

MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

JOSÉ LUIS ESCOBAR ROJAS
HEIDI GÓMEZ BARRERA
LUIS ENRIQUE SANTANA MARTÍNEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en
Ingeniería de Pavimentos
Director: Ing. Carlos Alberto Echeverry Arciniegas

UNIVERSIDAD MILITAR “NUEVA GRANADA”
FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

MG (R) EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL
Rector

MG (R) GABRIEL EDUARDO CONTRERAS OCHOA
Vicerrector General

DRA. MARTHA LUCÍA BAHAMÓN JARA
Vicerrector Académico

BG (R) ALBERTO BRAVO SILVA
Director Administrativo

ING. ERNESTO VILLAREAL SILVA
Decano Facultad de Ingeniería

ING. LEONARDO ENRIQUE SOLAQUE GUZMÁN
Director Postgrados Facultad de Ingeniería

ING. DIEGO CORREAL MEDINA
Director Programa de Ingeniería Civil

***A Dios creador de todas las cosas
y
A nuestros padres progenitores de nuestras vidas***

APROBACIÓN

El trabajo de grado titulado “MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS”, presentado por los Ingenieros José Luis Escobar, Heidi Gómez Barrera y Luis Enrique Santana Martínez, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos, fue aprobado por el Director

Ing. Carlos Alberto Echeverry Arciniegas
Director

Ing. Felipe Riaño
Metodólogo Asesor

Bogotá D. C., Mayo de 2010

AGRADECIMIENTOS

Los Autores expresan sus agradecimientos:

A Dios, dueño del cielo y la tierra, que nos brinda la vida y nos permitió tan bella oportunidad de seguir creciendo profesionalmente.

A nuestros padres progenitores, herramienta que Dios ha usado para colmarnos de bendiciones, cargadas de amor y sacrificio.

A las Directivas de la Universidad Militar “Nueva Granada”

Al Ingeniero Carlos Alberto Echeverry Arciniegas. Director del Trabajo de Grado y profesor de la Universidad Militar “Nueva Granada”.

Al Ingeniero Felipe Riaño. Asesor metodológico.

A los profesores que nos dieron cátedra durante el curso de la Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

Al Doctor José Yesid Lozada Gómez y a la Tecnóloga Ángela Jimena Sabogal Moreno, funcionarios de la Concesionaria Vial de los Andes S. A. – Coviandes S. A.

Al Equipo de Operación y de Microempresas de la Concesionaria Vial de los

Andes S. A. – Coviandes.

A todos los Ingenieros de la Concesión

A la Policía de Carreteras que permitió y asistió los recorridos por las carreteras visitadas para la toma de información.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo

Advertencia

La Universidad Militar “Nueva Granada” no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por los autores en sus respectivos trabajos de grado; solo vela porque no se publique nada contrario al dogma ni a la moral y porque el trabajo no contenga ataques personales, y porque únicamente se vea en él, el anhelo de buscar la verdad científica.

(Artículo 60 “Responsabilidad sobre trabajos de grado. Reglamento Estudiantil)

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
1 EL MANTENIMIENTO DE VÍAS	1
1.1. ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO VIAL EN COLOMBIA.....	2
1.2 COMPONENTES DE UNA VÍA.	3
1.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO VIAL	5
1.3.1 Mantenimiento Rutinario.....	5
1.3.1.1 Principales labores de Mantenimiento Rutinario dentro de un túnel.....	6
1.3.1.2 Mantenimiento Vía Superficie.....	12
1.3.2 Mantenimiento según auscultación.....	23
1.3.3 Mantenimiento por atenciones inmediatas.....	34

1.3.4	Mantenimiento por obras complementarias	37
1.4	MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS	41
1.4.1	El IRI – Índice internacional de rugosidad.....	41
1.4.2	Daños de los pavimentos de las vías	45
1.4.2.1	Piel de cocodrilo	46
1.4.2.2	Fisuras en bloque	47
1.4.2.3	Fisuras en arco	49
1.4.2.4	Fisuras transversales	49
1.4.2.5	Fisuras longitudinales	50
1.4.2.6	Ahuellamiento	50
1.4.2.7	Corrimiento de la mezcla	50
1.4.2.8	Ondulación superficial	51
1.4.2.9	Hinchamiento.....	51
1.4.2.10	Hundimiento.....	51
1.4.2.11	Baches.....	51
1.4.2.12	Peladura	51
1.4.2.13	Desintegración de bordes.....	52
1.4.2.14	Exudación de asfalto	52
2.	PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS	53
2.1	LIMPIEZA SUMIDEROS DEL TÚNEL	54
2.2	LIMPIEZA DUCTO CENTRAL DEL TÚNEL	56
2.3	LIMPIEZA POSTES S.O.S. Y SEÑALES DE EVACUACIÓN EN	

	UN TÚNEL.....	59
2.4	LIMPIEZA ZANJAS DE CORONACIÓN PORTALES DE ENTRADA A UN TÚNEL.....	61
2.5	ROCERÍA, LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTAS EN ZANJAS DE CORONACIÓN PORTALES DE UN TÚNEL.....	63
2.6	BARRIDO DE LA CALZADA DE UN TÚNEL.....	65
2.7	LIMPIEZA DE VÍA CUNETAS Y BERMA.....	67
2.8	ROCERÍA.....	70
2.9	LIMPIEZA CAJAS DE ALCANTARILLA.....	72
2.10	LIMPIEZA DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLAS.....	74
2.11	SELLO DE ANILLOS EN TUBERÍA DE ALCANTARILLAS.....	77
2.12	LIMPIEZA DE ZANJAS DE CORONACIÓN Y BAJANTES.....	79
2.13	LAVADO DE SEÑALES VERTICALES, DEFENSAS METÁLICAS Y BARANDAS PUENTES.....	81
2.14	LAVADO DE DRENES HORIZONTALES.....	84
2.15	COLOCACIÓN DE MATERIAL GRANULAR EN SITIOS AFECTADOS POR BACHES.....	86

2.16	LAVADO PEAJES, ESTACIONES DE PESAJE, CENTROS DE CONTROL.....	88
2.17	SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO	90
3.	CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO	93
3.1	MANTENIMIENTO RUTINARIO	93
3.2	MANTENIMIENTO SEGÚN AUSCULTACIÓN	94
3.3	CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	96
3.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	104
3.4.1	Mantenimiento rutinario y según auscultación.....	104
3.4.2	Mantenimiento por atención de emergencias y por obras complementarias.	107
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
	BIBLIOGRAFÍA.....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de costos de mantenimiento rutinario y de auscultación por kilómetro	104
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mantenimiento rutinario. Limpieza de sumideros dentro de un túnel.....	7
Figura 2.	Mantenimiento rutinario. Señales informativas de distancia entre vehículos después de haber lavadas. Nótese la alta retroreflectividad del elemento.....	8
Figura 3.	Mantenimiento rutinario. Barrido de la calzada de la vía dentro de un túnel.....	9
Figura 4.	Mantenimiento rutinario. Lavado ducto central de drenaje de un túnel vial, la tubería se purga inyectando agua a alta presión.....	10
Figura 5.	Mantenimiento rutinario. Lavado bóveda de un túnel	11
Figura 6.	Mantenimiento rutinario. Mantenimiento sistemas de ventilación de un túnel.....	12
Figura 7.	Mantenimiento rutinario. Limpieza de cunetas y bermas.	13
Figura 8.	Mantenimiento rutinario. Labores de Rocería en zona de vía.....	14
Figura 9.	Mantenimiento rutinario. Limpieza cajas de alcantarilla.	15
Figura 10.	Mantenimiento rutinario. Mantenimiento pozos de abatimiento. Nótese las medidas de seguridad del operador.	15
Figura 11.	Mantenimiento rutinario. Sello de anillos de tuberías de alcantarillas.	16
Figura 12.	Mantenimiento rutinario. Limpieza de zanjas de	

	coronación, torrenteras y bajantes.	17
Figura 13.	Mantenimiento rutinario. Lavado drenes horizontales.	18
Figura 14.	Mantenimiento rutinario. Sello de grietas en el pavimento.	18
Figura 15.	Mantenimiento rutinario. Lavado señales verticales.	19
Figura 16.	Mantenimiento rutinario. Lavado defensas metálicas. Nótese la ubicación de la señalización preventiva.	20
Figura 17.	Lavado demarcación horizontal. Nótese que se hace solo con chorro de agua a presión para no desprender la micro esfera.	21
Figura 18.	Mantenimiento rutinario. Lavado postes SOS.	22
Figura 19.	Mantenimiento rutinario. Lavado peaje.....	23
Figura 20.	Mantenimiento según auscultación de canales, bajantes y zanjas de coronación. Los operarios están reparando fisuras para prevenir filtraciones.....	25
Figura 21.	Mantenimiento según auscultación de bordillos, en este caso se está haciendo realce, alineación y emboquillado de juntas.....	26
Figura 22.	Mantenimiento según auscultación cunetas longitudinales.....	27
Figura 23.	Mantenimiento según auscultación señales verticales.....	28
Figura 24.	Mantenimiento según auscultación señales horizontales.....	29
Figura 25.	Mantenimiento según auscultación. Zona de vía recién demarcada.....	29
Figura 26.	Mantenimiento según auscultación defensas metálicas.....	30
Figura 27.	Mantenimiento según auscultación alcantarillas y box.....	31
Figura 28.	Mantenimiento según auscultación pasacunetas.	32
Figura 29.	Mantenimiento según auscultación limites de expropiación.	33
Figura 30.	Mantenimiento según auscultación pavimentos. Sector inestable en una carretera, se utiliza pavimento articulado	

	para hacer las reparaciones periódicamente con facilidad y a bajo costo.	34
Figura 31.	Atenciones inmediatas. Trabajos de bacheo en la vía.	35
Figura 32.	Atenciones inmediatas. Los accidentes general daños en la vía, las reparaciones se deben hacer de manera inmediata.	36
Figura 33.	Atenciones inmediatas. Accidente vehicular, nótese el estado de la defensa metálica, que se debe intervenir en menos de 24 horas.	37
Figura 34.	Obras complementarias, refuerzo de la carpeta asfáltica. De pendiendo de la generación de las concesiones estas obras puede rutinarias o complementarias.	38
Figura 35.	Obras complementarias, estabilización de laderas con la construcción de muros de contención. Nótese que el muro esta cimentado con pilotes de concreto.	39
Figura 36.	Obras complementarias, estabilización de laderas y protección del cauce de un río con muros de gaviones.	39
Figura 37.	Obras complementarias, estabilización de taludes por medio de descargas de material y terracéo.	40
Figura 38.	Obras complementarias, construcción de pozos de abatimiento para manejo de aguas sub-superficiales. Nótese en el fondo la máquina perforadora construyendo los drenes horizontales.	40
Figura 39.	Vehículo adaptado para la medida del IRI.	43
Figura 40	Vehículo haciendo medidas del IRI en una carretera.	44
Figura 41	Piel de cocodrilo en pavimentos.	47
Figura 42	Fisuras en bloque.	48
Figura 42	Limpieza cajas de alcantarillas túnel.	54
Figura 43.	Señalización requerida para la limpieza de sumideros	

	dentro de un túnel.....	54
Figura 44.	Retiro de sedimento de las cajas del ducto central de un túnel	54
Figura 45.	Lavado ducto central de un túnel.....	56
Figura 46.	Lavado de postes SOS y señales de evacuación.....	57
Figura 47.	Limpieza zanjas de coronación de los portales de un túnel	59
Figura 48.	Desombre de zanjas de coronación.	60
Figura 49.	Rocería zanjas de coronación.	61
Figura 50.	Sello de grietas en zanjas de coronación.	63
Figura 51.	Barrido de la calzada de un túnel	63
Figura 52.	Señalización requerida para el barrido dentro de un túnel.	65
Figura 53.	Limpieza de cunetas y bermas, perfilado.	65
Figura 54.	Barrido de cunetas y bermas.....	67
Figura 55.	Recolección de desechos producto del barrido de cunetas y bermas.....	67
Figura 56.	Retiro de la rejilla para la limpieza de los sumideros de un túnel.....	68
Figura 57.	Rocería.....	68
Figura 58.	Señalización utilizada en la rocería.	70
Figura 59.	Limpieza alcantarillas.	70
Figura 60.	Señalización requerida para la limpieza de alcantarillas.	72
Figura 61.	Limpieza tuberías de alcantarillas.	73
Figura 62.	Señalización requerida para la limpieza de alcantarillas.	74
Figura 63.	Sello de anillos de alcantarillas, retiro de la junta averiada.	75
Figura 64.	Sello de anillos de alcantarillas, reposición de la junta.....	77
Figura 65.	Señalización requerida para el sello de juntas de tuberías de alcantarillas.....	77

Figura 66.	Perfilado bordes de las zanjas de coronación y retiro de sedimentos.....	78
Figura 67.	Humedecimiento y enjuague de las señales verticales a lavar.....	79
Figura 68.	Cepillado de las señales verticales.....	81
Figura 69.	Señalización requerida para el lavado de señales con carro tanque.	81
Figura 70.	Lavado drenes horizontales.....	82
Figura 71.	Señalización requerida para el lavado de drenes horizontales.....	83
Figura 72.	Colocación material granular en sectores afectados por baches.....	84
Figura 73.	Señalización requerida para colocar material granular en baches.....	85
Figura 74.	Limpieza zonas aledañas a básculas, centros de control, peajes.....	86
Figura 75.	Lavado de las calzadas de peajes y básculas.....	87
Figura 76.	Lavado de casetas de peajes y básculas.	88
Figura 77.	Limpieza de grietas para sello	89
Figura 78.	Aplicación de poliflex para el sello de grietas en el pavimento.....	90
Figura 79.	Señalización para el sello de grietas en el pavimento.	90
Figura 80	Cronograma de mantenimiento.....	99

GLOSARIO

CARRETERA: Vía de comunicación que une dos puntos, pueblos o ciudades, por lo general sirve para tránsito automotor.

CONCESIÓN: Negocio mediante el cual una persona natural o jurídica, encarga a otra persona natural o jurídica el desarrollo de un proyecto, dándole al contratista, que también se llama concesionario, la posibilidad de recuperar la inversión con la obtención de un rendimiento económico, a través de la explotación comercial del bien desarrollado durante un tiempo específico.

CRONOGRAMA: Conjunto de acciones o tareas representadas de manera simbólica en el tiempo, teniendo en todo caso un comienzo y un fin.

MANTENIMIENTO VIAL: Es el grupo de acciones que se toman para garantizar el buen estado de una vía, cumpliendo con los estándares establecidos por los organismos gubernamentales.

MANUAL: Escrito organizado que detalla la manera como se deben acometer acciones específicas para garantizar una finalidad planteada.

OPERADOR VIAL: Es el ente encargado del mantenimiento y operación de una carretera, el operador puede ser una entidad estatal o una entidad particular.

PORTAL DE UN TÚNEL: Estructura de acceso, que en muchas ocasiones está

compuesta por un tramo de falso túnel, que se construye para evitar accidentes de los usuarios por desprendimiento de material.

POZO DE ABATIMIENTO: Estructura bajo tierra, que por medio de filtros recoge las aguas sub-superficiales mejorando las calidades mecánicas del suelo drenado.

SEÑALIZACIÓN. Grupo de símbolos que dan una instrucción dentro de un proceso.

RESUMEN

Las vías en los países en desarrollo tienen una importancia fundamental, por cuanto en casos como el nuestro, y tal como lo manifiesta el DANE en su informe anual de 2008, más del 93% de las mercaderías son transportadas por carretera, por ello la importancia de mantener las vías en las mejores condiciones posibles, no solo por el hecho de garantizar la transitabilidad y la comodidad al usuario, sino por hacer eficiente la gestión de las concesiones viales y de los operadores viales.

El “MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETARAS”, trata la necesidad de tener procesos y procedimientos que garanticen la operatividad vial, de manera tal que los mantenimientos requeridos para garantizar las mejores condiciones de las vías, se hagan de manera sistemática y organizada, por cuanto se ha podido encontrar que en la mayoría de los casos las labores, su organización y programación quedan en manos de operarios de bajo rango, situación que de alguna manera perjudica la estabilidad y por ende la transitabilidad de las vías, redundando esta situación en altos costos de inversión en las vías a cargo de la nación, las concesiones y los operadores viales, además, de los problemas que se derivan para el usuario, por mayores tiempos de desplazamiento y mayores costos de operación por el mal estado de las vías.

En el primer capítulo de este trabajo, se hace una introducción a lo que es el mantenimiento de vías, desde el punto de vista de los tipos de mantenimiento y la clasificación de cada una de las actividades que se han de realizar. Además, describe cada uno de los componentes que generalmente hacen parte de una carretera, esto con el objeto que el lector reconozca el detalle de cada una de las

labores descritas en los capítulos siguientes.

En el segundo capítulo se presenta un manual operativo, en el cual se incluyen las principales tareas del mantenimiento de vías, en el se da una semblanza de la manera como se realizan las tareas del mantenimiento vial, en procura de la organización de las labores y la estandarización de los procesos. Este manual servirá de base para cualquier vía, en cualquier sitio del país, tan solo se deberán hacer los ajustes que permitan la inclusión de las labores particulares de cada carretera.

En el tercer capítulo, se hace un análisis para determinar una metodología que permita establecer los cronogramas de mantenimiento, por cuanto los programas para la realización de las labores, es igual de importante, que lo procedimientos para la ejecución de las mismas. En este mismo capítulo se hace una breve explicación de la manera como se ha de hacer el cálculo de distribución de cuadrillas, de acuerdo a las labores y compromisos de los operadores viales y concesionarios; de igual manera y como resultado del mencionado análisis, se presenta un ejemplo de programación de ejecución de las labores de mantenimiento vial.

En el cuarto y último capítulo se presenta un análisis de costo de las tareas relacionadas con el mantenimiento vial, de acuerdo con los capítulos anteriores, teniendo en cuenta, que existe una serie de costos fijos que serán universales, y otros que por su estructura, son propios de cada carretera.

Además de los cuatro capítulos descritos anteriormente, se presentan, al final del trabajo, las conclusiones y recomendaciones, con los cuales se da respuesta a los objetivos planteados.

INTRODUCCIÓN

Dadas las necesidades de la modernización de la administración vial, de la preocupación por prestar un buen servicio al usuario de las carreteras, garantizando la comodidad y la seguridad. Además, de procurar la eficacia de los operadores viales en el proceso del mantenimiento de las vías, que debido a las condiciones de nuestra topografía y condiciones geológicas, en muchos casos no es fácil, se hace necesario establecer protocolos que garanticen los objetivos antes mencionados.

Las limitaciones tecnológicas, en algunos casos, y las limitaciones económicas de los países en desarrollo, conllevan a la elaboración de estudios minuciosos para optimizar las labores que se involucran en el mantenimiento de carreteras, esto con el fin de llegar a tener el máximo rendimiento de los recursos disponibles para la ejecución de las labores de mantenimiento de carreteras.

Parece extraño que la temática de este trabajo sea el de elaborar un manual de mantenimiento vial, cuando el objetivo de los autores es optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos, sin embargo, estos han observado que la duración y el desempeño de los pavimentos, están relacionados en parte con el mantenimiento general que se haga a las carreteras (aunque existen otras variables), no es un misterio el hecho que relaciona el buen estado de los drenajes de las carreteras, o es estado de la estabilidad de las laderas, con el estado de la calzada, y por ende de los pavimentos en si.

La modernización de las economías mundiales lleva a las naciones en vías de desarrollo a hacer esfuerzos, con el objetivo de lograr el progreso, y por ende, el bienestar de los pueblos. La producción y comercialización de los bienes de consumo es pilar fundamental de este objetivo, y para ello adecuar la infraestructura vial es de vital importancia.

Este proyecto pretende elaborar un estudio serio, que permita de alguna manera organizar y estandarizar las labores que se involucran en la conservación de carreteras, teniendo en cuenta los diferentes tipos de mantenimiento de acuerdo con la naturaleza de cada una de las actividades.

El problema del cual se ocupa este trabajo se formula de la siguiente manera: ¿cuáles son los criterios y parámetros que determinan la necesidad de elaborar un manual de mantenimiento de carreteras teniendo en cuenta las actividades que componen los diferentes tipos de mantenimiento vial ?

