0.200	3.81	1500	284	975.45	185	635.41	145	498.03
0.250	5.08		330	1133.44	230	789.97	185	635.41
0.300	7.62	1900	410	1408.21	273	937.66	230	789.97
0.400	10.16	2300	510	1751.68	370	1270.83	300	1030.40


Ing. Uriel Nera Cabán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

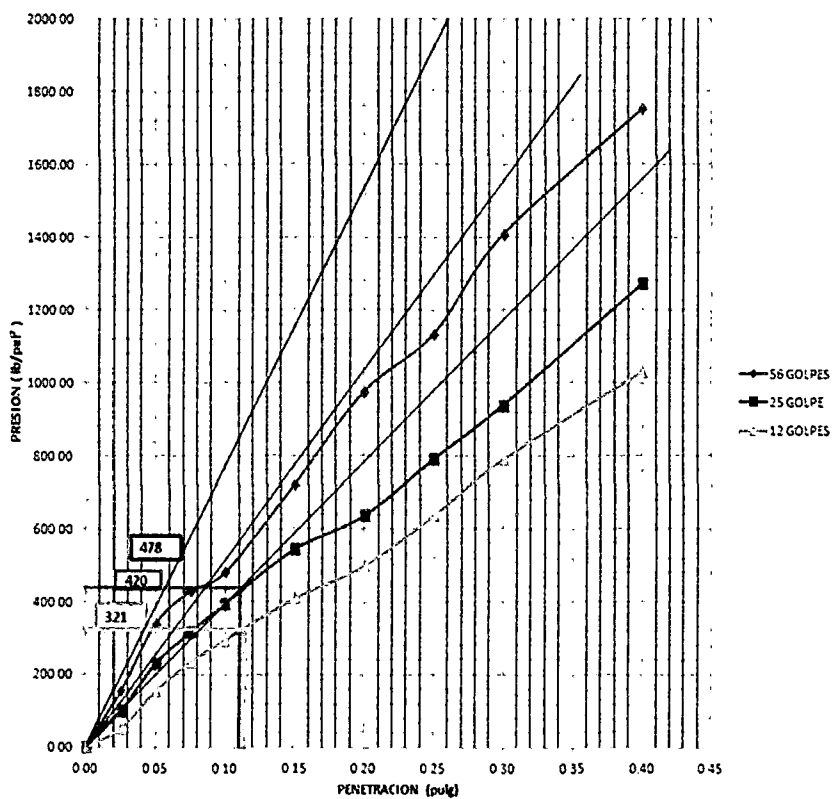
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKASUELO 21 Y T - PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

GRAFICO DE C.B.R CON ADITIVO SIKASUELO 21			
ASTM D-1557	MTC E-115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFECTUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA



Ing. Uriel Neira Calbín
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL

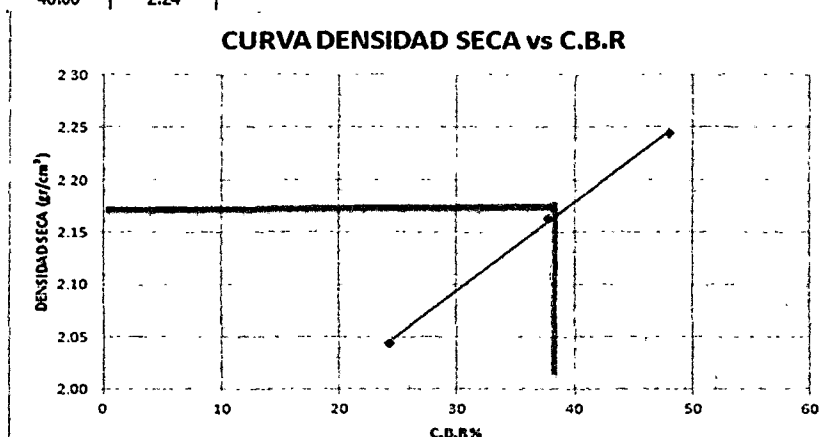


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T - PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

