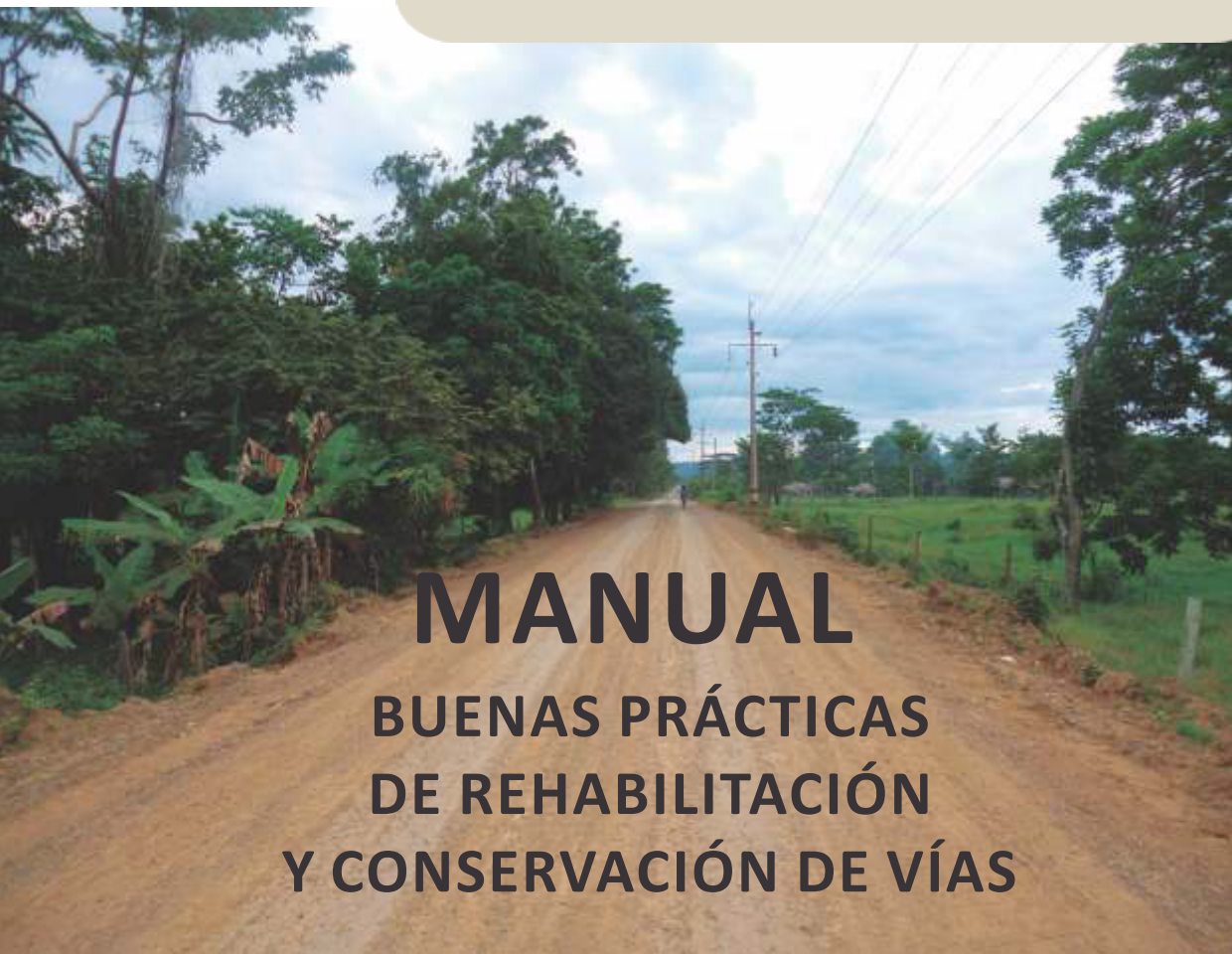


" Ver la felicidad de los campesinos al simplificar sus tiempos de desplazamiento, entre sus veredas y las cabeceras municipales, en dos o tres veces lo que antes demoraban" - Eduardo Vélez Toro



MANUAL BUENAS PRÁCTICAS DE REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE VÍAS



Sociedad Antioqueña
de Ingenieros y
Arquitectos
La Fuerza de la Razón



PROFESIONAL DE MI TIERRA
FUNDACIÓN



Girardota
¡Unidos Hacemos Más!

VITERCOL
VÍAS TERCIARIAS DE COLOMBIA

Proyecto Piloto Girardota

Nuevas tecnologías para el mejoramiento de vías no pavimentadas de bajos volúmenes de tráfico.

Convenio Especial de Ciencia Tecnología N° 017 de 2017, Celebrado entre la Fundación Profesional de Mi Tierra y el Municipio de Girardota, derivado del Convenio de cooperación N° 792 De 2017, celebrado entre El Ministerio De Transporte, INVIAS, Departamento De Córdoba, Municipio De Valencia, Coovicom APC y La Universidad De Antioquia.

Indice

Introducción	3
Presentación de la SAI – Presidente Ing. Álvaro Villegas Moreno	4
Prólogo del Dr. Héctor Hoyos Vélez – Ex gerente de Rentan	5
Generalidades	7
Buenas prácticas de drenajes	9
Secciones transversales de las vías	12
Subdrenajes (Filtros)	26
Pluviosidad Promedia Anual en Diferentes Países (años 2.008 y 2.009)	27
Afirmados	30
Estabilización de Suelos	32
Buenas prácticas de operación	34
Sobre anchos internos en curvas	34
Buenas prácticas de rehabilitación y conservación de vías pavimentadas	35
Seguridad vial	38
Reflexiones sobre el aspecto ambiental	39
Recomendaciones para un buen manejo ambiental en obras de rehabilitación	39
Pedagogía	41
Reflexiones sobre algunas estructuras	42
Amoblamiento vial urbano	46
Economía	52
Políticas públicas sobre mejoramiento continuo de la red vial	52
Consideraciones finales	53

Introducción

La conectividad virtual, tanto en el uso de celulares como en la Internet, está a la vanguardia de la tecnología moderna, podemos decir que en casi todo el territorio de Antioquia y del país; hasta el más humilde campesino tiene un celular y hasta el más pequeño de los municipios cuenta con servicio de Internet.

No sucede lo mismo con la conectividad vial, especialmente en un territorio como el de Antioquia, en donde el rango de pluviosidad promedio oscila entre 1.500mm y 5.000mm anuales. Muy diferente a lo que sucede en la mayoría de los países europeos, en los cuales la pluviosidad oscila entre 300mm y 1.000mm al año.

Amén, de las dificultades de orden geológico que por su diversidad y su condición tectónica, hacen que los fenómenos de deslizamientos y de fallas geológicas activas, aumenten la celeridad del deterioro de la red vial en su conjunto. Sin riesgo de equivocarnos, podemos afirmar que el mayor componente de la competitividad de un territorio determinado, lo constituye la calidad de la conectividad vial.

Como resultado de mi afición profesional por las carreteras y conociendo a Antioquia en todas sus regiones, he llegado a la conclusión que, como se estaba trabajando, tomaba ventaja el paulatino deterioro de la red vial, y me he propuesto aportarle a Antioquia, ya en la etapa otoñal de mi vida, la aplicación y transmisión de mis experiencias a las nuevas generaciones de ingenieros, personal para-ingenieril y operarios de equipo pesado, en lo que he llamado una "Cultura de buenas prácticas de rehabilitación y conservación de vías".

Todo lo anterior, está siendo posible a raíz de que la empresa Renting de Antioquia, gerenciada por el Economista y Administrador Héctor Hoyos Vélez, se le ocurrió incursionar en el arrendamiento operativo de equipos pesados aplicados a la rehabilitación de vías, idea que apoyé desde un principio, a finales del año 2.010.

En el año 2.012 la Secretaría de Infraestructura de Antioquia le apostó a este sistema, y no solo para la rehabilitación de las vías secundarias a cargo del Departamento, sino también a las terciarias a cargo de los Municipios. Y en compañía de un equipo de ingenieros jóvenes entusiastas e inspectores comprometidos, he tenido la oportunidad de hacer pedagogía, dando cumplimiento a un sueño que como ingeniero he tenido desde hace mucho tiempo.

Para mí no hay satisfacción mayor, que la que se siente al ver la felicidad de los campesinos de Antioquia al simplificar sus tiempos de desplazamiento, entre sus veredas y las cabeceras municipales, en dos o tres veces lo que antes demoraban.

EDUARDO VÉLEZ TORO Ingeniero Civil Mat 2282
eduvelez65@gmail.com

Presentación SAI

No duda la SAI en recomendar a quienes trabajan en el área de las vías este manual como una utilísima herramienta para el ejercicio de sus actividades. Su autor el Ingeniero Eduardo Velez Toro, ha convertido su experiencia en la construcción, rehabilitación y conservación de vías en tema de primordial importancia expuesto en los seminarios, cursos, comisiones y en general en toda clase de eventos en los cuales la SAI congrega a quienes están en el área de las vías, para que escuchen a quien nosotros calificamos como un verdadero maestro en esta especialidad, buscando que la comunidad se beneficie de su sobresaliente experiencia.

Debemos felicitar a RENTING DE ANTIOQUIA, y a su gerente doctor Héctor Hoyos Velez, por la iniciativa de publicar este manual que esperamos no falte en el carriel que acompaña el trabajo de campo y los escritorios de quienes construyen, proyectan, rehabilitan y conservan la red vial.

Nuestra recomendación es amplia y sincera, gana mucho Antioquia con este aporte práctico de nuestro colega Eduardo Velez Toro, a quien felicitamos por esta realización.



ÁLVARO VILLEGAS MORENO
Presidente

Prólogo

Renting de Antioquia S.A.S. es una empresa de economía mixta de propiedad del Instituto para el Desarrollo de Antioquia IDEA y de la Fundación Berta Arias de Botero. Desde el momento en que comenzó la participación del IDEA en ella, ha venido desarrollando productos ajustados a las necesidades de las entidades del estado, en especial, los municipios antioqueños y el Departamento de Antioquia.

