



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

**Thania Julissa Orellana Orellana**  
Asesorado por el Ing. Telésforo Ara Arriola

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**THANIA JULISSA ORELLANA ORELLANA**  
ASESORADO POR EL ING. TELÉSFORO ARA ARRIOLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Walter Rolando Salazar González
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Daniel Alfredo Cruz Pineda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 16 de abril de 2013.



**Thania Julissa Orellana Orellana**

Guatemala 25 Septiembre de 2014

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Coordinador del área de Planeamiento  
Ingeniero Wuillian Ricardo Yon Chavarría

Estimado Ingeniero Wuillian Yon

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que de acuerdo a la designación recibida, he asesorado y revisado el trabajo de graduación **“SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA”** de la estudiante Thania Julissa Orellana Orellana, Carnet. No. 200212634.

Al respecto manifiesto que el trabajo de tesis ha sido realizado con dedicación y esmero y me complace emitir dictamen favorable, aprobando dicha tesis.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,



Ingeniero Civil Telésforo Ara Arriola

Colegiado No. 5,290

TELÉSFORO ARA ARRIOLA  
INGENIERO CIVIL COL. 5290



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
23 de octubre de 2014

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil **Thania Julissa Orellana Orellana**, quien contó con la asesoría del Ing. Telésforo Ara Arriola.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

UNIVERSIDAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
PLANEAMIENTO  
USAC

Ing. Wuilkan Ricardo Yon Chavarría  
Jefe Del Departamento de Planeamiento

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Telésforo Ara Arriola y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación de la estudiante Thania Julissa Orellana Orellana, titulado **SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2014.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 648.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS RURALES, REALIZANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Thania Julissa Orellana Orellana**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 17 de noviembre de 2014

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por guiar mis pasos en los momentos más importantes de mi vida y por permitirme alcanzar esta meta.
- Mis padres** José María Orellana Orellana e Irma Judith Orellana Veliz. Por su apoyo incondicional y por todo su amor. Hoy les hago entrega de este triunfo que no solo es mío sino de ellos.
- Mi novio** Iván Abisaí Ara Donis. Por brindarme todo su amor y por estar a mi lado en todo momento. Por haber compartido tantos momentos inolvidables durante estos años de estudio.
- Mi hermana** Londy Doreira Orellana Orellana y familia. Por los gratos momentos que hemos vivido. Por todo el cariño y aprecio que me han brindado.
- Mis sobrinos** María Fernanda, José Miguel y Matías Gabriel Sandoval Orellana. Por hacerme la vida más feliz con su compañía, su amor y su ternura. Que mi triunfo sea un ejemplo para sus vidas.

**Fam. Ara Donis**

Por el cariño y apoyo brindado en todos estos años.

**Mis familiares y amigos**

Que influyeron en forma directa e indirecta en la culminación de mi carrera.

**Usted en especial**

Por estar aquí compartiendo este logro conmigo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por acompañarme, cuidarme y protegerme en todo momento, iluminar mi camino y permitirme culminar mi carrera.
<b>Mis padres</b>	Por todos sus sacrificios y esfuerzos que han hecho por mí y sobre todo por apoyarme a alcanzar esta meta.
<b>Mi novio</b>	Por darme todo su apoyo incondicionalmente, estar a mi lado y ayudarme durante todos estos años. Gracias por compartir este triunfo conmigo.
<b>Ing. Telésforo Ara Arriola</b>	Por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias. Por su valiosa colaboración y su asesoría en la realización de este trabajo de graduación.
<b>Inga. Sephora Donis Gómez de Ara</b>	Por todo el apoyo que me ha dado, orientación, enseñanza y sabios consejos.
<b>Mis catedráticos</b>	Por sus sabias enseñanzas y toda la ayuda brindada a lo largo de la carrera.

**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San**  
**Carlos de Guatemala**

A sus autoridades, porque con su trabajo me dieron la oportunidad de lograr este triunfo tan importante.



	2.1.1.1.	Excavación no clasificada .....	17
	2.1.1.2.	Excavación no clasificada de desperdicio .....	17
	2.1.1.3.	Excavación no clasificada de préstamo .....	18
	2.1.2.	Excavación en roca .....	18
	2.1.3.	Excavación estructural para alcantarillas .....	19
2.2.		Relleno estructural .....	19
	2.2.1.	Relleno estructural para alcantarillas .....	20
2.3.		Cemento, agregados, concreto y concreto ciclópeo .....	20
	2.3.1.	Cemento.....	21
	2.3.2.	Concreto.....	21
	2.3.2.1.	Agregados para el concreto .....	22
	2.3.2.2.	Calidad del concreto.....	23
	2.3.3.	Concreto ciclópeo.....	23
	2.3.3.1.	Colocación del concreto ciclópeo .....	24
	2.3.4.	Mortero .....	24
	2.3.4.1.	Zampeado con mortero .....	25
	2.3.5.	Mampostería .....	26
	2.3.5.1.	Mampostería de piedra .....	26
	2.3.5.2.	Mampostería de bloque.....	27
3.		MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS RURALES .....	29
	3.1.	Deterioro y protección en un camino rural.....	29
	3.1.1.	Deterioro de la capa de rodadura.....	30
	3.1.1.1.	Ondulaciones .....	31
	3.1.1.2.	Carriles .....	32
	3.1.1.3.	Puntos blandos.....	32
	3.1.1.4.	Baches .....	33

3.1.2.	Protección de la capa de rodadura .....	33
3.1.2.1.	Tipos de operaciones de mantenimiento necesarias .....	41
3.1.2.2.	Estabilización en la base .....	44
3.1.2.2.1.	Estabilización con cemento.....	46
3.1.2.2.2.	Estabilización con cal ...	49
3.1.2.3.	Carrileras .....	54
3.1.3.	Protección de taludes .....	55
3.1.3.1.	Método de excavación .....	58
3.1.3.2.	Abatimiento de taludes .....	58
3.1.3.3.	Empleo de materiales estabilizantes ...	59
3.1.3.4.	Empleo de estructuras de retención ....	59
3.1.3.5.	Empleo de contrapeso al pie de talud..	61
3.1.4.	Siembra de taludes contra la erosión .....	62
4.	ESPECIFICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE UN CAMINO RURAL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA.....	65
4.1.	Limpieza del derecho de vía, reconfiguración de cunetas y remoción de derrumbes menores en terracería.....	65
4.2.	Bacheo manual en terracería .....	67
4.3.	Limpieza de estructuras de drenaje.....	68
4.4.	Reparación de zonas inestables.....	69
4.5.	Conformación .....	71
4.6.	Reposición de capa de balasto.....	73
4.7.	Suministro, transporte y colocación de alcantarillas .....	75
4.8.	Carrileras de concreto hidráulico .....	75
4.9.	Tratamiento de caminos con estabilizadores orgánicos (enzimas).....	77

4.10.	Estabilización con emulsión de terracería existente.....	78
4.11.	Estabilización de subrasante existente con piedra de 3”.....	80
CONCLUSIONES.....		85
RECOMENDACIONES .....		87
BIBLIOGRAFÍA.....		89



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Intervalos de variación de la granulometría para materiales de base y revestimiento de caminos y sus características de comportamiento ..... 36

### TABLAS

- I. Resumen de ensayos y normas utilizadas para el material balasto ..... 40
- II. Etapas previas a la ejecución de la estabilización de un camino rural..... 43
- III. Etapas a realizar durante la ejecución de la estabilización de un camino rural ..... 45
- IV. Características mínimas del suelo para una estabilización satisfactoria con cemento..... 47
- V. Pruebas utilizadas en la estabilización con cemento ..... 48
- VI. Proceso para estabilizar un suelo con cal ..... 51



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramos/metro <sup>3</sup>
<b>lb/plg<sup>2</sup></b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>%</b>	Porcentaje
<b>"</b>	Pulgada



## GLOSARIO

<b>Agregado</b>	Material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava o la roca triturada.
<b>Alcantarilla</b>	Cualquier estructura por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, cuyo objetivo es evacuar las aguas superficiales y profundas.
<b>Balasto</b>	Material clasificado el cual se coloca sobre la subrasante terminada de una terracería, para su protección y sirve como superficie de rodadura.
<b>Camino rural</b>	Son caminos terciarios, secundarios y de penetración, los cuales no son pavimentados y son angostos.
<b>Derecho de vía</b>	Es el área de terreno que el Gobierno suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras y futuras ampliaciones.
<b>Estabilización</b>	Consiste en mejorar un suelo existente adicionando un material, que normalmente es cal o cemento.
<b>Intemperismo</b>	Es la descomposición, desgaste, desintegración y destrucción de las rocas, como respuesta a su exposición a los agentes de la intemperie.

<b>Mantenimiento</b>	Conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular en un camino o carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida útil.
<b>Ondulaciones</b>	Son surcos o depresiones transversales, en la superficie de las carreteras no pavimentadas.
<b>Subrasante</b>	Es el área sobre la que se construyen las capas de subbase, base, de superficie y los hombros.
<b>Talud</b>	Son los planos inclinados de la terracería, los cuales delimitan los volúmenes de corte o terraplén.

## RESUMEN

Los caminos rurales en nuestro país tienen especial importancia como base para el progreso y para el bienestar económico y social; es importante cuidarlos y preservarlos mediante un mantenimiento adecuado y oportuno, ya que con ello se les brinda seguridad vial a las personas que transitan por los mismos, disminuyendo los accidentes de tránsito por causa del mal estado del camino.

Con el paso del tiempo los caminos rurales muestran evidentes signos de deterioro, muchas veces prematuro y acelerado, y esto se debe a que no se les da un adecuado mantenimiento o no se les da mantenimiento en lo absoluto.

El mantenimiento de un camino rural consiste en prever y solucionar los problemas que se presentan a causa de su uso y de su deterioro; comprende un conjunto de actividades permanentes que permiten con ello que el camino sea transitable durante las diferentes épocas del año, contribuyendo de esta manera al desarrollo de diferentes actividades en beneficio de toda la población. La vida de un camino está en función de una adecuada respuesta de mantenimiento para prologar su vida útil.





# OBJETIVOS

## General

Brindar seguridad vial realizando mantenimiento preventivo y correctivo a los caminos rurales de la República de Guatemala.

## Específicos

1. Aprender acerca de los mantenimientos preventivo y correctivo en un camino rural de Guatemala.
2. Conocer acerca de los caminos rurales; como su deterioro, su protección y los elementos que los componen.
3. Conocer las especificaciones de las diferentes actividades que se llevan a cabo en el mantenimiento de un camino rural.



## INTRODUCCIÓN

Los caminos rurales sirven para unir comunidades como: fincas, aldeas, caseríos; a su vez unen poblaciones y mercados cantonales; por lo que los caminos o carreteras son en Guatemala la vía de comunicación más importante, debido a esto es de suma importancia tener en cuenta el mantenimiento de los mismos y con ello evitar accidentes.

En el trabajo de graduación se pretende realizar una investigación acerca de la seguridad vial brindada a las comunidades de Guatemala, cuando se le realizan los mantenimientos necesarios a los caminos rurales; ya que son medidas preventivas para que se pueda transitar de una forma segura, el mantenimiento a los caminos rurales es necesario para que estos se conserven en buen estado y que cumplan su vida útil, para la que fueron diseñados, así como los tipos de mantenimiento que existen; también se dará a conocer los fines principales de un mantenimiento, los tipos de caminos rurales que existen y los elementos que componen un camino.

También la investigación ayudará a conocer el concepto y la importancia del mantenimiento vial, se desarrollará el tema del deterioro y protección de los caminos rurales, como el deterioro de la capa de rodadura y la protección de la misma y la protección de los taludes, es necesario conocer cómo proteger el camino rural, en el cual se ha realizado una inversión y lo que se pretende hacer con el mantenimiento, es que dicha inversión sea duradera y que beneficie a la comunidad para la cual fue realizada.

Por último con el desarrollo de este tema se darán a conocer las especificaciones técnicas y disposiciones especiales, que son necesarias; para cuando se le realiza mantenimiento a un camino rural en Guatemala.

## **1. SEGURIDAD VIAL POR MEDIO DEL MANTENIMIENTO DE CAMINOS RURALES**

El concepto de seguridad vial se refiere a que cada infraestructura vial por la que transitan vehículos y personas, tengan en ella todas las medidas preventivas que provean un desplazamiento seguro, para con ello evitar al máximo los accidentes.

El mantenimiento de un camino consiste en prever y solucionar los problemas que se presentan, a causa de su uso, y con ello brindar al usuario el nivel de servicio para el que la carretera fue diseñada. La vida de un camino está en función de una adecuada respuesta de mantenimiento para prologar su vida útil. El mantenimiento es el proceso, el cual mantiene las condiciones de transitabilidad del camino de acceso, conforme pasa el tiempo y el camino se deteriora por el paso del tiempo, al igual que por la erosión, por la pérdida del material constituyente y con todo ello se reduce la vida útil de la vía.

El mejorar la calidad de los caminos dándole un adecuado mantenimiento vial; acompañado de una política de seguridad vial, incidirá en la disminución de los accidentes. Es sumamente importante darle mantenimiento a los caminos rurales de Guatemala, ya que estos caminos son los que más necesitan atención en seguridad vial, porque allí es donde se producen mayores índices de accidentes.

El mejoramiento de los caminos y de su estado de conservación posee una rentabilidad inmediata para reducir la accidentabilidad, ya que esto es

determinante en la mejora de seguridad vial, las comunidades se ven beneficiadas, ya que se reducen todos los riesgos con el debido mantenimiento.

Se debe prestar atención en las condiciones de seguridad de un proyecto de un camino nuevo, de un camino existente o de cualquier proyecto que pueda afectar la vía o a los usuarios. Se debe planificar un mantenimiento de los caminos rurales para garantizar la durabilidad de dichos caminos; desde la primera etapa de planeamiento, se diseñan con los criterios óptimos de seguridad para todos los usuarios, y posteriormente se verifica que se mantengan dichos criterios durante las fases de proyecto, durante su construcción y cuando el camino está ejecutado.