El objetivo general se centra en el análisis de las necesidades de clasificar, para poder programar, de manera general, las diferentes actividades componentes del mantenimiento de carreteras, para presentar un manual de ejecución y control de las diferentes actividades.

Para el desarrollo del trabajo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar las actividades que se requieren para el mantenimiento de una carretera.
2. Organizar las diferentes tareas de acuerdo a los tipos de mantenimiento definidos por el INV para el mantenimiento de carreteras.
3. Proponer unos cronogramas de actividades de acuerdo a las necesidades de mantenimiento de las vías.

4. Analizar los costos resultantes de las diferentes operaciones de mantenimiento.

1. EL MANTENIMIENTO DE VÍAS

Hoy en el mundo las vías se están cuidando de una manera diferente, se considera que las carreteras, por hecho de ser los sistemas de comunicación por excelencia, que mueven la economía de los países, necesitan de atención en todo momento. Las vías están constituidas por una serie de elementos que garantizan la transitabilidad y la seguridad de los usuarios, cada elemento debe ser mantenido periódicamente con el fin que se garantice la premisa de transitabilidad con seguridad.

En los capítulos siguientes se establecerán las pautas principales que garantizan el adecuado manejo de los elementos constitutivos de las vías. Las actividades propuestas en este trabajo servirán para ser aplicadas en las carreteras a cargo del Instituto Nacional de Vías o de los entes departamentales o municipales de las diferentes regiones del País, como por las entidades en cargadas de las vías concesionadas, sin importar a que generación pertenecen.

En este capítulo en particular se describirán las actividades de mantenimiento y los tipos de mantenimiento que existen, esto con el fin de tener claridad en el momento de establecer cronogramas de actividades, por cuanto, la manera de categorizar las diferentes actividades, son la base de una adecuada programación de la ejecución, dando como resultado procesos eficaces que redundan en el beneficio del operador vial y por supuesto del usuario. De manera breve se describirán los antecedentes históricos que han marcado el cambio de las técnicas de mantenimiento de carreteras; caso seguido se procederá a explicar e identificar

cada tipo de mantenimiento que existe, y las labores que lo componen.

1.1 ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO VIAL EN COLOMBIA.

De alguna manera, en los países subdesarrollados, como el nuestro, no existía la cultura del mantenimiento integral de las carreteras, escasamente los estados se preocupaba por tener la banca despejada, de tal manera que pudieran transitar los vehículos, no existían planes que garantizaran el adecuado estado de los elementos constitutivos de las carreteras, era así, como casi nunca se hacía la limpieza de canales y alcantarillas, razón por la cual no era posible drenar el agua de la banca, causándose los daños que, como Ingenieros Especialistas en Pavimentos, deben conocerse. Las señales verticales llegaban al deterioro absoluto, por cuanto durante su vida útil jamás se le pasaba una escoba para retirar la suciedad producida por el tránsito vehicular, y que decir de las defensas metálicas o de las cercas que delimitan la zona de vía. En realidad la vías se construían y se dejaban hasta su deterioro casi total, sin siquiera tomar las medidas mínimas para mantener los componentes que garantizan la seguridad del usuario, esta fue una situación que se presentó desde el nacimiento del sistema de carreteras hasta la década de los años 90.

Debido a los avances que se han venido presentando en la Administración de Carreteras, hoy por hoy se ha hecho importante el mantenimiento integral de las vías, esto quiere decir que es necesario el cuidado de cada uno de los elementos constitutivos de las carreteras. Como se ha venido mencionado, hasta hace unos años este mantenimiento solamente se llevaba a cabo en los casos en que se presentaban emergencias, o en los casos en que se programaban reparaciones como consecuencia del deterioro de los elementos de las vías; a su vez, este tipo de intervenciones se hacía casi exclusivamente al pavimento, que era considerado

el componente de la vía que garantizaba la transitabilidad.

A comienzo de los años 90 el Instituto Nacional de Vías, hizo las primeras contrataciones de Microempresas de Mantenimiento de Carreteras, éstas estaban constituidas, como hasta hoy, por personas de los sitios aledaños a los tramos a intervenir, y se encargaban principalmente de mantener despejada la calzada ante la presencia de pequeños derrumbes y caídas de material de los taludes; más tarde, estas Microempresas de Mantenimiento, se fueron encargando, no solo de mantener la calzada transitable, sino de mantener algunos de los otros elementos que componen las vías, fue así como empezaron a hacer limpieza de defensas metálicas, señales verticales y cunetas. Debido a los buenos resultados obtenidos, y a la entrada en funcionamiento de las concesiones de primera generación, el trabajo se amplió al mantenimiento de las obras de drenaje y de los elementos que definen los límites de expropiación.

Hoy en día, en la mayoría de las vías funcionan esquemas similares para el mantenimiento de las vías. Sin embargo, no existe una estandarización de los procesos y de la manera como se deben ejecutar para lograr de la mejor manera los objetivos propuestos en estas labores, garantizando el adecuado funcionamiento de la totalidad de los componentes de las carreteras.

1.2 COMPONENTES DE UNA VÍA.

Para muchos, las vías solamente son los elementos por donde transitan los vehículos, esto es calzada y bermas, pero en realidad las carreteras están compuestas por una serie de elementos que hacen complejas las labores de mantenimiento. Los grupos de elementos componentes de una carretera son:

Cercas
Bordillos
Cunetas
Señales verticales y horizontales
Defensas metálicas y de concreto
Pasacunetas
Alcantarillas
Canales y zanjas de coronación
Torrenteras
Postes SOS
Barandas de puentes
Pavimentos flexibles y rígidos

No es extraño encontrar en las carreteras túneles, los cuales a su vez, están constituidos por una serie de elementos específicos en su funcionamiento, dentro esos elementos se pueden citar, cabinas de emergencia, zonas de espera, sumideros, ductos de desagüe, semáforos de información, señales de control de control de velocidad, señales horizontales, ventiladores, bandejas porta cables, elementos de acabado de las paredes, etc.

Además existe una serie de edificaciones desde donde se hacen las operaciones de monitoreo y control, tal es el caso de los centros de control, estaciones de pesaje, peajes, y centros de atención al usuario.

Como es de apenas suponerse, cada uno de los elementos anteriormente citados necesitan de mantenimiento periódico, porque de lo contrario se deterioran y pierden su función.

1.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO VIAL

Debido a la naturaleza de las diferentes actividades que se involucran en el mantenimiento de carreteras, es necesario agruparlas con el fin de organizarlas, en procura de la optimización del recurso humano, técnico y administrativo; de igual manera permite la programación de la adquisición de los insumos que se requieren para acometer cada una de las diferentes actividades, y sirve como base para la programación del uso de los diferentes equipos requeridos en esta labor.

1.3.1 Mantenimiento Rutinario. El mantenimiento rutinario está relacionado principalmente con las labores de aseo de los diferentes componentes de las vías, tanto en superficie, como en túneles y edificaciones de apoyo. La programación de para la intervención de cada uno de los componentes de la vía se debe hacer teniendo en cuenta las necesidades resultantes de variables importantes como el clima, debido a que en sitios con altas precipitaciones, es necesario implementar ciclos cortos, en los cuales la limpieza se haga de manera tal que se garantice el perfecto funcionamiento de cada uno de los mencionados componentes de la vía.

Además de las labores de aseo, el mantenimiento rutinario incluye pequeñas acciones de reparación que no involucran grandes cantidades de recursos, tal es el caso de plomado de señales verticales, alineación de captafaros en defensas metálicas y de concreto, alineación de torrenteras a borde de vía, sello de juntas y grietas en cunetas y canales, entre otras actividades.

De igual manera el mantenimiento rutinario incluye todas las labores de desmonte y rocería, no solo de las zonas aledañas a la calzada, sino que esta labor también se debe hacer en la totalidad de las áreas de los lotes propiedad del estado, que

generalmente han sido adquiridos para la construcción de la carretera.

Para efectos de ilustrar al lector y dar claridad sobre estas labores, y los elementos que contempla, se anexan unos cronogramas tentativos de mantenimiento para una vía, en ellos están consignadas las actividades que se realizan y la periodicidad de las mismas.

Dentro de los ciclos de mantenimiento rutinario es preciso nombrar los relacionados con el mantenimiento de los pavimentos. Generalmente, en el caso de las vías concesionadas, a la firma del contrato quedan estipulados unos tiempos específicos para el refuerzo de los pavimentos, que generalmente se establecen en períodos de cinco años, esto quiere decir, que rutinariamente cada cinco años se deben hacer trabajos de refuerzo de los pavimentos.

Sin embargo, periódicamente se hace la revisión de la vía de acuerdo a los parámetros establecidos, para lo cual se hacen inspecciones visuales, además de la medida del IRI (Índice de Rugosidad Internacional), para hacer, de manera inmediata las reparaciones a que haya lugar. Este se puede considerar como un mantenimiento atípico, por cuanto involucra los tres sistemas utilizados en el mantenimiento de las carreteras, esto es, mantenimiento rutinario, de auscultación y atenciones inmediatas.

De manera descriptiva a continuación se citan brevemente las principales actividades que contemplan el mantenimiento rutinario de una vía, para tal fin se suponen túneles y vías de superficie.

1.3.1.1 Principales labores de Mantenimiento Rutinario dentro de un túnel.

Hoy en día la gran mayoría de las vías colombianas tienen túneles en sus trazados, razón por la que se incluyó este aparte dentro del trabajo de grado. Al

igual que en las vías de superficie, dentro de los túneles que existen en las vías, es necesario realizar una cantidad de actividades de mantenimiento rutinario que permitan la adecuada operación de estas estructuras.

- **Limpieza sumideros.** Las cajas de los sumideros de los túneles se deben proteger con geotextil, o con otro elemento que se parezca, para evitar que los residuos sólidos resultantes del tránsito de vehículos, afecten las tuberías y lleguen a taponarlas. Periódicamente, dependiendo de la época del año, y del volúmen de carros, se deberá retirar el geotextil para limpiarlo o cambiarlo cuando está desgastado. Esta labor es especialmente importante en los casos de vías donde transitan camiones con ganado o materiales como el carbón, en el primer caso porque la cascarilla de arroz que ponen para proteger la carga, cae a la vía generando problemas en los elementos de drenaje; algo similar pasa con los vehículos carboneros o areneros.



Figura 1. Mantenimiento rutinario. Limpieza de sumideros dentro de un túnel (Fuente archivo personal de los autores).

- **Limpieza postes SOS., señales informativas y señales de evacuación.** Dentro de las labores de mantenimiento rutinario se realiza la limpieza exterior de las cabinas de los teléfonos SOS. Ubicados dentro de los túneles, esta labor se hace teniendo en cuenta que la utilización de agua, en forma incorrecta, puede alterar los circuitos internos desmejorando la calidad de la comunicación, por tal razón las labores de limpieza las debe hacer personal calificado y entrenado para este fin.



Figura 2. Mantenimiento rutinario. Señales informativas de distancia entre vehículos después de haber sido lavadas. Nótese la alta retroreflectividad del elemento (Fuente archivo personal de los autores).

- **Barrido de la calzada de los túneles.** Consiste en el retiro de materiales que se acumulan sobre la vía, estos desechos deberán ser recogidos en lonas para luego ser transportados fuera del túnel, hasta un lugar autorizado para disposición final de residuos sólidos.



Figura 3. Mantenimiento rutinario. Barrido de la calzada de la vía dentro de un túnel.
(Fuente archivo personal de los autores).

- **Limpieza zanja de coronación de los portales.** Los accesos a los túneles viales están conformados por los llamados portales, que son estructuras construidas para evitar que material de la montaña caiga sobre los vehículos que transitan por las vías, generando accidentes, como es lógico sobre los portales deben existir sistemas de drenaje para desalojar el agua, dando de esta manera mayor estabilidad al suelo sobre los accesos a los túneles. Esta labor comprende la limpieza general de sedimentos, y el retiro de maleza de las zanjas de coronación de los portales del túnel, así como el retiro de la maleza que pueda invadir la zona de las zanjas.
- **Limpieza cajas de filtros y sistemas de drenaje en los túneles.** Por el hecho de tratarse de estructuras subterráneas, existen una serie de filtros que alivian las presiones hidráulicas sobre las paredes de los túneles, el agua recogida se transporta a través de un ducto que generalmente atraviesa el túnel por el

centro. Dentro de las labores de mantenimiento rutinario, cada cierto tiempo se debe retirar la suciedad acumulada y se hace el lavado de las cajas del filtro del túnel, esto con el fin de mantener operativa la estructura de drenaje. De igual manera, periódicamente se debe sondear el mencionado ducto para evitar el taponamiento que puede causar la sedimentación del material sólido que se recoge de los filtros.



Figura 4. Mantenimiento rutinario. Lavado ducto central de drenaje de un túnel vial, la tubería se purga inyectando agua a alta presión. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Lavado demarcación horizontal.** Para garantizar la adecuada visibilidad dentro de los túneles, se deben lavar las líneas de la demarcación horizontal, las cuales pierden su reflectometría por la suciedad generada por el paso de los vehículos.
- **Lavado del enchape de la bóveda del Túnel.** Muchos de los túneles del mundo tienen recubrimientos cerámicos, que son colocados con el fin de mejorar la visibilidad, para de esta manera, evitar accidentes. Por el color con que

se ha de recubrir, es necesario realizar el lavado de la bóveda de los túnel recubiertos con la mencionada cerámica. Con el fin de retirar los residuos de la combustión vehicular que se adhieren a la superficie enchapada, se debe utilizar algún químico desengrasante, teniendo en cuenta la dosificación recomendada para no dañar la superficie de la tableta.



Figura 5. Mantenimiento rutinario. Lavado bóveda de un túnel (Fuente archivo personal de los autores).

- **Mantenimiento de sistemas de ventilación.** Dentro de las labores del Mantenimiento Rutinario, es necesario incluir las labores que garanticen el adecuado funcionamiento de los elementos de ventilación, tal es el caso de los ventiladores, sensores de gases peligrosos que activan o desactivan los ventiladores, y de las consolas de control automático o manual. Lógicamente, estos sistemas requieren de personal especializado por cuanto la complejidad de los sistemas no permiten que cualquier persona realice estas labores.



Figura 6. Mantenimiento rutinario. Mantenimiento sistemas de ventilación de un túnel (Fuente archivo personal de los autores).

- **Mantenimiento de sistemas de monitoreo, vigilancia y alarma.** Por la naturaleza de los túneles, y por el grado de riesgo que se tiene al utilizarlos, generalmente están dotados de instrumentos que permiten la vigilancia y detección temprana de cualquier problema que se pueda presentar y que afecte al usuario, es así como en ellos se instalan equipos visuales de monitoreo, de detección de niveles peligrosos de gases nocivos, iluminación, UPSs, y de control de velocidad. Todos estos sistemas requieren de vigilancia y revisión permanente, que permita garantizar el adecuado funcionamiento, para de esta manera minimizar el peligro latente sobre quien lo transita.

1.3.1.2 Mantenimiento Vía Superficie. De la misma manera que en los túneles, en las vías de superficie surgen una serie de tareas a realizar, que permiten el adecuado estado de operación de las vías, dando seguridad y confort al usuario. Las principales labores son:

- **Limpieza vía, cunetas y bermas.** Con el objeto de mantener un buen aspecto de las vías, y de garantizar el adecuado drenaje de las mismas, se deben limpiar periódicamente las cunetas y las bermas, de esta manera se garantiza el adecuado drenaje superficial, y se previene el taponamiento de cajas y alcantarillas. En los casos que se requiere, el material que se recoge de esta actividad, que por lo general es tierra, se lleva hasta los botaderos para la disposición final de este tipo de materiales.



Figura 7. Mantenimiento rutinario. Limpieza de cunetas y bermas (Fuente archivo personal de los autores).

- **Rocería zona de vía.** En cada uno de los sectores, la rocería se debe hacer cumpliendo con los requerimientos de los índices de estado, los que indican el ancho de la franja que se debe mantener sin vegetación y con el pasto muy corto, generalmente son 5 metros desde el borde de la berma o cuneta.



Figura 8. Mantenimiento rutinario. Labores de Rocería en zona de vía. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Limpieza cajas de alcantarilla y estructuras de drenaje.** Dentro de las labores de mantenimiento rutinario, se revisan las alcantarillas para proceder a limpiar las que presenten sedimentación o taponamiento por acumulación de material en alguno de los componentes, tuberías, cajas de entrada y salida, de la misma manera se deben mantener limpias las estructuras que entregan el agua de las alcantarillas a los canales de conducción. Dentro de esta labor también se pueden incluir los trabajos de limpieza y mantenimiento de otras estructuras de drenaje como es el caso de los pozos de abatimiento.



Figura 9. Mantenimiento rutinario. Limpieza cajas de alcantarilla. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 10. Mantenimiento rutinario. Mantenimiento pozos de abatimiento. Nótese las medidas de seguridad del operador. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Sellado de anillos de tuberías de alcantarillas.** Con el fin de evitar filtraciones, que puedan comprometer la estabilidad de la estructura de la vía, se debe hacer la inspección y sellado de los anillos las tuberías de las alcantarillas, para tal fin se utiliza una mezcla de mortero que se aplica después de haber limpiado perfectamente el sitio a sellar.



Figura 11. Mantenimiento rutinario. Sello de anillos de tuberías de alcantarillas (Fuente archivo personal de los autores).

- **Limpieza zanjas de coronación, torrenteras y bajantes.** Esta labor comprende la limpieza general de sedimentos y el retiro de la maleza de las zanjas de coronación existentes a lo largo de las carreteras, esta labor se hace con el fin de garantizar el adecuado drenaje, evitando de esta manera filtraciones que desestabilizan la banca de las vías.



Figura 12. Mantenimiento rutinario. Limpieza de zanjas de coronación, torrenteras y bajantes. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Lavado de drenes horizontales.** En los sitios donde existen estructuras de contención se deben construir drenes horizontales, los cuales sirven para aliviar las presiones causadas por la acumulación del agua de saturación de los suelos; con el fin de mantener funcionando los drenes horizontales es necesario retirar el material de sedimentación que los colmata, para retirar dicho material se hacen labores de lavado con agua a presión y sondeos con elementos metálicos.
- **Sello de grietas en el pavimento.** Dentro de las labores de mantenimiento rutinario, se debe programar el sello de grietas en el pavimento, por cuanto la realización de esta labor, con la metodología adecuada y a tiempo, garantiza la vida útil de la calzada.



Figura 13. Mantenimiento rutinario. Lavado drenes horizontales. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 14. Mantenimiento rutinario. Sello de grietas en el pavimento. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Limpieza de señales verticales, defensas y barandas de puentes.**

Con el fin de mantener visibles las señales verticales, limpias las defensas metálicas y las barandas de los puentes, cada cierto tiempo se hace el lavado de estos elementos de protección y seguridad existentes en las carreteras. En el proceso de lavado se utiliza agua a presión y cepillo, en los casos que se requiera se utiliza jabón para retirar residuos de grasa o suciedad extrema, no se deben usar jabones fuertes en los tableros de las señales, por cuanto la soda cáustica, existente en algunos detergentes, afectan la reflectometría de dichas señales.



Figura 15. Mantenimiento rutinario. Lavado señales verticales (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 16. Mantenimiento rutinario. Lavado defensas metálicas. Nótese la ubicación de la señalización preventiva. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Lavado demarcación horizontal.** Al igual que en los túneles, en las vías de superficie es necesario lavar la demarcación horizontal, cabe aclarar que esta labor se debe hacer con cepillos muy suaves que no desprendan la microesfera contenida en la pintura y que es la que le da la reflexión a la señalización.



Figura 17. Lavado demarcación horizontal. Nótese que se hace solo con chorro de agua a presión para no desprender la microesfera (Fuente archivo personal de los autores).

- **Limpieza postes SOS.** La actividad comprende el aseo general de la plataforma y las barandas de protección del poste SOS, así como el aseo de las cabinas y los diferentes elementos que componen el sistema de comunicaciones. En la ejecución de esta labor se tiene mucho cuidado de no humedecer los elementos eléctricos y electrónicos que puedan afectar la calidad de la comunicación.