Uno de tales productos es el Arrendamiento Operativo de Maquinaria para Vías, con el cual satisface una necesidad permanente de atender la infraestructura de las vías secundarias y terciarias, alrededor de la prevención y atención de desastres, en forma oportuna y adecuada. Todos sabemos el deterioro permanente de nuestras carreteras destapadas, dadas las características geográficas de nuestro territorio, para las cuales las comunidades piden con angustia su intervención.

Los resultados obtenidos por la Secretaría de Infraestructura de Antioquia, con la aplicación de este sistema Renting con RENTAN, ha demostrado la conveniencia de institucionalizar este servicio, de tal modo que garantizando su continuidad a través de los diferentes gobiernos, RENTAN, como empresa que es patrimonio de los Antioqueños, permanezca cumpliendo con los propósitos para los cuales fue creada.

Es pues necesario, que la comunidad antioqueña conozca las realizaciones de esta empresa y por esa razón, reconociendo el mérito, la contribución e influencia positiva de quienes conforman el gremio de la ingeniería de Antioquia, es un gran honor para Renting de Antioquia S.A.S., una empresa apenas naciente, vincularse a la celebración del centenario de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos, SAI., propiciando la creación del Manual de Buenas Prácticas de Rehabilitación y Conservación de Vías, obra de nuestro maestro de la Ingeniería antioqueña, el doctor Eduardo Vélez Toro, quien a su paso por RENTAN, a la vez que estableció un alto estándar de calidad en la empresa, desarrolló este práctico documento de consulta.

Con esta publicación, es posible observar lo que RENTAN viene desarrollando para el adecuado mantenimiento de las vías de Antioquia, y que la distingue gracias a la pedagogía con la que el Ingeniero Eduardo no se cansa de enseñar a sus jóvenes ingenieros, inspectores y operadores de maquinaria.

Después de observar la perpetua dilapidación de los escasos recursos económicos del presupuesto de los entes territoriales y particularmente los del Departamento, utilizando sistemas precarios de conservación y mantenimiento de vías, nos dimos a la tarea con el Ingeniero Eduardo Vélez, de promover la aplicación de los sistemas de estabilización de suelos para nuestras carreteras, ya que Antioquia cuenta con un excelente equipo de ingenieros y directivos trabajando en la Secretaría de Infraestructura del Departamento. En efecto, después de escuchar a los proveedores convocados a un evento demostrativo de las bondades de estos sistemas, en el que participaron universidades, funcionarios de la Secretaría de Infraestructura, la SAI y connotados ingenieros de Antioquia, y de hacer pruebas de campo en las que se

evaluaron los resultados físicos y económicos de cada uno de ellos, la Secretaría quedó convencida de la necesidad de estabilizar los suelos de nuestras carreteras, labor que está comenzando en el presente año, con lo cual el departamento modernizará sus vías para la mayor competitividad de los productores del campo.

Felicito a la Secretaría que venciendo todo tipo de obstáculos y barreras, da un paso adelante para garantizar el bienestar de la población de cada región de Antioquia.

Tenemos pues el propósito de que este manual sea una herramienta de consulta útil para los estudiantes de las facultades de Ingeniería Civil, ingenieros y empresas de ingeniería que se desempeñan en esta labor de conservar las carreteras para procurar el bienestar de las gentes de todas las regiones de nuestro país.

HÉCTOR HOYOS VÉLEZ
Gerente de RENTAN 2009-2013

Generalidades

La única razón por la cual fallan los pavimentos y se deterioran o erosionan los afirmados de las vías es EL AGUA.

Si esa es la única razón del deterioro de las vías, la ingeniería se debe ocupar de resolver dicho problema, de la mejor forma posible.

Como resultado de mi afición profesional por las vías, y como producto de mi experiencia y permanente observación, he analizado y puesto en práctica una serie de recomendaciones que he llamado BUENAS PRÁCTICAS DE REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE VÍAS.

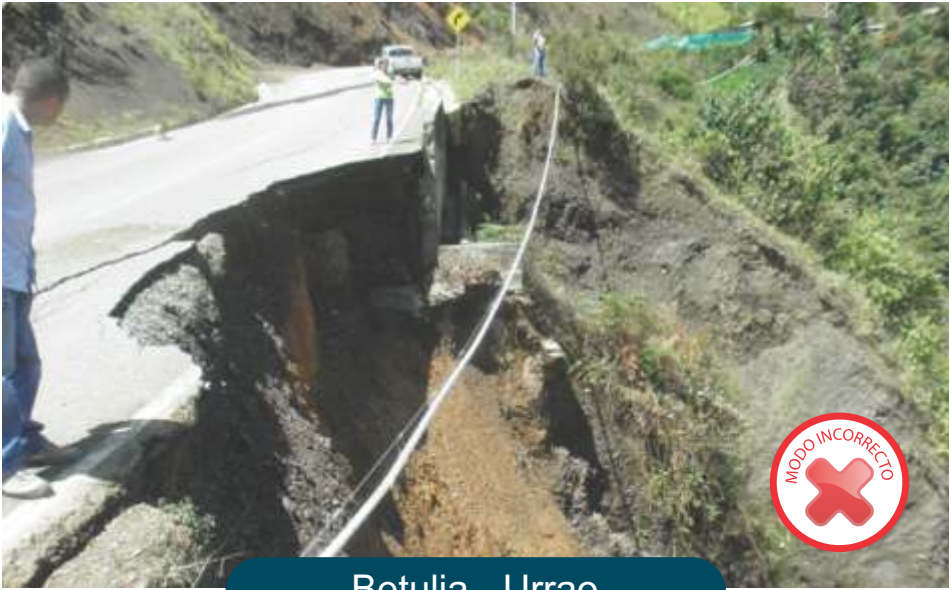
Además de la experiencia y permanente observación he aplicado los conceptos contenidos en el diseño geométrico de vías, la mecánica de suelos, la hidráulica y los conceptos estructurales aplicados a todas estas buenas prácticas.

La economía resultante de la aplicación de estas buenas prácticas, puede representar muchos miles de millones de pesos anuales de ahorro para El Departamento, en el caso de las vías secundarias. Igualmente, para los municipios en el caso de la red vial terciaria, a su cargo.

Especialmente si sabemos que la mayor parte de los llamados puntos críticos, se originan a causa del desorden y el descuido de los drenajes de las vías, acumulando escorrentía, producto de las intensas precipitaciones en los inviernos y transformando las zonas de rodadura de las vías, más, en canales o quebradas, que en zonas para tránsito de vehículos.



Amagá - Angelópolis



Betulia - Urrao

Los torrentes acumulados, terminan saliéndose del lecho del cauce, (que no vía), en algún sitio, produciendo grandes erosiones o cárcavas, que no sólo remueven los afirmados, sino que provocan derrumbes negativos, dando al traste con la formación de los puntos críticos, cuya solución nunca baja de 200, 500 o más millones de pesos para su solución.



Fredonia - Santa Bárbara



Támesis - Jericó

FALLOS CAUSADOS POR FALTA DE DRENAJES AGUAS ARRIBA

BUENAS PRÁCTICAS DE DRENAJES

Las mejores prácticas de rehabilitación y conservación de carreteras, son las que se aplican desde el diseño y desde la construcción; y en las cuales es importantísimo el rigor de las interventorías en exigir su cumplimiento.

Como por ejemplo: La pendiente de las alcantarillas tubulares o de cajón y de sus respectivos descoles, aunque en especificaciones anteriores y actuales figura 3%, mi experiencia me indica que no debe ser menos del 5%, y en el caso de los descoles la amplitud del canal no debe disminuirse en los últimos metros, y por el contrario, debe aumentarse la pendiente con el fin, de que el arroyo expulse no sólo el agua sino todos los sedimentos que arrastra.



Jardín - Buenos Aires (Andes)

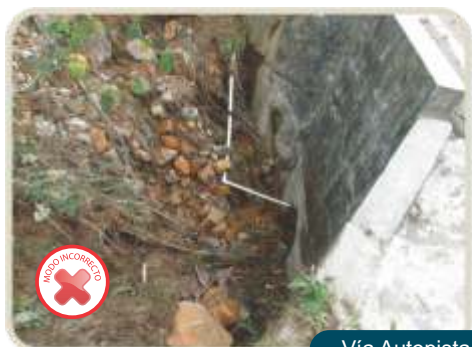
Obra sin pendiente



Venecia - Bolombolo

Descole sin pendiente

En el caso de vías construidas en vegas o planicies, en donde la pendiente es muy baja o nula, basta incrementar un poco la pendiente de bombeo geométrico y cuidarse de que se construya un terraplén sobre la vega, generalmente inundable o en la planicie, con el fin de garantizar un drenaje transversal al eje de la vía, evitando los arroyos longitudinales en ella.



Vía Autopista San Francisco



Obras de diámetro insuficiente, sin pendiente adecuada y en vaguada



Vía Autopista San Francisco

Obras de diámetro insuficiente, sin pendiente adecuada y en vaguada

La definición de los diámetros de las alcantarillas, es tan importante como la pendiente de las mismas.

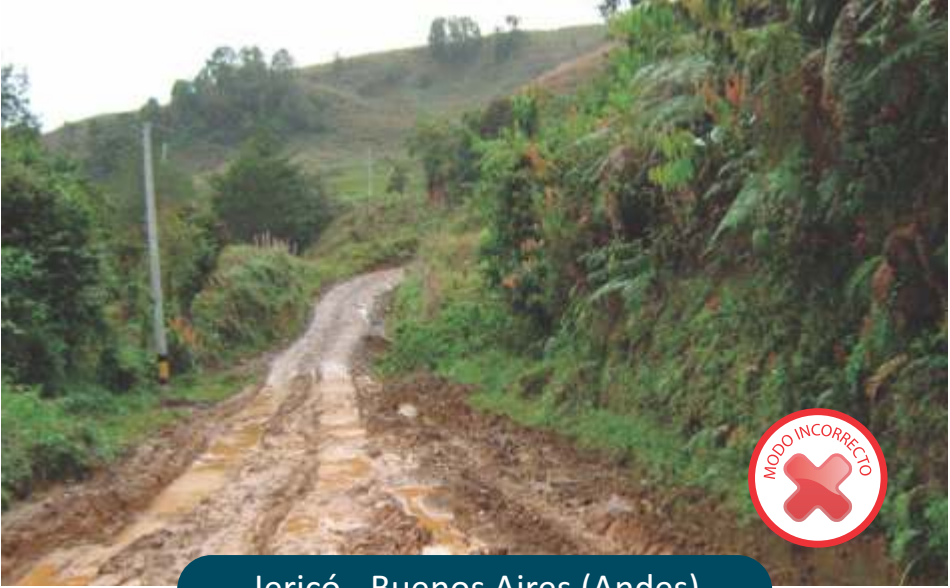
Siempre en cada vaguada o cuenca, se requiere mínimo una tubería de 36", con pendiente de 5% y una tolerancia de un 1%, si el área tributaria de la cuenca es muy grande o existe un arroyo de cierta consideración, se debe definir un pontón (siempre montado en pilotes), o una alcantarilla de cajón en suelos inestables, de acuerdo al área tributaria.