Existe una gran cantidad de maneras de definir las intervenciones que se le deben hacer a los caminos después de su construcción inicial, se deben realizar; mantenimientos, rehabilitaciones y reconstrucciones. El objetivo de ello es conservar el camino de acceso en las condiciones originales, manteniendo un adecuado bombeo y evitar el deterioro de la capa de rodadura.

Una parte importante de la infraestructura vial, en los últimos años ha venido mostrando evidentes signos de deterioro, muchas veces prematuro y acelerado, por lo que a los pocos años de uso, los caminos suelen estar en malas condiciones ya que no se les da un adecuado mantenimiento o no se les da mantenimiento en lo absoluto, sino que requieren de una reconstrucción completa, lo que conlleva a un gasto elevado. Los caminos deteriorados significan un serio freno para el desarrollo económico y social, por cuanto en el futuro habrá que reemplazar la infraestructura que se ha perdido por descuido y por la falta del mantenimiento.

## **1.1. Caminos rurales**

Unen aldeas y a las poblaciones más pequeñas de un mercado regional, y son los caminos terciarios, secundarios y de penetración, estos caminos no son pavimentados, son angostos, las curvas en ellos son cerradas y con más pendientes que las carreteras principales.

La construcción o el mantenimiento de los caminos rurales trae consigo un sin número de beneficios para la comunidad, acceso a los mercados, servicios básicos para la población como electricidad, agua potable, servicios de salud y educación. Asimismo colabora en el aumento del valor de los terrenos y brinda mayores oportunidades de empleo.

### **1.1.1. Tipos de caminos rurales**

- Caminos de tierra

En ellos los vehículos circulan prácticamente sobre el terreno natural, libre de materia vegetal. En ocasiones se encuentran revestimientos muy ligeros en ellos, y su alineamiento y sistema de drenaje es muy deficiente, debido a esto la circulación en estos caminos solo es posible durante el verano o con vehículos de doble tracción. El componente principal es estos caminos lo constituye el suelo natural libre de vegetación y compactado, el cual es la subrasante.

- Caminos de terracería

Son aquellos donde los vehículos circulan sobre la superficie recubierta con balastro, en estado natural o seleccionado.

Por lo general poseen alguna conformación con su respectivo bombeo y cunetas. Algunas veces su alineamiento ha sido mejorado y se proyectan alcantarillas, lo que mejora el camino ya que los hace transitables durante todas las épocas del año.

- Caminos revestidos con material de base

En estos caminos circulan mayor cantidad de vehículos, por lo cual se debe disponer de una mejor superficie de rodadura. Por lo general cuentan con mayor derecho de vía, mejor alineamiento horizontal y vertical, el sistema de drenaje es el adecuado y su condición se mantiene estable durante todo el año, ya que sus componentes principales son la subrasante, la subbase y la base, que a su vez constituyen la superficie de rodadura.

### **1.1.2. Elementos que componen un camino**

Los caminos para un adecuado funcionamiento requieren de una serie de trabajos en los diferentes elementos que lo componen. La mayoría de las veces se le da importancia solo a la capa de rodadura y se descuidan sus demás elementos, pero se debe recordar que el estado de la capa de rodadura depende en gran manera, del estado de las otras partes que conforman el camino tales como el derecho de vía, subdrenajes, taludes, cunetas, cabezales y alcantarillas.

#### **1.1.2.1. Derecho de vía**

Es el área o superficie de terreno, propiedad del estado, destinada al uso de una carretera o camino, con zonas adyacentes utilizadas para todas las



instalaciones y obras complementarias, delimitadas a ambos lados por linderos de las propiedades colindantes.

El derecho de vía es una parte importante en un camino, ya que influye en la seguridad de los conductores al trasladarse por ella.

El ancho del derecho de vía está entre 6 a 10 metros, cuando hay condiciones especiales se establecen ya sea anchos mayores o menores, según la ubicación del camino rural.

#### **1.1.2.2. Sistema de drenaje para caminos rurales**

Los drenajes controlan las condiciones de flujo de agua en los caminos y mejoran las condiciones de estabilidad en cortes y terraplenes. Tienen la finalidad de evitar que el agua pluvial o el agua proveniente de corrientes superficiales, como ríos, llegue al camino.

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad. De la construcción del sistema de drenaje, dependerá en gran parte la facilidad de acceso y la vida útil del camino, por ello es tan importante realizarle mantenimiento a los drenajes de los caminos rurales, porque así dicho camino podrá ser duradero y no presentará ningún tipo de falla en el transcurso de su vida útil.

Para que un camino tenga un buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos, es de suma importancia tomar en cuenta el

estado de los drenajes, cuando se le realiza mantenimiento a un camino rural para su perfecto funcionamiento.

El aspecto más importante a tomar en cuenta por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y rehabilitación, es la ubicación y el diseño del sistema hidráulico.

Los objetivos básicos más importantes, para el sistema de drenaje, de los caminos rurales son:

- Pasar con seguridad, toda la cantidad de descarga que cruce el camino.
- Remover el agua fuera de la superficie del camino, para evitar daño al camino y su estructura.
- Prevenir impactos negativos al ambiente.
- Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje natural.
- Reducir la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- Remover, cuando sea necesario, el agua subterránea que se encuentre.

#### **1.1.2.2.1. Cuneta**

Son los canales, situados en uno o ambos lados de la línea central de la carretera con el propósito de conducir hacia los drenajes, las aguas provenientes de la corona y los taludes, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos, su misión es la de recibir y canalizar las aguas provenientes del camino donde son evacuadas, a través del bombeo y de la escorrentía superficial del talud de desmonte si este existe.

Existen diversos tipos de secciones empleadas en la construcción de cunetas, si bien es cierto que existen algunas secciones hidráulicamente mejores que otras, no es este el único cometido que debe procurar la geometría de una cuneta, su sección transversal es variable, según sea la sección de diseño. Se pueden construir de forma trapezoidal, triangular y cuadrada, siendo común la de forma triangular ya que facilita su limpieza por medios mecánicos, por razones de seguridad son deseables las cunetas de forma trapezoidal con taludes suaves, fondos amplios y aristas redondeadas.

La función principal de las cunetas es servir de canal para evacuar el agua de lluvia proveniente del camino.

Además de esta función principal, las cunetas presentan otro tipo de funciones útiles para el correcto funcionamiento del camino, como lo son:

- Control del nivel freático.
- Evacuación de las aguas infiltradas tanto en la carpeta de rodadura como en el terreno circundante.
- Servir de almacén eventual de deslaves o correntadas que se produzcan de deslaves de taludes.

El revestimiento de las cunetas puede hacerse utilizando diferentes materiales como piedra bola o de canto rodado, las superficies de las piedras se deben lavar antes de su colocación, para quitar la tierra, arcilla o cualquier materia extraña, estas piedras son ligadas con mortero de arena y cal, o de arena y cemento, la separación entre piedra y piedra no debe ser menor de treinta milímetros ni mayor de cincuenta milímetros, las cuales deben quedar completamente llenas de mortero, también se puede utilizar para su

revestimiento placas de concreto hidráulico prefabricadas o fundidas en el lugar, concreto simple fundido en sitio o mezcla asfáltica.

#### **1.1.2.2.2. Alcantarillas**

Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de un camino u otras obras viales, con el objetivo de evacuar las aguas superficiales y profundas, en las obras de drenaje transversal están comprendidas las alcantarillas, estas pueden ser de distintos tipos de materiales, de concreto, metal corrugado o de material plástico.

Un cronograma de mantenimiento debe ser establecido para que las alcantarillas y cunetas de drenaje, sean inspeccionadas periódicamente y limpiadas de material cuando estén obstruidas.

Las recomendaciones técnicas para la construcción de las alcantarillas son las siguientes:

- Diámetro mínimo 30".
- Pendiente de la tubería de 2 a 3 %, la cual se puede aumentar según la topografía del terreno.
- Compactar inicialmente los lados, sin tocar la tubería.
- La compactación sobre la tubería se debe hacer cuando se tenga una capa de 20 centímetros, sobre su corona.
- Preparar la zanja de la alcantarilla con un ancho igual al diámetro externo de la tubería más 30 centímetros como mínimo, a ambos lados.
- Cimentar la alcantarilla a una profundidad igual al diámetro externo de la tubería más 60 centímetros mínimo, de relleno sobre la corona de la tubería.

- Construir adecuadamente la cama en la cual se cimentará la tubería.

Con el fin de garantizar el perfecto funcionamiento de las alcantarillas se debe verificar lo siguiente:

- Alineamiento horizontal y vertical.
- Posibles problemas de erosión y sedimentación.
- Capacidad hidráulica de la tubería.
- Agrietamientos de las paredes de la tubería.
- Posibles problemas de taponamiento de la alcantarilla, para evitar este tipo de problemas, se debe asegurar que la limpieza de las alcantarillas se realice dos o tres veces al año y que se eliminen árboles caídos y otros sedimentos, que se ubiquen en sitios inmediatos a la entrada o a la salida de la alcantarilla.

#### **1.1.2.2.3. Cabezales**

Son las estructuras de concreto ciclópeo, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo, colocadas en los extremos de las alcantarillas, en la entrada y en la salida, para encauzar el agua y protección del camino.

Para el buen funcionamiento de los cabezales y garantizar su vida útil se deben seguir las siguientes consideraciones técnicas:

- Las dimensiones de los cabezales deben ser tales que impidan el deslizamiento de los taludes inmediatos hacia el canal de la corriente.
- La excavación requerida debe quedar prevista, durante la colocación de las alcantarillas.

- La altura de los cabezales y demás dimensiones dependen además de la profundidad a la cual se encuentra el terreno firme, o de la necesidad de dar consistencia al talud inmediato, en la salida de la alcantarilla.
- La construcción se debe realizar inmediatamente después de la colocación de las alcantarillas; con el fin de evitar el desacomodo de los tubos.

#### **1.1.2.2.4. Subdrenajes**

Son los drenajes de aguas subterráneas, que se construyen de tuberías perforadas, geotextiles y materiales pétreos para filtro, geo compuestos o simplemente materiales pétreos, el cual se conoce como drenaje francés.

Para la construcción del filtro se acostumbra el uso de un material granular uniforme de mayor capacidad filtrante, como: piedra, ductos porosos o perforados, geotextiles o la combinación de algunos de estos componentes.

El subdrenaje será conformado por una zanja de sesenta centímetros de ancho y una profundidad condicionada a la situación requerida. Esta profundidad deberá ser mayor de un metro.

Sobre el suelo de la zanja se colocan quince centímetros de material granular sobre el cual descansará un tubo perforado de 6" de diámetro. Luego el tubo será recubierto por el mismo tipo de material granular. Este subdrenaje capta el flujo lateral que emerge hacia la parte superior de la capa de rodadura.

## **1.2. Fines principales del mantenimiento de caminos rurales**

En el mantenimiento de los caminos rurales se definen los siguientes fines principales:

- Preservar la inversión efectuada en la construcción y la rehabilitación realizando los diferentes tipos de mantenimiento necesarios en un camino y así prolongar su vida útil.
- Garantizar la transitabilidad permanente de los usuarios en el camino, al igual que proporcionar comodidad, seguridad y economía, en la circulación de los vehículos que utilizan los caminos.
- Hacer un uso eficiente de los recursos destinados al mantenimiento y mejorar continuamente las técnicas de mantenimiento vial.





## **2. ESTRUCTURAS Y SISTEMAS DE MEZCLADO PARA CAMINOS RURALES**

Las terracerías se definen como volúmenes de materiales que se extraen o que sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre. La extracción puede hacerse a lo largo de la línea del camino; si este volumen de material se emplea en la construcción de terraplenes o rellenos, las terracerías son compensadas y el volumen de corte que no se utiliza se denomina desperdicio.

Las terracerías en terraplén se dividen en el cuerpo del terraplén, que es la parte inferior y la capa subrasante, que se coloca sobre la anterior con un espesor mínimo de treinta centímetros.

Todos los elementos que conforman una estructura deben ser inspeccionados en forma habitual, por personal de mantenimiento especializado en este tipo de obras. El objetivo debe ser detectar las fallas y deterioros, debe haber participación de profesionales especialistas tanto en el diagnóstico del problema, como en la preparación de las especificaciones para realizar las reparaciones.

Algunas estructuras que forman un camino rural:

- Subrasante

Es la línea trazada en perfil que define los volúmenes de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, la subrasante está ubicada debajo del balastro en proyectos de

terracería. Un buen criterio para diseñar la subrasante es obtener la más económica.

- Carpeta de rodadura

Las terracerías del camino pueden reunir características favorables para ser utilizadas como superficie de rodamiento, ya sea en su estado natural, o bien, mezcladas con algún material que, modificando sus características, las hagan aceptables como superficies de rodamiento.

Sin embargo, estas condiciones son excepcionales por lo que en general se requiere protegerlas, a fin de que, bajo la acción del tránsito y las precipitaciones pluviales, no experimenten un rápido deterioro. Esta protección se efectúa mediante una capa de balastro de espesor variable; entre diez a veinticinco centímetros, para lo cual se utilizan materiales seleccionados de acuerdo con las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.

- Balastro

Es el material adecuado, que cumpla con especificaciones, según el laboratorio de suelos. El cual se coloca sobre la subrasante terminada de una terracería, con el objetivo de protegerla y que sirva de superficie de rodadura, para permitir el libre tránsito durante todas las épocas del año. Este se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso.

Anteriormente se colocaba el balastro directamente sobre la terracería del camino, lo cual ocasionaba frecuentemente la incrustación del balastro por ascensión de material fino o ambas cosas, cuando el material constituyente de dichas terracerías era fino como limos o arcillas. La práctica anterior unida a la compactación insuficiente, era común que en las terracerías de los caminos rurales se produjeran muchas veces problemas de estabilidad, sobre todo si se piensa que el balastro, por su naturaleza muy permeable permitía el paso del agua hacia las terracerías.

La situación anterior condujo a la norma, popular en cierta época, de mejorar en lo posible la calidad de la parte superior de las terracerías, al principio simplemente compactándola algo más y, posteriormente, construyendo una capa subrasante con la misma idea, funciones y calidades de las subrasantes de los caminos rurales, que es lo que se utiliza actualmente.