GRAFICO DE C.B.R CON ADITIVO SIKA SUELO 21			
ASTM D-1557	MTS E 115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFFECTUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA

PRESION	% w
24.2	2.04
37.80	2.16
48.00	2.24



Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	2.24
Optimo Contenido de humedad (%)	7.40
CBR al 100% de la MDS (%)	48
CBR al 95% de la MDS (%)	36

Ing. Uriel Naira Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCEVELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO :

TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKI SUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE C.B.R CON ADITIVO T-PRO-500			
ASTM D-1557	MTS E 115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEITUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA
COMPACTACION			
Proeba Nº	1	2	3
Numero de golpes por capas	12	25	56
Peso molde + suelo compa. (gr)	8885	9105	9255
Peso del molde (gr)	4145	4155	4150
Peso del suelo compactado (gr)	4740	4950	5105
Volumen del molde (cm3)	2120	2120	2120
Densidad humeda (kg/cm3)	2.24	2.33	2.41
Densidad seca (kg/cm3)	2.09	2.19	2.41
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Proeba Nº	1	2	3
Tara + suelo humedo (gr)	650.56	436.90	549.65
Tara + suelo seco (gr)	611.00	412.32	513.25
Peso del agua (gr)	39.56	24.58	36.40
Peso de la tara (gr)	128.80	112.50	69.20
Peso del suelo seco (gr)	482.2	299.82	444.05
Contenido de humedad %	8.20	8.20	8.20
Densidad seca (kg/cm3)			

k =

10.304

A =

3


Ing. Ariel Neira Calsin
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKASUELO 21 Y T-
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

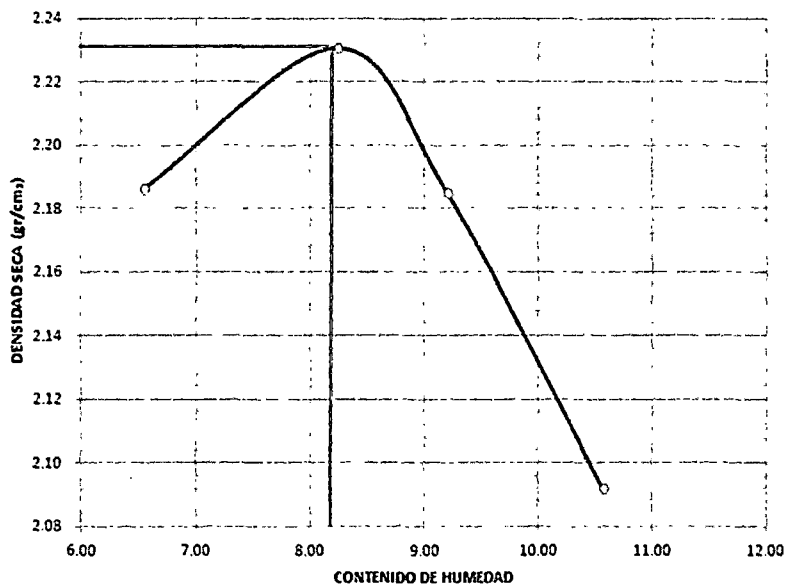
GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO CON ADITIVO T-PRO-500

ASTM D-1557

MTS E 115-2000

SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEUTUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA

PROCTOR MODIFICADO



Maxima Densidad seca	2.23	kg/cm³
Optimo Contenido de humedad	8.2	%


Ing. Uriel Naira Calán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS- CIVIL