Las alcantarillas nominales, aquellas que sólo conducen la escorrentía del área de la semibanca del tramo que le corresponde, adicionada de la escorrentía superficial de la ladera superior, se deben ubicar aproximadamente cada 70mts entre ellas o entre ellas y las vaguadas; deben ser de 24" de diámetro, pero siempre con 5% de pendiente, con el fin de que el arroyo las auto limpie.

Lo anterior para las vías secundarias y terciarias. En las vías primarias o de la red troncal, se deben construir alcantarillas de 36" en todos los casos.



Alto El Chuscal - Armenia (Obsérvese los descoles amplios y pendientes)



Jericó - Buenos Aires (Andes)

Deterioro en zona plana, en zona pendiente no hay deterioro



Venecia - Bolombolo

Erosión longitudinal por falta de bombeo

SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS VÍAS

En el manual que nos ocupa, vamos a aplicarnos a las recomendaciones necesarias para que la red vial actual sufra en lo más mínimo los efectos señalados atrás, las cuales son:

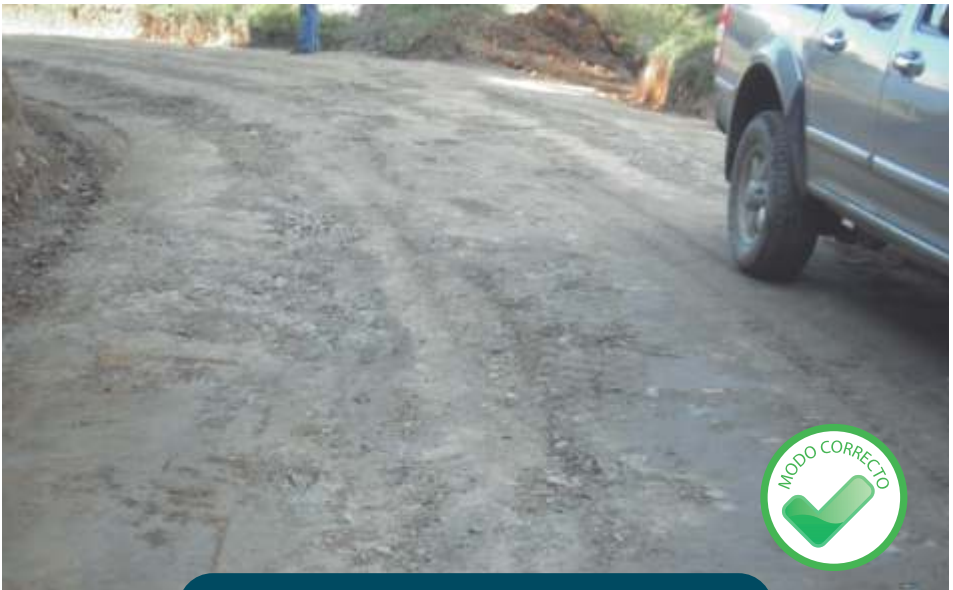
1. Conformar la sección transversal con un “bombeo” geométrico de no menos del 5%, resultando en sus extremos, unas bermas-cunetas suficientes para conducir los arroyos hacia las pocetas o cabezotes de las obras transversales, y generando mayor amplitud a la sección transitable.





Sonsón - Arenillal (Calzada amplia)

Obsérvese el buen bombeo y descoles amplios y pendientes



Sonsón - Arenillal (Calzada amplia)

Obsérvese el buen bombeo y descoles amplios y pendientes



Vía Urrao - Caicedo

Sin bombeo, con cunetas profundas en los extremos, se estrecha el ancho de rodadura



Vía Urrao - Caicedo

Sin bombeo, con cunetas profundas en los extremos, se estrecha el ancho de rodadura



Antes



Después

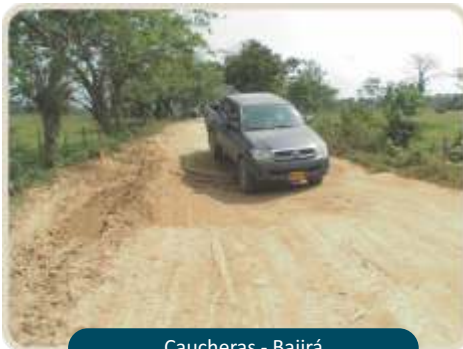
Vía Cáceres - Zaragoza (La Chilona)

En vías exageradamente deterioradas, como ésta de La Chilona, la de San Pedro de Urabá – Arboletes y la de Segovia – Zaragoza, es de gran utilidad la aplicación de bulldózer, pues ya sea por la exagerada presencia de rocas, como en el caso de Segovia – Zaragoza, o por las grandes cárcavas que se forman cuando la calzada de rodadura se convierte en arroyo, y se requiere reconfigurar y recompactar la vía. En ésta forma, protegemos el trabajo de la motoniveladora, la cual no es indicada para trabajos de gran severidad, como los que puede ejecutar un tractor sobre orugas con topadora.

Las orugas del bulldózer tienen la capacidad de empotrar los sobretamaños del afirmado dentro de la subrasante, y además, de retritular aquellos sobretamaños fracturables que de otra forma habría que retirarlos manualmente de la vía.

Igualmente, puede cortar los escombros laterales que se encuentran estrechando la zona de rodadura, facilitando así, su cargue para llevarlos a los sitios de depósito.

Todo lo anterior, mejora el rendimiento del kit de equipo aplicado a las rehabilitaciones de vías muy deterioradas.



Caucheras - Bajirá



Concordia - Betulia



Plaza Mayor - Medellín (Cero bombeo) 1.500 mm



Agrillento - Sicilia (Excelente bombeo) 500 mm



Lisboa

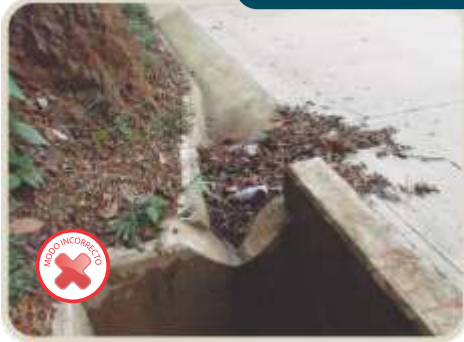
Obsérvese los excelentes bombeos



Esta transición de las cunetas a dichas obras debe ser lo suficientemente amplia para evitar obstrucciones con ramas, piedras, troncos, entre otros



La Quiebra - Argelia



El descuido en los drenajes, arroja como consecuencia la erosión de la rasante de las vías, por lo cual las pocetas van quedando sin prestar servicio y acumulando los arroyos de dos, tres o varios tramos de escorrentía. Por lo tanto, se precisa como condición de emergencia, demoler parte del muro de aducción a la poceta, tal como se requiere en la foto del frente.

Aplicando las buenas prácticas, esto no tendrá por qué suceder nunca.



Vía La Queiebra - Argelia

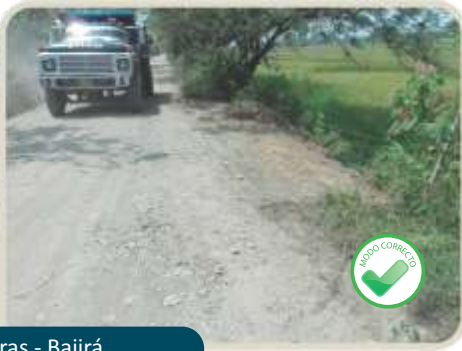
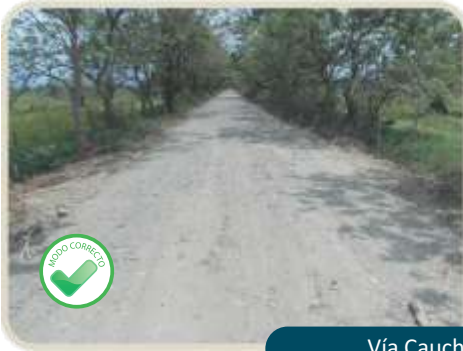
(El acceso de la cuneta a la poceta presagia el taponamiento)



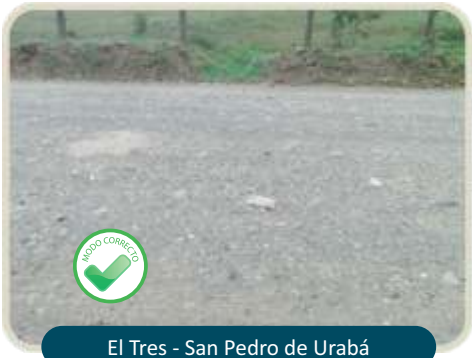
Vía Urrao - Altamira

(En las anteriores 4 obras no se demolieron los muros de las pocetas, obsérvese los efectos de la concentración de escorrentía)

Con el fin de drenar, o escurrir la vía durante y posteriormente a las lluvias, se deben construir salidas laterales amplias hacia la ladera inferior de no menos de 1mt de ancho, y no menos de un 12% de pendiente hacia la ladera inferior y en un número no menor de 2 unidades entre alcantarillas o entre obras transversales de drenaje.