Figura 18. Mantenimiento rutinario. Lavado postes SOS. (Fuente archivo personal de los autores).

- **Inspección reparación y limpieza peajes y construcciones de control.** Una vez al mes se debe hacer el lavado de las casetas, calzada, defensas metálicas, y en general todos los elementos componentes de los peajes y de los centros de control.

Con el fin de ilustrar mejor al lector de este trabajo, al final se anexa un manual de operación de mantenimiento en el cual se explica de manera breve la forma como se deben realizar las diferentes tareas de mantenimiento. De la misma manera, se dará una pauta general para programar en el tiempo cada una de estas labores.



Figura 19. Mantenimiento rutinario. Lavado peaje. (Fuente archivo personal de los autores).

1.3.2 Mantenimiento según auscultación. El mantenimiento según auscultación hace referencia a un tipo de mantenimiento correctivo, el cual está dividido en dos fases, la primera que es la auscultación en sí, en la cual un inspector, suficientemente preparado, debe hacer la revisión a cada uno de los elementos constitutivos de la vía, y de acuerdo a una clasificación de posibles daños por elemento, reporta en la planilla de auscultación, las novedades encontradas.

El listado de daños levantado en campo debe ser analizado por un profesional especializado, que decidirá la manera de realizar las respectivas reparaciones. Las empresas que tienen a cargo las vías, deben establecer protocolos claros que les permitan definir las competencias para la realización de ciertas reparaciones complejas que requieren un importante uso de recursos y por ende de inversión en dinero. Conforme a la complejidad de cada labor, se deben establecer

cronogramas que permitan la realización de las labores en los plazos requeridos, generalmente, en un contrato de mantenimiento.

Hecha la evaluación anteriormente descrita, y programadas las reparaciones, se debe dar indicio al ciclo de reparación en sí, para ello es necesario que existan manuales que explique con claridad el alcance de las labores, por cuanto en todo momento se debe velar por la calidad de los trabajos, de acuerdo a los requerimientos de los entes que controlan estas labores.

Finalmente, después de realizadas las reparaciones, el inspector deberá visitar el sitio donde se han realizado los trabajos, esto con el fin de recibir o rechazar las obras ejecutadas por las microempresas de mantenimiento.

Dentro de las labores de mantenimiento rutinario se pueden presentar:

- En zanjas de coronación y canales.

Sello y emboquillado de juntas

Reconstrucción de placas de fondo y espaldares

Sello de grietas transversales y longitudinales en placas de fondo y espaldares

Sello de dilataciones en juntas constructivas

Lleno de socavaciones laterales y de fondo

Rocería y retiro de sobrantes

Retiro de material sedimentado

Acople de elementos prefabricados

Recalce de sectores desgastados.



Figura 20. Mantenimiento según auscultación de canales, bajantes y zanjas de coronación. Los operarios están reparando fisuras para prevenir filtraciones. (Fuente archivo personal de los autores).

- En bordillos.

Sello y emboquillado de juntas

Alineación de prefabricados

Reposición por deterioro

Realce por hundimiento.



Figura 21. Mantenimiento según auscultación de bordillos, en este caso se esta haciendo realce, alineación y emboquillado de juntas. (Fuente archivo personal de los autores).

- En torrenteras
 - Sello de juntas entre elementos prefabricados
 - Rocería y limpieza
 - Retiro de material sedimentado
 - Acoplamiento de elementos prefabricados
 - Lleno de socavaciones laterales y de fondo
 - Cambio de prefabricados

- En cunetas longitudinales
 - Emboquillado de juntas transversales
 - Emboquillado de juntas longitudinales
 - Reconstrucción de secciones fracturadas
 - Sello de grietas longitudinales y transversales
 - Lleno de socavaciones laterales y de fondo

Sello de juntas constructivas
Retiro de material sedimentado
Recalce de elementos desgastados



Figura 22. Mantenimiento según auscultación cunetas longitudinales. (Fuente archivo personal de los autores).

- En señales verticales
Reposición de elementos faltantes, (señales completas, parales, tornillería, tableros, etc.)
Plomado parales
Alineado tableros
Reposición de elementos por deterioro



Figura 23. Mantenimiento según auscultación señales verticales. (Fuente archivo personal de los autores).

- En señales horizontales
Limpieza de tachas reflectivas
Reposición de tachas reflectivas
Repinte de pequeñas zonas afectadas por deterioro



Figura 24. Mantenimiento según auscultación señales horizontales. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 25. Mantenimiento según auscultación. Zona de vía recién demarcada. (Fuente archivo personal de los autores).

- En defensas metálicas

Reposición de colas de pez, biondas, captafaros, parales, amortiguadores, tornillería

Plomado y enderezado de colas de pez, biondas, captafaros, parales, amortiguadores, tornillería.

Alineación de parales y biondas

Ajuste de tornillería.



Figura 26. Mantenimiento según auscultación defensas metálicas. (Fuente archivo personal de los autores).

- En alcantarillas y box couvert

Sello de juntas en tuberías o prefabricados

Reconstrucción de módulos fracturados

Sello de grietas transversales y longitudinales

Reparación de cabezales

Llenos de socavaciones

Recalce de elementos desgastados

Retiro de material sedimentado

Sello de grietas en cajas de entrada y salida



Figura 27. Mantenimiento según auscultación alcantarillas y box. (Fuente archivo personal de los autores).

- En pasacunetas

Reparación de espaldares fracturados

Sello de grietas longitudinales y transversales en placas de fondo y espaldar

Retiro de sedimento de tuberías

Sello de juntas de tuberías

Reparación de cabezales



Figura 28. Mantenimiento según auscultación pasacunetas. (Fuente archivo personal de los autores).

- En cercas

Rocería general del corredor de la cerca

Reposición por robo o deterioro de alambre de púas, postes o tacos de sujeción

Plomado de postes

Templado de alambre



Figura 29. Mantenimiento según auscultación límites de expropiación. (Fuente archivo personal de los autores).

- En pavimentos.

De manera ordenada y siguiendo las metodologías avaladas para la inspección de pavimentos, en las vías se deben programar ciclos de auscultación y reparación, esto con el objeto de mantener en excelentes condiciones la transitabilidad y la seguridad del usuario. Generalmente, cada seis o cuatro meses, se hacen brigadas de sello de grietas en el pavimento, bacheos y pequeñas reparaciones, en el caso que se necesiten obras más complejas, como es el caso de refuerzos estructurales, se programan las actividades de acuerdo con los parámetros que estén en los contratos de concesión, o cuando las vías estatales lo requieran. Sin embargo es de anotar, que las vías deben estar sin huecos, razón por la cual las labores de bacheo se pueden presentar, de igual manera, como una atención inmediata.

Debido a las condiciones geológicas de Colombia, existen sectores inestables en las carreteras, con el fin de garantizar la transitabilidad en estos pasos, a un costo moderado, los concesionarios y operadores viales, han decidido colocar pavimentos articulados, los cuales son fáciles de remover, nivelar y reinstalar.



Figura 30. Mantenimiento según auscultación de pavimentos. Sector inestable en una carretera, se utiliza pavimento articulado para hacer las reparaciones periódicamente con facilidad y a bajo costo. (Fuente archivo personal de los autores).

1.3.3 MANTENIMIENTO POR ATENCIONES INMEDIATAS.

Existen una serie de intervenciones en que un daño se debe reparar antes de cumplir el ciclo o de auscultación, es decir, que se deben acometer tan pronto se detectan, para tal fin el concesionario u operador vial debe tener los recursos disponibles para la atención de estas situaciones.

De manera general las siguientes pueden ser consideradas labores de atenciones inmediatas:

Reparación de señales averiadas por accidentes o por acciones de vandalismo, en las cuales se pierde la función de la señal.

Reparación de defensas metálicas, de igual manera averiadas en accidentes o por acciones de vandalismo en las cuales se pierde el efecto contenedor de la defensa.

Bacheos menores, se deben tapar los huecos que aparezcan en las vías y que de alguna manera pongan en riesgo al usuario. Sello de grietas en canales, zanjas de coronación, alcantarillas, torrenteras, etc., cuando el daño ponga en peligro la estabilidad de la banca o sus laderas.

En atención de incendios forestales, atención de daños generados en accidentes de tránsito y retiro de derrumbes y deslizamientos.



Figura 31. Atenciones inmediatas. Trabajos de bacheo en la vía. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 32. Atenciones inmediatas. Los accidentes generan daños en la vía, las reparaciones se deben hacer de manera inmediata (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 33. Atenciones inmediatas. Accidente vehicular, nótese el estado de la defensa metálica, que se debe intervenir en menos de 24 horas. (Fuente archivo personal de los autores).

1.3.4 MANTENIMIENTO POR OBRAS COMPLEMENTARIAS

Es común encontrar que para la adecuada operación de una carretera, sea necesario acometer obras que inicialmente no estaban contempladas en los contratos, esta situación es común en las concesiones de primera y segunda generación, en las cuales la responsabilidad del concesionario es compartida con el Estado. Para el caso que se está tratando, se hace mención de este tipo de mantenimiento, pero se sale del concepto de ordenamiento de las tareas para llegar a un programa aplicable de mantenimiento por parte del concesionario u operador vial.

En este tipo de obras se pueden clasificar todas las que tiene que ver con la estabilización de laderas, la construcción de obras de mejoramiento en los casos

de comunidades y cabeceras municipales, donde es necesario construir intersecciones, pasos a desnivel, etc.

Como se mencionó anteriormente, estas obras en los casos de las concesiones de primera y segunda generación son compartidas con el Estado, por cuanto el riesgo así quedó estipulado en los contratos; en el caso de las concesiones de generaciones más avanzadas son responsabilidad exclusiva del concesionario, y en el caso de vías a cargo del estado, lógicamente las obras estarán a cargo de ente oficial correspondiente.



Figura 34. Obras complementarias, refuerzo de la carpeta asfáltica. Dependiendo de la generación de las concesiones estas obras puede ser rutinarias o complementarias. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 35. Obras complementarias, estabilización de laderas con la construcción de muros de contención. Nótese que el muro esta cimentado con pilotes de concreto. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 36. Obras complementarias, estabilización de laderas y protección del cauce de un río con muros de gaviones. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 37. Obras complementarias, estabilización de taludes por medio de descargas de material y terracéo. (Fuente archivo personal de los autores).



Figura 38. Obras complementarias, construcción de pozos de abatimiento para manejo de aguas sub-superficiales. Nótese en el fondo la máquina perforadora construyendo los drenes horizontales. (Fuente archivo personal de los autores).

1.4 MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

Todo lo que se ha descrito en los puntos anteriores, a la larga lo que buscan, es mantener en buen estado los pavimentos de las vías, por cuanto es el elemento que garantiza, en primera instancia, al transitabilidad y la seguridad al usuario. Sin embargo, y como es apenas lógico, dentro de la labores de mantenimiento se deben incluir las tareas referentes a la inspección, análisis y toma de decisiones en cuanto al estado de los pavimentos, para tal fin se han de adoptar metodologías que permitan hacer un seguimiento detallado de los pavimentos que conforman una vía.

1.4.1 EL IRI – ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD.

En primer lugar se debe vigilar el IRI (Índice Internacional de Rugosidad), por cuanto la rugosidad es un factor que está directamente relacionado con el estado estructural de la vía, por tal razón este índice se ha establecido como un factor primario en el análisis del mantenimiento de las carreteras, por cuanto a mayor IRI, mayor costo de mantenimiento y de operación del usuario. Se define la rugosidad como la desviación de una superficie con respecto a una superficie real plana, con dimensiones características que afectan el comportamiento dinámico y el confort de un usuario sobre la vía, a mayor valor del IRI menor confort en el desplazamiento de los usuarios.

Para determinar la rugosidad se pueden utilizar diferentes equipos capaces de registrar las irregularidades superficiales; sin embargo esto se constituyó en uno de los mayores problemas a la hora de comparar las medidas registradas por cada uno de los equipos a nivel mundial. Por tal motivo el Banco Mundial en uno de sus programas patrocinó la investigación para establecer una medida estándar capaz de unificar las lecturas y registros por cualquier equipo diseñado para medir la

rugosidad, producto de esa investigación nació el IRI, Índice de Rugosidad Internacional. La respuesta relevante de Rugosidad Internacional, describe la respuesta física medida en los vehículos causada por el perfil longitudinal de la vía, la respuesta relevante de las propiedades de un automóvil son captadas por un modelo dinámico simple conocido como “quarter –car”, en el cual en cada posición de la rueda el vehículo se comporta como una masa vibratoria colocada en una suspensión con un amortiguamiento, el cual está atado a un sistema vibratorio compuesto por suspensión, frenos y rueda.

En Colombia se ha venido trabajando con técnicas un poco dispendiosas, como lo es el levantamiento topográfico para determinar el IRI, o con equipos de muy bajo rendimientos, lo cual no es eficiente a la hora de determinar el índice de rugosidad para vías de grandes longitudes, tal es el caso de la bicicleta la cual debe ser llevada sobre la vía por dos operarios, situación que restringe la velocidad de avance, por cuanto ésta dependerá de la velocidad con que caminen los dos operarios, resultando una metodología bastante ineficiente en vías de largas longitudes, además que es necesario pasar la bicicleta por cada uno de los carriles de circulación, demorando aún más el trabajo en vías de más de un carril.

Ahora existen en el país aparatos más sofisticados que garantizan mejores rendimientos con mayor precisión, tal es el caso del analizador de perfil longitudinal APL, el cual es montado sobre la suspensión de un vehículo convencional, con ello es posible analizar el estado de rugosidad de las vías a una velocidad aproximada de 80 kilómetros por hora, 75 kilómetros por hora más que la que se logra con la utilización de la bicicleta.

El aparato funciona de la siguiente manera:

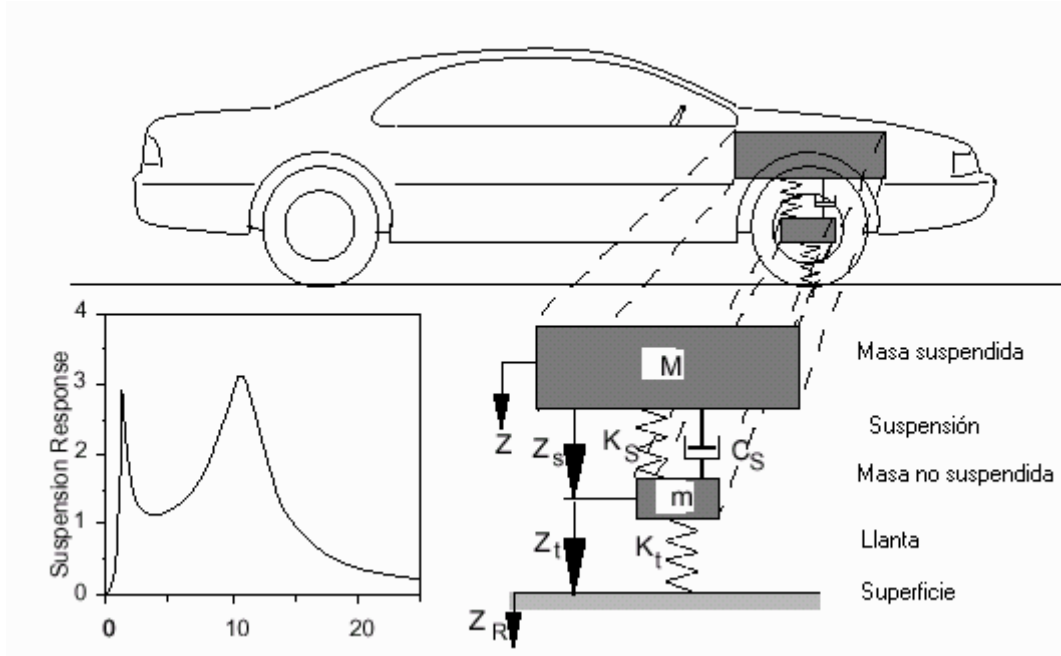


Figura 39. Vehículo adaptado para la medida del IRI. (Fuente Cartilla de Calibración y Medición del IRI – Banco Mundial 1999).

El modelo matemático, que representa la esquina de un vehículo tradicional, se muestra en la figura 39. Este modelo incluye un neumático representado con un resorte vertical, la masa del eje apoyado por el neumático, un resorte en suspensión, un interruptor y la masa del cuerpo apoyado en la suspensión para ese neumático. Existen programas que simulan la respuesta en un vehículo generada por el perfil longitudinal de una vía, cada programa se basa en modelos matemáticos que representan de manera parcial el comportamiento de un automóvil. Estos modelos matemáticos representan la cuarta parte de un vehículo “quarter car”, la mitad “half –car” y el vehículo completo “full –car”, con estos modelos se hace la calibración del aparato, conforme al modelo matemático seleccionado.



Figura 40. Vehículo haciendo medidas del IRI en una carretera. (Fuente archivo personal de los autores).

Se considera que una vía está en buenas condiciones cuando el valor del IRI es igual o menor a 5 metros por kilómetro, que está en regular estado cuando el valor del IRI da como resultado que $5.0 < \text{IRI} < 10.0$, valores mayores indican que es necesario intervenir el pavimento para disminuir la rugosidad y por tanto el valor del IRI.

En el caso de las carreteras concesionadas en el país, la medición el IRI se debe hacer por lo menos dos veces al año, y en los casos de tener valores superiores a 10 metros por kilómetro de vía, es necesario intervenir las zonas con mayor afectación hasta tener los valores aceptables por el INCO.

Normalmente cuando se encuentra que el valor del IRI sobrepasa los 10 metros por kilómetro de carretera, se realizan trabajos de fresado y parcheo de las zonas mayormente afectadas, siempre y cuando el ingeniero de pavimentos determine

que la falla es superficial, en el caso de grandes deformaciones se deberán hacer intervenciones que incluyan la base, sub base o inclusive la subrasante cuando sea necesario.

1.4.2 DAÑOS DE LOS PAVIMENTOS DE LAS VÍAS.

En primer lugar es necesario diferenciar los daños de acuerdo al tipo de pavimento utilizado en la construcción, por cuanto la tipología de los daños es diferente en pavimentos asfálticos y en pavimentos de concreto, como la mayoría de las vías en Colombia están construidas en pavimentos asfálticos, se le dará mayor importancia a este tipo de pavimentos.

Dentro de los planes de auscultación y de reparación de los elementos de las vías se debe incluir el pavimento como elemento constitutivo de las vías, así las cosas, se deberá inspeccionar minuciosamente tres veces al año, prestando especial cuidado en corregir los daños menores con el fin de prevenir daños de mayor envergadura, que representan reparaciones muy costosas.

Muchas veces basta con mantener el sello de fisuras para garantizar una larga vida útil de las superficies asfaltadas, por cuanto con ello se garantiza que el agua no afecta la estructura de la carretera.

Se ha de llevar el historial de cada una de las inspecciones realizadas, con el fin de detectar las zonas con problemas, que a futuro exijan mayores intervenciones que garanticen la operatividad de los sectores con daños mayores. Para tal fin se debe llevar el registro de los daños de acuerdo a la nomenclatura escogida, sobre planos que hagan fácil la ubicación y fecha de detección de los mencionados daños.

De igual manera, será necesario establecer una metodología que permita determinar la severidad de los daños, de tal forma que sea fácil identificar los sitios críticos que requieren de rápida intervención, generalmente se clasifican en bajo, medio y alto.

Las principales afectaciones en los pavimentos asfálticos están dadas por:

1.4.2.1 Piel de cocodrilo. El daño se caracteriza por la aparición de fisuras interconectadas formando polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro no mayor de 30 centímetros, el fisuramiento empieza en las capas inferiores del pavimento asfáltico, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan el máximo valor. El fisuramiento se propaga a la superficie como una serie de fisuras longitudinales paralelas, que por repetición de las cargas aplicadas se van interconectando, formando la piel de cocodrilo, cuando la base y la subbase de la vía son débiles la piel de cocodrilo estará acompañada de ahuellamientos que luego se convertirán en baches. Para corregir este daño se deberá de recurrir al bacheo en el cual es necesario verificar si las capas granulares han sufrido el mismo daño, en tal caso la reparación deberá llegar hasta el nivel de la sub-rasante de la vía.