Algunas de las actividades que se deben realizar para el mantenimiento o la construcción de caminos rurales y los materiales a utilizar en alcantarillas, subrasantes, terraplenes, cunetas y cabezales son las que se detallan a continuación:

## **2.1. Excavación**

Deben ser construidas cuidadosamente, ajustándose a la línea y pendiente señaladas. Las caras laterales serán verticales.

Existen varios tipos de excavaciones como lo son la excavación estructural y la excavación en roca.

### **2.1.1. Excavación estructural**

Consiste en la extracción de material en un terreno y previo a la construcción de terraplenes. Incluyendo el suministro, acarreo, acopio, colocación, desecho de material, formación de taludes, conformación, compactación y acabado de material de tierra y rocoso. La mayor parte de los trabajos de construcción comprenden algún tipo de excavación para cimientos, alcantarillas y servicios bajo el nivel del suelo.

Cuando la cimentación tenga que asentarse sobre una superficie excavada que no sea roca, debe tenerse especial cuidado en no disturbar el fondo de la excavación, y la remoción final del material de la excavación hasta la cota indicada, debe hacerse hasta que esté por colocarse el cimiento.

Son materiales inadecuados para la construcción de terraplenes y subrasantes, los siguientes:

- Los correspondientes a la capa vegetal.
- Los suelos altamente orgánicos constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación es basada en una inspección visual, están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen textura fibrosa, de color café oscuro o negro y se siente el olor de la materia orgánica. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia.

#### **2.1.1.1. Excavación no clasificada**

Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo siempre y cuando sea factible, los materiales adecuados que se corten dentro del prima del camino, se deben usar en la construcción de rellenos, terraplenes, subrasantes, hombros, ampliación y acabado de los taludes de terraplenes o cualquier elemento que implique la construcción del camino, incluyendo cunetas y prolongación de las mismas para el drenaje adecuado del camino.

Ningún material excavado se debe desperdiciar, a menos que sea indicado en los planos y se tenga un lugar para depositarlo, para esto se utiliza el laboratorio de suelos.

Cuando se han realizado todos los trabajos de relleno y otros elementos con el material proveniente del corte y exista material sobrante, este tendrá que reubicarse, cuando así se haya contemplado en el diseño.

#### **2.1.1.2. Excavación no clasificada de desperdicio**

Es el material resultante de la excavación que de acuerdo con los planos, constituye sobrante o que sea material inadecuado para la construcción de la obra. Este podrá derramarse sobre los taludes o colocarse en botaderos, pero no deberá ocasionar ningún daño a la propiedad privada, a la vida humana, a sembradillos, ni contaminar ninguna corriente de agua, ni obstruir la infiltración de la misma hacia el subsuelo, así como tampoco obstruir los canales de entrada y salida de las alcantarillas, ni cubrir las áreas donde se construirán las cimentaciones de las estructuras.

### **2.1.1.3. Excavación no clasificada de préstamo**

Cuando todo el material proveniente del corte sea insuficiente, para completar los rellenos y terraplenes, y que esté indicado en los planos o disposiciones especiales, se tendrá que recurrir a préstamo y así obtener materiales provenientes de áreas, ubicadas fuera de los límites de construcción o bancos de préstamo, las áreas de préstamo deben ser limpiadas, chapeadas y destroncadas, antes de iniciar la excavación.

Reemplazar cualquier parte que sufra desplazamiento, o si resultan daños causados por hundimientos o inundaciones.

La excavación de préstamo incluye préstamo no clasificado, préstamo selecto y material selecto para la capa superior de la terracería o terraplén.

### **2.1.2. Excavación en roca**

Cuando se encuentra un fondo rocoso, la excavación se debe efectuar en tal forma que la roca sólida quede expuesta y preparada, en lechos horizontales o dentados para recibir concreto. Deben ser removidas todas las rocas sueltas o fracturadas, así como los estratos delgados. Las grietas o cavidades que queden expuestas, deben ser limpiadas y rellenadas con concreto de los cimientos.

Cuando se encuentre roca en las excavaciones para cimientos de muros o cabezales de concreto o mampostería para alcantarillas, y la roca sea de tal calidad que evite la erosión, podrá eliminarse la parte del muro debajo de la superficie del estrato rocoso.

### **2.1.3. Excavación estructural para alcantarillas**

Cuando se coloque una alcantarilla debajo de la línea de terreno original, se debe excavar una zanja a la profundidad requerida, conformándose el fondo de la misma, de manera que se asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla.

El ancho de la zanja debe ser el mismo que permita trabajar con libertad, a los lados de la alcantarilla y para la compactación completa del relleno con material selecto, debajo y alrededor de la misma. Las paredes de la zanja deben quedar verticales, desde la orientación, hasta por lo menos la corona de la alcantarilla.

El fondo de la zanja deberá ser firme en toda su longitud y ancho. Cuando sea necesario en el caso de drenajes transversales, la zanja deberá tener pendientes longitudinales.

## **2.2. Relleno estructural**

El material para el relleno debe ser suelo fino de fácil compactación o material granular escogido de la excavación y no deberá contener terrones, piedras, trozos de arcilla sumamente plástica, ni otros materiales objetables. El material granular para relleno deberá tener menos del 95 % de retenido en el tamiz número cuatro. El material demasiado grueso, deberá ser eliminado en su lugar de origen.

### **2.2.1. Relleno estructural para alcantarillas**

Se construirá con material de relleno para estructuras. El material de relleno debe compactarse en capas que no excedan de 150 o 200 milímetros de espesor, debiendo ser colocadas simultáneamente a ambos lados de la alcantarilla para que no se produzcan presiones desiguales o presiones excéntricas a lo largo de la tubería. La compactación puede hacerse por medio de compactadoras mecánicas.

No se permitirá que se opere equipo pesado sobre la alcantarilla, sino hasta que haya sido hecho correctamente el relleno y hasta que esté cubierta.

En general las zanjas y las excavaciones deben rellenarse inmediatamente después que el mortero de las juntas, haya endurecido lo suficiente para no ocasionarle ningún daño, hasta una altura no menor de sesenta centímetros sobre la corona de la alcantarilla.

### **2.3. Cemento, agregados, concreto y concreto ciclópeo**

Todos los materiales que se utilicen en el mantenimiento o cualquier otra actividad en un camino rural, quedan sujetos a inspección, prueba o ensayo y rechazo en cualquier tiempo, previo o durante su incorporación dentro del proyecto.

Todos los materiales que no estén de acuerdo razonablemente ajustados a los requisitos de las especificaciones, al ser ensayados para su aceptación serán considerados como inaceptables y todos los materiales serán rechazados y deben ser retirados del lugar de trabajo.



Todos los materiales deben cumplir con estrictas normas de calidad, por lo que es imprescindible que en los lugares donde se adquieran estos materiales, se le hagan los ensayos necesarios y que su fabricación cumpla con las especificaciones necesarias, el control de calidad se puede controlar por medio de muestras, efectuando pruebas de laboratorio requeridas, comparando los resultados obtenidos con las especificaciones y normas.

Es de suma importancia tomar en consideración el almacenamiento adecuado de los materiales, para que estos no pierdan sus propiedades, y que sean adecuados para cuando sea necesaria su utilización, se deben poder inspeccionar fácilmente.

### **2.3.1. Cemento**

El que haya sido almacenado por más de sesenta días, debe volver a ser inspeccionado y hacerle más ensayos, a fin de establecer si puede utilizarse nuevamente.

Cuando el cemento se ha hidratado, la masa plástica se transforma en un material semejante a la roca. Este período de endurecimiento se llama fraguado, en el cual se requieren, tiempo, temperaturas favorables y la presencia continua de agua. No puede usarse el cemento que haya sido dañado por exposición a la humedad, que haya fraguado parcialmente, que tenga grumos o que esté endurecido, este debe ser rechazado totalmente.

### **2.3.2. Concreto**

Está compuesto principalmente por cemento, agregados y agua, contiene asimismo una cantidad de aire atrapado.

Los factores básicos en el diseño de una mezcla de concreto son la economía, facilidad de colocación, velocidad de fraguado, resistencia, durabilidad, impermeabilidad, peso unitario y apariencia adecuada.

El concreto es un material heterogéneo que depende de numerosas variables, como lo son la calidad de cada uno de sus materiales componentes, las proporciones en que estos son mezclados entre sí y las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

#### **2.3.2.1. Agregados para el concreto**

El manejo y almacenamiento de los agregados para el concreto debe hacerse en forma tal, que se evite la mezcla con materiales extraños y que no pierda sus propiedades. Los lugares destinados al almacenamiento y apilamiento de los materiales, debe prepararse, limpiándolos de toda materia vegetal, árboles, troncos, malezas, así como los residuos de basura.

Los agregados finos y cada tamaño de los gruesos deben almacenarse en pilas separadas a suficiente distancia uno de otro, para evitar su mezcla. Las pilas deben ser libres de monte u otra vegetación o substancias orgánicas. Las pilas deben tener forma geométrica regular, no permitiéndose alturas inferiores a cinco metros, ni mayores de veinte metros.

No se debe verter el agregado de manera que parte de este se escurra hacia abajo sobre las capas inferiores de la pila, no se deben verter los agregados con cubetas. Los agregados lavados, deben escurrir por lo menos 24 horas.

La cubierta debe colocarse directamente encima de los agregados fijándola adecuadamente y cubriendo toda la superficie de las pilas, para asegurar su protección contra la acción de los elementos naturales.

#### **2.3.2.2. Calidad del concreto**

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión, la cual debe ser especificada en los planos.

Los requisitos para comprobar la resistencia del concreto deben basarse en la prueba de resistencia a la compresión del concreto, las cuales se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada, cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada.

#### **2.3.3. Concreto ciclópeo**

El concreto ciclópeo es una combinación de mortero y piedra grande, de tamaño no mayor de trescientos milímetros. La piedra puede consistir en piedra cantera o canto rodado, de buena calidad, de preferencia en su estado natural, limpia, dura, sana, durable, libre de segregaciones, fracturas, grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie.

El volumen total de la piedra adicional no debe exceder un tercio del volumen total del concreto ciclópeo. La proporción de este concreto es de 33 % de concreto de baja resistencia y 67 % de piedra bola.

### **2.3.3.1. Colocación del concreto ciclópeo**

En la colocación del concreto ciclópeo la piedra deberá colocarse cuidadosamente, a mano, sin dejarle caer, para no causar daño a las formaletas, a las tuberías transversales que son los cabezales o al concreto adyacente parcialmente fraguado. Todas las piedras antes de ser colocadas deben ser limpiadas y deben mojarse con agua limpia, así se evita que las piedras absorban agua del concreto y se contaminen.

Cada piedra debe estar redondeada por lo menos ochenta milímetros de concreto y no debe colocarse ninguna, a menos de doscientos cincuenta milímetros de cualquier superficie superior, ni a menos de ochenta milímetros de cualquier otra superficie de la estructura que se está construyendo.

Si se interrumpe la fundición, al dejar una junta de construcción, deben dejarse piedras sobresaliendo no menos de cien milímetros para formar llave. Antes de continuarse la fundición, debe limpiarse la superficie donde se colocará el concreto fresco y mojarse con agua limpia.

El concreto ciclópeo no debe usarse en estructuras, cuya altura sea menor de seiscientos milímetros o en las que el espesor sea menor de trescientos milímetros.

### **2.3.4. Mortero**

Para este tipo de estructuras de mampostería el mortero, debe estar formado por una parte de cemento y por tres partes de agregado fino.

Se debe preparar con agua limpia exenta de sales perjudiciales al cemento y en la cantidad necesaria, para formar un mortero de tal consistencia, que se pueda manejar y extender fácilmente en las superficies de las uniones.

El mortero se debe preparar en cantidades necesarias para uso inmediato, siendo treinta minutos el máximo de tiempo para emplearlo y en ningún caso, se debe permitir el retemple del mortero.

#### **2.3.4.1. Zampeado con mortero**

Es la protección con roca colocada con o sin mortero, construida con el objetivo de proteger márgenes, taludes, estructuras de drenaje y para el control de la erosión y son estructuras formadas por piedra bola o de canto rodado.

El mortero debe consistir en una mezcla de una parte de cemento para mampostería, cemento hidráulico, con dos partes de agregado fino. Se puede agregar cal o ceniza muy fina, en una cantidad que no exceda del 10 % del cemento hidráulico.

El mortero debe ser colocado únicamente cuando la temperatura esté arriba de 5 grados centígrados, y evitando la segregación.

Se debe de apisonar, ya que todos los vacíos deben ser rellenados sin perturbar la posición de las rocas.

El zampeado con mortero debe mantenerse húmedo durante tres días después de haber sido terminado. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre el mismo, por lo menos durante cuatro días después de haber terminado el trabajo.

### **2.3.5. Mampostería**

Después de la colocación de la mampostería todas las superficies visibles de las piedras se deben limpiar de las manchas del mortero y mantenerse limpias.

La mampostería se debe mantener húmeda durante tres días después de haber sido terminada. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre o contra la mampostería terminada, ya sea la de piedra o la de bloque, por lo menos durante catorce días.

#### **2.3.5.1. Mampostería de piedra**

Son estructuras formadas por piedras labradas o no labradas unidas con mortero, que se utilizan para construir ya sea cabezales y cajas, muros de protección y retención. La piedra puede ser de canto rodado o material de cantera labrado o no labrado, la piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie.

Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar una adecuada adherencia del mortero. Las piedras pueden ser de cualquier forma y sus dimensiones pueden variar la menor de cien a doscientos milímetros y la mayor de doscientos a trescientos milímetros.

### **2.3.5.2. Mampostería de bloque**

Son las estructuras formadas por bloques de cemento unidos con mortero, que se utilizan para construir cajas y cabezales de alcantarillas, muros de protección y retención.

Los bloques deben ser de forma prismática de 10, 15 o 20 centímetros de alto, 20 centímetros de ancho y 40 centímetros de largo.

Los bloques deben ser sometidos a alguno de los métodos de curado, que serán descritos a continuación:

- Curado a vapor

Los bloques se pueden colocar en una cámara de curado mantenida a la temperatura y por el tiempo necesario, para que los bloques alcancen la resistencia especificada. La cámara se debe construir en forma tal, que permita la libre circulación de vapor alrededor de todos los bloques.