Vía Caucheras - Bajirá

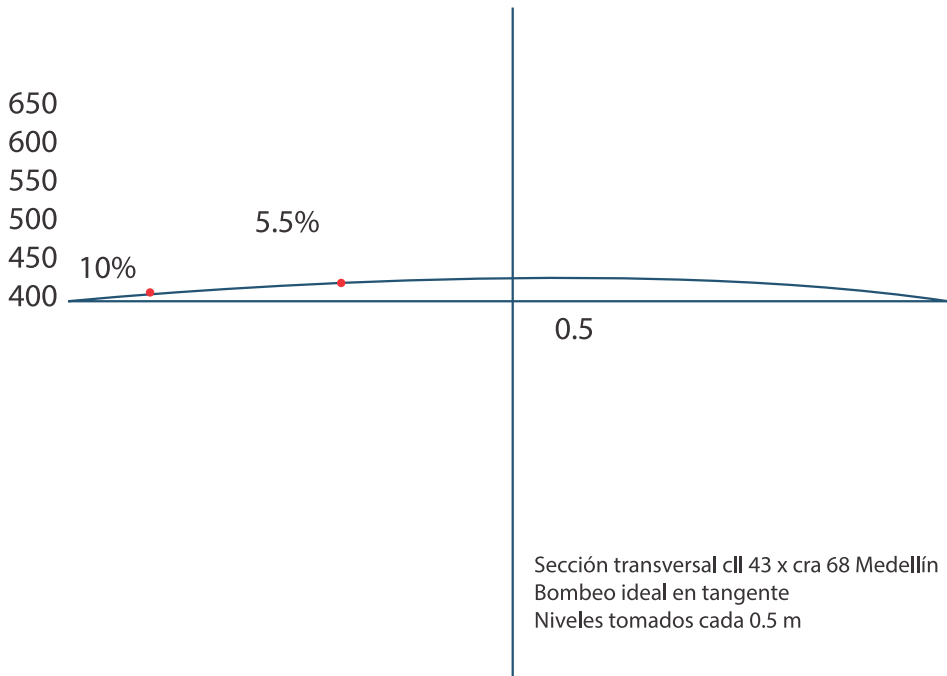


El Tres - San Pedro de Urabá



Urrao - Pabón

En este tramo cabrían 3 salidas laterales para que nunca haya charcas



Calle 43 con Carrera 68 - Medellín. Obsérvese el bombeo del 5.5% y berma-cunetas de 10%

SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS VÍAS

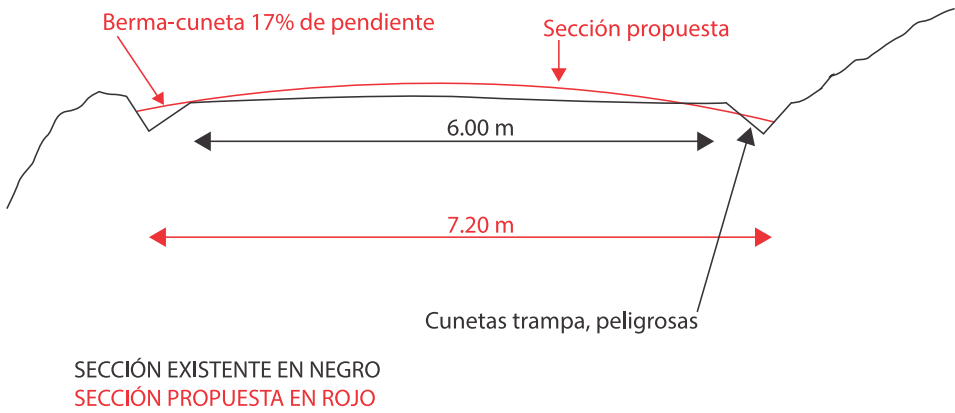


EDUARDO VÉLEZ TORO

Ingeniero Cívil MAT 2282

Asesor e Instructor de Buenas Prácticas de Rehabilitación de Carreteras

Secciones a escala natural Vía a la Hidroeléctrica de Niquía

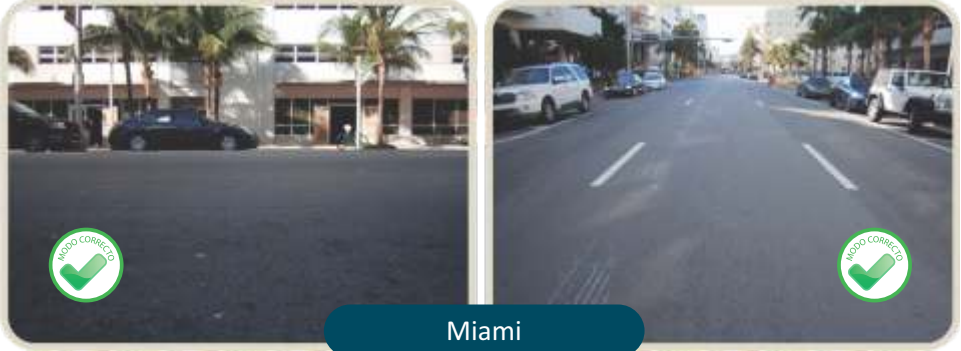


Carretera a la Hidroeléctrica de Niquía

Se deben escoger para su construcción zonas en donde no haya que hacer excavaciones muy largas.

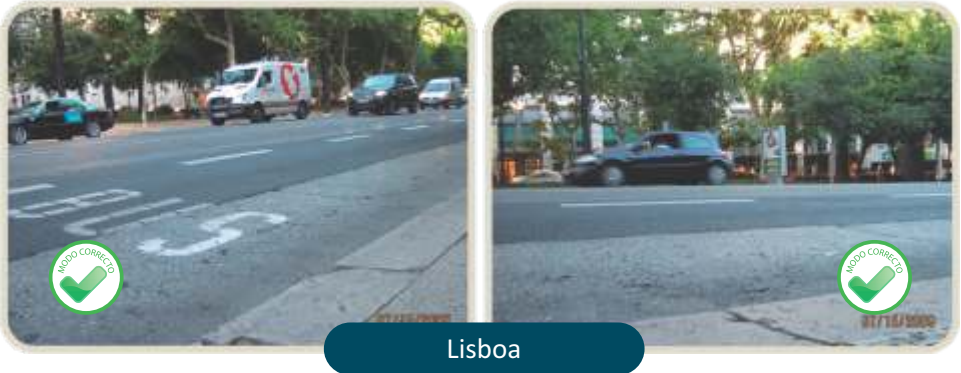
Las salidas laterales propuestas pueden ejecutarse con la motoniveladora, escualizando al revés, con el fin de que bote la carga excavada fuera de la vía y aplicando una pendiente entre un 12% y un 30%.

También se pueden ejecutar con una retroexcavadora de llantas y pulir los drenajes con los obreros o ayudantes.



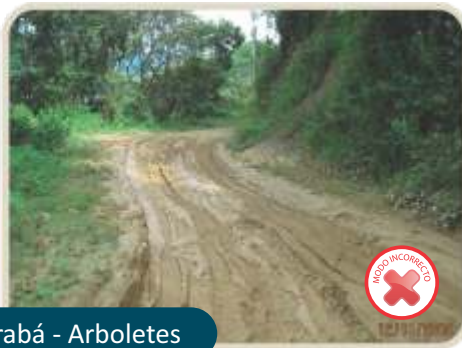
Obsérvese excelente bombeo

Sin cunetas profundas en los extremos



Lo anterior, para que no se presente la colmatación remontante, propiciada por la proliferación de malezas, escombros y guijarros, entre otros, así podemos estar seguros que nunca se obstruyen.

Un charco por pequeño que sea en una vía pavimentada o destapada, es un cáncer para la vía y crece progresivamente.



San Pedro de Urabá - Arboletes



San Pedro de Urabá - Arboletes



Siete meses después de intervenida aplicando las buenas prácticas



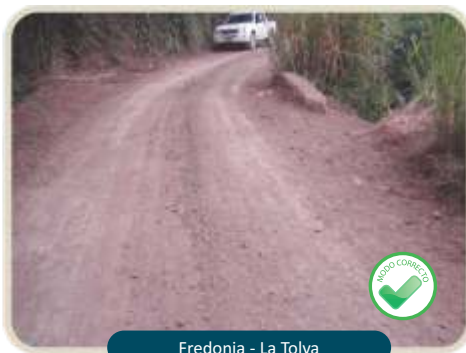
Siete meses después de intervenida aplicando las buenas prácticas

La buena práctica anterior se debe aplicar no sólo para mantener escurrida la vía, sino, para simplificarle el caudal de los arroyos a la cuneta principal que es la que llega a los cabezotes o pocetas, producto de la semibanca adicionada de la escorrentía de la ladera superior.

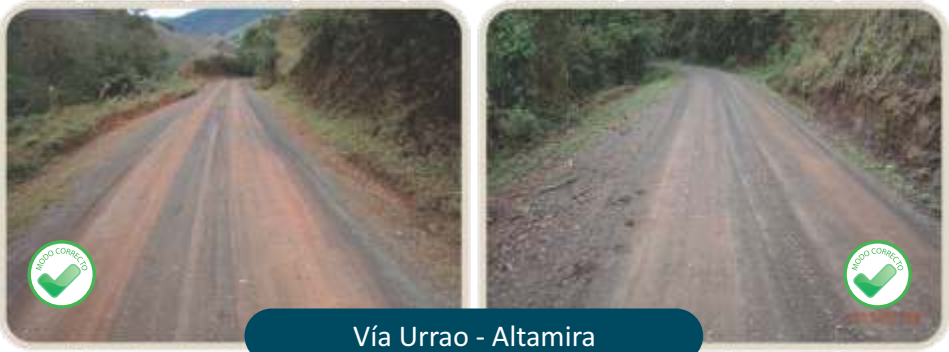
Muchas veces si se suman los dos caudales, el solo efecto de duplicar o triplicar la velocidad del canal, genera erosión en las descargas de las alcantarillas u obras de drenaje, en razón, a los conceptos hidráulicos de **capacidad y competencia**.



