

ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

MEJORAMIENTO DE LA VÍA Terciaria Vereda San Rafael en el  
Municipio de La Calera mediante la aplicación de Probase Road  
System



MIGUEL ANGEL AYALA ESCOBAR

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
BOGOTÁ D.C.  
2015

# **MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA VEREDA SAN RAFAEL EN EL MUNICIPIO DE LA CALERA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROBABLE ROAD SYSTEM**

## **IMPROVEMENT OF THE TERTIARY ROUTE PATH SAN RAPHAEL IN THE MUNICIPALITY OF LA CALERA BY THE APPLICATION OF PROBABLE ROAD SYSTEM**

Miguel Ángel Ayala Escobar  
Ingeniero Civil, Director de Obras, Constru 5 S.A.S., Sopó, Cundinamarca, Colombia,  
ayalamiguel\_23@hotmail.com

### **RESUMEN**

En este artículo se analizarán los beneficios, componentes y aplicabilidad del sistema Probable Road System en la vereda San Rafael del municipio de La Calera (Cundinamarca), dado que dicha vía conecta la vereda con la cabecera municipal y fue intervenida con el sistema *Probable Road System* en una longitud aproximada de 200m.

De acuerdo con la tipología de la vía se realizaron los ensayos de laboratorio pertinentes con el propósito de establecer la calidad del suelo antes y después de la intervención del tramo, además los ensayos de caracterización fueron cotejados con las normas aplicables al tratamiento superficial doble vigentes en Colombia, con el fin de generar un instrumento práctico para la utilización de estos productos.

Finalmente, como parte del resultado obtenido se llegó a la conclusión que la aplicación de este sistema a mediano plazo puede ser una solución factible para el mejoramiento de las vías terciarias del país, debido a la sencillez constructiva del sistema propuesto.

Palabras clave: Mejoramiento, Tratamiento superficial Doble, Vías Terciarias, Tipología de la Vía.

### **ABSTRACT**

This article describes the benefits, components and applicability of the system Probable Road System in the San Rafael of the municipality of La Calera (Cundinamarca), since that road connects the village with the municipal and was operated with the system Probable Road System will be analyzed in an approximate length of 200m.

According to the type of track tests relevant laboratory were conducted with the purpose of establishing soil quality before and after intervention, stretch further characterization tests were collated with the rules applicable to double surface treatment effect in Colombia in order to generate a practical tool for the use of these products.

Finally, as part of the result obtained was concluded that the application of this system in the medium term may be a feasible solution for improving tertiary roads in the country, due to the constructive simplicity of the proposed system.

**Keywords:** Improvement, Double Surface Treatment, Tertiary Roads, Typology of the Way.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo muestra los principales fundamentos implementados en el desarrollo de la guía de diseño y construcción del sistema Probase Road System, para el mantenimiento de las vías terciarias del país, basado en la tipología de las vías terciarias del municipio de La Calera, Cundinamarca, dado que los principales problemas asociados a los caminos de bajo volumen de tránsito se relacionan con: La baja calidad funcional y estructural de sus superficies de rodadura, la frecuente conservación y mantenimiento, la limitación de los recursos para inversión en el mejoramiento de las vías y desde luego las vías terciarias en el país se realizan bajo la técnica de Afirmado lo cual agrega una serie de problemas que derivan en el aumento de los costos de operación, la seguridad, impacto ambiental, etc.

Para que una vía terciaria de cualquier municipio del país sea de calidad, se debe realizar cada uno de los pasos estipulados dentro del proceso de gestión de caminos. Las etapas básicas son las siguientes: Planificación, Ubicación, Levantamiento Topográfico, Diseño, Construcción y Mantenimiento. Si se llegase a omitir alguna de las anteriores etapas, el comportamiento de la vía puede resultar deficiente ya que puede incumplir con las expectativas pactadas durante la proyección y verse reflejado en la prematura falla o en su defecto en la ejecución de mantenimientos innecesarios y de alto costo.