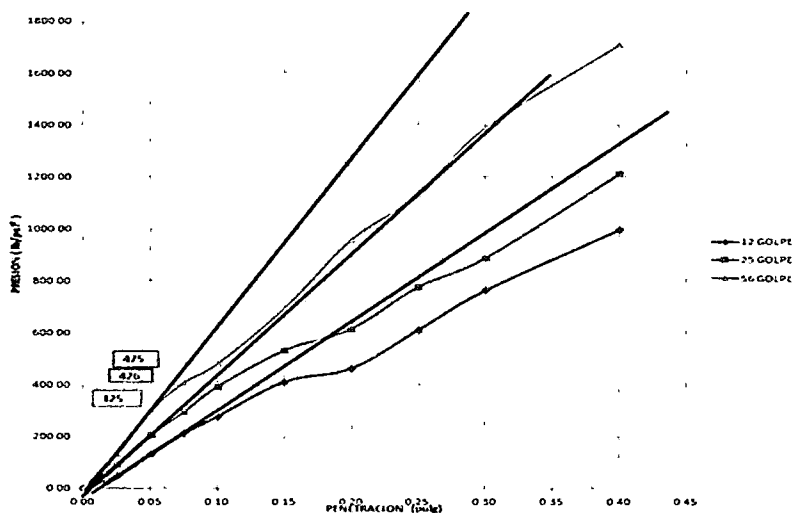


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO :

TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKA SUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE C.B.R CON ADITIVO T-PRO-500									
ASTM D-1557		MTC E 115-2000				METODO C			
SOLICITADO	LOS TESISTAS				FECHA	06/12/2013			
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA				EFEITUADO	LOS TESISTAS			
KILOMETRO	3+000 KM				MUESTRA	CANTERA			
PENETRACION		PATRON	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3		
PULG	MM		DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	DIAL	PRESION	
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.025	0.63		39	133.95	27	92.74	14	48.09	
0.050	1.27		87	298.82	60	206.08	39	133.95	
0.075	1.9		119	408.73	86	295.38	62	212.95	
0.100	2.54	1000	140	480.85	114	391.55	81	278.21	
0.150	3.17		202	693.80	155	532.37	120	412.16	
0.200	3.81	1500	279	958.27	179	614.81	135	463.68	
0.250	5.08		329	1130.01	226	776.23	178	611.37	
0.300	7.62	1900	404	1387.61	258	886.14	222	762.50	
0.400	10.16	2300	498	1710.46	352	1209.00	290	996.05	




Ing. Uriel Neira Galán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
creada por la ley (25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS-CIVIL

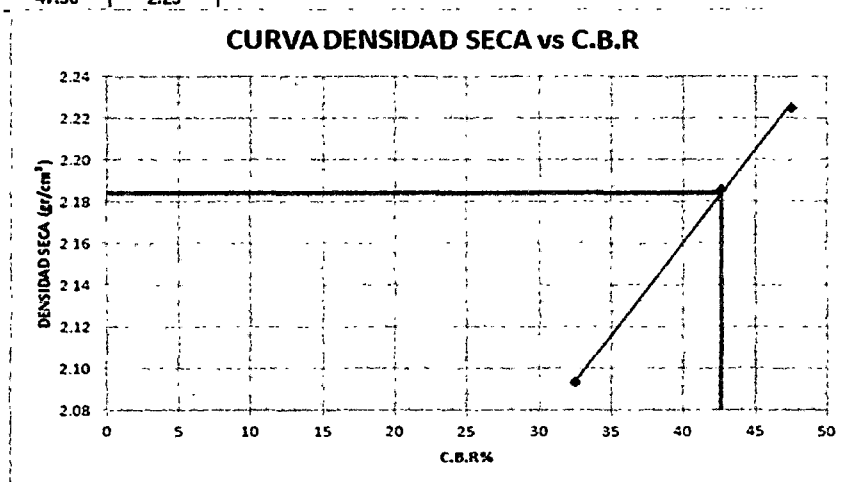


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTO : TESIS - PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE ADITIVO SIKI SUELO 21 Y T -
PRO - 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICA DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ENSAYO DE C.B.R CON ADITIVO T-PRO-500			
ASTM D-1567	MTS E 115-2000	METODO C	
SOLICITADO	LOS TESISTAS	FECHA	06/12/2013
PROCEDENCIA	AMPUCCASA - PUCA LOMA	EFEITUADO	LOS TESISTAS
KILOMETRO	3+000 KM	MUESTRA	CANTERA