San Pedro de Urabá - Arboletes



Fredonia - La Tolva



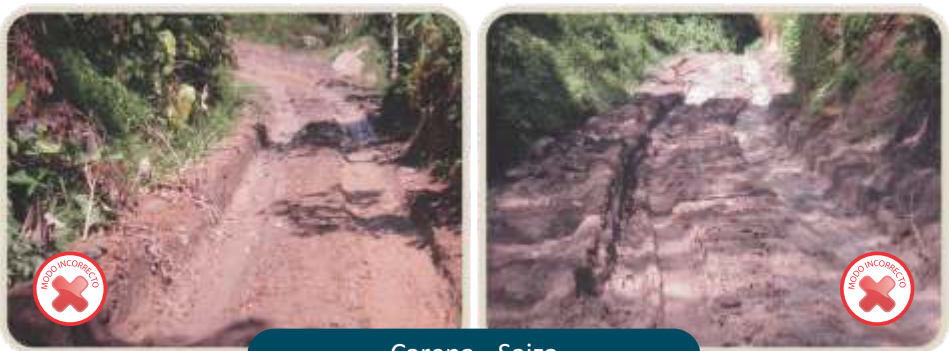
Vía Urrao - Altamira

Siete meses después de intervenida aplicando las buenas prácticas

Finalmente, en la medida en que la vía quede drenada o escurrida después de cada aguacero, evitamos la posibilidad de que se presente percolación hacia la zona de subrasante con los efectos nocivos que ya mencionamos.

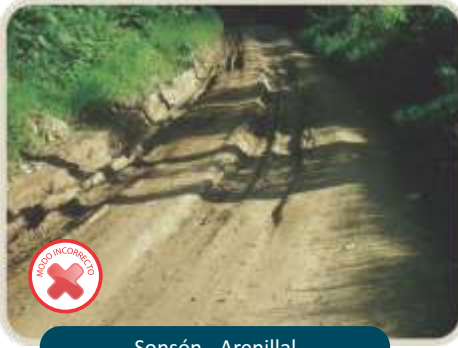
Si las interventorías (o los dueños de las obras), pusieran como condición para recibir una vía, la no presencia de charcas, escogiendo un día de lluvia para realizar la visita, podríamos estar satisfechos de que el trabajo fue bien ejecutado.

2. Otra buena práctica de rehabilitación y conservación de vías, es la de remover todos los escombros laterales que se depositan en las márgenes de las vías o que migran desde las laderas superiores y van no sólo tapando las cunetas sino sirviendo de sustento a la maleza.



Carepa - Saiza

Dichos materiales siempre quedan sin ninguna clase de compactación, tanto si se depositan por parte de los operarios que remueven los derrumbes como por la naturaleza, en el proceso continuo de erosión, y finalmente se constituyen dichos escombros en “esponjas de agua” las cuales absorben la lluvia o las lloviznas prolongadas, y en las horas o días posteriores, siguen inyectando percolación a la subrasante con los efectos nocivos que ya mencionamos.



Sonsón - Arenillal



Llanos de Cuivá - San Andrés

No es lo mismo aplicar las buenas prácticas de diseño, construcción y conservación de vías en países en donde la pluviosidad es inferior a 1.000mm/año, que en nuestro país y concretamente en nuestro departamento “Antioquia” en donde los promedios fluctúan entre 1.500mm. y 5.000mm al año.

Con pluviosidades como las nuestras y en una geología más joven como la zona cordillerana de los Andes, es esperable que sea mayor la presencia de deslizamientos y grandes focos de erosión, los cuales afectan nuestras vías en mayor proporción que en otras regiones del mundo.

SUBDRENAJES (FILTROS)

A causa de los diaclasados de las rocas o su fracturación o de grietas formadas dentro del suelo residual, cruzan las subrasantes de las vías, flujos o nacimientos de agua, los cuales humedecen las zonas generalmente arcillosas, reblandeciéndolas y afectando su capacidad de soporte.

En dichos casos, es necesario deprimir el nivel freático o las líneas de flujo ya descritas, por medio de filtros.

Mi experiencia en este tema, me ha hecho preferir los filtros construidos con geotextil tejido de mínimo espesor.

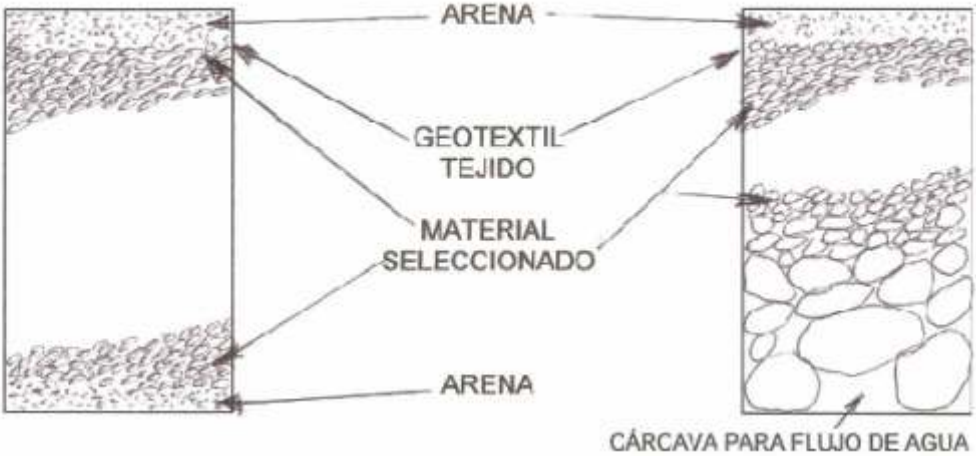
No uso geotextil no tejido, por que en la maraña de fibras, la arcilla se hace fuerte e impermeable. En cambio, en el geotextil tejido y en condición estática del filtro, pasa el agua más no las arcillas.

En condiciones de alto flujo subterráneo de aguas y siempre forrado en geotextil tejido, recomiendo el filtro francés; el cual se ejecuta colocando dos hileras de piedras de mayor tamaño en los extremos de la base del filtro, tapándolos con piedras de mayor tamaño, con el fin de formar una cárcava central por donde fluye el agua, el resto del filtro se llenará con piedras cada vez de menor tamaño, primero las medianas, luego las más pequeñas y por último triturado delgado, y finalmente arenón, gravilla o arena, antes de coser la tela geotextil tejida.

Este tipo de filtro, originalmente se hacía sin envolverlo en tela geotextil y terminaba colmatado con suelo marginal, pero recomiendo para grandes flujos de agua este sistema, debido a que no es posible su colmatación, puesto que cada vez el agua encuentra un espacio mayor hasta caer a la cárcava por donde ésta circula, y la tela geotextil no permite su colmatación con suelo residual marginal.

FILTRO TRADICIONAL

FILTRO FRANCÉS



PLUVIOSIDAD PROMEDIA ANUAL EN DIFERENTES PAÍSES (AÑOS 2.008 Y 2.009)

NOMBRE PAÍS	PROMEDIO	NOMBRE PAÍS	PROMEDIO
ALEMANIA	700	FRANCIA	867
ARGENTINA	591	GRECIA	652
AUSTRALIA	534	INDIA	1.083
BÉLGICA	847	ITALIA	832
CHINA	645	MÉXICO	752
COLOMBIA	2.612	PORTUGAL	854
ESPAÑA	636	SUIZA	1.537
ESTADOS UNIDOS	635	VENEZUELA	1.875

Con el fin de minimizar la percolación de agua a las sub-rasantes de las carreteras, es conveniente descumbrar las zonas frondosas, las cuales en periodos invernales no permiten la evaporación de las zonas húmedas por efecto del sol y de la brisa.

La frecuencia en las prácticas de rocería y limpieza de drenajes, garantiza la durabilidad de los trabajos de rehabilitación que se ejecuten en las vías, y generan empleo campesino, a todo lo largo de la red vial de la Antioquia Profunda.

Una excelente práctica con las comunidades y con los alcaldes, debe ser la de lograr que mientras los programas regulares de conservación se contratan, se pueda lograr que los lugareños, finqueros o acciones comunales, se acostumbren a ejecutar las rocerías sólo en estos sitios, con una frecuencia mayor que las rutinas normales de rocerías y mantenimientos. Lo anterior, se puede lograr con un jornal para cada 500mts de vía aproximadamente, garantizando la durabilidad de los drenajes.

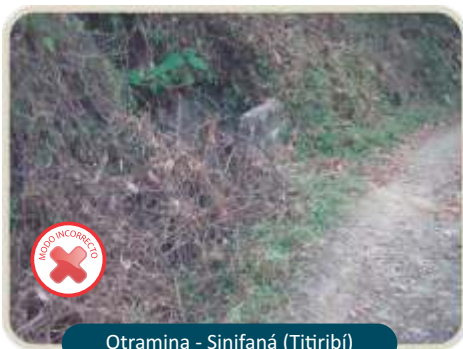


Cubierta en maní forrajero, ideal para los mejorar la visibilidad en los márgenes de las vías.