Figura 41. Piel de cocodrilo en el pavimento. Fuente archivo personal de los autores).

1.4.2.2 Fisuras en bloque. Sobre la superficie del pavimento aparecen una serie de fisuras interconectadas que forman piezas o bloques aproximadamente rectangulares de diámetro superior a 30 centímetros, generalmente el daño aparece en grandes áreas. Este daño es causado por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las grandes variaciones de temperatura, razón por la cual el daño se puede manifestar en sitios pavimentados sin tráfico, como es el caso de bermas y bahías, también el daño se puede presentar en pavimentos contruidos sobre bases estabilizadas con cemento que presentan contracciones diferentes a las de la capa asfáltica. En general este daño no está asociado a las cargas generadas por tráfico, pero el daño suele ser más severo en vías con alto tráfico vehicular. La reparación se deberá hacer retirando la totalidad del material afectado y cambiándolo por material de mejores características mecánicas.



Figura 42. Fisuras en bloque. Fuente archivo personal de los autores).

1.4.2.3 Fisuras en arco. Son fisuras con forma de media luna que aparecen en la superficie de la vía, que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción que ejercen las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras no necesariamente apuntan en la dirección del tráfico, en casos como cuando frena un carro cuesta abajo, la dirección de las fisuras irá cuesta arriba. El problema se presenta cuando se colocan capas superficiales de mezcla con defectos de ligante, que no garantizan la adherencia del pavimentos, en casos severos se puede llegar a presentar corrimiento de las capas superiores. La reparación de este daño se hará retirando las capas superiores afectadas, para corregir la liga y volver a colocar el asfalto.

1.4.2.4 Fisuras transversales. Se presenta como fracturas de longitud variable, perpendiculares al sentido del tránsito, las causas pueden estar dadas por el envejecimiento de las mezclas, que reducen la flexibilidad de las mismas, por altos gradientes de temperatura o deficiencia en la construcción de juntas transversales. La reparación en etapas tempranas se podrá hacer sellado la fisura con productos creados para este fin, en etapas avanzada se deberá parchar la

zona, garantizando una construcción de las juntas.

1.4.2.5 Fisuras longitudinales. Se caracteriza por la aparición de fracturas a lo largo del pavimento, paralelas al eje de la vía, generalmente sobre las huellas de canalización del tráfico, es causado por fatiga como consecuencia de debilidad estructural, cuando aparece sobre la huellas del tránsito; cuando aparece en el centro de la vía, es generada por deficiencia en la construcción de las juntas longitudinales, también son indicativos de la falta de confinamiento de la estructura vial. En etapas tempranas de aparición se podrá controlar el daño por medio de sello de las fisuras, esto le dará algo más de vida útil al pavimento, sin embargo llegará el momento que la solución será retirar el material afectado para reconstruir los tramos de vía.

1.4.2.6 Ahuellamiento. Se presenta como un depresión continua a lo largo de la superficie de rodamiento de los vehículos, es generada por la repetición de cargas sobre el pavimento que al transcurrir del tiempo pierde la capacidad de restaurar las deformaciones, también se pueden presentar por capas estructurales mal compactadas o inestables, como por la excesiva cantidad de ligante en las mezclas. Para corregir el ahuellamiento es necesario realizar trabajos de refuerzo o reconstrucción de las capas granulares o asfálticas de la vía.

1.4.2.7 Corrimiento de la mezcla. Es el desplazamiento horizontal de la mezcla causado por la acción del tránsito sobre mezclas inestables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos o por falta de confinamiento lateral. El daño se corrige retirando el material afectado y colocando mezclas nuevas de mejores características.

1.4.2.8 Ondulación superficial. Aparece como una serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, en intervalos regulares: El daño se corrige por medio de fresado superficial y colocado de mezcla nueva, en los casos severos sería necesario retirar la capa asfáltica para extender una nueva.

1.4.2.9 Hinchamiento. Se caracteriza por la aparición de deformaciones en forma de chichón, causada por la deformación de los suelos y materiales granulares que presentan tendencias expansivas, la única manera de corregir este problema es retirando el material afectado para reemplazarlo por nuevo de mejores condiciones mecánicas.

1.4.2.10 Hundimiento. Se presenta como depresiones de la superficie de la vía, que generalmente son causados por asentamientos de la fundación, o por mala compactación de los materiales granulares. Para reparar este daño es necesarios retirar las capas afectadas y colocar granulares nuevos muy bien compactados.

1.4.2.11 Baches. Causado por la desintegración superficial de la mezcla asfáltica, puede ser causado por falta de ligante o por la presencia de materiales indeseados o por granulometrías no aptas para la elaboración de mezclas asfálticas en la construcción de vías. La reparación se hace retirando el material afectado y reemplazándolo por nueva mezcla.

1.4.2.12 Peladura. Se puede ver que en la superficie del pavimento hay pérdida de ligante y de los agregados finos, las causas van desde la presencia de humedad en los agregados, hasta características petrográficas que no son compatibles con el bitumen, El daño se puede corregir con tratamientos superficiales que mejoren la adherencia del bitumen con el agregado, en casos severos se ha de retirar la zona afectada para colocar mezcla nueva.

1.4.2.13 Desintegración de bordes. Es la pérdida de material asfáltico en los bordes de la vía, se presenta por la aplicación de cargas en zonas no protegidas, o donde no existe confinamiento de la carretera, se corrige con la construcción de elementos de confinamiento y reconstrucción de las capas asfálticas.

1.4.2.14 Exudación de asfalto. Consiste en el afloramiento de bitumen de la mezcla sobre la superficie de la vía, formando una película continua de ligante, generando una superficie lisa y brillante que reduce la fricción de las llantas sobre el pavimento, sucede cuando hay excesivo contenido de asfalto en las mezclas, o cuando la cantidad de vacíos de las mezclas es menor de lo requerido, esto hace que en épocas de calor el asfalto exude por falta de espacios en los que se pueda dilatar. Cuando se presenta esta situación se debe fresar la superficie y se debe colocar mezcla nueva con el porcentaje adecuado de asfalto, de igual manera es posible hacer tratamientos superficiales con arenas de granulometrías adecuadas que se mezclen con el exceso de asfalto.

Muchas de las vías nuevas del país se están construyendo por el sistema de Concesión en el cual el contratista constructor tiene a cargo la operación de la vía por un determinado tiempo, no hay dudas que un adecuado control de calidad en la fase de construcción garantiza una mayor duración de las vías, además si se garantiza una auscultación periódica será posible detectar los daños a tiempo, reduciendo de esta manera la inversión en costosas reparaciones y reconstrucciones.

2. PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS

Con el fin de ilustrar el concepto de las labores de mantenimiento de vías, en este capítulo se pretende ilustrar, de una manera sencilla, la forma como se han de establecer manuales operativos que garanticen la estandarización de la forma como se han de ejecutar las tareas, que componen los diferentes grupos de actividades que se llevan a cabo en el mantenimiento vial.

Para la elaboración de este capítulo del trabajo se realizaron visitas a terreno, con el fin de determinar la manera de operación de una concesión vial, luego se analizaron las diferentes labores estudiadas y se implementó el manual que se muestra a continuación, en él no se hace referencia a la programación de cada actividad, este tema ocupará el tercer capítulo del presente trabajo. Lógicamente, este manual quedaría como base para quien lo quiera utilizar, haciendo las modificaciones que considere, siempre y cuando no altere la base filosófica del mismo.

La descripción de las actividades se hizo de una manera sencilla, teniendo en cuenta que quienes lo utilizarán, serán trabajadores de microempresas, que no tienen una elevada formación académica. De la misma manera, los elementos necesarios para cada actividad son de fácil consecución y se caracterizan por su bajo costo.

Las actividades estudiadas son las siguientes:

2.1 LIMPIEZA SUMIDEROS DE UN TÚNEL.

Esta actividad se debe realizar semanalmente. El objetivo es mantener los sumideros del túnel libres de escombros.

Herramienta necesaria

- ✓ Pala redonda
- ✓ Bolsas de fibra

Procedimiento

Retiro de rejillas: esta labor se realiza manualmente, ubicando las rejillas en lugares seguros.

Limpieza sumideros: se deben retirar los escombros que se encuentren dentro de los sumideros con una pala y recogerlos en bolsas de fibra que se ubicarán sobre el sardinel del túnel para recolección.

Instalación de rejillas: una vez se encuentre el sumidero limpio, se colocarán las rejillas en su puesto original.

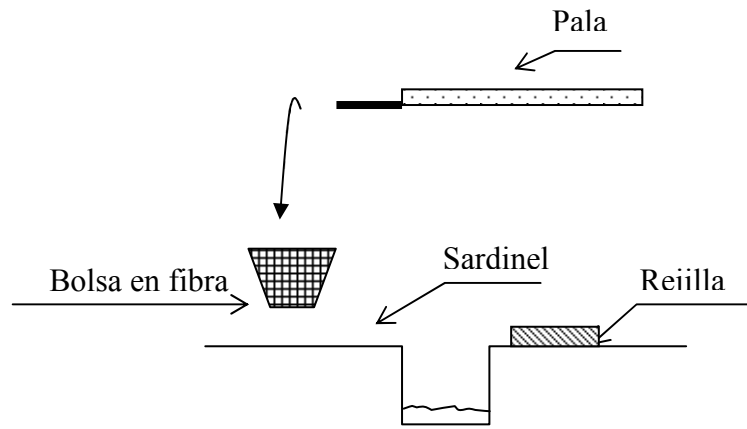


Figura 43. Limpieza cajas de alcantarillas túnel. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Se debe coordinar con el jefe de túnel encargado para que proporcione la señalización adicional.

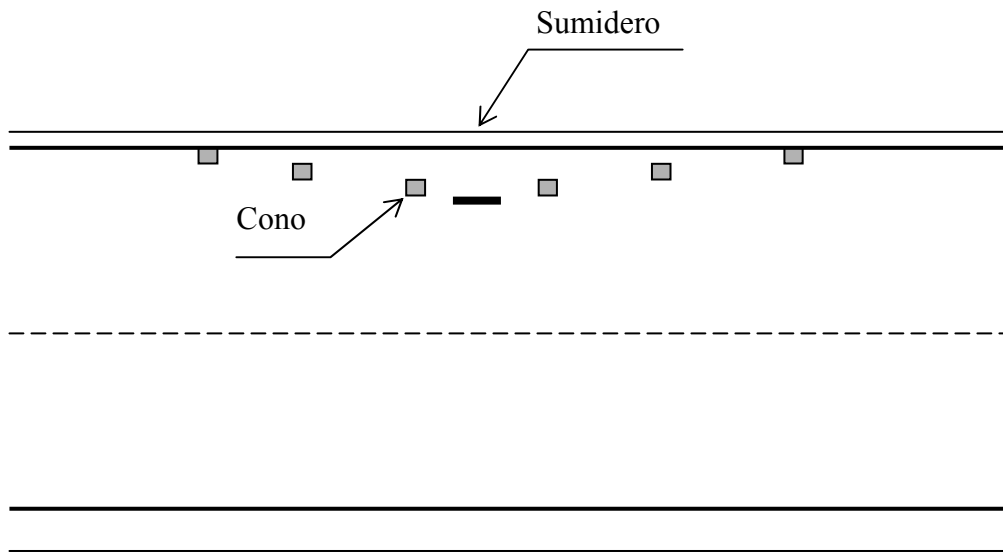


Figura 44. Señalización requerida para la limpieza de sumideros dentro de un túnel.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco.
- ✓ chaleco reflectivo.
- ✓ Guantes.
- ✓ Botas pantaneras.
- ✓ Elementos de seguridad y protección
- ✓ Monogafas y protector auditivo

2.2 LIMPIEZA DUCTO CENTRAL DEL TÚNEL

El ducto central del túnel se debe limpiar una vez cada mes, con el fin de evitar su taponamiento.

Herramienta necesaria:

- ✓ Balde
- ✓ Pala
- ✓ Bolsas en fibra
- ✓ Grúa (coordinar con el ingeniero encargado de mantenimiento)
- ✓ Carro tanque (coordinar con el ingeniero encargado de mantenimiento)
- ✓ Compresor (coordinar con el ingeniero encargado de mantenimiento)

Procedimiento.

- ✓ Limpieza cajas centrales: se comienza por la primera tapa en sentido Villavicencio – Bogotá y se continúa en la misma dirección. Esta actividad se debe hacer en una sola caja a la vez de la siguiente forma:
 - ✓ Retiro de tapas: esta labor se realiza con la ayuda de la grúa, ubicando

las tapas en lugares seguros.

- ✓ Limpieza sumideros: se deben retirar los escombros que se encuentren dentro de las cajas manualmente y recogerlos en bolsas de fibra que se ubicarán sobre el sardinel del túnel para recolección.

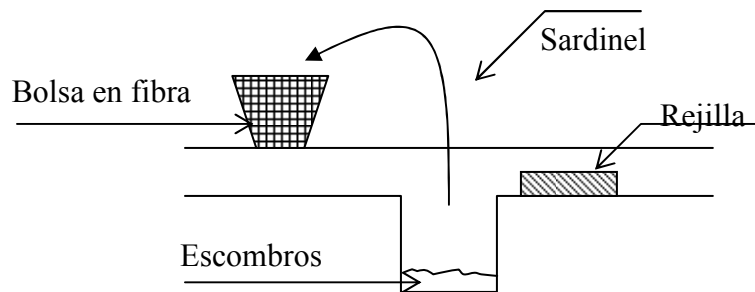


Figura 45. Retiro de sedimento de las cajas del ducto central de un túnel. (Elaborado por los autores).

- ✓ Instalación de tapas: una vez se encuentre la caja limpia, se colocarán las tapas en su puesto original.
- ✓ Limpieza ductos: una vez se encuentren limpias las cajas centrales se procede a lavar los ductos de la siguiente forma:
 - ✓ Limpieza ductos entre sumideros y caja central: con el uso del carro tanque, se inyecta agua a presión por el ducto hasta dejarlos sin escombros.
 - ✓ Limpieza ducto entre cajas centrales: con el uso del carro tanque se inyecta agua a presión por el ducto hasta dejarlo libre de escombros.

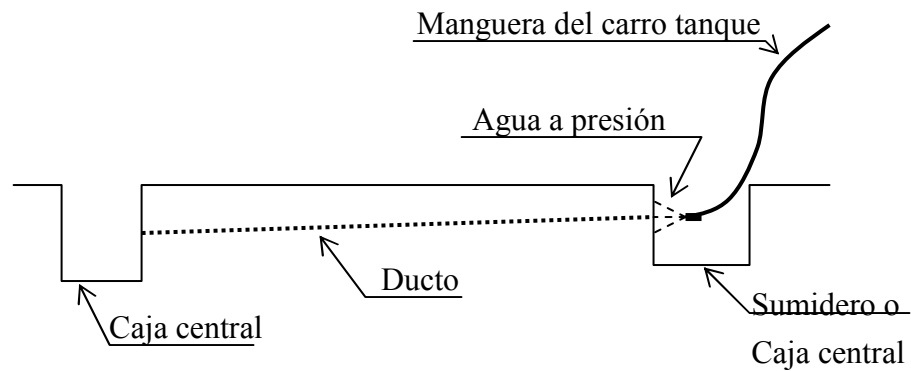


Figura 46. Lavado ducto central de un túnel. (Elaborado por los autores).

✓ Limpieza final: finalmente se deben limpiar nuevamente las cajas centrales con el fin de recoger los escombros provenientes de la limpieza de ductos. Esta limpieza se realizara igual que en el paso 1.

Señalización. Se debe coordinar con el jefe de túnel para que proporcione toda la señalización necesaria en esta actividad.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.3 LIMPIEZA POSTES SOS Y SEÑALES DE EVACUACIÓN EN UN TÚNEL

Esta actividad se realizará semanalmente con el fin de mantener limpias las señales y postes SOS dentro del túnel.

Herramienta necesaria:

- ✓ Escobas.
- ✓ Carro tanque, (su disponibilidad se debe coordinar con el Ingeniero encargado de mantenimiento), o fumigadora de espalda.

Procedimiento:

- ✓ Humedecimiento: se deben mojar los elementos a limpiar.
- ✓ Cepillado: mediante el uso de la escoba se cepillan los elementos humedecidos.
- ✓ Lavado: una vez se haya realizado el cepillado, se procede enjuague final.

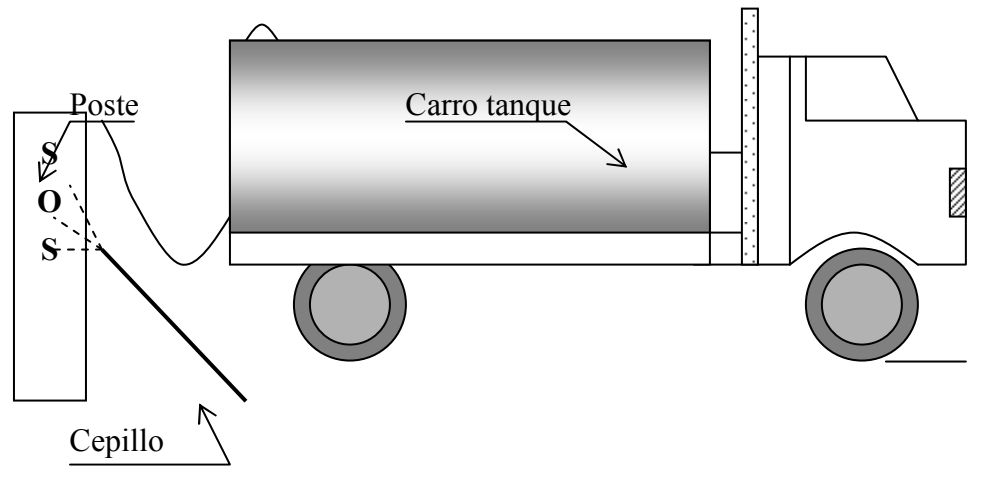


Figura 47. Lavado de postes SOS y señales de evacuación. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad se debe coordinar la señalización con el jefe de túnel encargado.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco.
- ✓ chaleco reflectivo.
- ✓ Guantes.
- ✓ Botas pantaneras.
- ✓ Elementos de seguridad y protección
- ✓ Monogafas y protector auditivo

2.4 LIMPIEZA ZANJAS DE CORONACIÓN PORTALES DE ENTRADA A UN TÚNEL.

Se realizará una vez cada seis semanas con el fin de mantener los canales conductores de agua libre de escombros.

Herramienta necesaria.

- ✓ Azadón.
- ✓ Pala.
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Retiro de derrumbes: en los casos en que existan taponamientos totales del canal por causa de un derrumbe, este se debe retirar mediante el uso de palas.

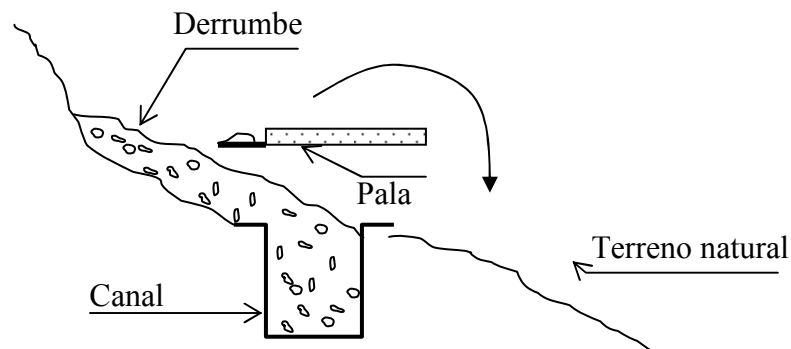


Figura 48. Limpieza zanjas de coronación de los portales de un túnel. (Elaborado por los autores).