PRESION	D seca
32.5	2.09
42.60	2.19
47.50	2.23



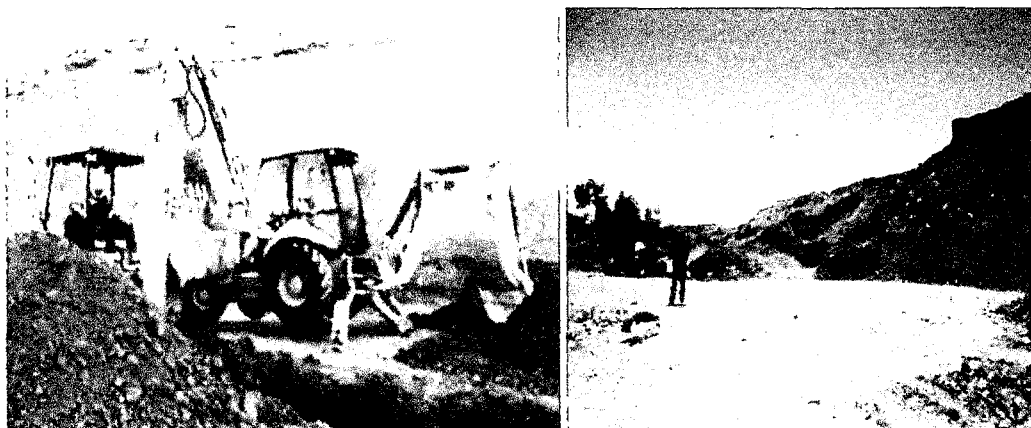
Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.23
Optimo Contenido de humedad (%)	8.20
CBR al 100% de la MDS (%)	47.9
CBR al 95% de la MDS (%)	35.1

Ing. Uriel Neira Calsín
INGENIERO CIVIL
CIP: 76935

Producción de material de cantera

Ubicación: Km 7+000 (lado derecho). Distancia a la carretera: 200 metros

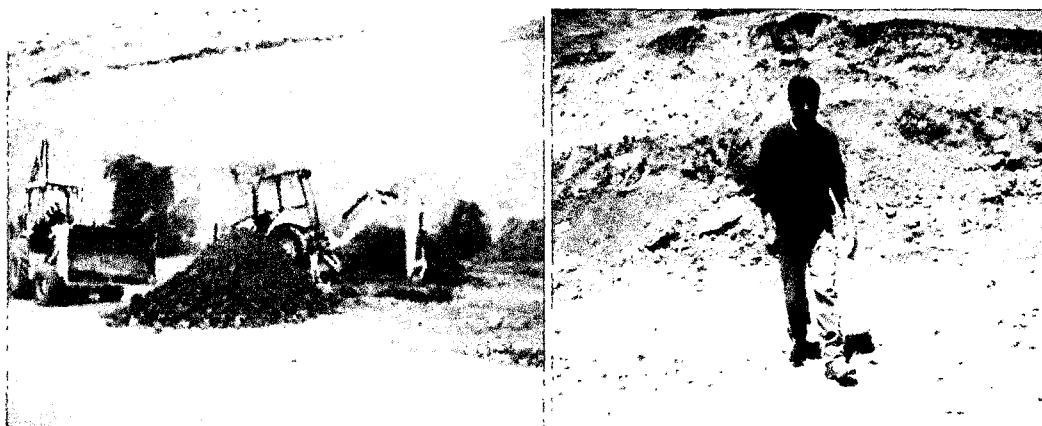
Proceso de conformación de zonas para depósito de material zarandeado y material.



Conformación de zonas de material zarandeado y material.