- Curado con agua

Los bloques pueden ser curados por medio de rociado frecuentemente y continuo de agua, o por cubiertas saturadas, u otros métodos que mantengan la humedad durante el período de curado, el tiempo mínimo es de 72 horas.

Para la colocación de los bloques, las superficies se deben humedecer antes de colocarlos, las separaciones entre los bloques no debe ser menor de diez mm ni mayor de quince mm.

Los bloques se deben manipular en tal forma, que no golpeen a los ya colocados para que no alteren su posición; no se debe permitir rodarlos sobre el muro en construcción, ni golpearlos o martillarlos una vez colocados. Si un bloque se afloja después que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, este se debe remover, así como el mortero circundante y colocarlos de nuevo.



### **3. MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS RURALES**

El mantenimiento de un camino consiste en prever y solucionar los problemas que se presentan, a causa de su uso, y así brindar al usuario el nivel de servicio para el cual el camino fue diseñado. La vida de un camino está en función de una adecuada respuesta al mantenimiento.

Se definirá mantenimiento vial como aquel trabajo necesario para mantener en condiciones de vialidad a los caminos, manteniendo vigente la vida útil para la cual fueron diseñados y de ser posible, más allá de dicho período.

El objetivo de la realización del mantenimiento a un camino rural es precisamente para tratar de reducir al mínimo los problemas que afectan a las poblaciones, debido a la falta de un adecuado mantenimiento al camino, con el fin de minimizar las dificultades del transporte de los productos agrícolas y sus consumos; por medio de esto poder mejorar las condiciones de vida de los habitantes de los poblados beneficiados.

#### **3.1. Deterioro y protección en un camino rural**

Los caminos rurales, por sus características no son pavimentados y la mayoría son transitables solo en época de verano, lo que equivale a decir que un gran porcentaje de estas poblaciones por carecer de caminos construidos para todo el año, permanecen incomunicados la mayor parte del tiempo.

Las cargas que actúan sobre el camino lo desgastan provocando daños que deben ser tratados según la severidad de los mismos.

El mantenimiento de los caminos rurales, en lo operativo, comprende un conjunto de actividades permanentes que permiten con ello que el camino sea transitable durante las diferentes épocas del año, por cualquier tipo de vehículo terrestre, contribuyendo de esta manera al desarrollo de diferentes actividades en beneficio de las comunidades rurales de Guatemala.

Una carretera es una inversión de capital importante, de la cual debería esperarse un adecuado retorno. La omisión del mantenimiento adecuado de un camino, conduce a un rápido deterioro, dando como resultado una costosa reconstrucción. El mantenimiento, es por lo tanto, una contribución importante y digna de consideración para el bienestar económico del país.

Uno de los impactos más importantes que conlleva consigo la construcción de los caminos rurales es el relacionado con lograr que estas vías sean transitables. Los habitantes beneficiados con la habilitación del camino, efectúan en un tiempo mucho menor al que invertían anteriormente, para llevar a sus enfermos y sus productos a los poblados en búsqueda de mejor atención y mejor venta para su cosecha.

Hay varios aspectos a tomar en cuenta para prevenir el deterioro de un camino rural, entre ellos está la protección de la capa de rodadura, y con ello hay que tomar en cuenta su deterioro.

### **3.1.1. Deterioro de la capa de rodadura**

La capa de rodadura es la capa superior de la superficie del camino sobre la cual circulan los vehículos es la que está en contacto directo con el tránsito. La capa de rodadura es necesaria ya que la subrasante o la base no resisten por sí solas, la acción de los elementos naturales, ni los efectos del tránsito.

Los caminos rurales usualmente no tienen pavimento y este tipo de superficie está compuesta de tierra y agregados, sin ningún material aglomerante, tal como lo es el asfalto o el cemento. Esta superficie, usualmente grava, forma una capa cuando se usa una mezcla correcta de agregados finos y agua, cuando el agua se evapora, esta capa dura forma la superficie de rodamiento.

Varios factores contribuyen al deterioro de los caminos rurales, como el incremento en el tránsito ya que este desestabiliza la base del camino, y con ello se hace necesaria una rehabilitación.

El agrietamiento de la capa de rodadura ocasiona ondulaciones en la superficie, esto puede ser causado por el tránsito vehicular, por lo cual la superficie de rodadura necesita mantenimiento básico.

También el clima es un factor importante en el deterioro de la capa de rodadura, ya que un clima seco o lluvioso puede poner en peligro el balance de los materiales.

Entre las fallas típicas de un camino rural sin pavimento están, las ondulaciones, carriles, puntos blandos y baches, las cuales afectan la superficie de rodadura.

#### **3.1.1.1. Ondulaciones**

Son distorsiones del camino, las cuales son causadas por el movimiento plástico de la superficie y con ello se causan protuberancias constantes en el camino.

Las ondulaciones también son causadas por la acción de agrietamiento de las ruedas de los vehículos, cuando los caminos desarrollan depresiones que causan un rebote al vehículo que transita por el camino.

Cuando las partículas grandes y redondeadas son unidas por un material aglomerante fino, también puede contribuir a la formación de las ondulaciones.

Si se deja que las ondulaciones permanezcan en el camino, ellas empeoran y se extienden; por lo tanto, el mantenimiento adecuado es sumamente necesario.

#### **3.1.1.2. Carriles**

Son depresiones continuas de la superficie de rodadura a lo largo de un camino. En los caminos rurales no pavimentados, cuya superficie es inestable por el exceso de agua, es muy frecuente que se presente este tipo de falla, lo cual ocasiona el deslizamiento de los materiales en la capa de rodadura.

#### **3.1.1.3. Puntos blandos**

Son grandes áreas de inestabilidad en la superficie de rodadura o en la subrasante. Este tipo de falla puede ocurrir tanto en caminos no pavimentados, como en caminos con superficie de agregados.

Su causa principal es por la presencia de áreas de depresión o por falta de corona, la cual conduce a acumulación de agua; el agua que queda estancada penetra a la subrasante, causando una falta de capacidad soporte del suelo y la presencia de otras fallas cuando la subrasante está sujeta a cargas.

#### **3.1.1.4. Baches**

Son pequeñas áreas en la superficie de los caminos rurales no pavimentados, en las cuales el material de la superficie ha sido extraído por el tránsito vehicular. Estos también resultan cuando un camino es sujeto a un alto volumen de tránsito y la subrasante falla.

Los baches son causados con mayor frecuencia por la falta de mantenimiento en el camino.

Es de suma importancia prestarle atención al mantenimiento de un camino rural, actuando con rapidez y detectando las posibles fallas que pueden ocurrir en la capa de rodadura, ya que si se permite que tanto las ondulaciones, los carriles, los puntos blandos y los baches aparezcan, su reparación es más complicada.

#### **3.1.2. Protección de la capa de rodadura**

Inmediatamente después de la construcción de un camino, este debe protegerse para evitar su destrucción, ya sea por el tránsito o por los agentes atmosféricos, por ello debe dársele protección y el mantenimiento adecuado a la capa de rodadura.

Como se mencionó la capa de rodadura es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito, es el área destinada a la circulación de los vehículos.

Su propósito es proveer una superficie que cumpla con las siguientes funciones:

- Resistir con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por las llantas de los vehículos.
- Proteger las capas inferiores de los efectos del sol, lluvia y frío. Garantizando el recubrimiento de las capas inferiores, lo cual las protege del desgaste, la erosión y la filtración.
- Tener textura apropiada al rodamiento.
- Ofrecer una superficie lisa y uniforme.
- Ser durable.
- Ser económica.

Estos requisitos definen una capa de material granular de muy buena calidad, que no es posible obtener de una forma del todo natural y cuyas partículas deben ser inclusive ligadas con algún tipo de material. La capa de rodadura se construye con suficiente espesor y de una calidad tal que se logra que los esfuerzos transmitidos a la terracería sean compatibles con la calidad de esta.

Los suelos cohesivos nunca podrían soportar la acción directa y prolongada del tránsito; los materiales granulares, tal como se encuentran, a pesar de su mayor resistencia potencial ofrecerían una superficie inestable por falta de coherencia. Pero ello implica mayores costos.

Entre los materiales utilizados para mejorar el confort, para proporcionar apoyo estructural y para impermeabilizar la superficie del camino a fin de usarse en la temporada de lluvias, está la roca, cantos rodados y agregados triturados;

estos mejoran la superficie de rodadura. Una superficie estabilizada de rodadura mejora la tracción y ofrece protección contra la erosión.

El material adecuado para utilizarse como capa de rodadura, varía según la región y las fuentes locales de agregados, canteras o ríos. Es una mezcla de tres tamaños o tipo de material; piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, la capa de rodadura será pobre. El espesor de la capa de rodadura, está comprendido entre 15 y 20 cm.

El agregado a utilizar para la capa de rodadura debe cumplir con dos funciones básicas:

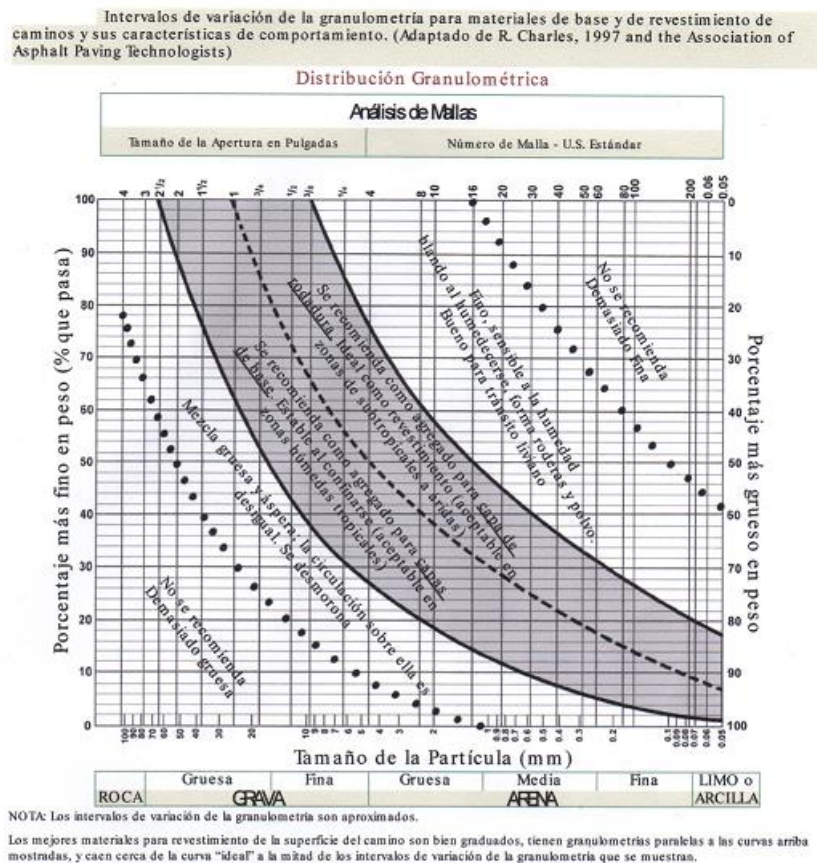
- Debe tener calidad suficientemente alta y el grosor suficiente para proporcionar apoyo estructural para el tránsito.
- Debe estar bien graduado y mezclarse con suficiente cantidad de finos, de preferencia con cierta plasticidad, para evitar el desmoronamiento y formación de ondulaciones.

Se necesita un porcentaje de piedra para soportar las cargas, asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada según el tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de rodadura.

Una capa de rodadura sin suficientes finos, está expuesta a perderse, porque es inestable. Por ello se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos, que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Con respecto a la selección de los materiales para que funcionen adecuadamente como capa de rodadura, de requiere que sean estables a la acción abrasiva del tránsito, relativamente impermeables y que tengan además, la acción capilar que le permita reemplazar la humedad que se pierde por evaporación y que es necesaria para mantener ligadas las partículas.

Figura 1. Intervalos de variación de la granulometría para materiales de base y revestimiento de caminos y sus características de comportamiento



Fuente: KELLER, Gordon; SHERAR, James. *Guía de campo para las mejores prácticas de gestión de caminos rurales*. p. 122.



En la figura anterior se muestra la distribución granulométrica, para materiales que pueden ser utilizados para base y para capa de rodadura.

Idealmente el agregado para capa de rodadura es duro, triturado o tamizado hasta alcanzar tamaños máximos de 5 cm y está bien graduado para lograr la densidad máxima. Contiene entre 5 y 15 % de ligante arcilloso para evitar el desmoronamiento y tiene un índice de plasticidad de entre 2 y 10.

- Banco de préstamo

La localización de los bancos de préstamo es un aspecto importante, ya que deben tenerse varias alternativas para escoger el o los bancos que ofrezcan mayores ventajas, tomando en consideración cantidad y calidad de los materiales así como, distancias de acarreo.

El uso de materiales locales de costo relativamente bajo puede traer como resultado la aplicación de mayores extensiones de superficie de rodadura y de mejor protección, ya que los materiales están muy a la mano y no son caros. Sin embargo, los materiales de baja calidad implicarían un mayor mantenimiento del camino y pueden tener un comportamiento pobre.

- Graduación de los materiales para capa de rodadura

Las fuentes de material para capa de rodadura se encuentran en cauces de ríos y arroyos. Cuando los materiales en su estado natural, no cumplen con los requisitos de granulometría, se someten a ciertos tratamientos, siendo el más sencillo el del cribado, que consiste en eliminar los de

tamaño mayor a 3". Al darle tratamiento al material, se procura que no sea costoso.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene la graduación ideal, donde el material sin procesar puede utilizarse directamente, por lo que será necesario realizarle la granulometría para que cumpla con los requerimientos. En general los materiales serán agregados naturales procedentes de canteras o trituración de rocas y gravas, o constituidas por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Es recomendable que las piedras tengan caras fracturadas o aristas y superficies rugosas, ya que su comportamiento es mucho mejor que la piedra lisa redondeada o canto rodado, dándole a la capa de rodadura mayor resistencia y estabilidad bajo las cargas actuantes.

Gravas procedentes de bancos que contienen piedras fracturadas naturalmente son consideradas como muy buenos materiales. En todo caso, se podrán obtener mejores resultados procesando el material por trituración.