- ✓ Desombre de zanjas de coronación: los bordes de los canales deben ser perfilados con un azadón.
- ✓ Retiro de material: se retirarán todos los escombros que se encuentre dentro de los canales

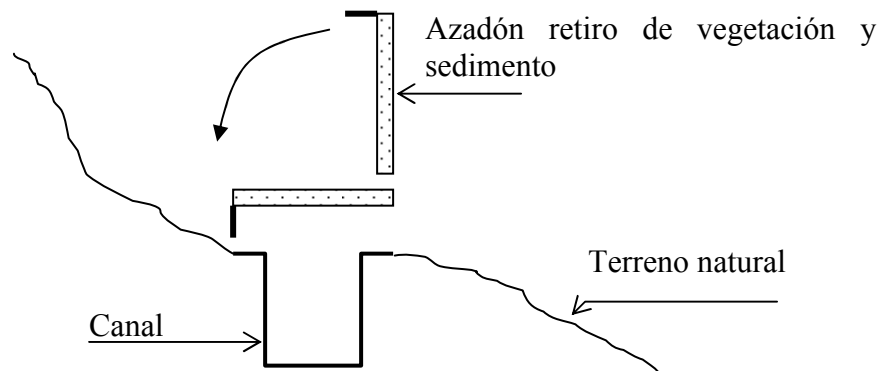


Figura 49. Desombre de zanjas de coronación. (Elaborado por los autores).

- ✓ Extendida de material y recolección de basura: finalmente se extiende el material vegetal resultante, y se retira la basura en bolsas de fibra. En los casos en que las características del terreno no lo permita, se recogerá el material para su evacuación.

Señalización. Para la ejecución de esta actividad no es necesario contar con señalización sobre la vía.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco.

- ✓ Guantes.
- ✓ Botas.
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.5 ROCERÍA, LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTAS EN ZANJAS DE CORONACIÓN PORTALES DE UN TÚNEL.

Se realizará una vez cada seis semanas con el fin de mantener los canales conductores de agua libre de escombros.

Herramienta necesaria.

- ✓ Azadón.
- ✓ Pala.
- ✓ Elementos de seguridad y protección
- ✓

Procedimiento

- ✓ Retiro de derrumbes: en los casos en que existan taponamientos totales del canal por causa de un derrumbe, éste se debe retirar mediante el uso de palas.
- ✓ Desombre: los bordes de los canales deben ser perfilados mediante el uso de azadón.
- ✓ Rocería: mediante el uso de la guadañadora se cortará el pasto en la zona de los canales, dejándolo de 0.10 m de altura. En caso de haber arbustos y/o árboles se retirarán las ramas que afecten la visibilidad.
- ✓ Retiro de material: se retirarán todos los escombros que se encuentre dentro de los canales
- ✓ Extendida de material y recolección de basura: finalmente se extiende

el material acumulado y se retira la basura en bolsas de fibra. En los casos en que las características del terreno no lo permita, se recogerá el material para su evacuación

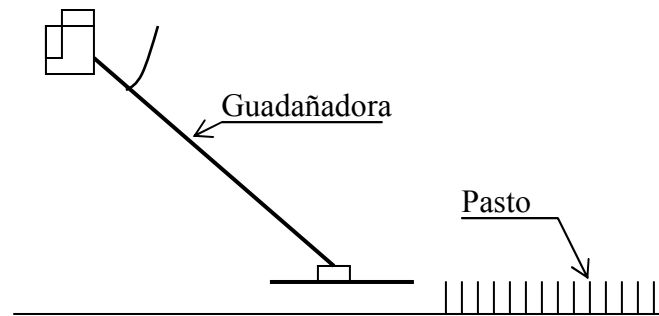


Figura 50. Rocería zanjas de coronación. (Elaborado por los autores).

✓ Sellado de juntas: una vez se encuentre los canales libre de escombros, debe realizarse el sellado de juntas y fisuras con el uso de mortero o de un material cementante.

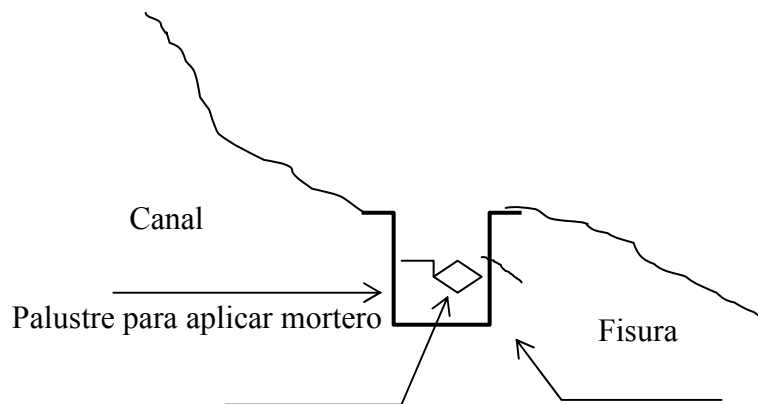


Figura 51. Sello de grietas en zanjas de coronación.

Señalización. Para la ejecución de esta actividad no es necesario contar con señalización sobre la vía.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco.
- ✓ Guantes.
- ✓ Botas pantaneras.
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.6 BARRIDO DE LA CALZADA DE UN TÚNEL

Se debe realizar una vez al mes con el objeto de mantener libre de suciedad la superficie de rodadura dentro del túnel.

Herramienta necesaria

- ✓ Escoba.
- ✓ Pala.
- ✓ Bolsas de fibra.
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento

- ✓ Barrido: mediante el uso de escoba y pala, si es necesario, se barrerá una franja de 2 m, medida desde la pared del túnel.
- ✓ Recolección de material: utilizando la pala, el material barrido se debe recoger en bolsas de fibra para su evacuación.

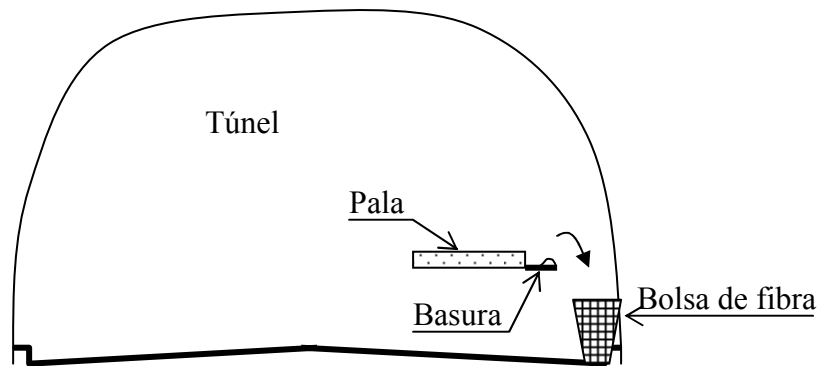


Figura 52. Barrido de la calzada de un túnel. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Se debe coordinar con el jefe de túnel encargado para que proporcione la señalización adicional como es el caso de semáforos intermitentes y velocidad máxima.

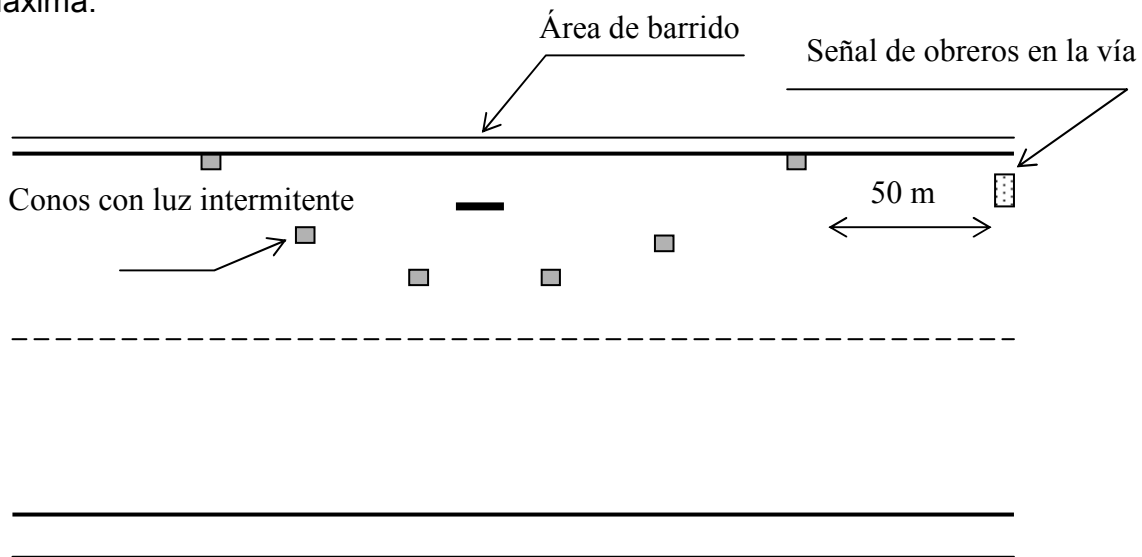


Figura 53. Señalización requerida para el barrido dentro de un túnel.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco.
- ✓ chaleco reflectivo.
- ✓ Guantes.
- ✓ Botas pantaneras.
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.7 LIMPIEZA DE VÍA, CUNETAS Y BERMA

Esta actividad consiste en la barrida de las bermas, limpieza de cunetas y recolección de basura en zona de vía.

Herramienta necesaria

- ✓ Azadón.
- ✓ Pala.
- ✓ Escoba.
- ✓ Bolsas de fibra
- ✓ Elementos de seguridad y protección
- ✓

Procedimiento

- ✓ Perfilado borde de cunetas: se debe retirar el material que se encuentre sobre el borde exterior de la cuneta, ya sea basura o terreno natural. Esta actividad se debe realizar con azadón botando el material a la cuneta.

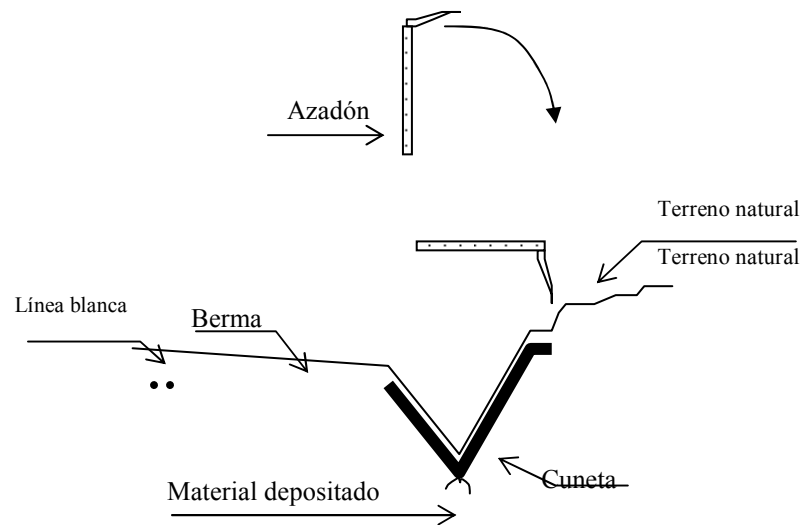


Figura 54. Limpieza de cunetas y bermas, perfilado. (Elaborado por los autores).

✓ Barrido de berma: se debe barrer la zona comprendida entre la línea blanca de la vía y la cuneta. Esta actividad se realizará con escobas botando la basura hacia la cuneta.

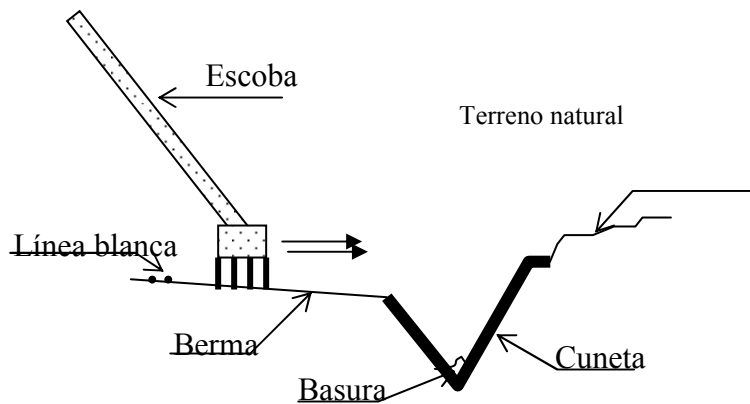


Figura 55. Barrido de cunetas y bermas. (Elaborado por los autores).

✓ Recolección de escombros: En las zonas donde se haya realizado el perfilado del borde de cuneta y barrido de berma, se procederá a la recolección de escombros acumulados en la cuneta y basura encontrada en el área comprendida

entre la cuneta y la cerca de la vía. Esta actividad se realizará con palas y escobas recolectando el material en bolsas de fibra que serán recogidas posteriormente.

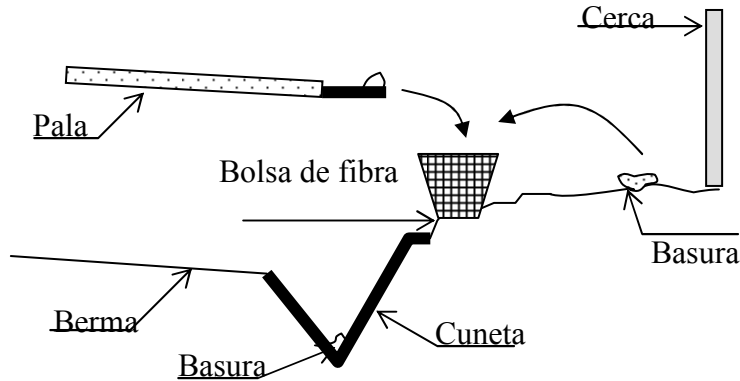


Figura 56. Recolección de desechos producto del barrido de cunetas y bermas. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

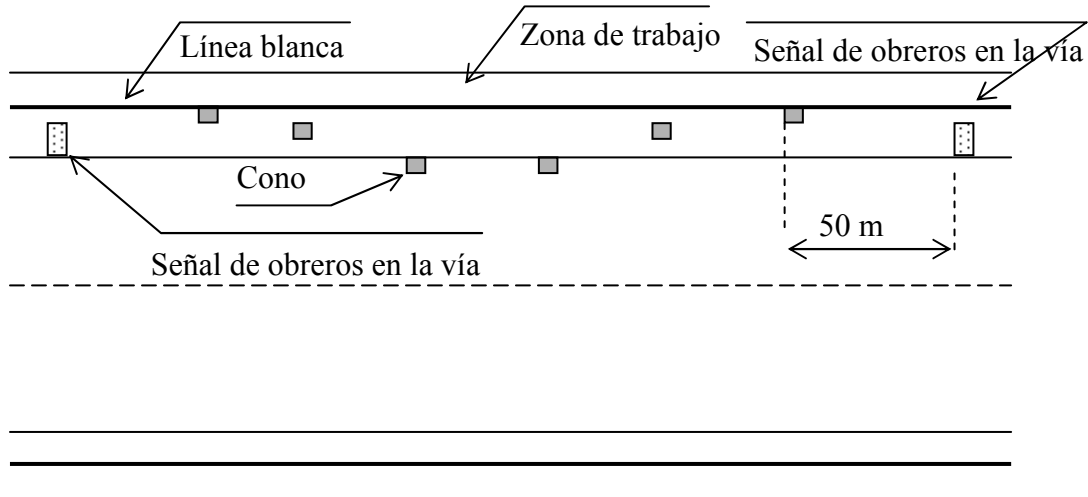


Figura 57. Señalización para la limpieza de cunetas y bermas. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.8 ROCERÍA

Esta actividad se realizará una vez cada dos meses en la franja de zona de vía desde el borde de vía a lo largo del tramo.

Herramienta necesaria.

- ✓ Guadañadora
- ✓ Rastrillo
- ✓ Bolsas de fibra
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Corte de pasto: mediante el uso de la guadañadora se cortará el pasto de la zona, en caso de haber arbustos y/o árboles, se retirarán las ramas que afecten la visibilidad de la vía.

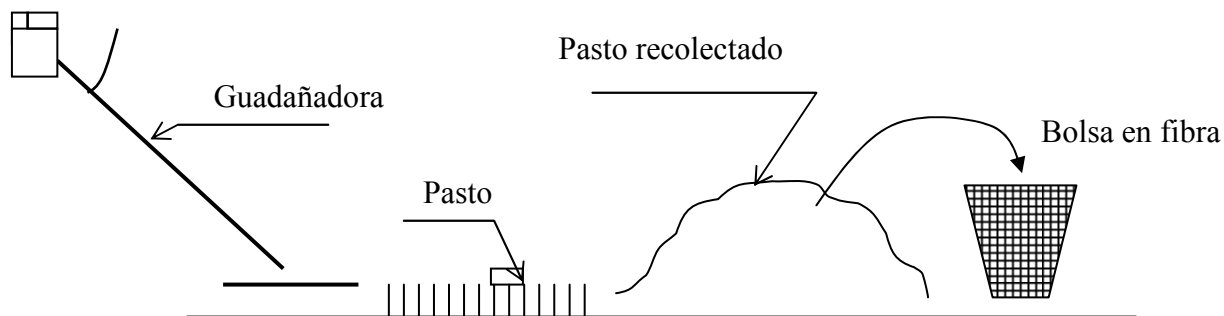


Figura 58. Rocería. (Elaborado por los autores).

- ✓ Recolección: con el uso del rastrillo se agrupará el pasto cortado para su recolección en bolsas de fibra.

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con la siguiente señalización.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

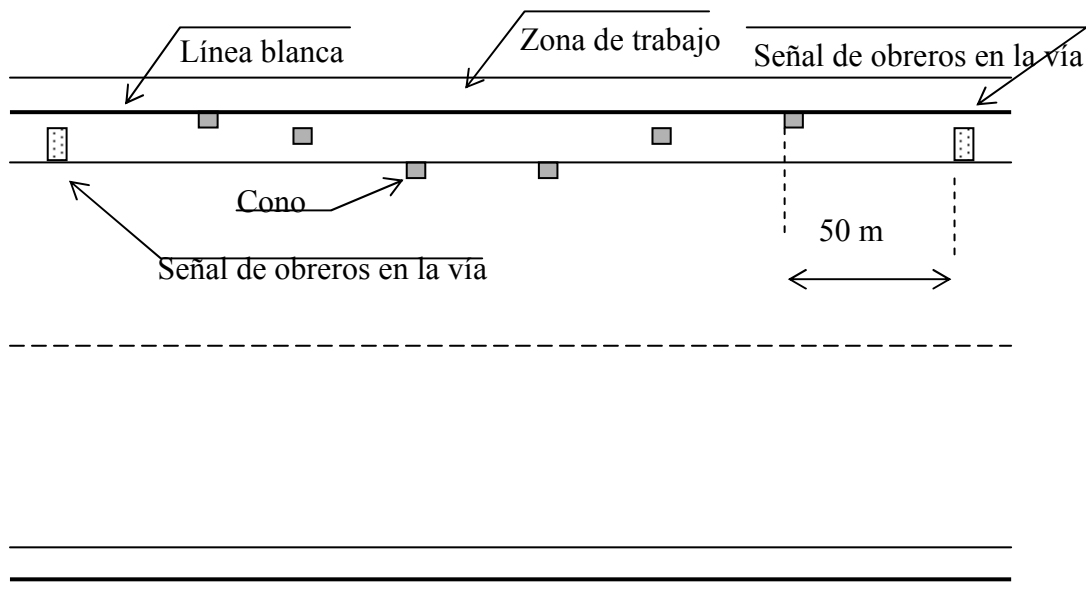


Figura 59. Señalización utilizada en la rocería. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Botas con punta metálica solo para el operador de la guadaña.
- ✓ Gafas protectoras solo para el operador de la guadaña.
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.9 LIMPIEZA CAJAS DE ALCANTARILLA

El propósito de esta actividad es mantener libre de escombros las cajas de las alcantarillas

Herramienta necesaria.