Eliminación de material extraído de las zonas.



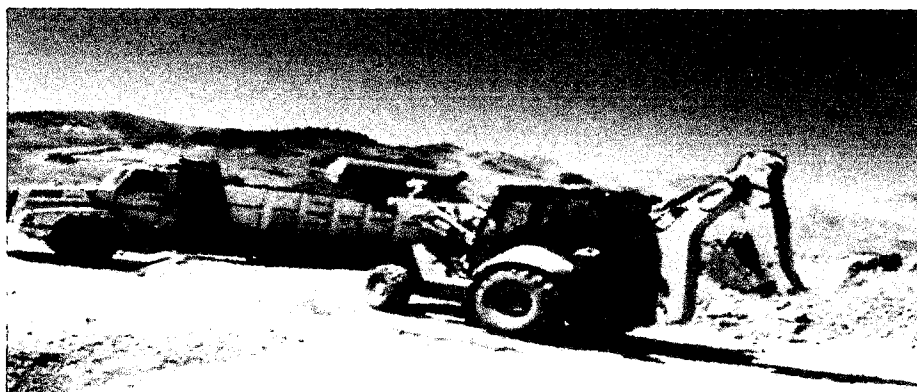
Vista de zaranda instalada en la cantera



Vista del proceso de zarandeo.



Vista del proceso de carguío a los volquetes.

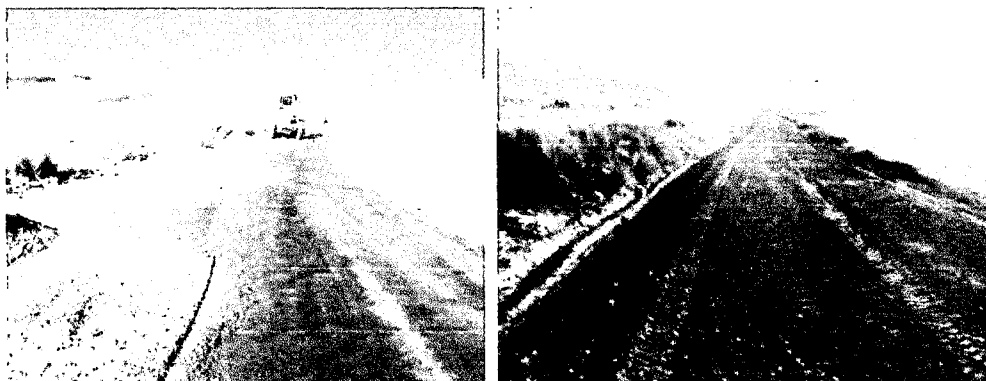


Aplicación de aditivos Sika suelo 21 en sectores de prueba

Inicio: Km 6+500

Final: Km 6+800

Humedecimiento del sector y tendido del material acopiado de la cantera



Mezclado y homogenizado del material con el aditivo.



Regado del material tendido



Proceso de compactación



Proceso de compactación



Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo SIKA.



7

Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo.



Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo.



APLICACIÓN DE ADITIVOS EN SECTORES DE PRUEBA-T – PRO -500.

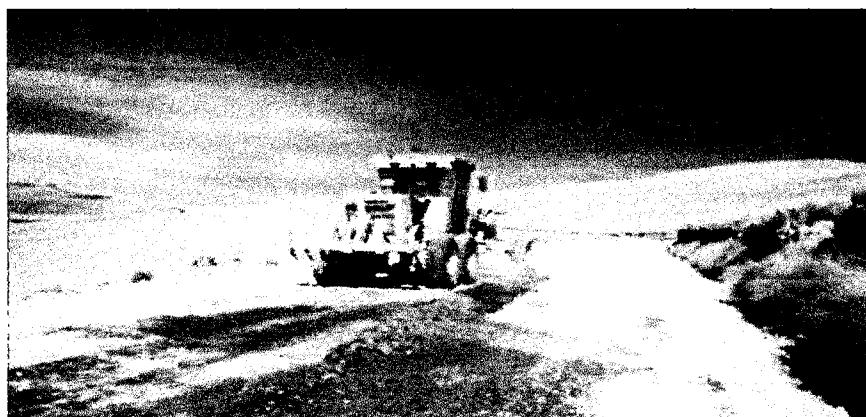
Vista acabado final de la zona de prueba con el aditivo T- PRO - 500.