Por consiguiente el mantenimiento de la superficie o capa de rodadura de la vía en funcionamiento debe efectuarse correctamente, por lo que es necesario establecer un adecuado sistema de mantenimiento que sea acorde con la características de la vía, ya que es posible que un camino en malas condiciones junto a un deficiente sistema de mantenimiento con lleva a la reconstrucción parcial o total de la superficie de rodadura y en un caso extremo a su mismo cierre permanentemente.

Finalmente, las vías terciarias mal diseñadas y planeadas pueden llegar a generar altos costos de mantenimiento y reparación, puesto contribuyen a la erosión excesiva de las tierras y por ende a la insatisfacción de los usuarios. Resulta muy importante desde el principio ubicar las vías sobre terrenos estables, en taludes moderados, zonas relativamente secas y alejadas de drenajes naturales y artificiales que puedan afectar la durabilidad de la vía.

## **1. MATERIALES Y MÉTODOS**

Las vías terciarias, son vías que forman parte de la estructura productiva del sector primario, obligando a diferenciarse en este sentido las que sirven para la agricultura intensiva o la agricultura extensiva; la muy superior productividad de aquella suele justificar que las características geométricas y estructurales de estas vías también sean superiores [1]. De acuerdo con lo anteriormente descrito, el Departamento de Cundinamarca más específicamente en el Municipio de la Calera, se caracteriza por tener zonas de cultivos entre los que se destacan la papa y la cebolla, los cuales deben ser llevados por los productores a la cabecera municipal y a los diferentes centros de abastos del país, por lo cual el mantenimiento de las vías terciarias del municipio es de gran importancia ya que cuando se presentan las fuertes olas invernales en el país se ven afectadas en gran medida estas vías.

Así mismo, durante la época de sequía en las vías del municipio se presenta grandes cantidades de material suelto, polvo, etc., con el fin de dar solución a los problemas de transitabilidad en época de invierno o verano intenso, el Municipio de La Calera en la actualidad se encuentra implementando una estrategia, pensando principalmente en el bienestar de La Municipalidad, el buen uso y la mejor destinación de los recursos con los que cuenta la administración; por lo que el municipio decidió incluir como medida un método de mejoramiento alternativo denominado Probase Road System que fue desarrollado por la compañía Probase, el cual permite en el menor tiempo el mejoramiento de las condiciones funcionales y de seguridad, en las vías terciarias, mediante la aplicación de un producto ligante en estado líquido seguido de la extensión y compactación de unas capas de gravilla de tamaño uniforme, en dos operaciones sucesivas.

A continuación se describen cada uno de los productos utilizados para el mejoramiento de las vías terciarias con Probase Road System.

### **1.1. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE**

Son dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y un agregado pétreo preferiblemente extraído de río, sobre una superficie acondicionada previamente. El tamaño medio del agregado pétreo de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del árido de la primera aplicación [2].

### **1.2. PROBASE ROAD SYSTEM**

Probase Road System es una tecnología avanzada para construir vías con suelo in situ. Las propiedades del suelo son modificadas, estabilizando el suelo y aumentando su capacidad portante. Adicionalmente, dos capas de impermeabilizante de alta flexibilidad y durabilidad, son instaladas para lograr vías libres de polvo en

época de verano y lodo en época de invierno. La apariencia y percepción por parte del usuario y comunidades, es la de una vía pavimentada en asfalto. La apariencia inicial de la vía después de construida, es la de una vía destapada en agregado fino. Este exceso de material fino tiene el objeto de preservar el polímero de sello mientras se termina de curar, además de no ser removido por el tráfico vehicular.

### 1.2.1 POLÍMERO TX -85

TX-85 Estabilizador de Suelos, es uno de los diferentes medios disponibles para la estabilización de vías en recebo que no cumpla con los requisitos para la estabilización y sellado con polímeros. Es una fórmula a base de agua segura para el medio ambiente probado por el Departamento SIRIM de Certificación y aprobación de Medio Ambiente para el Ensayo de toxicidad aguda. TX-85 es principalmente usado para la estabilización de suelos inestables para formar una base de la carretera más fuerte [3], a continuación se relacionan los componentes químicos y especificaciones del producto TX-85.