Es muy importante indicar que no todas las gravas son iguales, por lo que la calidad verdadera debe ser determinada efectuando ensayos y dosificaciones de los materiales que constituyen la capa de rodadura.

- Capa de balasto:

Es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de un camino, con el objetivo de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

- Características necesarias para el balasto:
  - Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño.
  - Debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/m<sup>3</sup> determinado por la Norma AASHTO T19.
  - El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros.

Para la colocación del balasto no se debe dejar de cubrir la subrasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros.

Cuando la capa de balasto se deba colocar sobre una subrasante existente, esta debe ser previamente conformada, escarificada y compactada superficialmente.

Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. La capa debe ser nivelada con equipo apropiado para asegurar una compactación uniforme.

En la tabla que a continuación se presenta, se muestra un resumen de las normas utilizadas en los ensayos que se le realizan al material balastro, para ser utilizado como capa de rodadura.

Tabla I. **Resumen de ensayos y normas utilizadas para el material balastro**

NORMAS PARA MATERIAL BALASTO	
ENSAYOS	NORMAS
Compactación	AASHTO T 180, AASHTO T 191
Graduación	AASHTO T 27, AASHTO T 11
Abrasión	AASHTO T 96
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice plástico	AASHTO T 90
Peso unitario	AASHTO T 19
Determinación de humedad	AASHTO T 217

Fuente: elaboración propia.

Un proceso sumamente importante es de humectación de la capa de rodadura ya que acondiciona la humedad del suelo. Este proceso cumple una doble función:

- Asegura la óptima compactación del material, asegurando la suficiente resistencia y reduciendo los posteriores asentamientos de la capa de rodadura.
- Evita las variaciones de humedad que se produzcan después de la construcción o del mantenimiento, provoquen cambios excesivos de volumen en el suelo, ocasionando daños y deformaciones en la capa de rodadura.

Suele tomarse como humedad de referencia la determinada en el ensayo de proctor normal o modificado, denominada humedad óptima proctor.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la compactación ya que luego de conseguir el grado de humedad óptimo, se procede a la compactación, cuyo objetivo es aumentar la estabilidad y resistencia mecánica de la superficie, ello se consigue comunicando energía de vibración a las partículas que conforman el suelo, produciendo una reordenación de estas, que adoptarán una configuración energéticamente más estable.

En otros términos la compactación trata de forzar el asiento prematuro de la capa de rodadura, para que las deformaciones durante la vida útil del camino sean menores, ya que cuanto más compacto esté el suelo, más difícil será volverlo a compactar.

La compactación resulta útil para proteger la inversión en los agregados para el camino, para minimizar la pérdida de finos y para evitar el desmoronamiento. La compactación puede lograrse con el menor esfuerzo si el suelo o agregado está bien graduado y si está húmedo. Idealmente, debe estar cerca del contenido óptimo de humedad, como es determinado en pruebas como las de densidad de humedad "Proctor".

#### **3.1.2.1. Tipos de operaciones de mantenimiento necesarias**

El mantenimiento de un camino comprende los trabajos realizados en diferentes períodos de tiempo, con el propósito de conservar en buenas condiciones, sus diferentes elementos, prestando el servicio de una forma eficiente para el cual fue diseñado.

Si se pospone el mantenimiento ya sea el mantenimiento preventivo o correctivo, puede con ello convertirse en una reparación mucho más grande y hasta puede hacer que el camino sea intransitable.

Con el mejoramiento de las condiciones de transitabilidad, se tendrán mejores perspectivas para lograr servicios urgentes y necesarios para la población, como la introducción del drenaje, centros de salud, escuelas, agua potable, electricidad y otros.

Un camino rural no pavimentado necesita un mantenimiento adecuado, de lo contrario se deteriorará rápidamente, este requiere aplanamiento y dar forma de nuevo a la sección transversal, para con ello proveer un desagüe adecuado y mantener una superficie compacta y pareja, con una pendiente adecuada.

Entre las operaciones de mantenimiento está el alisamiento de la capa de rodadura, logrando dar nueva forma a la corona, pasando una motoniveladora en la época de verano, al igual que reajustar la mezcla de agregados tanto finos como gruesos, evitando polvoreadas.

En muchos caminos rurales que se han construido en zonas donde no se dispone de materiales de buena calidad y las condiciones de clima son severas, se tienen problemas continuos con deformaciones de la capa de rodadura, estos problemas deben ser previstos y proceder a evitarlos mediante estabilizaciones, las que consisten principalmente en agregar pequeña cantidad de material cementante, para evitar que el material de revestimiento se desplace o se incruste en las terracerías.

La capacidad portante o CBR, de los materiales de las capas de subrasante y de la capa de rodadura, deberá estar de acuerdo a los valores de diseño, no se admitirán valores inferiores.

En consecuencia, sí los materiales a utilizarse en el camino no cumplen las características generales, se efectuará la estabilización correspondiente del suelo.

Antes de iniciar el proceso de estabilización se deben llevar a cabo varios trabajos, los cuales son de suma importancia para conocer con exactitud el suelo en el que se estabilizará y que material es el ideal. Estas etapas se deben realizar antes de efectuar la estabilización y se describen a continuación:

Tabla II. **Etapas previas a la ejecución de la estabilización de un camino rural**

<b>ETAPAS</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>EQUIPO</b>
Clasificación del suelo	Identificación de la naturaleza y características del suelo.	Ensayos de laboratorio: granulometría, plasticidad, humedad óptima y materia orgánica
Elección y estudio de dosificación del conglomerante	Definición del conglomerante y ensayos para definir dosificación.	Estudio de laboratorio: Proctor, CBR y resistencia.

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2.2. Estabilización en la base**

Cuando empiezan a aparecer carriles y puntos blandos en un camino rural no pavimentado, ello indica la presencia de una base inestable, lo cual ocurre cuando transitan por la vía vehículos con carga pesada. Los materiales presentes en la base pueden ser fortalecidos para soportar cargas más grandes, adicionando estabilizadores, tales como cemento, cal o asfalto.

La estabilización de los suelos es un proceso orientado hacia el mejoramiento integral de sus propiedades geotécnicas, es una técnica cuyo fin es modificar sus características mediante la incorporación de un conglomerante, ya sea cal o cemento, para permitir su aprovechamiento.

Al estabilizar un suelo se aumenta la resistencia a la erosión, a la helada, y a otros agentes climáticos. También permite la circulación de vehículos por terrenos que son intransitables.

El grado de estabilización depende del tipo de suelo, del aditivo utilizado, de la cantidad añadida, y muy especialmente de la ejecución. La técnica de estabilización de los suelos se aplicará utilizando materiales granulares locales y material estabilizador que permita una solución más económica sobre otras alternativas.

La estabilización de un suelo es un proceso que tiene por objetivo mejorar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua, entre otros.

Durante el proceso de estabilización de un suelo, no se pueden obviar ninguna de las etapas mencionadas en la tabla siguiente, ya que con ello se realiza el trabajo de estabilización de una manera adecuada.



Tabla III. **Etapas a realizar durante la ejecución de la estabilización de un camino rural**

<b>ETAPAS</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>EQUIPO</b>
1. Preparación del suelo		
Escarificado y disgregación	Disgregar el suelo	Pala, Bulldozer o motoniveladora
Nivelación	Obtención de la rasante	Motoniveladora
Aireación o humectación	Conseguir la humedad óptima con el ensayo de laboratorio Proctor	Aireación: ripper o estabilizadora Humectación: camión cisterna con barra regadora y distribuidor de lechada
2. Distribución de conglomerante	Aporte del conglomerante con dotación requerida de acuerdo a fórmula de trabajo y espesor.	Se puede realizar en forma manual en obras de reducido tamaño y con un distribuidor conglomerante si es muy grande la obra.
3. Mezclado	Mezcla del suelo con el conglomerante y el agua, logrando una mezcla homogénea.	Con Pulvimixer en obras de reducido tamaño y también se utiliza la recicladora-estabilizadora.
4. Compactación inicial	Obtención de la densidad en el fondo de la capa, pre compactando el suelo.	Rodillo liso vibrante
5. Refino	Obtención de la rasante definitiva. Mejora la regularidad superficial.	Motoniveladora
6. Compactación final	Obtención de la densidad	Rodillo liso vibrante
7. Riego de curado	Mantener la superficie húmeda y crear una película impermeable.	Pipa con barra regadora.

Fuente: elaboración propia.

La estabilización puede ser granulométrica o mecánica, conformada por mezclas de dos o más suelos de diferentes características, de tal forma que se puede obtener un suelo de mejor granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad, entre otros.

La estabilización granulométrica consiste en mezclar dos o más suelos, para obtener un material de características admisibles, para ser utilizado como subrasante o como capa de rodadura. En general, se deben utilizar materiales locales a fin de optimizar los costos de preparación y de transporte.

Normalmente uno de los suelos es el natural de la subrasante y el otro es el de aporte para mejorar sus propiedades.

En general, las propiedades de un suelo estabilizado granulométricamente, se controlan con ensayos de laboratorio sencillos como son la determinación de la distribución granulométrica, del límite líquido y del límite plástico.

También la estabilización se realiza mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo; entre los más utilizados están la cal y el cemento, los cuales se describirán a continuación:

#### **3.1.2.2.1. Estabilización con cemento**

La estabilización es un fenómeno físico, una reacción puzolánica en la que los elementos silícicos forman elementos cementantes.

La adición de cemento a suelos en un camino rural, ha sido utilizada dando resultados satisfactorios, el cemento mezclado con el suelo desarrolla

una red de enlaces durante las reacciones de hidratación que proporciona a la mezcla, una buena capacidad soporte e incluso mejora su durabilidad.

Es muy amplia la gama de suelos que se pueden estabilizar con cemento, aunque no siempre resulta económico, ya que cada tipo de suelo requiere una adecuada cantidad de cemento para su estabilización, los suelos granulares son los que presentan un mejor resultado, ante una reducida aportación de cemento.

Los suelos deben tener ciertas características mínimas para que se logre realizar la estabilización con cemento de una manera correcta, las cuales están descritas en la siguiente tabla; estos aspectos deben ser tomados en cuenta ya que son esenciales para que el trabajo realizado sea duradero.

Tabla IV. **Características mínimas del suelo para una estabilización satisfactoria con cemento**

Características del suelo	Porcentaje
Límite líquido	< 50 %
Límite plástico	< 18 %
Material que pasa el tamiz #200	< 50 %
Contenido de materia orgánica	< 1 al 2 % en peso

Fuente: elaboración propia.

Existen varios factores que se deben tomar en cuenta cuando se utiliza el cemento para estabilizar la base, los cuales se describen a continuación:

- Utilizar una adecuada cantidad de cemento.
- Tener un control adecuado de humedad.

- Realizar una compactación adecuada.
- Para que la estabilización sea efectiva se deben realizar pruebas al material a utilizar.

La materia orgánica puede interferir con la hidratación del cemento, dificultando así la acción aglutinante del propio cemento o la estabilización de las partículas laminares de arcilla, por lo que se debe realizar la prueba de materia orgánica al suelo.

Los métodos para poder controlar la cantidad cemento, agua y la densidad que debe alcanzar la mezcla fueron aprobados por la ASTM y la AASHTO, los cuales son utilizados para las mezclas de suelo-cemento, las pruebas que se mencionan en la tabla siguiente son útiles para la determinación del porcentaje de mezcla apropiada.

Tabla V. **Pruebas utilizadas en la estabilización con cemento**

MEZCLA SUELO-CEMENTO		
Prueba	Normas	
	ASTM	AASHTO
Relación Humedad-Densidad	D 558	T 134
Humedecido-Secado	D 559	T 135
Congelación-Deshielo	D 560	T 136

Fuente: elaboración propia.

Cada una de las pruebas se describe a continuación:

- Prueba de Humedad-Densidad

Controla el contenido de humedad y densidad, para muestras de laboratorio; se usa en el campo para determinar la cantidad de agua que debe ser agregada a la mezcla y la densidad a la cual deberá ser compactada la mezcla.

Esta prueba determina también la relación entre el contenido de humedad y la densidad resultante, cuando la mezcla es compactada antes de la hidratación del cemento. La razón es para evitar que ocurra modificación en el suelo, incrementándose el contenido óptimo de humedad y decreciendo la densidad máxima.

- Prueba Humedecido-Secado

Esta prueba es utilizada para determinar si la mezcla está dura o si la contracción y expansión, causadas por los cambios de humedad, provocan el reblandecimiento del suelo.

Existen pruebas de laboratorio utilizadas como la de Humedad-Densidad, el ensayo de laboratorio de esfuerzo a la compresión y el de tamaño de partículas.

### **3.1.2.2.2. Estabilización con cal**

El tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables a materiales utilizables. La estabilización del suelo cambia considerablemente las

características del mismo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, en forma permanente.

Los suelos de granos finos responden muy favorablemente a la estabilización con cal, estos suelos experimentan un aumento de resistencia después de ser curados.

Los suelos tratados con cal también han sido usados como subbase, base y material para superficie de rodadura. La estabilización de bases es utilizada para la construcción de caminos nuevos y para la reconstrucción de caminos deteriorados.

El tratamiento de terrenos arcillosos con cal permite su utilización, evitando mayores costos y afecciones ambientales, que supondría su retirada y posterior reemplazamiento por otros suelos de mejores características, permitiendo utilizar los materiales plásticos, aumentando la capacidad portante del suelo con el fin de poder emplearlo en capas de subbases y bases de la estructura de un camino, con buenas propiedades estructurales que van incrementándose en el tiempo, a la vez que hace insensible la capa estabilizada al agua.

Los suelos que se usan para la elaboración de mezcla suelo-cal pueden ser del sitio de trabajo o de un banco de préstamo seleccionado, deben estar limpios y es recomendable que estos no tengan más del 1 % de su peso en materia orgánica.

Para estabilizar un suelo con cal se debe realizar un proceso como el descrito en la tabla siguiente, el cual debe ser realizado cuidadosamente y no obviando ningún paso para que la estabilización sea la adecuada.