- ✓ Pala
- ✓ Balde
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Retiro de material: Se debe retirar el material que se encuentre en la caja de entrada
- ✓ Recolección de material: en los casos en que el material extraído no se pueda extender, se deberá recolectar y evacuar de la zona

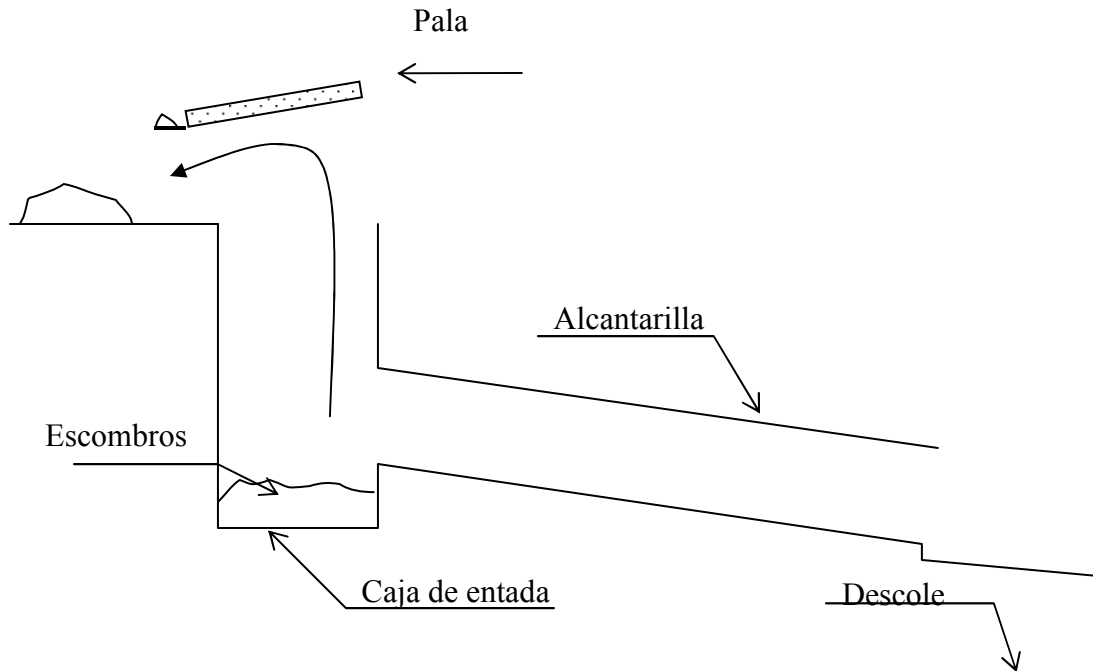


Figura 60. Limpieza alcantarillas. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓
- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

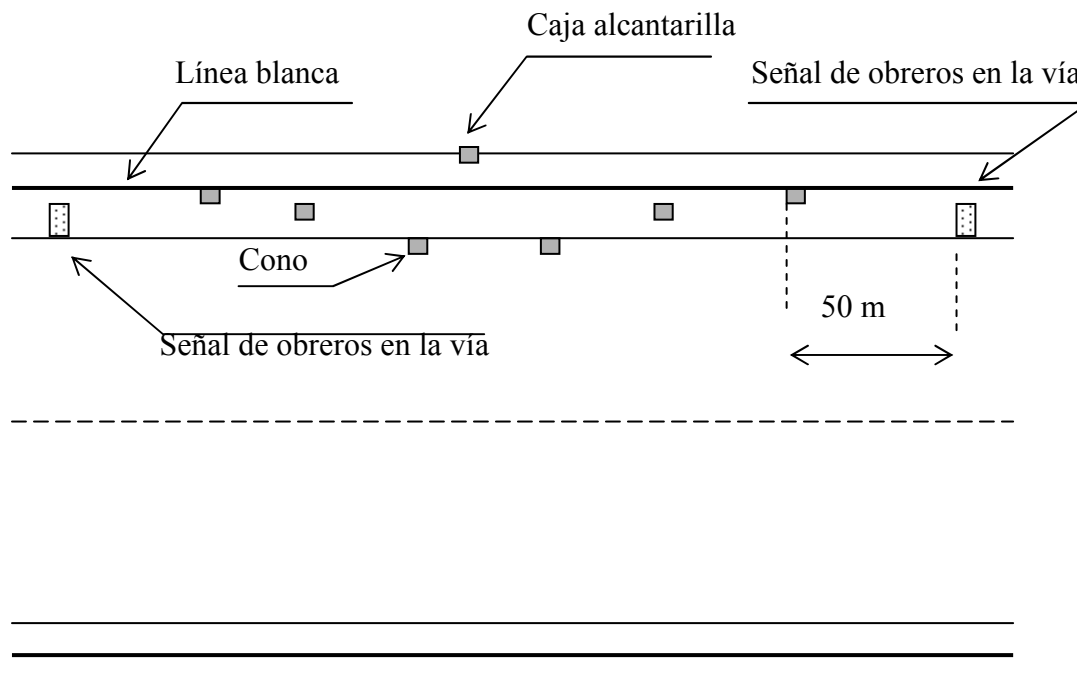


Figura 61. Señalización requerida para la limpieza de alcantarillas. (Elaborado por los autores).

2.10 LIMPIEZA DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLAS

Esta actividad consiste en la limpieza del cuerpo de la alcantarilla y el descole.

Herramienta necesaria.

- ✓ Pala
- ✓ Balde
- ✓ Manguera
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Manejo de agua: En los casos que así lo amerite, se hará un manejo de agua mediante el uso de mangueras.
- ✓ Limpieza cuerpo de obra: mediante el uso de pala se retirará el material que se encuentre dentro de la alcantarilla y en el descole.
- ✓ Recolección de material: en los casos en que el material extraído no se pueda extender, se deberá recolectar y evacuar de la zona.

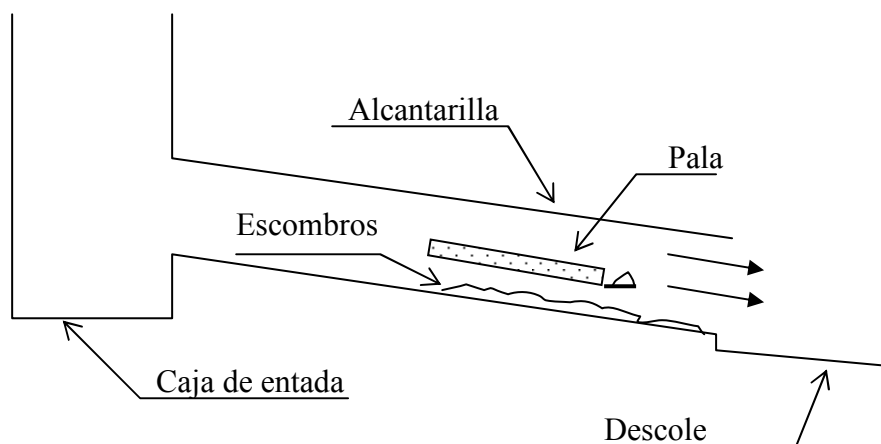


Figura 62. Limpieza tuberías de alcantarillas. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

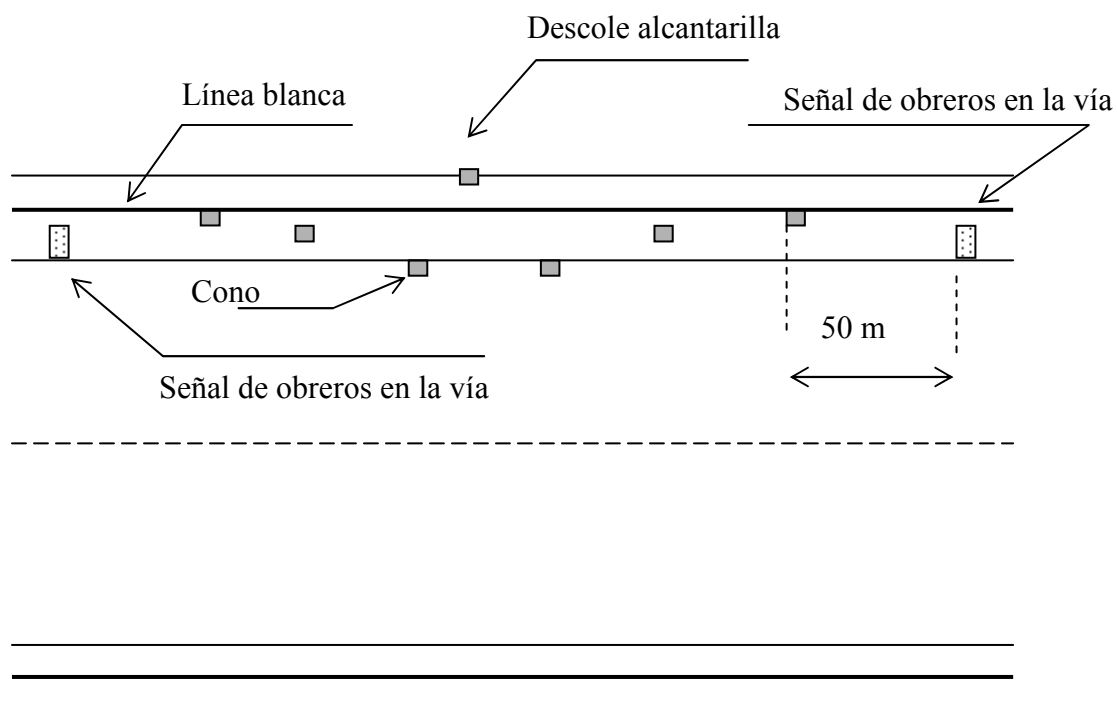


Figura 63. Señalización requerida para la limpieza de alcantarillas. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.11 SELLO DE ANILLOS EN TUBERÍA DE ALCANTARILLAS

Esta actividad se realizara en las alcantarillas de la vía con el fin de mantener la tubería libre de fugas de agua.

Herramienta necesaria.

- ✓ Pala
- ✓ Balde
- ✓ Manguera
- ✓ Palustre
- ✓ Cincel
- ✓ Martillo
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Manejo de agua: En los casos que así lo ameriten, se hará un manejo de agua mediante el uso de mangueras.
- ✓ Limpieza cuerpo de obra: mediante el uso de pala se retirará el material que se encuentre dentro de la alcantarilla y en el descole.
- ✓ Recolección de material: en los casos en que el material extraído no se pueda extender, se deberá recolectar y evacuar de la zona.
- ✓ Retiro de la junta averiada: mediante el uso del martillo y el cincel se procede a retirar la junta fisurada y evacuar los escombros producidos por esta acción.

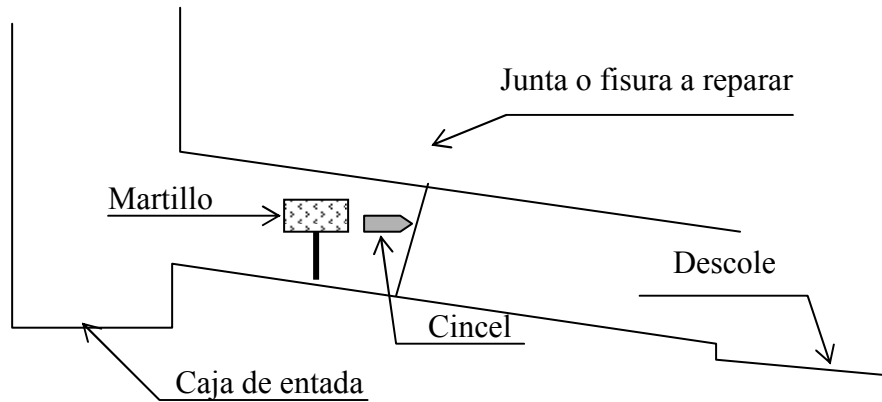


Figura 64. Sello de anillos de alcantarillas, retiro de la junta averiada. (Elaborado por los autores).

- ✓ Sellado de junta: se prepara el mortero en una proporción de cuatro unidades de arena por una de cemento y se procede a instalar la nueva junta mediante el uso del palustre.

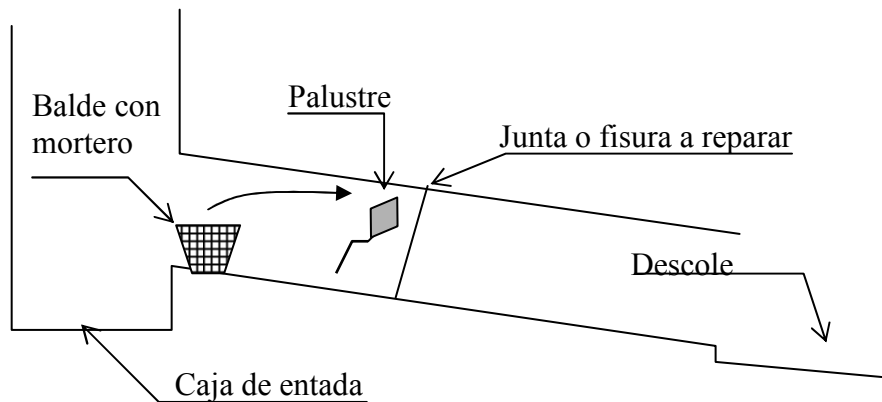


Figura 65. Sello de anillos de alcantarillas, reposición de la junta. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

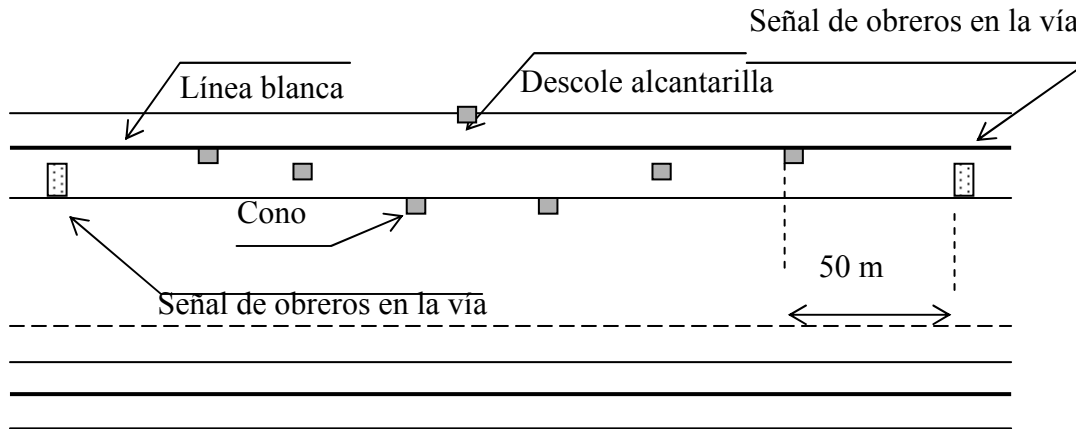


Figura 66. Señalización requerida para el sello de juntas de tuberías de alcantarillas. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.12 LIMPIEZA DE ZANJAS DE CORONACIÓN Y BAJANTES

Esta actividad se realiza una vez cada dos meses con el fin mantener libre de escombros los canales de coronación.

Herramienta necesaria.

- ✓ Azadón
- ✓ Pala
- ✓ Bolsas de fibra
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Perfilado borde de zanja: se debe retirar el material que se encuentre sobre los bordes del canal, ya sea basura o terreno natural. Esta actividad se debe realizar con azadón.

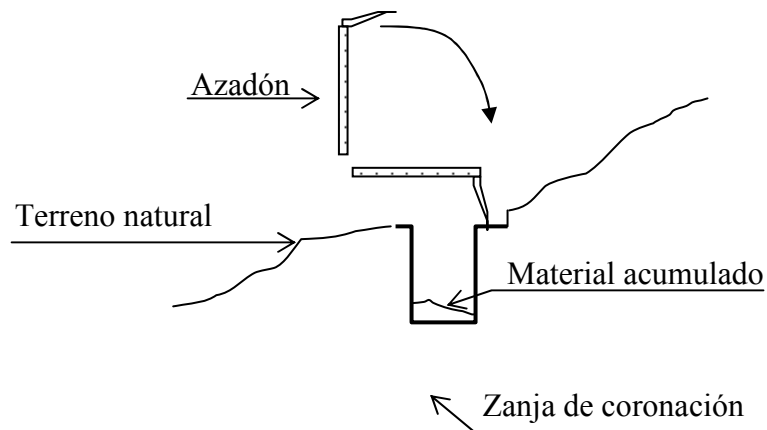


Figura 67. Perfilado bordes de las zanjas de coronación y retiro de sedimentos. (Elaborado por los autores).

- ✓ Recolección de escombros: En las zonas donde se haya realizado el perfilado, se retirarán y extenderán los escombros. La basura encontrada en el área se recolectará en bolsas de fibra para su evacuación. Cuando el material extraído no se pueda extender, se deberá recolectar y evacuar de la zona.

Señalización. Para la ejecución de esta actividad no es necesario contar con señalización sobre la vía.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.13 LAVADO DE SEÑALES VERTICALES, DEFENSAS METALICAS Y BARANDAS PUENTES

Esta actividad se realizará una vez cada dos meses con el fin de mantener limpias las señales, barandas y defensas a lo largo de la vía.

Herramienta necesaria.

- ✓ Escobas
- ✓ Fumigadora de espalda.

Procedimiento.

- ✓ Humedecimiento: se deben mojar los elementos a limpiar.

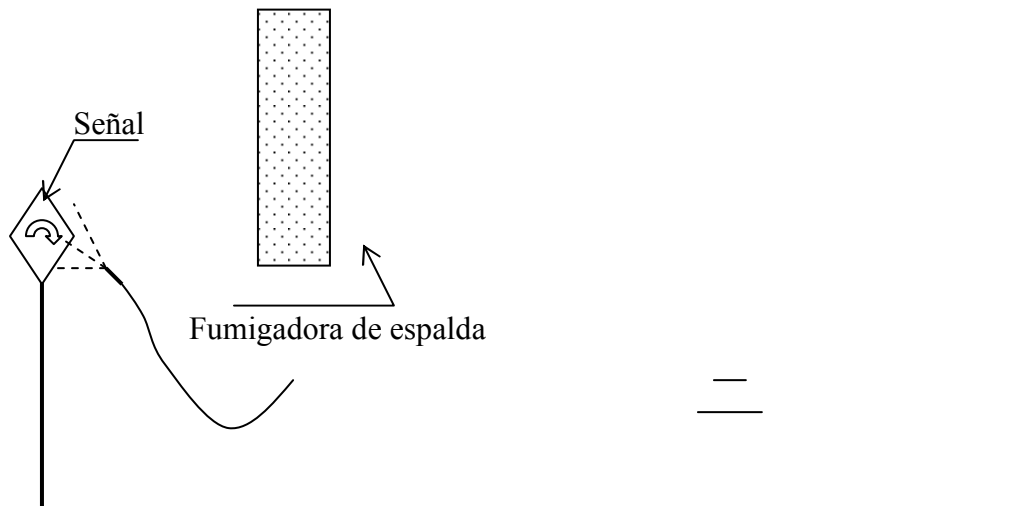


Figura 68. Humedecimiento y enjuague de las señales verticales a lavar. (Elaborado por los autores).

- ✓ Cepillado: mediante el uso de la escoba se cepillan los elementos humedecidos.

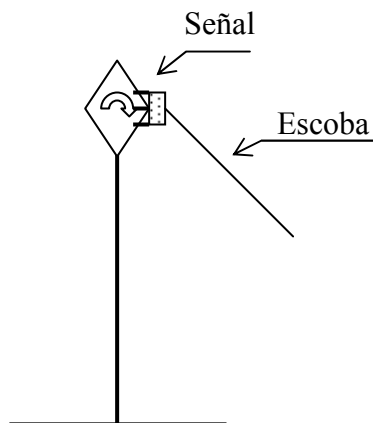


Figura 69. Cepillado de las señales verticales. (Elaborado por los autores).

- ✓ Lavado: una vez se haya realizado el cepillado, se procede al lavado final.

Señalización. En caso de realizarse la labor con carro tanque, para la ejecución de esta actividad se dispondrá de una persona únicamente para movilizar la señalización y es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 3 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía.