Aplicación del T- PRO - 500. en la zona de prueba.



Proceso de humedecimiento y tendido de material acopiado de cantera



Proceso de tendido del material de préstamo.



Proceso de mezclado y homogenizado.



Proceso de mezclado y homogenizado.



4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - MATERIAL AFIRMADO PUESTA A OBRA

Obra	Mejoramiento de la Carretera Ampuacasa – Socos - Ayacucho					Fecha:	30/11/2013	
Sub-Part	Material afirmado puesto a obra					Rend:	1	
Und: m3								
Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total		
1.00	Partidas Básicas					2.64		
1.01	Costo de Cantera	m3	1.0000	0.60	0.601			
1.02	Producción de afirmado	m3	1.0000	2.27	2.266			
Transporte de afirmado a								
1.03	obra	m3	1.0000	0.37	0.374			
Total					S/. / m3	2.64		
Sub-Part	1.02 .Producción de afirmado					Fecha:	30/11/2013	
Und.	m3/día					Rend:	1	
Código	Descripción	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total		
2.27								
1.021	Aflojar material de banco	m3	1.0000	1.49	1.49			
1.022	Zarandeo	m3	1.0000	0.40	0.397			
1.023	Carguío y volcado a volquete	m3	1.0000	0.37	0.374			
Total					S/. / m3/día	2.27		
Sub-Part	1.021 Afloje de material					Fecha:	30/11/2013	
Und.	m3/día					Rend.	267.84	
Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
I	Materiales						0.00	
II	Mano de Obra						0.06	
Peón	0.48	hh	0.0144	4.00	0.06			
III	Equipo						1.44	
Retroexcavadora	0.48	hm	0.0144	99.65	1.43			
Herramientas 5% MO			0.0500	0.06	0.00			
Total					S/	m3/día	1.49	
Sub-Part	1.022 Zarandeo					Fecha:	30/11/2013	
Und.	m3/día					Rend.	459.2	
Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
I	Materiales						0.00	
II	Mano de Obra						0.02	
Peón	0.22	hh	0.0038	4.00	0.02			
III	Equipo						0.38	
Retroexcavadora	0.22	hm	0.0038	99.65	0.38			
Herramientas 5% MO			0.0000	0.02	0.00			
Total					S/	m3/día	0.40	
Sub-Part	1.023 Carguío y volcado a volquete					Fecha:	30/11/2013	
Und.	m3/día					Rend.	688.5	
Código	Descripción	*	Unid	Metrado	P.U.	Parcial	Total	
I	Materiales						0.00	
II	Mano de Obra						0.01	
Peón	0.30	hh	0.0035	4.00	0.01			
III	Equipo						0.36	
Retroexcavadora	0.30	hm	0.0035	103.87	0.36			
Herramientas 5% MO		5%	0.0500	0.01	0.00			
Total					S/	m3/día	0.37	
Sub-Part	1.03 Transporte de afirmado a obra					Fecha:	30/11/2013	
Und.	m3/día					Rend.	185	

<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>*</u>	<u>Unid</u>	<u>Metrado</u>	<u>P.U.</u>	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
I Materiales						0.00	
II Mano de Obra						0.17	
Peón	1.00	hh	0.0432	4.00	0.17		
III Equipo						5.01	
Volquete 15 m3	1.00	hm	0.0432	115.64	5.00		
Herramientas 5% MO		5%	0.0500	0.17	0.01		
			Total	S/	m3/día	5.18	