Tabla VI. **Proceso para estabilizar un suelo con cal**

1. Aplicación de la cal	La cal puede ser agregada al suelo ya sea como polvo o como lechada. Su elección depende del contenido de humedad del suelo y la localización del proyecto. La cal en polvo puede ser agregada en bolsas distribuidas y la lechada será hecha por la mezcla de cal y agua en mezcladoras especiales y luego se esparce en el suelo.
2. Mezclado	En el caso de un suelo arenoso o de agregado grueso, la cal es aplicada en la superficie y mezclada con un patrol o pulverizador de rotación. Es importante hacer una compactación previa liviana y dejar pasar 24 horas para dar lugar a las reacciones químicas, luego conformar y compactar.
3. Compactación	Para un mejor endurecimiento de la superficie es necesario una compactación a una alta densidad, en un determinado tiempo, de todas las mezclas con cal. Todas las mezclas de suelo y cal, sin tomar en cuenta las arcillas pesadas, pueden ser compactadas después de la mezcla o en un tiempo no mayor de 48 horas. La compactación puede ser realizada por medio de rodillos neumáticos, rodillos lisos o vibradores manuales, en capas de distintos espesores.
4. Curado	Un buen curado es importante para obtener efectos resistentes. Las bases estabilizadas con cal pueden ser curadas satisfactoriamente mediante rociadores con agua durante 7 días o con un sello de tratamiento bituminoso dentro del primer día después de la última pasada de compactación.

Fuente: elaboración propia.

La duración de suelos estabilizados con cal, dependerá del buen diseño de la mezcla y de la forma en que se aplique el método constructivo.

Para estabilizar con cal se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

- Todos los suelos arcillosos, que pasan arriba del 25 % del tamiz #200 y con índice de plasticidad mayor que 10 o con más del 7 % de arcilla, se modifican y se estabilizan mediante un proceso químico eficiente con cal. Se debe utilizar la cantidad apropiada y de una que cumpla con la Norma ASTM-C977 la cual es la norma de cal para estabilización de suelos y la ASTM C-25 que son los ensayos de laboratorio para la cal.
- Se deben realizar pruebas de laboratorio, con el fin de determinar la cantidad adecuada de cal para cada suelo.
- Los porcentajes de cal usados oscilan entre un 2 a un 8 % del peso del material.
- Se debe utilizar cal viva o cal hidratada con alto contenido de calcio. Si se usa cal viva, se debe asegurar una suficiente cantidad de agua para que la misma se hidrate adecuadamente, guardando estrictas medidas de seguridad para evita quemaduras durante la reacción exotérmica de hidratación.
- Para que la estabilización se lleve a cabo, el sistema suelo-cal-agua debe alcanzar un ph mínimo de 11 llegando idealmente a 12,4, ya que de lo contrario solo se hace una modificación al suelo.
- Durante una estabilización con cal se llevan a cabo reacciones puzolánicas, por lo que se forman materiales cementantes.



- Para dosificar la cantidad adecuada de cal, se puede recurrir a métodos mecánicos y químicos.
- En el proceso constructivo se debe prestar especial atención a la pulverización, mezcla y curado del suelo estabilizado, para asegurar el íntimo contacto entre la arcilla y la cal en el medio acuoso requerido.
- Debido a que durante el proceso constructivo se llevan a cabo reacciones químicas, se pueden realizar pruebas para verificar el incremento de ph, al igual que las pruebas de laboratorio comunes para los suelos.

La cal a menudo trabaja para estabilizar caminos que están siendo reconstruidos, utilizando la recuperación de espesor total. Puede ser usada para mejorar la calidad de los materiales de la base, sobre todo en aquellos que contienen cantidad excesiva de finos arcillosos. El empleo de la cal en ambos casos puede contribuir al empleo de materiales, que de otra manera, serían desperdiciados transformándolos en materiales estructurales de alta calidad.

Cuando se va a realizar la recuperación de espesor completo de la base del camino rural, se debe pulverizar la capa de la superficie y se mezcla con la base existente y la subrasante, se puede lograr una base estructuralmente mejorada para recibir una nueva capa. La adición de un 2 al 3 % de cal puede mejorar las propiedades de la base recuperada, debido a la reacción puzolánica de los contaminantes arcillosos, cementando la matriz resultante.

Algunos de los cambios que sufre el suelo en sus propiedades se describen a continuación:

- El índice de plasticidad disminuye algunas veces hasta la cuarta parte del valor original en suelos no plásticos. Esto sucede debido a que el límite líquido decrece y el límite plástico incrementa.
- La cal y el agua aceleran la desintegración de los terrones de arcilla durante el mezclado.
- La cal ayuda al secado de los suelos húmedos, acelerando de este modo la compactación.
- La contracción y el hinchamiento, característicos de los suelos arcillosos, se reduce de forma significativa.
- Los valores de sostenimiento de Vargas o valor soporte aumentan considerablemente.
- Las capas de suelo estabilizado con cal forman una barrera resistente al agua, impidiendo la penetración de la misma.

### **3.1.2.3. Carrileras**

Cuando el camino rural tiene pendientes muy grandes, donde la estabilización de la subrasante se ve afectada por los efectos producidos por el exceso de agua, y donde no es muy factible empedrar en todo el ancho de la sección del camino, se pueden construir dos carrileras, usando mampostería de piedra completando la sección con zampeado sin mortero utilizando piedra.

Antes de la construcción de las carrileras es necesario acondicionar la subrasante, saneando los baches, si en caso existieran y preparar la superficie para luego construir las carrileras con piedra ligada con mortero cemento.

Los espacios intermedios entre las carrileras deben estar compactados y al mismo nivel de la rasante de las carrileras. El ancho de cada carrilera será como mínimo de 60 cm.

### **3.1.3. Protección de taludes**

En la construcción de un camino es de suma importancia el estudio de la prevención de movimientos y fallas en los taludes, ya que si ello sucede provoca inconvenientes en la capacidad de servicios en el camino rural y elevan los costos del mantenimiento del mismo. Un talud es el límite del corte o del relleno del camino.

La estabilidad de un talud depende del tipo de suelo, ya sea limo, grava o arena, depende también de la presencia o filtraciones de agua, al igual que su pendiente y la altura del mismo.

Un talud no es estable indefinidamente porque la estabilidad se pierde tarde o temprano por agentes naturales como presiones hidrostáticas, intemperismo y erosión. Un aumento de cargas, reducción de resistencia del suelo o redistribución de esfuerzos son causas para que el talud busque su posición estable.

Si el material que forma parámetros tiene el límite elástico bien definido, la falla del talud consiste en el deslizamiento de dicho parámetro, a lo largo de la superficie conchoidal bien definida que puede aflorar al pie del talud, o extenderse por debajo del corte y aflorar a una cierta distancia del talud.

Cuando un suelo es cohesivo y en estado plástico o con materiales granulares sueltos saturados, la falla en el talud tiene características de escurrimiento lodoso o flujo plástico. Cuando un material que forma el talud está muy fracturado o formado por bloques mal cementados con suelos limosos erosionables, se produce el desprendimiento de estratos superficiales.

La clasificación de las fallas en un talud puede ser por el tiempo en que se forman las mismas como se describe a continuación:

- Cuando la falla ocurre en el momento que se está construyendo el talud es debido a que la altura del talud es mayor a la necesaria, para que su peso propio pueda ser equilibrado por resistencia interna del mismo.
- Cuando la falla ocurre algún tiempo después de construido, es probable que en la inestabilidad del mismo hayan intervenido causas variadas como la presión hidrostática, intemperismo y erosión.

Algunas de las fallas en un talud y sus causas se describen a continuación:

- Por deslizamiento a lo largo de los planos de estratificación por el efecto lubricante del agua que escurre.
- Por la disgregación ocasionada por agrietamiento, ocasionada al secarse un suelo como arcillas suaves.
- Por la disgregación debida al intemperismo en calizas.
- Por la acción de empuje que se produce al sufrir expansión, los estratos margosos y arcillas que se saturan por agua.
- Desplazamiento de los suelos debajo del pie de talud.
- Presencia de corrientes de agua conocida como suelo movedizo.
- Derrumbe de masas fragmentadas.

Se debe prestar atención en un camino a las obras de drenaje internas y externas como evitar la penetración de agua de lluvia, evitar la acumulación de depresiones mal drenadas, no permitir la absorción de agua en estratos permeables o en zonas de vegetación que alimenten al suelo y lo saturen, se deben interceptar las corrientes de agua que provengan de puntos alejados.

Se puede proteger los taludes estabilizándolos; las formas de como estabilizarlos son mencionadas a continuación:

- Disminuir el peso de la cuña de deslizamiento, ya sea que se le tienda hasta alcanzar un talud más estable o realizando una banqueteta o berma a medio talud.
- Eliminar presiones hidrostáticas, evitando la entrada de agua en el interior del talud, interceptándola o cambiando la dirección del escurrimiento.
- Proporcionar resistencia pasiva al pie del talud por medio de un muro de sostenimiento, por acumulación del material granular o revestimiento pesado de roca.

Algunas soluciones para la estabilización de taludes son construir estructuras de retención, cambiar la geometría del talud mediante la disminución de la pendiente a un ángulo menor, reducir su altura o colocar material en la base o pie del talud.

Otras soluciones para estabilizar el talud es sembrar vegetación y controlar la esorrentía con drenajes transversales, los cuales se colocan en la superficie del talud para proporcionar una salida al agua, que pueda infiltrarse a la estructura del talud, su ubicación es en la cresta del talud, al pie del talud y a diferentes alturas del mismo, debe tomarse esto en consideración ya que la presencia de agua es el principal factor de inestabilidad de un talud.

La aplicación de métodos puede lograr la prevención y corrección de los derrumbes, los cuales tienen como finalidad reducir las fuerzas cortantes y el aumento de las fuerzas resistentes.

### **3.1.3.1. Método de excavación**

Este método consiste en la remoción del material inestable tanto en la cabeza del talud, como en el cuerpo del mismo. Estas remociones buscan reducir las fuerzas motoras y balancear la falla. Cuando se hace la remoción total del material inestable, se debe tener en cuenta que son nuevas las solicitudes de drenaje que presenta el material a emplear.

Antes de iniciar el proceso de corte debe calcularse la cantidad de material que se requiere remover, finalmente la efectividad de este método y el factor económico determinará su viabilidad.

Los materiales que son removidos del talud pueden ser utilizados de préstamos para terraplenes en el proyecto que se está realizando.

### **3.1.3.2. Abatimiento de taludes**

Este método se basa en el deslizamiento del cuerpo del talud, ello tiende a ser eficiente, en los suelos en que sea importante el componente friccionante de la resistencia.

Al disminuir la pendiente del talud, el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo para el caso de un talud estable, aumentándose en esta forma su factor de seguridad.

El abatimiento de la pendiente del talud es económicamente posible en taludes de poca altura, ya que en los taludes de gran altura el volumen de tierra de corte es exagerado.

### **3.1.3.3. Empleo de materiales estabilizantes**

Este tipo de método es utilizado para la protección de los taludes, el cual consiste en añadir al suelo una sustancia que mejore sus características de resistencia; este tipo de protección tiene más aplicación en terraplenes.

Un método muy usado de endurecimiento de suelos consiste en inyectar lechadas de cemento, puede aplicarse en cortes y terraplenes de arcilla, lo que produce este método es desplazar el agua de las fisuras y rellenarlas con mortero de cemento lo que hace que exista unión entre los bloques.

### **3.1.3.4. Empleo de estructuras de retención**

Este método es utilizado en zonas donde ha ocurrido o es probable que ocurra un derrumbe. Este tipo de estructuras son construidas al pie de los taludes de terraplenes, que no pueden ligarse con el terreno de cimentación, al igual que al pie de cortes para disminuir la altura de cortes en materiales cuya resistencia sea predominante o cohesiva.

En la estructura de retención debe tomarse en cuenta que debe contener a la superficie de la falla formada, ya que si la superficie de la falla, está contenida por el muro todo el beneficio que le quiere proporcionar a la estructura será nulo.

Entre las estructuras de retención para la protección de taludes están los muros de contención de concreto ciclópeo y los gaviones.

Los muros son obras destinadas a la contención de tierras en general, son múltiples los casos en que se requiere la construcción de muros y en cada caso particular, se debe realizar un estudio basado en la solución propuesta.

Los muros de contención se clasifican, según sea su forma de diseño, en seis tipos básicos.

- El muro de gravedad, así como su nombre lo indica, su estabilidad depende de su peso.
- El muro en voladizo es una viga en voladizo. Su estabilidad depende en gran parte del peso del suelo sobre la porción posterior de su base.
- El muro con contrafuertes es similar al muro en voladizo, con la diferencia que es usado cuando el voladizo es grande o para presiones muy grandes sobre el muro. Los contrafuertes le dan rigidez a la estructura manteniendo unida la base a la estructura de contención en sí. Estos se sitúan a intervalos a lo largo del muro para reducir el momento flexionante y el corte.
- El muro de celosía consiste en una serie de piezas rectangulares de troncos o madera labrada, concreto prefabricado o de acero relleno de rocas. Puede ser vertical o inclinado para darle mayor estabilidad.
- Otro tipo de muro de contención es el de semigravedad, el cual es un intermedio de un muro de gravedad y un muro en voladizo.



- Los muros de sostenimiento de rocas o muros de recubrimiento de roca o revestimiento. Estos se construyen para proteger la roca de la meteorización o prevenir en ciertas áreas el desprendimiento de rocas sueltas. Este tipo de muro se ancla a la roca por medio de pernos o barras de refuerzo, las cuales se fijan a las rocas por medio de inyecciones de lechada de concreto.

Los gaviones son elementos modulares de aplicación simple y rápida, son fabricados de malla hexagonal, a doble torsión, de alambre de acero galvanizado; formando estructuras celulares, colchones llenados con piedras. Son estructuras altamente permeables y drenantes.

Los gaviones representan una solución válida desde el punto de vista técnico y económico para construir obras de contención; útiles en cualquier ambiente o condición climática, al igual que en zonas donde es muy difícil el acceso.

#### **3.1.3.5. Empleo de contrapeso al pie de talud**

Para la protección de taludes se emplea este tipo de método, el cual pretende balancear el efecto de las fuerzas motoras en la cabeza de la falla, de la misma manera a cómo actúa una berma y aumenta con ello la resistencia al esfuerzo cortante, cuando este es de tipo friccionante.