**TABLA 1:** Especificaciones para el producto TX-85 – endurecedor & estabilizador de suelo.

<b>Parámetros</b>	<b>Métodos de Prueba / Equipo Utilizado</b>	<b>Requisitos</b>
Calcio,% w / w	Prueba de AAS	0,1 a 0,5
Sodio,% w / w	Prueba de AAS	3,5 a 6,5
Sílice,% w / w	Por Colorimetría + Gravimetría	15 a 24
Peso específico	Por Hidrómetro (a temperatura ambiente).	1,28 a 1,35
Cargas de Partículas	Por medidor de pH	negativo

**Fuente:** Probase, 2014

### 1.2.2 POLÍMERO PB-65

PB-65 es un producto a base de agua favorable al medio ambiente que es significativamente fácil de aplicar por pulverización de la superficie del suelo usando un equipo irrigador. Es un derivado de materiales de neumáticos reciclados, Proseal es una tecnología verde que protege el suelo al tiempo que protege el medio ambiente. PB-65 sólo es aplicable en superficies de tierra estabilizada. Sin embargo, el camino inestable puede ser estabilizado a través de diversos medios como laterita, grava, arena, cemento o cal [3], a continuación se relacionan los componentes químicos y especificaciones del producto PB-65.

**TABLA 2:** Especificaciones para el producto PB-65 – impermeabilización y control de polvo.

PROPIEDAD / PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE PRUEBA	REQUERIMIENTO
Viscosidad: Di perno Furol a 50 ° C	Seg	ASTM D244	100-400
Prueba de estabilidad de almacenamiento de 24-h	% de diferencia	ASTM D244	Máx. 1
Partícula de prueba de carga	-	ASTM D244	Positivo
Prueba de tamiz	Masa%	ASTM D244	Máx. 0.10
Residuo de la destilación	Masa%	ASTM D244	Min. 65
Aceite destilado	% Volumen	ASTM D244	Máx. 3
Látex contenido	% Volumen	ASTM D1417 & California	2-4
Prueba de asentamiento(5 Días)	Diferencia%	ASTM D244 - Prueba 401	Máx. 3
Penetración a 250 ° C, 100 g 5 Seg.	0.1mm	ASTM D 5	60-200
Solubilidad tricloroetileno	Masa%	ASTM D2042	Min 97.5
Punto de reblandecimiento en residuo de Anillo y Bola	°C	ASTM D244 & ASTM D36	45-60

Fuente: Probase, 2014

### 1.2.3 Agregados Pétreos

La mayoría de los agregados duros, tales como grava de río, pueden usarse exitosamente en tratamientos superficiales. Sin embargo, el agregado seleccionado debe cumplir ciertos requisitos de tamaño, forma, limpieza y propiedades superficiales especificados en la norma Inviás artículo 430 - 07. Cuando se usan asfaltos cortados el agregado debe estar seco. Sin embargo, si se usa un asfalto emulsificado, el agregado, cuando se aplica, puede estar húmedo.

En lo posible, debe ser de un solo tamaño, de forma cúbica o piramidal, tan limpia como sea posible para asegurar una buena adhesión de asfalto [4], según lo anteriormente descrito a continuación se muestra la tabla de la granulometría propuesta por el Instituto Nacional de Vías INVIAS para el tratamiento superficial doble.