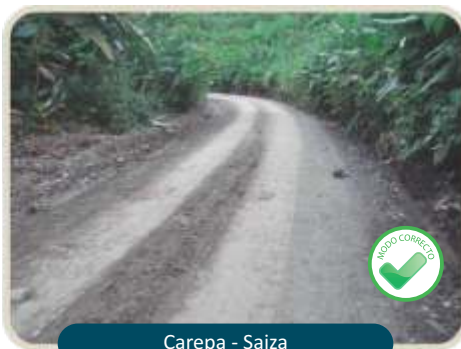


Vía Albania - Titiribí

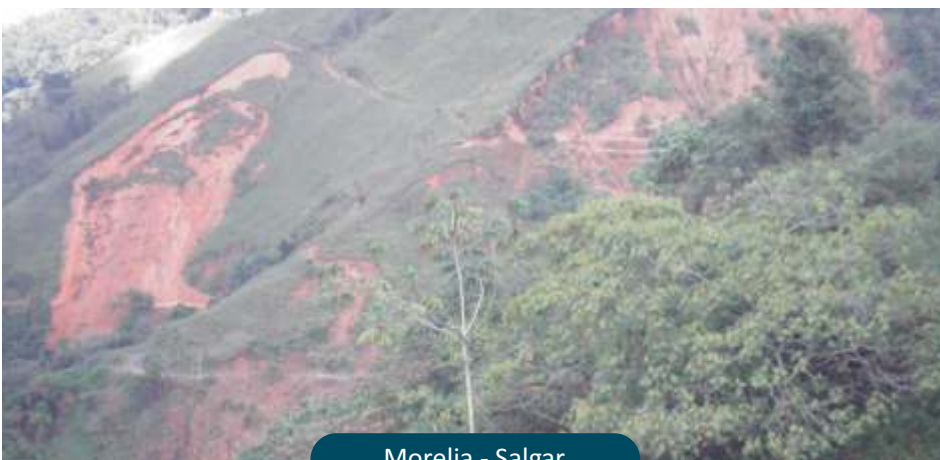
Rondas de coronación en geomembrana impermeable



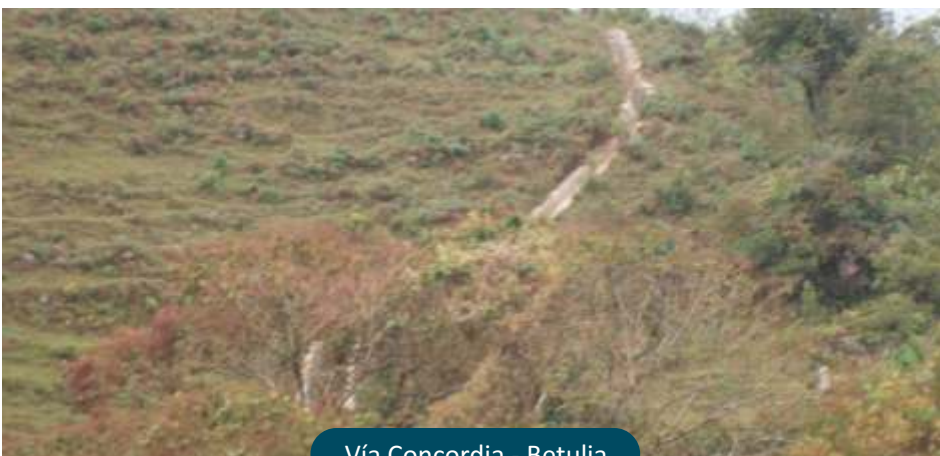
Otramina - Sinifaná (Titiribí)



Carepa - Saiza



Morelia - Salgar



Vía Concordia - Betulia

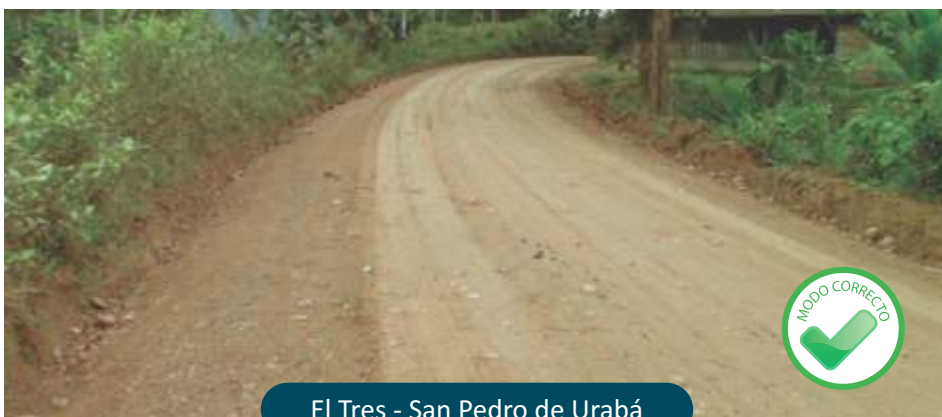
Ronda de coronación

La manera de mitigar la erosión y los deslizamientos de las masas que se desprendan arriba de los taludes, es construyendo rondas por encima de la zona desprendida, hacia las vaguadas laterales.

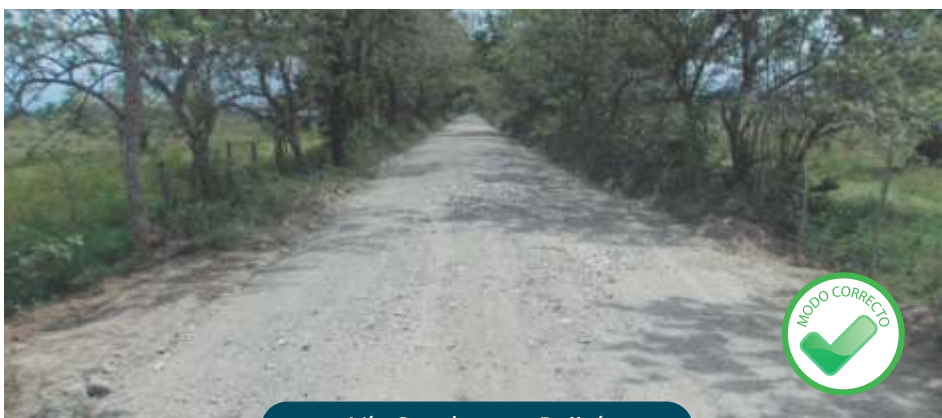
Si los suelos son poco cohesivos, o las rondas son muy extensas, éstas deben revestirse de Geomembrana impermeable o de sacos de suelo-cemento para evitar cárcavas, y a criterio del ingeniero, construir disipadores de energía donde sea menester.

AFIRMADOS

La aplicación de los afirmados se debe hacer en toda la extensión de la sección transversal bombeada de la vía, con el fin de que las berma-cunetas soporten la posible erosión de los arroyos y con el fin de que sirvan para la transitabilidad en caso del cruce de vehículos en sentido contrario o en los sobrepasos.



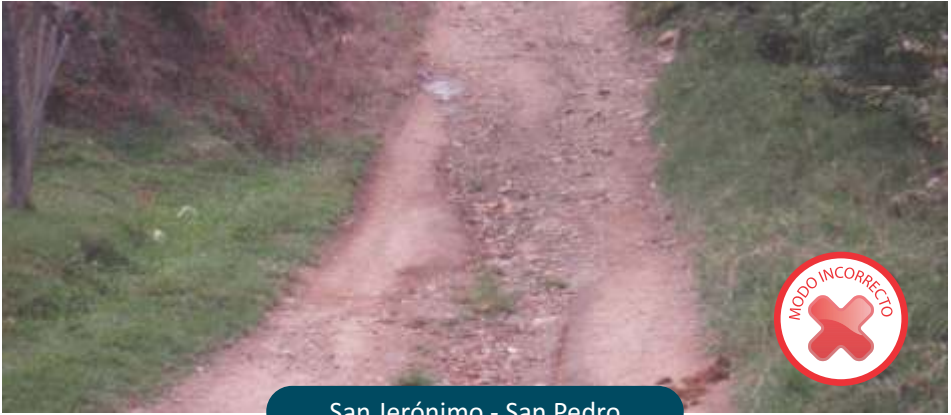
El Tres - San Pedro de Urabá



Vía Caucheras - Bajirá



Concordia - Betulia



San Jerónimo - San Pedro

POR FALTA DE BOMBEO Y DE LIMPIEZA DE DRENAJES, LAS AGUAS FLUYEN A LO LARGO DE LA VÍA

La mayoría de las canteras que producen afirmados en piedra partida, para usarse en las vías no pavimentadas, generan una alta proporción de sobre tamaños, indeseables para aplicar en los afirmados y altamente costosos en los procesos de cargue, acarreo, extensión y retiro de la vía en forma manual.



Vía Jericó - Buenos Aires (Andes)



Vía San Pedro de los Milagros - Montañitas



Cantera San Pedro - Montañita



Vía San Pedro - Montañita

Sería recomendable, en las canteras que sean registradas por la entidad ambiental, de común acuerdo con el propietario, construir una rampa y unos anclajes adecuados para instalar trituradoras primarias “nómadas”, procesar las cantidades necesarias para las vías circunvecinas (secundarias y terciarias) y trasladar las trituradoras y motores a otras canteras.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

En regiones donde los materiales áridos son muy escasos y por ende los acarrees resultan muy costosos, se debe pensar en aplicar sistemas de estabilización de suelos, utilizando productos químicos en las proporciones recomendadas por los proveedores, previa escarificación de la vía en el espesor a estabilizar, generalmente 0.15 mts y aplicando al final una delgada capa de triturado de tamaño máximo de 1.5”, pasar luego el cilindro sin vibrar con el fin de empotrar dentro del suelo estabilizado dichos áridos, dando una mayor durabilidad a la superficie de rodadura.

Pruebas de estabilización Vía San Pedro de Urabá - Arboletes



Proceso de escarificación



Proceso de homogenización del material



Proceso de aplicación del producto



Proceso de curado en días posteriores

Obsérvese la conformación en bombeo y las bermacunetas

BUENAS PRÁCTICAS DE OPERACIÓN

Educar a los usuarios de las vías, en el sentido de no utilizar siempre la misma huella, sino cambiar siempre de huella aún acercándose a los bordes extremos de las berma-cunetas, constituye la mejor de las buenas prácticas de operación, por cuanto, en el proceso continuo de humedecimiento parcial de las sub-rasantes y los afirmados, y en el proceso de secado posterior la humedad natural del suelo de subrasante y de los afirmados, se acerca al punto de humedad óptima, la cual es la adecuada para recibir la mayor energía de compactación y por ende la mayor

densificación, haciendo cada vez más invulnerables el afirmado y la capa superior de la subrasante a las percolaciones, evitando las deformaciones de la sección transversal.

SOBRE ANCHOS INTERNOS EN CURVAS

En todas las curvas, especialmente en las de radios reducidos (menores a 120mts) se requiere construir o reconstruir los sobre anchos internos, en los cuales su dimensión máxima es inversamente proporcional a los radios de curvatura.

Los vehículos de mayores distancias entre los ejes, los requieren por razones de operación y de seguridad, en mis cátedras los he llamado: “los salvavidas de las vías”.



Troncal Occidental (Cerca al Alto de Minas). Obsérvese el deterioro del cabezote de obra



Vía Betulia - Urrao (Sobreanchos bien construídos y delimitados)

En vías exageradamente estrechas se acostumbra combinar el sobre ancho interno con un sobre ancho externo, para la operación de los tractocamiones.