El empleo de contrapeso al pie de talud consiste en colocar un peso suficiente de suelo o roca en la zona situada al pie de la falla.

#### **3.1.4. Siembra de taludes contra la erosión**

Un talud debe ser estable para evitar deslizamientos o derrumbes antes de realizar la etapa de siembra o reforestación de los mismos, ya que obviamente nada se mejora con tratar la superficie, si la estructura del talud se ha dejado inestable.

Este método es utilizado para la protección de taludes, por medio de siembras, engramados, uso de mallas, geotextiles o cualquier método aceptable para estabilizar la capa superficial del talud.

En la cara del talud en la parte media inferior, no existe la tendencia a que entre el agua, más bien sale del mismo. Por ello se debe sembrar grama para evitar la erosión y mantener constante la humedad, protegiendo el suelo de la disgregación constante por intemperismo.

El suelo en la cara del talud no es muy fértil y su pendiente no favorece al crecimiento de vegetación, se debe sembrar la grama trasplantando con todo y tierra en cuadros o tepes y sujetar con estacas. Para que haya vegetación se pueden hacer adobes de tierra vegetal de 50 por 50 cm y 10 centímetros de grosor y se tapiza la cara del talud y crece el césped.

Algunos de los beneficios que proporciona la vegetación en taludes se describen a continuación:

- Intercepta la lluvia.
- Aumenta la capacidad de infiltración.
- Extrae la humedad del suelo.

- Las raíces refuerzan el suelo y por lo tanto aumenta la resistencia al corte.
- Aumentan el peso sobre el talud.
- Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión.

El efecto más importante de la vegetación es la protección contra la erosión en todos los casos y con todo tipo de vegetación. La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión. En hierbas y pastos la densidad y volumen del follaje actúan como un colchón protector, contra los efectos erosivos del agua de escorrentía.



## **4. ESPECIFICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE UN CAMINO RURAL EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Una vez que se ha ejecutado un diseño apropiado de un camino, el mantenimiento apropiado del mismo es necesario, para que dicho camino funcione de acuerdo al diseño.

El mantenimiento es un conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular y ordenada en una carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio. Se deben realizar este tipo de actividades para dotar a una carretera existente de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor nivel de servicio.

A continuación se dan una serie de especificaciones para el mantenimiento vial de los caminos rurales, las especificaciones son normas generales y técnicas de mantenimiento, contenidas en un documento, las cuales se aplican en las actividades y en las obras de mantenimiento:

### **4.1. Limpieza del derecho de vía, reconformación de cunetas y remoción de derrumbes menores en terracería**

En este trabajo se realiza el corte de maleza, recolección, extracción y remoción de todo tipo de basura o desecho que se encuentre dentro del derecho de vía, en un ancho mínimo de dos metros a cada lado de la vía hasta donde exista cerco o lindero de propiedad, conformación a mano de cunetas y

remoción de derrumbes menores. No es aplicable cuando exista proyecto de limpieza en el tramo al cual se le está dando mantenimiento.

Procedimiento:

- Chapeo: se corta toda la maleza existente a lo todo lo largo del derecho de vía, en un ancho de dos metros a partir de la orilla exterior de la cuneta o hasta donde exista cerco o lindero de propiedad, a ambos lados del camino, la cual deberá ser cortada a ras.
- Limpieza: la limpieza del derecho de vía incluye la remoción de basura, desechos orgánicos e inorgánicos, maleza producto de chapeo, de la superficie de rodamiento, hombros, cunetas y derecho de vía.
- Reconformación: en este procedimiento se reconformarán las cunetas que hayan perdido su sección original.
- Remoción de derrumbes menores: este trabajo incluye la remoción del material del talud sobre el talud y que cause obstrucción de las cunetas.

Si el derrumbe cubre parte de la superficie de rodamiento, se debe remover el mismo con equipo mayor.

Los materiales, basura y desperdicios deben ser retirados del lugar y depositados en sitios autorizados, donde no puedan ser arrastrados al sistema de drenaje de la vía. En caso de suelos orgánicos o materiales vegetales, estos pueden ser depositados sobre los taludes de los rellenos a fin de aprovechar este material como abono orgánico, para el crecimiento de plantas que puedan protegerlos contra la erosión.

No se permite la incineración de maleza o basuras producto del corte y limpieza, para controlar el crecimiento de maleza.

## **4.2. Bacheo manual en terracería**

Esta actividad de conservación de un camino rural consiste en corregir puntos críticos o puntuales en la superficie de rodamiento, agregando balastro. El bacheo también se puede usar para reparar zonas desgastadas o erosionadas, o se puede usar para restaurar zonas que se reblandecen durante el invierno.

En este tipo de mantenimiento se pretende reparar zonas pequeñas del camino que presentan grandes dificultades al transitar. El bacheo se usa para corregir, hundimientos profundos, ahuellamientos, reblandecimientos, surcos por erosión, entre otros.

El bacheo se debe realizar siempre que aparezcan asentamientos u otra deficiencia en la superficie de rodadura, que no permita la buena circulación del tránsito, o que provoquen la acumulación de agua en la superficie de rodadura.

Procedimiento:

El material (balastro) se debe descargar a mano, o es volcado en el hombro adyacente al lugar donde es necesario el bacheo. No se debe dejar material sobre el camino. El material suelto y el agua estancada, ubicados en el bache deben ser eliminados.

Los baches que sean muy grandes y muy profundos se deben recortar para que tengan sus paredes verticales, y estas deben llegar a material sano. El contenido de humedad del material se puede verificar con pruebas de laboratorio. El llenado del bache se hace en capas, de espesor no mayor de 15 centímetros cada una.

Para finalizar el área bacheada se llena por igual con el balasto, hasta un nivel de unos 3 centímetros por encima del nivel de la superficie y se reparte y rastrilla hasta dejarlo en forma correcta.

El bache se compacta con el rodillo o con el apisonador mecánico, para dar una superficie que esté ligeramente por encima del nivel de la parte de camino circundante.

Se debe tener presente que un bache no se debe dejar abierto durante la noche por ningún motivo.

#### **4.3. Limpieza de estructuras de drenaje**

Este trabajo consiste en la recolección, extracción y remoción de todo tipo de basura o desecho, que se encuentre depositado dentro de todas las alcantarillas y sus cajas, desfuegos y puentes, existentes.

Procedimiento:

La limpieza de alcantarillas incluye la obra de arte de la misma, así como sus cauces de entrada y salida existentes dentro del derecho de vía del camino y hasta una longitud de 10,00 metros, dentro de cauces naturales agua arriba y aguas debajo de la obra de arte. Frecuentemente la limpieza puede ser realizada con mano de obra y herramientas manuales, pero si hay razones especiales donde sea necesario, algún tipo de equipo mecánico debe der utilizado.



Los materiales, basura y desperdicios deben ser retirados del lugar y depositados en sitios autorizados; donde no puedan ser arrastrados al sistema de drenaje de la vía.

Se debe tomar en cuenta que no se permite la incineración del producto de la limpieza.

#### **4.4. Reparación de zonas inestables**

Consiste en la reconstrucción de aquellas zonas que por cualquier razón, presenten problemas de inestabilidad de manera puntual a lo largo de la carretera, dicha reconstrucción debe realizarse excavando todo el material inestable del área a reparar y sustituyendo el material excavado, por un material seleccionado y extraído de un banco de préstamo, cuyas características mejoren las condiciones previamente existentes y compactándolo hasta obtener la estabilidad necesaria.

El material utilizado es seleccionado, que puede ser balastro y/o piedra, de características aceptables, el cual se obtiene en los lugares cercanos al camino.

Procedimiento:

Se procede a la ejecución de la excavación y retiro de todo el volumen de material inestable, hasta la profundidad en donde se encuentre una superficie lo suficientemente rígida, para asegurar la estabilidad deseada.

Cuando se termina la excavación, se procede a compactar la superficie del área excavada por la presencia de materiales sueltos y proporcionar con ello, una fundición lo suficientemente sólida al material de reemplazo, para

asegurar que esto se cumple, se deben realizar pruebas de carga usando un camión cargado o cualquier otro equipo disponible.

Luego se debe comenzar el proceso de relleno de la zona de trabajo con el material que ha sido aprobado, y esta operación se debe hacer esparciendo y humedeciendo capas de espesor uniforme, cuya dimensión esté de acuerdo a la capacidad de compactación del equipo disponible para ello.

Durante el proceso de relleno deben realizarse pruebas de laboratorio para identificar con ellas la densidad en el sitio del mismo, se pueden realizar repeticiones de las pruebas de cargas cuantas veces sea necesario, en la medida que el relleno del área avance en altura hasta llegar a la cota final fijada, y esta debe coincidir con los niveles de la superficie de rodadura existente.

Cuando se está desarrollando esta actividad y la inestabilidad haya sido provocada por la presencia de aguas superficiales, se debe proporcionar el avenamiento necesario para evitar la saturación del área en cuestión y construir los canales necesarios, para asegurar que el drenaje persistirá aun después de que el trabajo haya sido concluido.

Cuando la inestabilidad haya sido provocada por la presencia de aguas subterráneas, se debe construir un subdrenaje, el cual, en este caso sería necesario.

#### **4.5. Conformación**

Este trabajo consiste en conformar la superficie de rodadura y cunetas en caminos rurales no pavimentados, que posean como mínimo 15 centímetros de espesor de balasto existente, cuyo objetivo es mantener el perfil del camino en condiciones de transitabilidad.

Comprende los trabajos que se describen a continuación:

- Escarificación, homogenización, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura.

Se debe escarificar, mezclar, regar con agua para alcanzar la humedad óptima y conformar para obtener el bombeo especificado en la sección típica aprobada.

La escarificación se hará de 15 centímetros como mínimo, cuando el espesor de balasto existente sea de ese espesor o mayor. Una vez realizada la escarificación, todas las partículas mayores de tres pulgadas existentes en el material suelto deberán ser eliminadas.

El material resultante se debe mezclar, humedecer, conformar, afinar y compactar hasta obtener una densidad mínima del 95 % respecto a la densidad máxima.

Se deberá realizar un tramo de prueba al inicio de los trabajos de conformación de al menos 500 metros de longitud, en el cual se contabilizará el número de pasadas que se requieren, de acuerdo al equipo que se está utilizando para alcanzar los valores especificados de

compactación. Se deben realizar las pruebas de laboratorio para los chequeos de densidad en tres puntos alternos en este tramo de prueba, se puede realizar en las orillas del camino, y al centro del mismo.

La conformación de la superficie de rodadura, se ejecutará acomodándose a las dimensiones de la sección existente del camino como son el alineamiento, las pendientes, bombeo y peraltes. El bombeo será de un 3 a un 5 %.

- Conformación, construcción o reconstrucción y limpieza de cunetas.

Debe realizarse de acuerdo a las dimensiones de la sección típica especificada. Deben conformarse y limpiarse las cunetas existentes para permitir el libre paso de las aguas y deben construirse cunetas donde no existan.

Deberán reconstruirse cunetas en los sitios en que las cunetas originales, estén deformadas o no cumplan con las dimensiones indicadas en la sección típica seleccionada. Donde existan cunetas erosionadas o azolvadas, que no cumplan con la profundidad de las cunetas que aparecen en la sección típica seleccionada, se deberán reconstruir con el equipo adecuado.

Durante el proceso constructivo o reconstrucción de las cunetas erosionadas, el material a agregarse deberá ser aprobado según especificaciones y deberá humedecerse a la humedad óptima y compactarse, hasta lograr una densidad mínima del 95 %, mediante el ensayo Proctor modificado.

La construcción o reconstrucción de cunetas erosionadas debe hacerse en forma conjunta con la construcción o mejoramiento del resto de la superficie de rodadura, considerando ambas como un solo cuerpo para la definición correcta de la sección típica especificada.

- Limpieza y retiro del material sobrante de la conformación especialmente en las cunetas:

Este proceso constructivo consiste en la remoción de todos los residuos resultantes de la ejecución de dichos trabajos. Incluye además la remoción de todo el material que se haya derramado en las entradas y salidas de las alcantarillas, por efecto de los trabajos de conformación.

#### **4.6. Reposición de capa de balasto**

El balasto es un material clasificado o triturado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objetivo de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.

Este material se coloca en todos aquellos tramos donde se haya perdido la capa de revestimiento, con que fue construido el camino originalmente.

Este tipo de trabajo consiste en el suministro, transporte, acarreo, escarificación de la superficie, donde se colocará y colocación del material de préstamo con la humedad requerida, homogenización o mezcla su conformación, humedecimiento, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura incluyendo cunetas.

#### Especificaciones para el balasto:

- Debe ser de calidad uniforme, no puede contener sustancias vegetales, ni perjudiciales y material extraño.
- Tener un peso unitario suelto no menor de 1,470 kilogramos/metro<sup>3</sup>. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso mayor de 75 mm.
- La porción del balasto retenida en el tamiz núm. 4 (4,75 mm) debe estar comprendida entre el 60 y 40 % en peso.
- Debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60.
- Debe tener un límite líquido no mayor de 35, y un índice de plasticidad entre 5 y 11.
- Lo que pasa el tamiz núm. 200 (0,075 mm), no debe exceder del 15 % en peso.
- El balasto debe tener un valor mínimo de 30 en el ensayo de CBR, efectuado sobre una muestra saturada a 95 % de compactación.

#### Procedimiento:

Previo a la compactación, el material de balasto tendido, se debe humedecer, mezclar, conformar, afinar, de tal modo que se proporcione el bombeo necesario para permitir el adecuado drenaje transversal, pero sin llegar a pendientes extremas que comprometan la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía. Los rangos recomendados deben variar entre 3 y 5 %.

Durante el proceso de compactación, se utilizará el equipo adecuado hasta obtener una densidad del 95 % medida mediante el ensayo de proctor modificado.

Se debe controlar el contenido de humedad adecuado del material por medio de ensayos de laboratorio y de campo, secando el material y determinando la humedad o por el método de carburo de calcio, a efecto de obtener la compactación especificada.

La compactación debe iniciar en los bordes avanzando hacia el centro del camino y debe continuar hasta que toda la capa quede compactada en todo su ancho y espesor.