**TABLA 3:** Gradaciones para tratamientos superficiales doble.

<b>TAMIZ</b>		<b>PORCENTAJE QUE PASA</b>
<b>Normal</b>	<b>Alternativo</b>	<b>TSD-1</b>
19.0 mm	3/4"	-
12.5 mm	1/2"	100
9.5 mm	3/8"	90-100
6.3 mm	1/4"	10-40
4.75 mm	No.4	0-15
2.36 mm	No.8	0-5

**Fuente:** Norma Invias, 2007

## 2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 2.1. CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LA VÍA (VEREDA SAN RAFAEL)

La Vía que une la vereda San Rafael con la cabecera municipal de La Calera tiene una longitud aproximada de diez (10.00) Kilómetros la cual en su totalidad se encuentra en afirmado, la alcaldía dentro de su plan de mejoramiento de vías terciarias priorizó trecientos (300) metros desde el k0+000 al k0+300, debido al mal estado en que se encontraba la vía causado por los constantes cambios climáticos de la zona.

La intervención de la vía se realizó en dos etapas, la primera del k0+00 al k0+054 se realizó la construcción en placa huella en concreto y del k+054 al k0+300 donde se realizó el mejoramiento con polímeros el cual es el objeto de estudio de este artículo.

Topográficamente al inicio la vía presentaba muchas irregularidades en el ancho ya que este variaba de 3.00 metros hasta los 5.00 metros, de igual forma en todo el trazado de la vía se encuentra material granular de gran tamaño, escombros, zanjas hechas por escorrentías superficiales, todo esto afectando la movilidad de los habitantes de la vereda. Ver Figuras No. 1 – 2.



**Figura. 1** Estado Inicial de la vía. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.





**Figura. 2** Estado Inicial de la vía. Longitud 246m ancho aproximado 4.0m K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.

Antes de iniciar con aplicación del Sistema Probase Road System, se tomaron muestras de laboratorio tales como Gradación, límites de consistencia, porcentaje de humedad óptima (proctor) y densidades del suelo. Lo anterior arrojó que el material que estaba conformado en la vía era un afirmado compuesto por grava de gran tamaño arcilla arenosa de un color amarillo oscuro con tamaño máximo de 2.1/2" y mínimo pasa Tamiz 200 con un porcentaje promedio del 24.40% del volumen utilizado para realizar el ensayo, con un Índice de Plasticidad del 18.80%, una Humedad Óptima del 9.50%. Además, se realizó un perfilado de la vía con el fin de darle un ancho uniforme y generar cunetas para el drenaje de la misma. Ver Figura No. 3

Para la toma de las densidades iniciales en la vía se tomaron cuatro las cuales dieron como resultado 92.1%, 94.5%, 89.3% y 85.1% en los k0+005, k0+066.5, k0+128 y k0+189, respectivamente, todo esto con el fin de tener unos parámetros claros del estado inicial de la vía a intervenir con este sistema.



**Figura. 3** Limpieza y perfilado de la Vía. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.

## **2.2. APLICACIÓN POLÍMERO TX-85 (ESTABILIZADOR DEL SUELO)**

Una vez obtenidos los parámetros iniciales de la vía objeto de análisis, se determinó en campo mejorar las condiciones del suelo mezclando un material de cantera con unas mejores características de gradación, plasticidad, etc., para poder aplicar el producto TX-85 (endurecedor del suelo).

Para la aplicación del TX-85 el proveedor aconseja que se utilice una cantidad de 2.1L del producto diluida en la misma cantidad de agua por cada metro cubico de suelo a estabilizar.

El primer paso para la aplicación del polímero TX-85, es el escarificado del suelo, este se hace con una motoniveladora utilizando el escarificador a una profundidad máxima de 20cm ver Figura No. 4, una vez terminado el proceso de escarificado, se procede manualmente a retirar los sobre tamaños (material granular con tamaño superior a 2.1/2”), todo esto con el fin de generar una estructura uniforme de la vía además, que los tamaños superiores a los descritos anteriormente a futuro pueden generar problemas en la estabilidad de la vía.



**Figura. 4** Escarificado de la vía. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 5** Extracción manual de sobre tamaños. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.