BUENAS PRÁCTICAS DE REHABILITACIÓN DE VÍAS PAVIMENTADAS

Por razones esencialmente ambientales y de costos, he recomendado que en las vías pavimentadas con alto grado de deterioro, en los tramos que se encuentren con más de un 25% de fallos susceptibles de parcheos, se aplique el sistema de reciclaje del pavimento existente, “in situ” de acuerdo al procedimiento siguiente:

- Se ejecuta el fresado de la carpeta de pavimento fallada. Si ésta es muy delgada, se deben fresar unos pocos centímetros adicionales de base granular, y en la proporción en que participe dicha base granular se agrega emulsión asfáltica.
- Se “cerea” o reconforma la rasante, de acuerdo a la sección transversal con buen bombeo geométrico.
- Se aplica el rejuvenecedor de asfaltos, para regenerar la condición ligante de éstos.
- Se aplica la emulsión adicional si se requiere de acuerdo a los ensayos de inmersión – compresión.
- Se escarifica nuevamente con la recicladora para homogenizar toda la mezcla de fresado de asfalto, fresado de base, rejuvenecedor y emulsión asfálticas.
- Se conforma la sección transversal paralela a la sección “ceriada” inicialmente, para estar seguro de que los espesores son homogéneos.
- Se compacta con cilindro vibratorio y luego con compactador de llantas.
- Se ejecuta un riego de imprimación. Hasta aquí, hemos logrado una excelente base asfáltica.
- Se aplica una carpeta mínima de 2” de concreto asfáltico.

Las prácticas anteriores, fueron aplicadas por la Compañía de Seguros del Estado, en la vía Pajarito – San Pedro, hace un poco más de dos años y medio; y en la actualidad se encuentra en excelentes condiciones, a pesar de los períodos invernales que han sucedido hasta la fecha.

En los sectores donde la proporción de fallos era menor del 25%, se hicieron los respectivos parcheos.





Imprimación media calzada



Imprimación



Base imprimida terminada



Carpeta de rodadura



Vía terminada



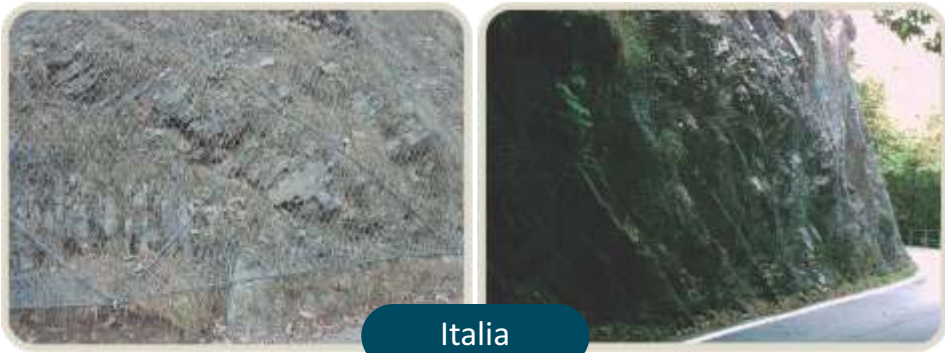
Vía terminada

Los empalmes de vías destapadas a vías pavimentadas, especialmente en pendientes, se deben hacer construyendo unos metros de pavimento, entre la vía principal pavimentada y la vía en afirmado, con el fin de evitar la erosión de la vía principal pavimentada, ocasionada por los vehículos que ascienden desde la vía destapada o los que descienden desde el pavimento y al terminarse erosionan la carpeta asfáltica.



SEGURIDAD VIAL

En zonas de taludes rocosos, fracturados e inestables, es conveniente aplicar malla gavionada y anclajes inyectados enlazados con cables galvanizados de 3/8", colocados en forma diagonal en ambas direcciones y formando rombos, con el fin de que pequeños desprendimientos que pueden suceder en los movimientos telúricos, no lleguen a la vía.s que descienden desde el pavimento y al terminarse erosionan la carpeta asfáltica.



Anteriormente, nos referimos a los sobrecanchos internos, porque a mi juicio, constituyen una de las mejores buenas prácticas de seguridad, en la operación de las vías.

Y he sugerido que, como consecuencia de la aplicación estas buenas prácticas, en las carreteras de Antioquia, se incrementa la velocidad de marcha, y es conveniente recordarle a los usuarios por medio de unas simples vallas, que digan por ejemplo: “POR SU SEGURIDAD PITE EN LAS CURVAS” O “POR SU SEGURIDAD CONSERVE SU DERECHA”.

REFLEXIONES SOBRE EL ASPECTO AMBIENTAL

Seguir juiciosamente las anteriores buenas prácticas de rehabilitación y conservación de vías, nos garantiza la minimización de los impactos ambientales que se presentan en ellas, al simplificar al máximo las erosiones, distribuyendo las escorrentías producto de las lluvias, en demasiados pequeños arroyos que no afectarán la ladera inferior de las vías y mucho menos, la erosión en el sentido longitudinal, contribuyendo al riesgo adecuado de los cultivos o pastos existentes en dichas laderas.

La simplificación de las cárcavas y los puntos críticos tan onerosos de solucionar, ya justifica el seguimiento juicioso de las anteriores buenas prácticas.

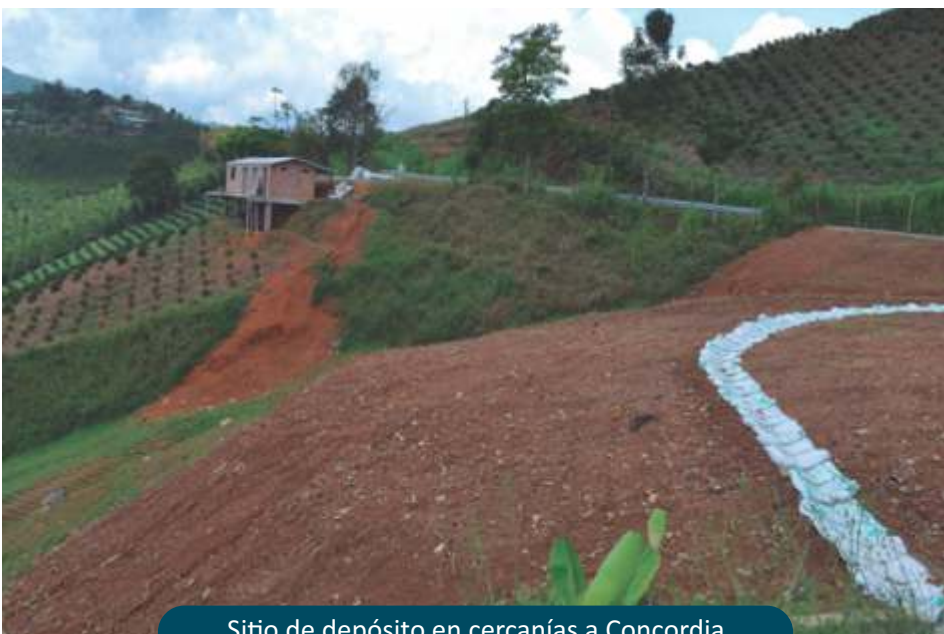
RECOMENDACIONES PARA UN BUEN MANEJO AMBIENTAL EN OBRAS DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL

1. Es importante que todo proyecto posea un adecuado PMA (Plan de Manejo Ambiental), en el cual se describa minuciosamente la forma de intervención o mitigación de cada actividad planteada en el proyecto de rehabilitación.
2. Si las canteras para los afirmados, ya sean de talud o aluviales, no tienen licencia de explotación, se deben iniciar los trámites de legalización ante la Secretaría de Minas y ante la corporación ambiental correspondiente.

La forma adecuada de explotación es:

- Explotar en terrazas.
- Dejar pendientes suaves en los taludes.
- Dejar la zona explotada limpia y paisajead.
- Si la explotación es en playa, no se debe retirar material directamente del cauce.
- Las piscinas que se dejan debido a la explotación del material deben ser llenadas nuevamente.
- No lavar, tanquear combustible o hacer mantenimiento de la maquinaria en la playa de explotación.

NOTA: Cada actividad legal – ambiental genera deudas o compromisos ambientales con las entidades reguladoras de cada zona o región, por lo cual es importante adquirir los paz y salvos y cierres ambientales, para no generar pasivos ambientales con las corporaciones autónomas regionales y propietarios



Sitio de depósito en cercanías a Concordia



Sitio de depósito en cercanías a Concordia

PEDAGOGÍA

a. Lo más importante para la asimilación, de toda la ingeniería conceptual contenida en este manual, es su transmisión por medio de talleres en los propios frentes de trabajo, suelo reunir el personal (ingeniero, inspector, operarios y obreros) y empiezo enseñándole a éstos cómo perfeccionar los drenajes laterales, los descoles de las obras de drenaje o los emboques de las cunetas a las pocetas con el ancho y las pendientes respectivas, pero en el momento en que les explico el por qué de estas prácticas: para que nunca se tapen, y explico que si no se hacen amplias y muy pendientes se empiezan a colmatar, pues el suelo, la arena, los pedruscos, las raíces y todos los sedimentos se atrapan en la maleza que empieza a brotar a los pocos días, vuelven a taponar los drenajes en el próximo período invernal, si no lo hacemos como está descrito.



b. Procuero que el lenguaje para dar las explicaciones, sea el más sencillo posible, y permanentemente, repito las instrucciones a todo el personal, por que, estoy absolutamente seguro que si no se ejecutan éstas buenas prácticas, de lo más importante que son los drenajes, no garantizaríamos los trabajos por más de un período invernal.