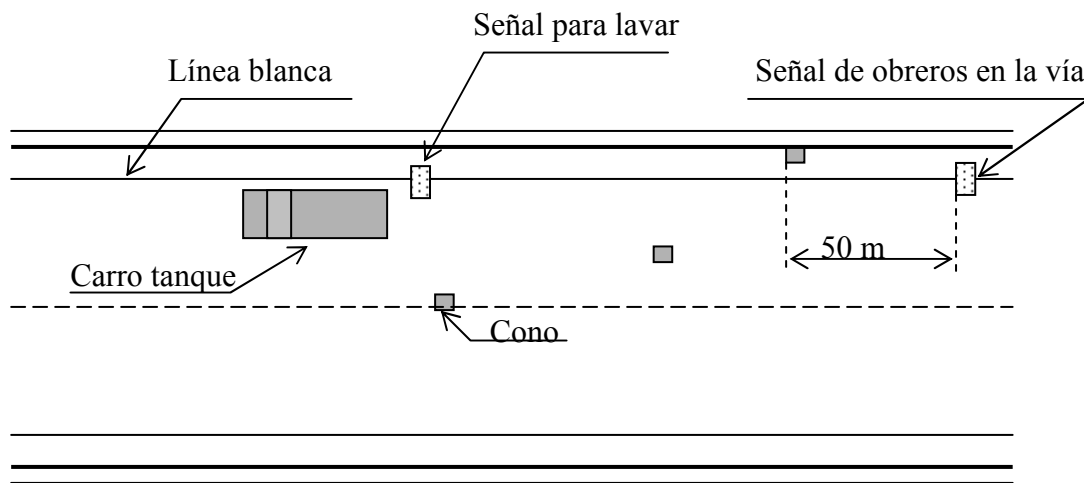


Figura 70. Señalización requerida para el lavado de señales con carro tanque. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ Chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.14 LAVADO DE DRENES HORIZONTALES

Esta actividad se realizará mensualmente con el fin de limpiar cualquier material que pueda obstruir el funcionamiento de los drenes.

Herramienta necesaria.

- ✓ Carro tanque
- ✓ Varillas de acero para sondear
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Lavado: se debe inyectar agua a presión dentro del dren y se debe sondear con varillas metálicas para sacar el sedimento.

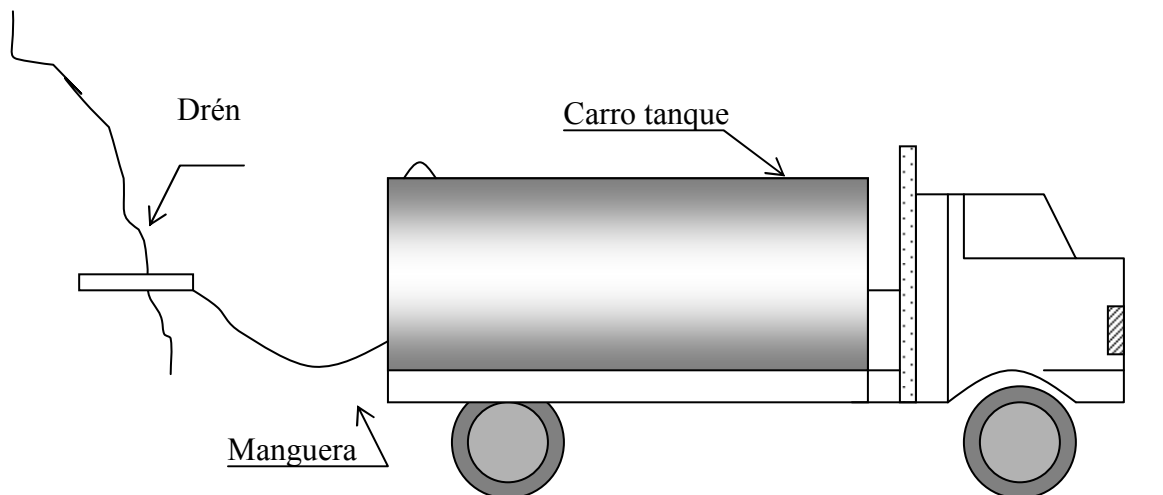


Figura 71. Lavado drenes horizontales. (Elaborado por los autores).

Señalización:

Para la ejecución de esta actividad se dispondrá de una persona únicamente para movilizar la señalización y es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 3 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía.

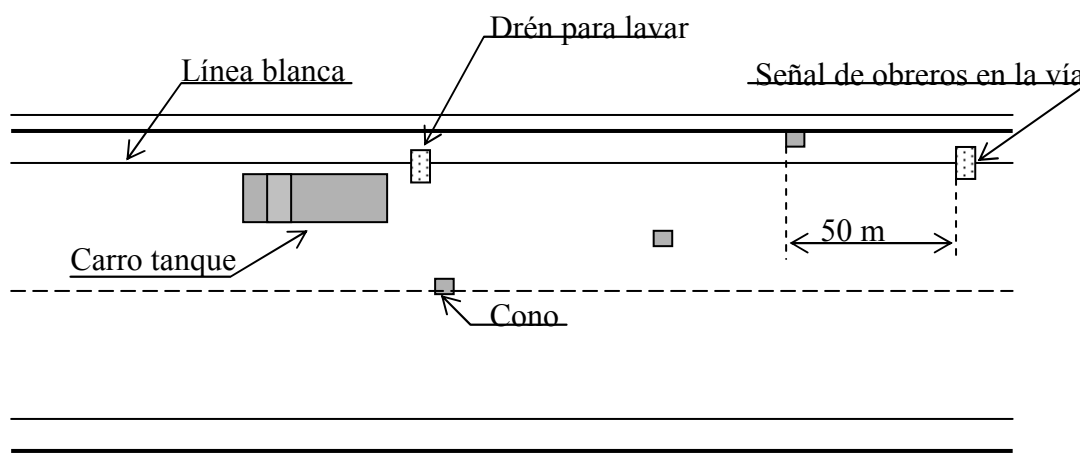


Figura 72. Señalización requerida para el lavado de drenes horizontales. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ Chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.15 COLOCACIÓN DE MATERIAL GRANULAR EN SITIOS AFECTADOS POR BACHES

Con el fin de evitar accidentes se debe mantener los tramos de observación libre de huecos, para esto se debe adicionar material granular periódicamente y así garantizar la superficie de rodamiento.

Herramientas necesarias.

- ✓ Carretilla
- ✓ Pala
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Colocación de material granular: una vez se halla transportado el material granular al sitio de los huecos, se procederá a taparlos agregando material con el uso de la pala

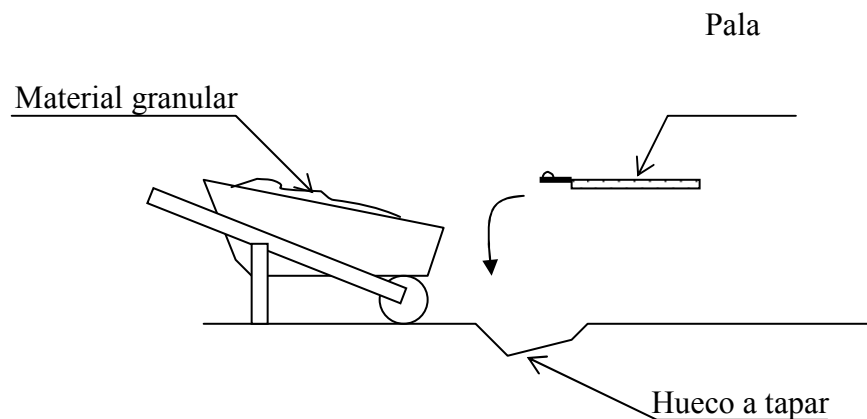


Figura 73. Colocación material granular en sectores afectados por baches. (Elaborado por los autores).

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

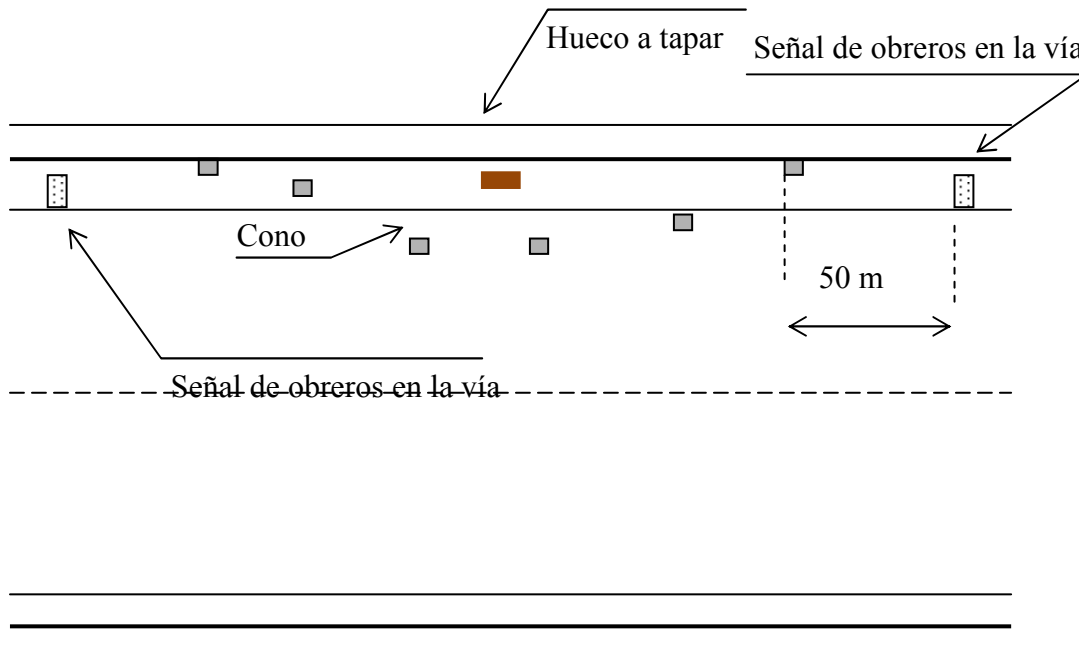


Figura 74. Señalización requerida para colocar material granular en baches. (Elaborado por los autores).

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

2.16 LAVADO PEAJES, ESTACIONES DE PESAJE, CENTROS DE CONTROL.

Esta actividad se realizará una vez al mes con el fin de mantener las buenas condiciones de operación de estas áreas.

Herramienta necesaria:

- ✓ Escobas
- ✓ Palas
- ✓ Guadañas
- ✓ Elementos de seguridad y protección
- ✓

Procedimiento:

- ✓ Barrido: se debe barrer toda la zona recolectando la basura en bolsas de fibra.

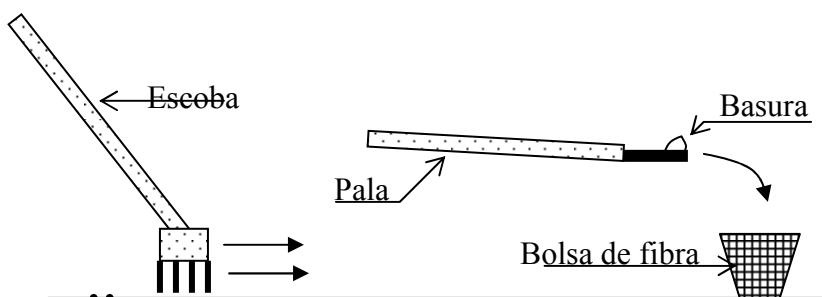


Figura 75. Limpieza zonas aledañas a básculas, centros de control, peajes. (Elaborado por los autores).

- ✓ Limpieza de carriles: mediante el uso de algún tipo de disolvente se quitarán las manchas de aceite y gasolina presentes en la calzada.

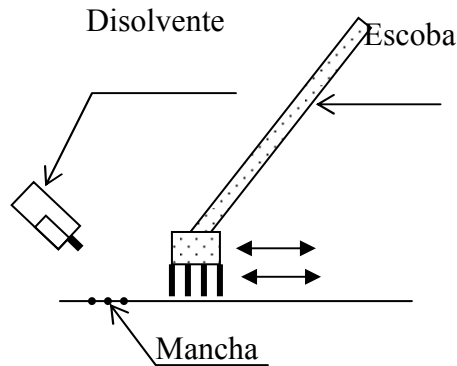


Figura 76. Lavado de las calzadas de peajes y básculas. (Elaborado por los autores).

- ✓ Lavado de casetas: se mojan las casetas.
- ✓ Cepillado: se cepillarán las casetas con el uso de las escobas
- ✓ Lavado: se lavará con agua las casetas y toda la zona de la báscula.

Señalización. Para la ejecución de esta actividad se debe coordinar la señalización con el jefe de báscula.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

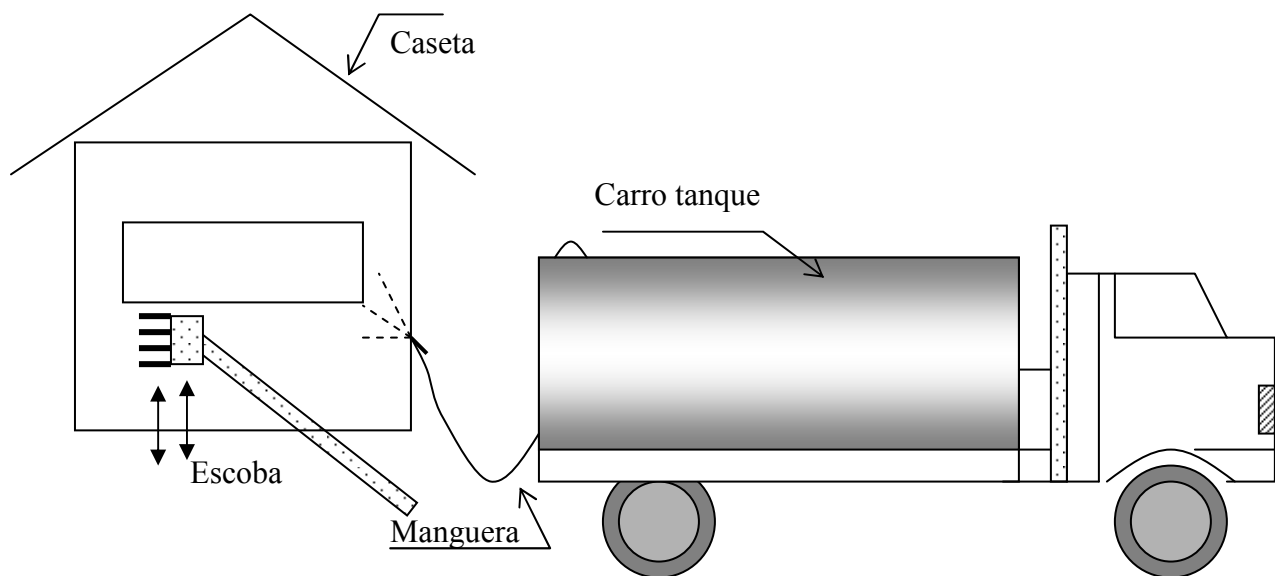


Figura 77. Lavado de casetas de peajes y básculas. (Elaborado por los autores).

2.17 SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO

Esta actividad se realizará mensualmente con el fin evitar la filtración de agua dentro de la estructura del pavimento por presencia de grietas y fisuras.

Herramienta necesaria.

- ✓ Balde
- ✓ Equipo de sello
- ✓ Cepillo
- ✓ Poliflex
- ✓ Arena
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Procedimiento.

- ✓ Limpieza de la grieta: Se debe limpiar la grieta por medio de la ruteadora hasta dejarla libre de partículas y con el suficiente tamaño para aplicar poliflex.

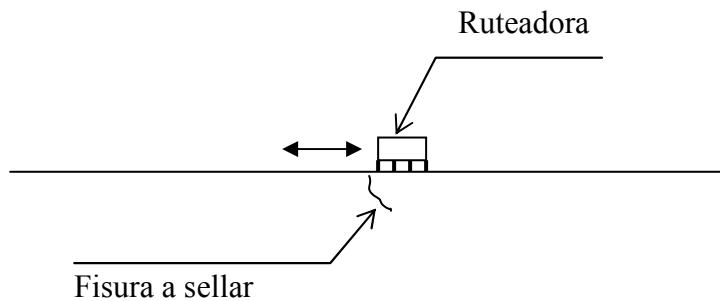


Figura 78. Limpieza de grietas para sello. (Elaborado por los autores).

- ✓ Sellado de grieta: Se adiciona poliflex a temperatura de 170 grados celsius dentro de la grieta hasta llenarla totalmente, esta labor se hace con la respectiva máquina selladora.

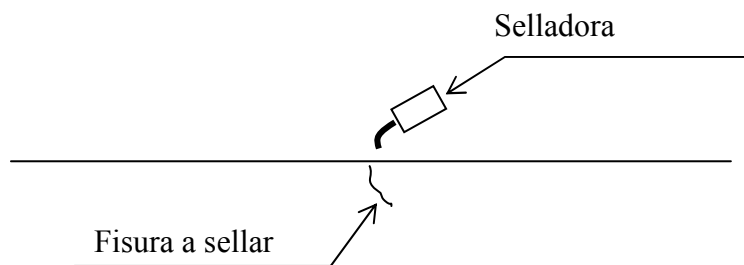


Figura 79. Aplicación de poliflex para el sello de grietas en el pavimento. (Elaborado por los autores).

- ✓ Protección grieta: Con el fin de evitar el arrastre del sello por el paso de los vehículos, se debe espolvorear arena o cemento sobre la grieta sellada.

Equipo necesario. Es de carácter obligatorio que cada trabajador cuente con el siguiente equipo:

- ✓ Casco
- ✓ chaleco reflectivo
- ✓ Guantes
- ✓ Botas pantaneras
- ✓ Elementos de seguridad y protección

Señalización. Para la ejecución de esta actividad es obligatorio contar con los siguientes elementos.

- ✓ Conos reflectivos, cantidad mínima 6 unidades.
- ✓ Señal de obreros en la vía, cantidad mínima 2 unidades.

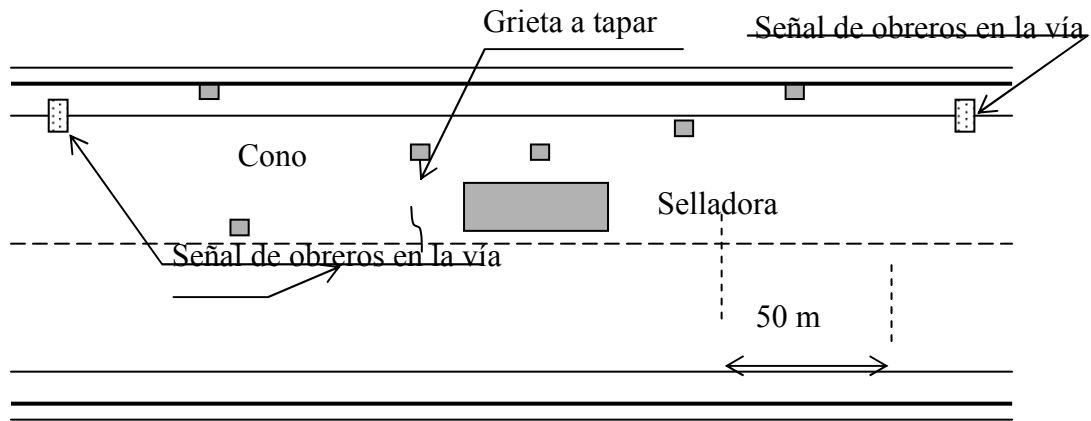


Figura 80. Señalización para el sellado de grietas en el pavimento. (Elaborado por los autores).

3. CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Al igual que es importante tener claridad sobre las actividades de mantenimiento y los procedimientos para su ejecución, es necesario levantar cronogramas para establecer la periodicidad en la ejecución de los trabajos, con esto se garantiza la adecuada intervención a cada uno de los elementos de una vía, en este capítulo se hará un ejemplo de programación que por su lógica y detalle se podrá aplicar, con sus respectivos ajustes, a cualquier carretera. Para poder establecer parámetros reales de operación, se toma el ejemplo de la carretera Bogotá – Villavicencio, con esto el análisis se ajusta a la operación de la mencionada vía.

Al analizar los contratos de algunas de las concesiones viales del país, se han encontrado unas particularidades, referentes a los tiempos en que se deben realizar las actividades, y que se pueden resumir de la siguiente manera:

3.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO.