Una vez terminado el anterior proceso se procedió a la aplicación del polímero TX-85, en la dosificación recomendada por el proveedor uniformemente a lo largo y ancho del tramo a intervenir teniendo en cuenta el volumen del suelo a estabilizar y el porcentaje de humedad óptima del mismo. Una vez se aplicó el polímero al suelo con la motoniveladora se mezcló el suelo con el polímero con el fin de conseguir una composición homogénea, siendo necesario aplicar dos veces el polímero hasta conseguir la humedad óptima y el producto deseado, terminado el proceso anteriormente descrito se compactó el suelo hasta conseguir una densidad mayor al 95% comprobada con los ensayos de laboratorio tomados después de la compactación de la vía. Ver Figuras No. 6 – 7 – 8 – 9.



**Figura. 6** Aplicación del polímero TX-85. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 7** Mezcla polímero TX-85 con el suelo. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 8** Compactación del suelo. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.

**PASO  
No. 1**



Escarificar Suelo.



Imprimir Tx-85 + Agua.



Mezclar Suelo.



Compactacion.

**Figura. 9** Resumen procedimiento aplicación TX-85.

**Fuente:** Propia.

Finalmente, se realizaron ensayos de densidades una vez terminado el proceso en los mismos lugares en los que se tomaron las muestras iniciales y se encontró que las densidades del suelo dieron como resultado k0+005 / 98.1%, k0+066.5 / 97.2%, k0+128 / 99.6%, obteniendo como resultado una mejora en la capacidad portante del suelo en promedio 110%, lo cual es de suma importancia para la estabilidad de una obra Ver Figura 10.

### **2.3. APLICACIÓN POLÍMERO PB-65**

La aplicación del polímero PB-65 se realizó en dos capas, la primera capa consistió en el sellado del suelo estabilizado y endurecido después de 12 horas de realizado el procedimiento anterior, la primera capa de PB-65 y agregado se efectuó en una capa de aproximadamente 2cm debido a que no se contó en obra con una volqueta con un accesorio para esparcir uniformemente el agregado, el polímero PB-65 se aplicó mediante un irrigador manual distribuyendo parejo el polímero dando un correcto sellado al suelo, posteriormente se compactó la vía con el vibro compactador a bajas vibraciones para no fracturar ni pulverizar las partículas del agregado. Ver Figuras 11 – 12 – 13.



**Figura. 10** Toma de densidades suelo estabilizado k0+128 / 99.6%.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 11** Aplicación Primera capa del polímero PB-65 con el agregado de tamaño 3/8". K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 12** Aplicación Primera capa del polímero PB-65 con el agregado de tamaño 3/8". K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 13** Compactación Primera capa del polímero PB-65 con el agregado de tamaño 3/8". K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



La segunda capa se realizó a las 24 horas de haberse instalado la primera, esta consistió en generar la capa de rodadura, esta tuvo un espesor aproximado de 1.5cm debido a que el personal distribuyó de una mejor forma el agregado pétreo y el irrigador manual genero una muy buena capa de sellado, de igual forma que en la primera capa se compacto con un vibro compactador de 10 ton a una vibración media para no pulverizar las partículas del agregado pétreo. Ver Figura15.

Para las dos capas del tratamiento superficial se utilizó agregado pétreo con un tamaño nominal máximo de 3/8". Ver Figura 14.

Finalmente, se realizaron ensayos de laboratorio al polímero PB-65 para determinar el tipo de mezcla asfáltica y en que rango dentro de las normas aplicables al sistema se encontraba, dando como resultado una emulsión asfáltica de rompimiento rápido C.R.R.-1 con un contenido de asfalto de 60.4% y contenido de agua del 30.6%.



**Figura. 14** Aplicación Segunda capa del polímero PB-65 con el agregado de tamaño 3/8". K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.



**Figura. 15** Compactación Segunda capa del polímero PB-65 con el agregado de tamaño 3/8". K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.

**PASO  
No. 2**



Curado y Compactado.



Imprimación PB-65.



Riego de Agregado.



Compactacion.