#### **4.7. Suministro, transporte y colocación de alcantarillas**

Las alcantarillas son conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera, con el objetivo de evacuar las aguas superficiales y profundas.

Este trabajo de mantenimiento consiste en el suministro, transporte y colocación de alcantarillas, el tipo de tubería puede ser de concreto reforzado, cloruro de vinilo, metal corrugado el calibre mínimo núm. 14, o de polietileno corrugado. El diámetro mínimo a usar es de 30 pulgadas.

#### **4.8. Carrileras de concreto hidráulico**

Las carrileras son estructuras de concreto hidráulico. Losas continuas de un ancho mínimo de 75 centímetros y un espesor de 15 centímetros. La separación entre losas será de un metro, para permitir la circulación de vehículos livianos, buses y camiones.

La ubicación de las carrileras será en tramos pendientes verticales mayores al 10 %. Se podrán construir dos o cuatro carrileras en función del

ancho de la carretera y del tránsito vehicular. En la zona intermedia entre las carrileras se deberán colocar obstáculos en el sentido transversal, para evitar la erosión del agua de lluvia, y para el efecto se podrán utilizar materiales como la madera o piedra. La separación entre estos obstáculos no debe exceder los 5 metros lineales.

Procedimiento para la construcción de carrileras:

- Preparación de la superficie

En pendientes verticales mayores al 10 % la superficie de cada carrilera debe ser nivelada y compactada, ya sea por medios mecánicos o manuales. Sobre la superficie nivelada y compactada se coloca la formaleta, manteniendo las dimensiones de ancho y profundidad constante. La formaleta debe ajustar al alineamiento vertical de la carretera.

- Concreto fundido *in situ*

Se debe colocar el concreto, principiando en el extremo de la carrilera a construir y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente de la misma. Se deben dejar juntas de construcción a cada 1,5 metros, con un espesor de 3 mm.

Se deben nivelar bien las superficies para que la carrilera quede con la verdadera forma y dimensiones definidas. El espesor de la carrilera debe ser de 150 mm con una resistencia a la compresión mínima de 3 000 lb/plg<sup>2</sup>.



Al iniciarse el proceso de fraguado, la superficie de la carrilera deberá texturizarse por medios manuales en el sentido transversal, para garantizar una mejor adherencia y tracción de los vehículos.

- Juntas transversales

Durante el proceso de construcción de las losas de la carrilera, en las primeras cuatro horas de iniciarse el proceso de fraguado se debe realizar un corte transversal, con una regla de madera contrachapada o lámina delgada de 1/8" de espesor y una altura de 5 centímetros.

La lámina o madera debe profundizarse dentro del concreto que esté fraguando y retirarla a los diez o quince minutos, cubriendo la zanja o ranura con lechada fresca. La separación entre las juntas transversales será de 1,5 metros lineales.

- Apertura al tránsito

Se podrá retirar la formaleta a las 24 horas después de fundido y podrá ser abierto el paso de vehículos sobre la carrilera, al alcanzar el 80 % de la resistencia última del concreto a compresión.

#### **4.9. Tratamiento de caminos con estabilizadores orgánicos (enzimas)**

Con este tipo de tratamiento se estabilizan los caminos de terracería que contengan como mínimo un índice de plasticidad de 6 %. Se utilizan productos orgánicos que son las enzimas, las cuales serán diluidas con una concentración definida, dentro del agua con la que se da la humedad óptima al

material existente en el tramo que se va a compactar, hasta obtener una densidad mínima del 95 % respecto a la densidad máxima.

Se utilizarán las enzimas diluidas en el agua que se utilizará para humedecer el material de la subrasante existente.

Se emplearán dosificaciones para este tipo de tratamiento como se describen a continuación:

- Un galón de enzimas por 120 metros cúbicos de material, con un índice de plasticidad entre 6 y 12.
- Un galón de enzimas por 92 metros cúbicos de material, con un índice de plasticidad entre 12 y 15.

#### **4.10. Estabilización con emulsión de terracería existente**

Consiste en conformar la superficie de rodadura y cunetas en caminos rurales no pavimentados en pendiente verticales mayores al 10 %, con el objetivo de mantener el perfil del camino en condiciones adecuadas de transitabilidad, mejorar la adherencia de los materiales y comprende los trabajos que se describen a continuación:

- Escarificación de 15 centímetros de la terracería existente, homogenización de los materiales, aplicación del ligante el cual es una emulsión asfáltica con un camión regador de agua, homogenización, humedecimiento del material, en caso de no haber sido suficiente el agua de la emulsión, homogenización, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura.

Se debe usar emulsiones catiónicas de rompimiento lento CSS-1H, que proporcionan un adecuado período de tiempo, para realizar todas las tareas de homogenización, conformación y compactación.

- Limpieza y retiro del material sobrante de la conformación especialmente en las cunetas.

Este proceso constructivo consiste en la remoción de todos los residuos resultantes de la ejecución de dichos trabajos. Incluye además, la remoción de todo el material que se haya derramado en las entradas y salidas de las alcantarillas, por efecto de los trabajos de conformación.

Factores a tomar en cuenta para este tipo de estabilización

- Clima

Evitar hacer este tipo de estabilizaciones cuando está lloviendo, o cuando las condiciones atmosféricas no permitan llevar a cabo correctamente el mezclado apropiado.

- Dosificación

Al comenzar las operaciones, el ligante debe ser aplicado al material escarificado y homogenizado, en dos por ciento de cemento en peso, referido a la densidad del material de rodadura existente. Todo el material debe ser removido hasta que el 100 % pase el tamiz de 3”.

El área a escarificar en la superficie de rodadura, debe ser tal, que equivalga al volumen máximo del camión regador con emulsión asfáltica.

La velocidad del camión debe estar calibrada, a efecto que garantice un riego continuo y uniforme de emulsión asfáltica a todo lo largo y ancho de la superficie escarificada.

- **Compactado y terminado**

Después de efectuado el proceso de estabilización completo, el tránsito no debe ser permitido sobre la mezcla, hasta que inicie el proceso de rompimiento el cual es la separación de agua del asfalto.

La compactación inicial debe realizarse con una o más pasadas del rodo vibratorio, y continuar hasta que no se observe ningún desplazamiento. El rodaje final para eliminar las marcas del compactador y para ayudar a obtener la densidad final requerida, debe hacerse con rodos de acero ya sea rodo vibratorio con amplitudes bajas, para evitar un agrietado transversal, estático o rodos neumáticos adecuados.

El material estabilizado debe ser compactado a un mínimo del 95 %, de la densidad del espécimen compactado en el laboratorio.

#### **4.11. Estabilización de subrasante existente con piedra de 3”**

Este tipo de trabajo de mantenimiento de un camino rural no pavimentado consiste en la obtención, explotación, trituración de material de piedra, en la escarificación de 20 centímetros, mezclado y homogenización del material de subrasante existente con la piedra triturada de 3”, en la conformación de la superficie de rodadura y cunetas.

También se puede utilizar en caminos donde se tengan subrasantes con elevado contenido de material plástico, con el objetivo de mejorar las condiciones de los materiales de subrasante existente y así ofrecer una mayor resistencia a la carga de los vehículos y que estos no deformen la capa de rodadura con facilidad, en especial en época de lluvias.

Este trabajo también incluye limpieza y retiro del material sobrante de la conformación especialmente en las cunetas.

Características de los materiales a utilizar en la estabilización con piedra de 3”:

- El 100 % del material de piedra a utilizar, debe pasar la malla de 3” y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60.
- El material de la subrasante existente, deberá tener material fino arcilloso que provea al menos un límite plástico de 3, el cual garantice la adherencia entre el material existente y el material de piedra triturada, que se incorporará a la subrasante existente o nueva capa de rodadura.

Procedimiento:

- Obtención, explotación y trituración de material de piedra

Las fuentes de los materiales son por lo general de canteras, pero estas deben ser muestreadas y ensayadas por un laboratorio de suelos para su aprobación y aceptación. La piedra proveniente de la trituración puede ser ensayada en cualquier punto y en cualquier momento, durante el proceso constructivo y pueden ser rechazados en el caso de incumplimiento de las especificaciones.

Se debe instalar una trituradora primaria en la cantera en donde se está obteniendo el material rocoso, ya sea por excavación o explosión. Previo a la explotación de una cantera, se debe limpiar el área de trabajo y después de su explotación, se efectúan los trabajos necesarios para cumplir con los reglamentos ambientales vigentes.

- Transporte de la piedra triturada

La cantera debe situarse dentro de la zona del proyecto de terracería y el transporte.

- Escarificación, homogenización, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura

Se debe escarificar 20 centímetros de la subrasante existente, realizando la incorporación de piedra triturada en una proporción que logre una granulometría, en que el porcentaje en peso del material retenido en la malla núm. 4 sea del 50 %.

Una vez concluida la incorporación de material pétreo triturado, se procederá a mezclar, regar con agua para alcanzar humedad óptima y conformar para obtener el bombeo especificado en la sección típica.

El material resultante se debe mezclar, humedecer, conformar, afinar y compactar, hasta obtener una densidad mínima del 95 % respecto a la densidad máxima.

- Conformación, construcción o reconstrucción y limpieza de cunetas

Debe realizarse de acuerdo a las dimensiones de la sección típica especificada. Deben conformarse y limpiarse las cunetas existentes, para permitir el libre paso de las aguas y deben construirse cunetas donde no existan.

Deberán reconstruirse cunetas en los sitios en que las cunetas originales, estén deformadas o no cumplan con las dimensiones indicadas en la sección típica seleccionada. Donde existan cunetas erosionadas o azolvadas, que no cumplan con la profundidad de las cunetas que aparecen en la sección típica seleccionada, se deberán reconstruir con el equipo adecuado.

Durante el proceso constructivo o reconstrucción de las cunetas erosionadas, el material deberá humedecerse a la humedad óptima y compactarse hasta lograr una densidad mínima del 95 %, mediante el ensayo Proctor modificado.

La construcción o reconstrucción de cunetas erosionadas, debe hacerse en forma conjunta con la construcción o mejoramiento del resto de la superficie de rodadura, considerando ambas como un solo cuerpo para la definición correcta de la sección típica especificada.

- Limpieza y retiro del material sobrante de la conformación especialmente en las cunetas

Este proceso constructivo consiste en la remoción de todos los residuos resultantes de la ejecución de dichos trabajos. Incluye además la remoción de

todo el material que se haya derramado en las entradas y salidas de las alcantarillas, por efecto de los trabajos de conformación.



## CONCLUSIONES

1. Un camino rural en malas condiciones pone en riesgo la seguridad de las personas que lo transitan, muchos accidentes son causados por el mal estado en que se encuentran estas vías de comunicación, por la falta de mantenimiento tanto preventivo como correctivo; la omisión del mantenimiento adecuado de un camino, conduce a un rápido deterioro, dando como resultado una costosa reconstrucción.
2. El mejor mantenimiento que existe es el preventivo, pues advertir posibles daños o fallas en un camino evita gastos innecesarios de recursos humanos y económicos, además, con este tipo de mantenimiento se evitan accidentes, pérdidas humanas y recursos económicos.
3. Los caminos para un adecuado funcionamiento requieren de una serie de trabajos de mantenimiento a los diferentes elementos que los componen, como la capa de rodadura, derecho de vía, los subdrenajes, taludes, cunetas, cabezales y alcantarillas.
4. En las especificaciones del mantenimiento de un camino se realizan de manera regular y ordenada un conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio. Este tipo de actividades se deben realizar para dotar a una carretera existente, de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor nivel de servicio.



## RECOMENDACIONES

1. Las vías de comunicación más importantes en Guatemala son los caminos o las carreteras, por ellas se traslada la mayor parte la población, por lo tanto, preservarlas en buenas condiciones y darles el mantenimiento adecuado representa un enorme beneficio económico y social para el desarrollo del país.
2. Un adecuado mantenimiento a los caminos rurales brinda seguridad a las personas que transitan por los mismos, y es una inversión que beneficia a toda la población, ya que si no existe el mantenimiento hay pérdidas económicas, ya que es mucho más grande la inversión que se requiere para reconstruir una vía, que la que se necesita para conservarla en buenas condiciones.
3. Los métodos correctos de mantenimiento de los caminos rurales deben ir acompañados de buenos materiales, que cumplan con las normas de calidad, del equipo adecuado y su buena utilización.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ARA ARRIOLA, Telésforo. *Comportamiento de los diferentes tipos de suelos y los métodos para estabilizarlos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 80 p.
2. BARRIOS CHAVEZ, Carlos Enrique. *Estudio geotécnico para la protección de taludes y diseño de muros de contención en la colonia Jesús de la Buena Esperanza, Puente Belice, zona 6, Ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 64 p.
3. CASTAÑÓN FUENTES, Edgar Martin. *Análisis sobre la creación del fondo de conservación vial en la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 44 p.
4. CIFUENTES GÁNDARA, Héctor Adolfo. *Guía práctica para la supervisión de proyectos de rehabilitación y/o mantenimiento de caminos rurales*. Trabajo de graduación de Maestría en administración de proyectos. Universidad Mariano Gálvez, Facultad de Arquitectura, 2007. 125 p.
5. Dirección General de Caminos. *Especificaciones especiales para la construcción de puentes y carreteras*. Guatemala: DGC, 2001. 6 p.

6. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. *Guía técnica: estabilización de suelos con cemento*. Madrid: IECA, 2013. 11 p.
7. KELLER, Gordon; SHERAR, James. *Guía de campo para las mejores prácticas de gestión de caminos rurales*. Estados Unidos: Ingeniería de caminos rurales, 2012. 122 p.
8. ORDÓÑEZ, Edgar. *Estudio para el mantenimiento de caminos de tierra, causas del deterioro y protección de los caminos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 69 p.
9. PEREZ, Francisco. *Construcción de caminos rurales en la república de Guatemala*. Guatemala: Consultoría de caminos rurales, 1980. 29 p.
10. PÉREZ MÉRIDA, Erick Ricardo, Ingeniero Civil. *Fundamentos técnicos de la ley de vialidad*. Trabajo de graduación de Maestría en Ciencias de Seguridad Vial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 148 p.
11. Unidad Ejecutora de Conservación Vial. *Especificaciones especiales*. Guatemala: COVIAL, 2013. 208 p.