Los contratos expresan que cada mes se debe hacer mantenimiento rutinario a la totalidad de los elementos componentes de las carreteras, lógicamente habrá actividades que por su importancia de deben hacer más de una vez al mes, tal es el caso de la limpieza de algunos elementos de drenaje; por lo anterior las vías se han dividido en tramos que van desde los 10.5 kilómetros, hasta alrededor de los 20 kilómetros dependiendo de la complejidad de las labores y de la cantidad de elementos que la constituyen. Se encontró que no existen cronogramas

organizados para la realización de las labores de mantenimiento y que cada microempresa realiza los trabajos de acuerdo a la forma como ellos mismos se van organizando, quedando, en muchas ocasiones, tareas por realizar, porque las mencionadas microempresas, se dedican exclusivamente a mantener el corredor vial, descuidando en muchas oportunidades los elementos anexos a las vías pero que se encuentran distantes de la banca, tal es el caso de zanjas de coronación, bajantes, drenes, cercas de predios del Instituto Nacional de Vías, etc.

De acuerdo con la experiencia de los autores de este trabajo, se ha encontrado que se asigna una persona por cada kilómetro de vía, que generalmente está acompañada por dos kilómetros de cunetas y bermas, lógicamente contemplando los demás elementos constitutivos que se han mencionado en los capítulos anteriores. Además se asigna una persona adicional, por cada kilómetro o fracción de túnel.

3.2 MANTENIMIENTO SEGÚN AUSCULTACIÓN.

Para la realización de este mantenimiento, los contratos no estipulan tiempos para la auscultación y la reparación de cada uno de los elementos de las vías, pero sí hacen énfasis en la necesidad de mantenerlos en perfectas condiciones físicas y de operación de cada componente. Se hizo un estudio de la incidencia de las reparaciones que se han presentado en la mencionada vía durante los años 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007, llegando a la conclusión que es necesario establecer ciclos por tramo, para llegar a la optimización de las labores que comprenden el mantenimiento según auscultación.

De acuerdo a lo anterior se ha establecido que paralelamente con el mantenimiento rutinario, se debe llevar el de auscultación, de tal manera que las

labores se complementen y se hagan de manera eficiente, en procura de mantener las condiciones exigidas para la operación vial, dando comodidad y seguridad al usuario.

Reuniendo todas las condiciones de operación, la necesidad de tener los componentes de las vías en perfectas condiciones, reparando a tiempo los daños por deterioro u operación, revisando las cantidades de cada actividad y los recursos a utilizar en las labores, se hace la propuesta por medio de la cual, anualmente se deben hacer tres ciclos de auscultación y reparación de acuerdo a la tipología de cada elemento de las vías, para tal fin se agrupan dichos elementos de la siguiente manera:

- Límites de expropiación. Compuesto por las cercas a borde de vía, y las cercas de los predios de la nación, que han sido adquiridos para la construcción.
- Elementos de manejo de aguas en la banca. En este grupo están los bordillos y las cunetas longitudinales.
- Señalización y defensas. Como se ha venido mencionando a este grupo pertenece la señalización vertical, la señalización horizontal, las defensas metálicas, y las defensas de concreto.
- Obras de drenaje. Como su nombre lo dice, son las estructuras encargadas de conducir el agua fuera de la banca, están compuestas por pasacunetas, alcantarillas y box.

- Elementos de manejo de aguas en ladera. Las aguas que se recogen de la banca y de los taludes de la carretera, es necesario conducir las hasta sitios donde no causen daños a la vía, generalmente hasta quebradas, ríos o canales de conducción. Para este fin en las vías se han construido zanjas de coronación y torrenteras.

3.3 CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO.

Adjunto se muestran los cronogramas tentativos para el mantenimiento de una carretera, como se mencionó al comienzo de este capítulo, se ha tomado como ejemplo una importante vía, que une a Bogotá con el Llanos Orientales para la cual se generaron los citados cronogramas. Por razones de confidencialidad en el manejo específico de la información de dicha carretera, no se permitió divulgar en este trabajo, información relacionada con inventarios, operatividad de la Concesión y detalles de manejo del mantenimiento, razón por la cual los datos aquí contenidos son generales, pero se ajustan en toda su extensión a la realidad de esta vía.

En primer lugar, es necesario dividir la carretera en tramos, por cuanto está constituida por 86.5 kilómetros, que de no hacerlo, dificultarían el manejo de las labores. La distribución de los tramos se hizo de acuerdo a la forma como en este momento está operando la carretera y que obedece, principalmente a la manera como el Estado entregó cada uno de los tramos. Dichos tramos son:

Tramo 2. del K00+000 al K10+500

Tramo 3 del K10+500 al K25+500

Tramo 4 del K25+500 al K38+500

Tramo 5 del K38+500 al K71+500

Tramo 6 del K71+500 al K86+560

Se anota que dicha Concesión, inicialmente estaba planteada para tener el K0+000 en el cruce del Río Tunjuelito con la proyección de la Avenida Boyacá, que en el tiempo de adjudicación aún no se había construido.

Teniendo en cuenta lo anterior y apoyados en los inventarios de la carretera, es posible hacer el cálculo de la cantidad de personal que cada sector requiere, por motivos de confidencialidad del manejo de la información, en este trabajo no se detallarán los mencionados inventarios, solamente se hará referencia al resultado del cálculo, que es el siguiente.

Para el tramo 2, compuesto por 8.050 metros de vía de superficie y 2.450 metros de túnel, se programará con base en una microempresa de 13 personas, además estas personas prestarán apoyo en el Centro de Control y en el Peaje ubicado en el K4+600. Es de anotar que por la topografía de la zona y por las características de la vía, este tramo es el que tiene la mayor cantidad de elementos, principalmente zanjas de coronación, canales, bajantes, señales, defensas y cercas.

En el caso del tramo 3, podemos citar que se encuentra la intersección Chipaque, la Intersección Guativas y la Intersección Cáqueza, a pesar de ser estructuras viales con algún grado de complejidad importante, no representan demasiado en el aumento de cantidades de labor a realizar; en este tramo, en el K22+600 se encuentra la Estación de Pesaje Alto de la Cruz, la cual está compuesta por dos básculas camioneras, ubicadas una a cada lado de la vía. Al igual que en el tramo 2, en este tramo, existen zonas de topografía escarpada, con altas pendientes, donde la carretera se caracteriza por la gran cantidad de elementos constitutivos. Por lo anterior se ha llegado a la conclusión que para mantener este sector se

requieren 8 personas.

El tramo 4 es el más plano de todos, y por el hecho de tener su recorrido paralelo al Río Negro, no tiene en su composición, canales de gran longitud, el agua descola por medio de pequeños canales directamente al mencionado río, además es el tramo como menos elementos, por cuanto la señalización es simple y menor en cantidad de señales, lo mismo pasa con las defensas metálicas, cercas, y en general con todos los componentes. Por la simplicidad existente en esta zona, el cálculo del personal requerido para las labores es de 6 personas.

De la misma manera, se ha hecho el análisis para el caso del tramo 5, el cual está compuesto por 33 kilómetros, debido a lo extenso, es necesario, para efectos de mantenimiento, dividirlo en dos zonas, esto con el fin de encargar dos cuadrillas diferentes en la labor, y de acuerdo al análisis, cada cuadrilla estaría compuesta por 7 miembros, cabe anotar que por la dificultad del análisis en este sector, en la práctica, este tramo debería ser observado en detalle para hacer los ajustes que se necesiten con el fin de garantizar la buena calidad de las labores. En este tramo se encuentran dos túneles de 450 metros de longitud y el segundo de los peajes. Se anota que en épocas de invierno, es posible que se requiera más personal, por cuanto esta zona ha sido célebre por las inestabilidades de las laderas en muchos sectores, situación que genera derrumbes con todas las implicaciones que ellos tienen.

Finalmente está el tramo 6, que tiene una longitud de 15 kilómetros, en él se encuentran dos túneles de una longitud de 4.560 metros, un peaje y dos centros de operación y control, razón que dificulta las labores, por la longitud de los túneles y la complejidad de los mantenimientos, es necesario asignar una cuadrilla solamente para esta labor, quedando 10.440 metros de vía de superficie por atender, de este análisis resulta que para el manejo del túnel se requieren 10

personas, y para el mantenimiento de las vías de superficie es necesario tener una cuadrilla compuesta por 11 personas.

Así las cosas, y con base en lo estipulado en los compromisos derivados de los contratos de Concesión, se han elaborado los cronogramas anexos a este capítulo, en ellos se programan las actividades por semana y por subtramo, respetando la premisa de intervenir toda la vía durante cada mes. Además, se tuvo en cuenta el mantenimiento según auscultación, el cálculo se basó en las estadísticas, de información obtenida de la carretera Bogotá – Villavicencio de los años 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007, se desechó el año 2008 por haber sido atípico como consecuencia del sismo ocurrido el 24 de mayo de ese año.

Para efectos ilustrativos se anexa el cronograma para 6 meses de labor. Sin embargo, la ejecución de las mismas es repetitiva en el tiempo, razón que hace fácil proyectar las actividades para mayores duraciones en el tiempo.

VER: ANEXO - CRONOGRAMA MANTENIMIENTO RUTINARIO

3.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.

En la elaboración de este informe se observó que los costos por actividad ejecutada son los mismos en todos los tramos, pero se presenta una diferencia de acuerdo a las características de cada uno de los tramos, que fundamentalmente tienen que ver con la cantidad de elementos existentes y con la longitud de vía, de esto se desprende que el costo asociado a las labores de mantenimiento, depende fundamentalmente de la densidad de los inventarios de cada sector de la carretera.

Para efectos de ilustrar al lector sobre el rango de los costos de mantenimiento, teniendo en cuenta la premisa antes planteada, se presentan los siguientes cálculos:

3.4.1 Mantenimiento rutinario y según auscultación. Para efectos de este cálculo y como se mencionó anteriormente, se tomaron los datos estadísticos de operación de una vía, de los años 2003 a 2007, inicialmente se trató de hacer el cálculo estableciendo precios unitarios para cada actividad, encontrándose el inconveniente, relacionado con la dificultad de calcular con precisión el costo de la mano de obra, porque a pesar de tratarse en muchos casos de la intervención de elementos similares, el costo de dicha mano de obra no es igual, debido a que depende del desplazamiento de la cuadrilla, de las tomas de agua para la realización de la labor y de la densidad de los elementos en cada sitio de la vía.

Así las cosas se decidió tomar valores promedio mensuales, que involucran los costos del mantenimiento rutinario y del mantenimiento de auscultación, de igual manera se anota que estos costos corresponden al promedio por kilómetro de vía intervenida.

Debido a que una sola cuadrilla atiende los mantenimientos rutinario y de auscultación, es imposible desagregar el valor para cada rubro, razón por la cual se tiene que calcular un valor promedio por kilómetro, que contemple estas dos actividades. Se aclara que el valor de la cuadrilla es proporcional al número de obreros que la componen, y a la cantidad de kilómetros que se intervienen, lo que nos lleva a afirmar que el número de obreros por kilómetro es constante, por lo tanto el costo también lo es, en el caso de los materiales si existe diferencia, porque el valor consumido por cada kilómetro de vía, depende de la densidad de elementos que existan en dicho kilómetro.

Así las cosas, en la siguiente tabla se calcula el valor por kilómetro/mes de los mantenimientos rutinario y de auscultación, los valores, como ya se mencionó, fueron tomados de la operación de la carretera antes citada, se tomaron las estadísticas de tres años consecutivos que tienen todos los valores mensuales.

Los resultados son los siguientes:

MES	VR CUADRILLA (km)	COSTO DE MATERIALES (km)		TOTAL (km)	TOTAL (S.M.M.L.V.)
		VR RUTINARIO	VR AUSCULTACIÓN		
Ene-04	631,024.00	134,922.00	356,987.00	1,122,933.00	3,14
Feb 04	631,024.00	156,784.00	396,478.00	1,184,286.00	3,31
Mar 04	631,024.00	245,781.00	356,198.00	1,233,003.00	3,44
Abr 04	631,024.00	285,471.00	401,196.00	1,317,691.00	3,68
May 04	631,024.00	301,879.00	326,987.00	1,259,890.00	3,52
Jun 04	631,024.00	296,155.00	138,743.00	1,065,922.00	2,98
Jul 04	631,024.00	286,417.00	102,478.00	1,019,919.00	2,85
Ago 04	631,024.00	222,452.00	256,189.00	1,109,665.00	3,10
Sep 04	631,024.00	256,874.00	201,458.00	1,089,356.00	3,04
Oct 04	631,024.00	274,645.00	203,456.00	1,109,125.00	3,10
MES	VR CUADRILLA	COSTO DE MATERIALES (km)		TOTAL (km)	TOTAL (S.M.M.L.V.)
		VR RUTINARIO	VR		

	(km)		AUSCULTACIÓN		
Nov 04	631,024.00	301,245.00	204,156.00	1,136,425.00	3,17
Dic 04	631,024.00	275,412.00	326,154.00	1,232,590.00	3,44
Ene-05	694,126.40	196,145.00	215,874.00	1,106,145.40	2,90
Feb 05	694,126.40	186,475.00	286,196.00	1,166,797.40	3,06
Mar 05	694,126.40	214,568.00	336,458.00	1,245,152.40	3,26
Abr 05	694,126.40	227,894.00	396,145.00	1,318,165.40	3,46
May 05	694,126.40	248,137.00	301,126.00	1,243,389.40	3,26
Jun 05	694,126.40	235,874.00	196,148.00	1,126,148.40	2,95
Jul 05	694,126.40	236,547.00	116,148.00	1,046,821.40	2,74
Ago 05	694,126.40	265,478.00	248,148.00	1,207,752.40	3,17
Sep 05	694,126.40	256,894.00	218,196.00	1,169,216.40	3,06
Oct 05	694,126.40	265,489.00	199,187.00	1,158,802.40	3,04
Nov 05	694,126.40	274,653.00	220,597.00	1,189,376.40	3,12
Dic 05	694,126.40	236,784.00	286,145.00	1,217,055.40	3,19
Ene-06	746,185.88	202,139.00	301,589.00	1,249,913.88	3,06
Feb 06	746,185.88	203,478.00	348,754.00	1,298,417.88	3,18
Mar 06	746,185.88	225,146.00	396,148.00	1,367,479.88	3,35
Abr 06	746,185.88	256,981.00	385,478.00	1,388,644.88	3,40
May 06	746,185.88	256,987.00	356,829.00	1,360,001.88	3,33
Jun 06	746,185.88	286,148.00	256,478.00	1,288,811.88	3,16
Jul 06	746,185.88	265,415.00	202,478.00	1,214,078.88	2,98
Ago 06	746,185.88	245,189.00	237,193.00	1,228,567.88	3,01
Sep 06	746,185.88	256,741.00	243,768.00	1,246,694.88	3,06
Oct 06	746,185.88	301,148.00	220,843.00	1,268,176.88	3,11
Nov 06	746,185.88	287,435.00	226,871.00	1,260,491.88	3,09
Dic 06	746,185.88	222,489.00	202,479.00	1,171,153.88	2,87
Promedio km/mes				1,206,057.29	3,16

Tabla 1. Cálculo de costos de mantenimiento rutinario y de auscultación por kilómetro

De esta manera se tiene, que el valor mensual por cada kilómetro de carretera es de 1.206.057.29, cabe aclarar que con el fin de poder hacer las operaciones de los

tres años, los valores se trajeron a valor presente.

3.4.2 Mantenimiento por atención de emergencias y por obras complementarias. Con respecto a estos dos temas, se trató de encontrar un valor que determinara los costos por atención de emergencias y por obras complementarias, encontrándose que dichos valores tienen un comportamiento totalmente errático, que obedece, en el primer caso al comportamiento del usuario, y en alguna medida del invierno, por cuanto se puede ver en que épocas de lluvia aumenta la accidentalidad, al igual que en tiempos de fiestas y ferias municipales.

En el caso de la obras complementarias, la inversión depende de la disponibilidad de recursos que tenga el concesionario o administrador vial, al revisar las estadísticas se encuentran meses con inversiones superiores a los dos mil millones de pesos, pero también hay meses en que no se hace inversión.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las carreteras están constituidas por muchos elementos, que se encuentran dentro de la banca, a borde de vía o en las laderas, el común de las personas creen que la vía no es más que lo que se encuentra entre las cercas, desconociendo la gran cantidad de elementos que no se ven, pero que son fundamentales en el funcionamiento de las carreteras. Las vías son mucho más que lo que se puede ver como usuarios que nos desplazamos de un sitio a otro.
- Todas las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, tienen el mismo objetivo, que es el de garantizar la transitabilidad y la seguridad del usuario. Es fácil darse cuenta que al garantizar la transitabilidad, se está garantizando el adecuado estado de los pavimentos, porque la comodidad y la seguridad dependen del estado en que se encuentren los pavimentos, así las cosas se puede concluir que todas las actividades que se hacen para garantizar la transitabilidad, la comodidad y seguridad de los usuarios de una vía, llevan al mantenimiento y preservación de los pavimentos.
- Es claro que las vías necesitan de mucha atención para mantener sus diferentes elementos en buenas condiciones, y que se hace necesario organizar las actividades periódicamente que garanticen el adecuado funcionamiento de la totalidad de los elementos que constituyen una carretera.
- El manual elaborado en este informe, podrá ser aplicado a la totalidad de las vías que existen en nuestro país haciendo las modificaciones y ajustes para

que sea funcional en casos específicos.

- Se ha podido comprobar que estimar los costos de operación de una vía, a partir del cálculo de los diferentes tipos de mantenimiento no es fácil, como consecuencia de la dificultad que existe para determinar el costo de las cuadrillas para la acometida de cada una de las actividades que contemplan dichos mantenimientos; además, que por la diversidad de los daños que se pueden presentar en cada elemento constitutivo de las vías, se dificulta, de igual manera, el cálculo de los APUs de reparación. Por lo anterior, se concluye que para conocer los costos de mantenimiento de una vía es necesario establecer metodologías especiales que lleven a obtener valores de mantenimiento por kilómetro de carretera, no por actividad, ni por elemento intervenido.
- En este trabajo no se pudo llegar muy lejos en la cuantificación de los costos de mantenimiento de carreteras, debido a que las empresas Concesionarias, que tiene a cargo el manejo de las vías, no proporcionaron información detallada de los costos e inversiones que se han hecho en la construcción y mantenimiento de las vías que tienen a cargo, por considerar que esta información es de uso privado y de divulgación muy restringida, ya que hace parte de las estrategias competitivas del mercado.
- Por lo anterior sería interesante que otras personas dedicaran su trabajo de grado a establecer metodologías que permitieran establecer los costos de operación de una vía de mejor manera, porque como ya se ha anotado, esta labor es algo complicada y dispendiosa.

BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI J. Asfaltos y sus aplicaciones en vías. XI Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Cartagena. 1997. 175 pp.
- ANDERSEN, B. J. Administración vial en los países en desarrollo. En: Revista del Ministerio de Carreteras, órgano de difusión del Gobierno de Costa Rica, vol 22, enero de 2005, p 16 – 30.
- CAREY, W. N. Jr. y IRICK, P. E. The Pavement Serviceability-Performance Concept, HRB Bulletin 250, 1960, p. 40-58
- HVEEM, F. N., Devices for Recording and Evaluating Pavement Roughness. Highway Research Board Bulletin 264, 1960, p. 11 - 75.
- MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos, Tomos 1 y 2, Biblioteca Universidad Católica de Colombia, tercera Edición, 2006, 1016 p.
- PARAMO CASTILLO, Juan José, El mantenimiento de vías concesionadas, Méjico D. F., Ediciones Mundo Moderno, 2006, p 26 – 49.
- PARDO PARDO, Alberto. Geografía económica y humana de Colombia, Bogotá D. C., Ediciones Tercer Mundo, 1995, 682 p..
- PATERSON, W. D. O., International Roughness Index: Relationship to Other Measures of Roughness and Riding Quality. Transportation Research Record, 1986, p. 18 – 56.
- REYES LIZCANO, Fredy Alberto. Diseño Racional de Pavimentos, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003, 584 p.
- SALAZAR MEDINA, Carmen Alicia. Tendencias de la modernización vial en América Latina, Universidad Autónoma de Méjico, 2006, 54 p.
- TORRES MUÑOZ, Alicia. Metodología para la presentación de trabajos de grado, Universidad Militar Nueva Granada, 1993, p 76

-----Metodología del trabajo científico aplicado a la ingeniería civil, Bogotá D. C., Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería. 1992, 225 p.

ZAMORA SABOGAL, Ricardo. XI Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Cartagena. 1997. 175 p.