**Figura. 16** Resumen proceso aplicación PB-65.

**Fuente:** Propia.

## **2.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

La base para lograr un mantenimiento vial que conserve las condiciones físicas de las vías terciarias de cualquier municipio del país, está centrada en la aplicación de una gestión con criterio preventivo. En otras palabras, se trata de ir modificando paulatinamente el que hacer institucional actual en el que prevalecen las acciones correctivas por el que prevalezcan las acciones preventivas.

En la práctica, se trata de realizar el mantenimiento rutinario con intervenciones diarias con el propósito de preservar las condiciones de los elementos del camino y de evitar que se produzca su deterioro prematuro. Así mismo, efectuar el mantenimiento periódico, en forma cíclica, con operaciones oportunas para recuperar las condiciones viales afectadas por el uso, lo que lleva a una búsqueda constante de sistemas de mantenimiento de vías terciarias, duraderos que sean seguros para los usuarios y que sin importar el clima en cualquier momento del año presten un servicio adecuado a los usuarios de las mismas, se tendrá que después de construida, rehabilitada o reconstruida una vía y que, por lo tanto, se encuentra en buenas condiciones, ella debe ser atendida permanentemente mediante el mantenimiento rutinario y cuando se hayan cambiado sus condiciones de excelente a un estado regular, se debe realizar entonces el manteniendo periódico para volver a unas condiciones similares a las iniciales.

Por otro lado, cabe notar que se mejoraron considerablemente las condiciones de la vía tanto estructurales como visuales ya se generó un ancho de vía uniforme se generaron cunetas para el drenaje de la vía, bombeo a dos aguas del 3.00%, una capa de rodadura la cual protege la estructura estabilizada de la vía protegiéndola de las lluvias en invierno y en verano convirtiéndola en una vía sin problemas de polvo por finos sueltos haciendo la vía más segura para el tránsito vehicular y el de los habitantes de la vereda. Ver Figuras 17 - 18.



**Figura. 17** Vía terminada con el sistema Probase Road System, longitud aprox. 246.0m, ancho aprox. 5.0m. K0+054 al K0+300

**Fuente:** Propia.



**Figura. 18** Vía terminada con el sistema Probase Road System, longitud aprox. 246.0m, ancho aprox. 5.0m. K0+054 al K0+300.

**Fuente:** Propia.

## 2.5. INSTRUMENTO PRÁCTICO PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VÍAS Terciarias mediante la aplicación de Probase Road System

### 2.5.1 Dosificación TX-85 Estabilizador y endurecedor del suelo:

Para estabilizar  $1\text{m}^3$  de suelo es necesario utilizar 4.1 litros de TX-85 diluidos en 2.1 litros de agua potable para obtener un mejor resultado en la estabilización del suelo es decir que la cantidad necesaria de TX-85 para un volumen "X" de suelo a tratar sería  **$(\text{Volumen de Suelo a tratar } (m^3) \times 4.1L/m^3)$** . Tratamiento de suelo de 20cm de espesor:

- ✓ Limpieza y mejoramiento del alineamiento de la vía.
- ✓ Escarificar el suelo a 20cm.
- ✓ Preparar la cantidad requerida de TX-85 con la cantidad requerida de agua en el carro tanque.
- ✓ Pasar el carro tanque por el área a tratar y esparcir la mezcla.
- ✓ Mezclar la solución de TX-85 y el suelo con la motoniveladora, seguido por el carro tanque, hasta que toda la solución TX-85 sea esparcida uniformemente en el suelo escarificado. Este proceso es repetido con mínimo 4 veces para obtener el Contenido de Humedad Optimo.
- ✓ Compactar el suelo tratado con el vibro compactador de 10 toneladas. Dar varias pasadas con el compactador, hasta obtener la densidad optima es decir mayor al 95% del proctor.

### 2.5.2 Dosificación PB-65 Impermeabilizante del suelo:

Para impermeabilizar  $1\text{m}^2$  de suelo es necesario utilizar 5.0 litros de PB-65 en dividido en dos capas la primera con 2.0 litros y la segunda con 3.0 litros para generar un sellado de la vía y mejor confinamiento del agregado pétreo que aproximadamente se debe utilizar en promedio  $0.10\text{m}^3$  de gravilla preferiblemente extraída de río con un tamaño nominal no mayor a 3/8" para cada una de las capas, todo esto con el fin de generar capas homogéneas del impermeabilizante aplicado en la vía, de es decir que la cantidad necesaria de TX-85 para un volumen "X" de suelo a tratar sería  **$(\text{Área de Suelo a tratar } (m^2) \times 4.00L/m^2)$** , doble capa de impermeabilizante. Tratamiento de  $1\text{m}^2$  de suelo:

- ✓ Agitar bien el PB-65 antes de verter la cantidad requerida de PB-65 (4 litros/m<sup>2</sup>) en el carro tanque.
- ✓ Esparcir el PB-65 uniformemente en el área tratada.
- ✓ Esparcir agregado de 4mm – 6mm (mínimo  $0.10\text{m}^3/\text{m}^2$ ) uniformemente en el área impermeabilizada.
- ✓ Compactar el agregado, con vibración media hasta conseguir una capa uniforme.

- ✓ Llenar el tanque con la cantidad requerida de PB-65 para la segunda capa de impermeabilizante.
- ✓ Esparcir el PB-65 uniformemente en el área tratada.
- ✓ Esparcir agregado de 4mm – 6mm (mínimo 15kg/m<sup>2</sup>) uniformemente en el área impermeabilizada.
- ✓ Compactar el agregado, con vibración media hasta conseguir una capa de rodadura uniforme.

### 2.5.3 Equipo mínimo requerido:

- ✓ Motoniveladora con escarificador.
- ✓ Carro tanque con flauta para esparcir productos.
- ✓ Vibro compactador de 10 toneladas.
- ✓ Volqueta con dispersador de agregados.
- ✓ Irrigador de Asfalto / Imprimador Manual
- ✓ Retro excavadora sobre llantas

### 2.5.4 Personal mínimo requerido:

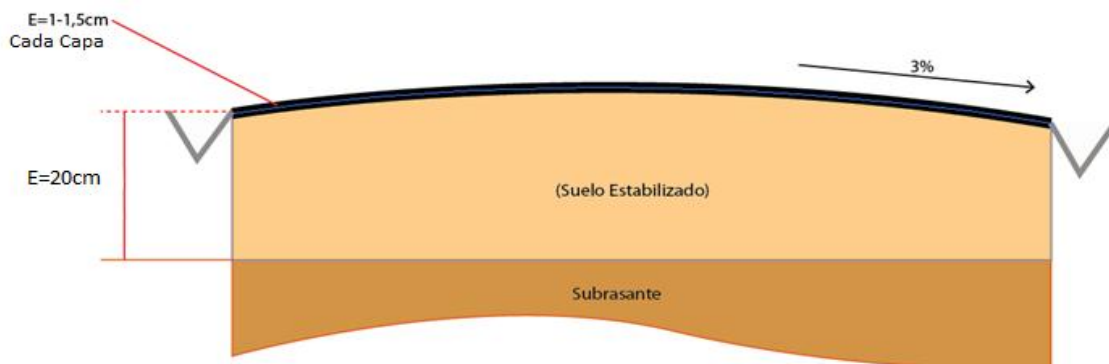
El personal mínimo en obra se debe determinar según la longitud y el ancho del tramo, pero como mínimo se necesitan en obra seis personas las cuales se deben distribuir de la siguiente forma si no se cuenta con la volqueta con dispersador de agregados, tres personas para esparcir el agregado pétreo y tres personas para extender el material granular de forma homogénea.

### 2.5.5 Ensayos de Laboratorio:

Para la aplicación de Probase Road System es necesario que se realicen los ensayos estipulados en las Normas INVIAS e IDU aplicables para los tratamientos superficiales de doble riego.

### 2.5.6 Estructura de la Vía

Figura 19. Estructura de la vía intervenida con Probase Road System.



Fuente: Propia

### 3. CONCLUSIONES

Cotejado la aplicación de los polímeros TX-85, con los estándares impuestos por el INVIAS, aplicado en el municipio de La Calera, muestra que una vía terciaria rehabilitada con este sistema, ofrece a los usuarios comodidad, reducción en los tiempos de viaje, una disminución considerable en los costos de transporte, durante todo el año, aspectos muy importantes, que influyen en el desarrollo de la región.

El sistema Probase Road System, permite un mantenimiento fácil y accesible para el municipio ya que con una jornada de limpieza de las cunetas y un reparcho sencillo el cual consta de aplicar un poco del polímero PB-65 con la grava en el lugar donde se encuentre deteriorado se puede conservar en excelente estado de la vía, lo cual indica que los costos futuros se reducen al mínimo. Haciendo que los recursos destinados a un mantenimiento rutinario se utilicen en obras como esta en otros sectores de la vía que necesite de un mantenimiento duradero.

El obtener a partir de la investigación un compilado de cómo se debe aplicar el sistema Probase Road System, es de gran utilidad ya que con el mínimo de esfuerzo económico se puede obtener un gran producto como lo es una vía segura y cómoda para los usuarios que transiten por esta.

Desafortunadamente, el sistema Probase Road System, no se está aplicando en la totalidad de las vías del municipio ya que se encuentra en fase de prueba, lo cual deja desprotegida al resto de los sectores de las vías terciarias, que aunque no cuentan con las características de la vía objeto de estudio, necesitan de la aplicación de un mejoramiento, ya que por el desgaste continuo, las temporadas invernales, etc., el afirmado se encuentra en muy malas condiciones y al parecer ya no tienen solución.

Probase Road System, se debe aplicar con toda la técnica y sobretodo siguiendo al pie de la letra los parámetros dados por el INVIAS, para los tratamientos superficiales de doble riego y tener en cuenta que como se propone en el instrumento práctico el TX-85 se debe utilizar en una proporción dos a uno al diluirlo en agua todo esto para que mejore aún más las características del suelo a estabilizar.

El sistema Probase Road System, basado en todo lo anterior, demuestra que es un sistema eficaz y rápido para el mantenimiento de las vías terciarias, ya que aumenta la vida útil de estas, haciendo que no se tenga que invertir demasiado en reparaciones y lo que es de vital influencia para los usuarios mejora sus condiciones sociales y económicas, dándoles a los habitantes del sector aledaño a la vía una mejor oportunidad de sacar al mercado sus productos agrícolas.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KRAEMER, Carlos. Mantenimiento rutinario de carreteras. Ingeniería de carreteras. Vol. II. Madrid.: McGraw Hill, 2004, 491 p. ISBN 22-110-3899-6
- [2] MONTEJO, Alfonso. Conservación Vial. Ingeniería de Pavimentos. 2 ed. Bogotá D.C. Editorial Universidad Católica de Colombia. 750p. ISBN: 84-481-3999-2.
- [3] ANÓNIMO. Productos PB-65 Solil Sealant. [En línea:] <http://www.probase.com.my/usr/pagesub.aspx?pgid=11> [citado en septiembre 12 de 2014].
- [4] MONTEJO, Alfonso. Conservación Vial. Ingeniería de Pavimentos. 2 ed. Bogotá D.C. Editorial Universidad Católica de Colombia. 750p. ISBN: 84-481-3999-2.
- [5] CARBALLO, Joaquín. Asesoría en Planificación de rehabilitación. Instituto Nacional de Vías, INVIAS. Bogotá D.C. (Agosto 15 2014).
- [6] GAVIRIA, Juan. Asesoría Mantenimiento Rutinario y construcción de obras en vías terciarias. Instituto Nacional de Vías INVIAS. (Octubre 07 de 2014).
- [7] AGUILERA, German. Asesoría Mejoramiento de las vías terciarias con polímeros TX-85 y PB-65. Secretaria de Obras Públicas, Alcaldía Municipal de La Calera Cundinamarca. La Calera Cundinamarca. (Octubre 24 2014).