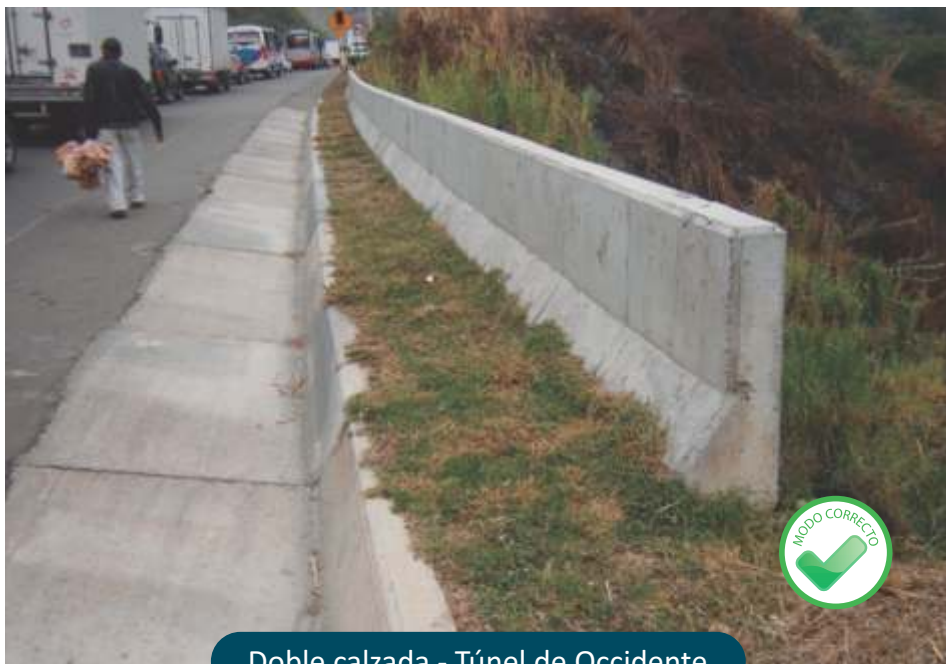
c. Aunque el tema explicado a los obreros delante de todo el personal es el más simple, posteriormente me dirijo a los operarios de equipo, y a los inspectores e ingenieros, en el proceso de ejecución del bombeo geométrico y de los afirmados hasta los propios extremos de la superficie de rodadura, reforzando así las berma-cunetas.

Siempre he afirmado que el éxito en la construcción y rehabilitación de vías, como en todos los demás temas de la construcción, está en saber dar instrucciones claras. Y me ha parecido que es conveniente enseñar los conceptos y el por qué de éstos, a todo el personal, puesto que, si el ingeniero director o el ingeniero residente imparten las instrucciones sólo al subalterno inmediato, no estamos seguros que éste las transmitirá correctamente a los demás operarios u obreros.

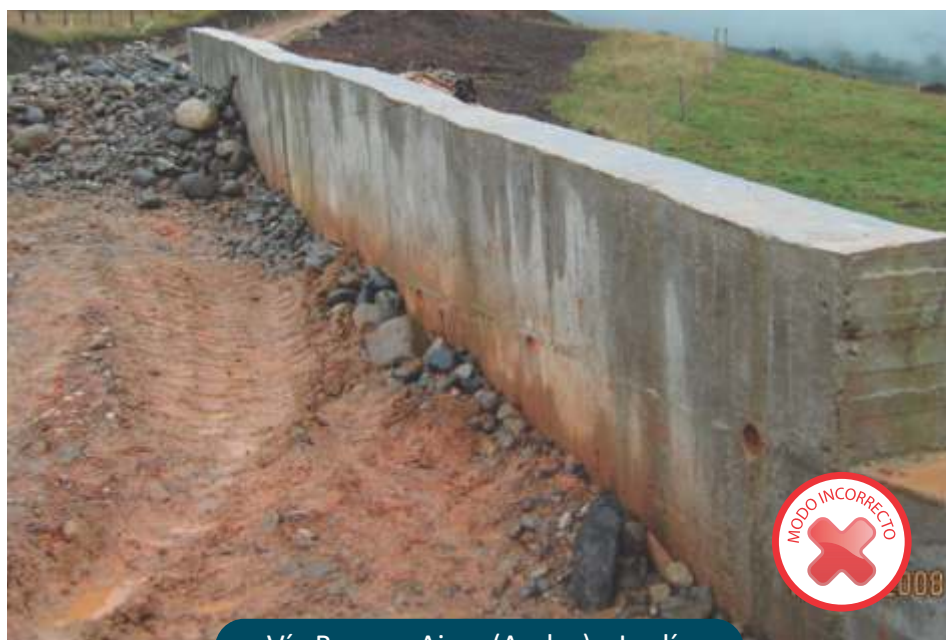
REFLEXIONES SOBRE ALGUNAS ESTRUCTURAS

Todos los cabezotes de las obras de drenaje, ya sean tuberías, alcantarillas de cajón o pontones, deben ser biselados; si la estructura es robusta, el bisel debe ser de 1", si la estructura es esbelta, como en el caso de los cabezotes de alcantarillas, se deben emplear de $\frac{3}{4}$ ".

Lo anterior, no solo por estética sino por seguridad, ya que en caso de accidente de un peatón, ciclista, motociclista, etc, las aristas son cortantes y altamente peligrosas, y en el proceso constructivo de acabados, la fijación de los biseles de madera, permiten un mejor recorrido en el acabado de la superficie de dichas estructuras, y además, por que la estética también cuenta.

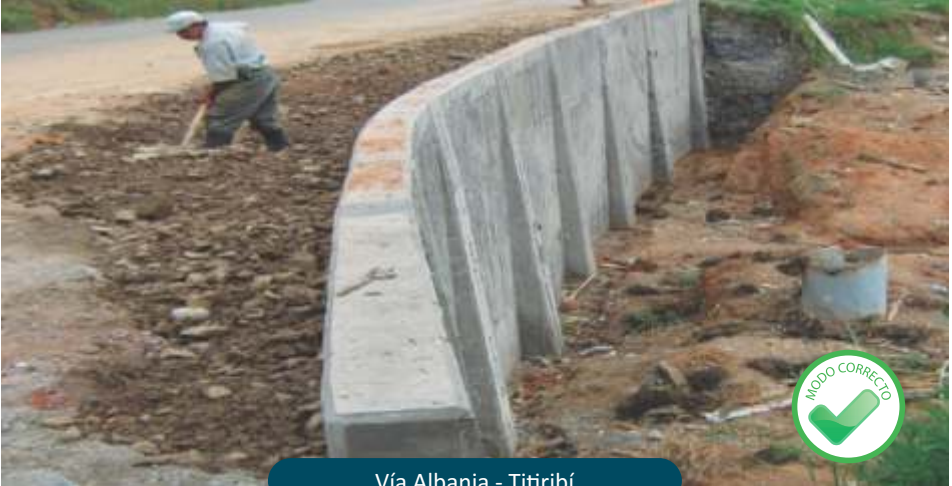


Doble calzada - Túnel de Occidente



Vía Buenos Aires (Andes) - Jardín

Los muros con contrafuertes, se deben diseñar de acuerdo a la presión ejercida por las cargas que se aplican a diferentes alturas del muro, y de acuerdo a lo anterior, deben diseñarse de modo que la máxima dimensión quede sobre la fundación del muro y la mínima en el empalme con la superficie o sardinel de éste, a unos 10 o 15 cms del plano exterior. En esto también la estética cuenta.



Vía Albania - Titiribí



Vía Concordia - Betulia

Obsérvese los contrastes entre los dos muros de contrafuertes. El uno bien diseñado y biselado, el otro todo lo contrario. El concreto a la izquierda de la línea roja multiplicado por todos los contrafuertes sobra, además, estética sufre.

La ubicación de las pocetas en la parte interior de las curvas, debe adentrarse en el talud, lo suficiente para evitar accidentes gravísimos, cuando los vehículos transitan por la berma, especialmente los tractocamiones. Aunque en todas las vías, los guardarruedas de los cabezotes o pocetas, siempre deben quedar mínimo a 60cms fuera de la berma.



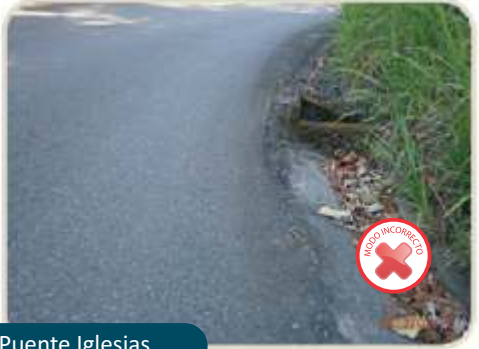
La construcción de muros en madera plástica atirantados es una muy buena práctica para corregir pequeños fallos negativos en las vías o para construir tramos de carreteras en sectores exageradamente escarpados. Es la solución ambientalmente más amigable puesto que minimiza la altura del talud de corte para construir los llenos al pie del muro sin necesidad de acarrear material a los sitios de depósito. El sistema se llama JERINCO (Jorge Enrique Ruíz-Ing. Constructor)



Túnel de Occidente - Sta Fe de Antioquia



Vía Fredonia - Puente Iglesias

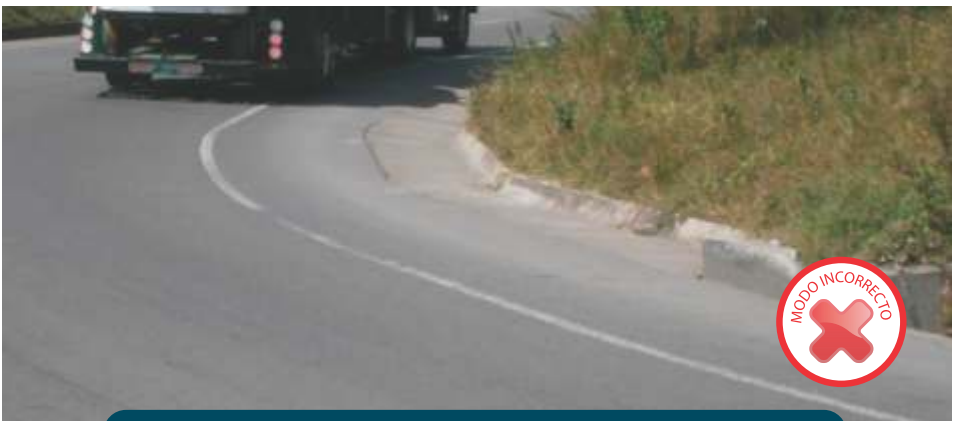


Vía Fredonia - Puente Iglesias

Obsérvese los cabezotes deteriorados por accidentes

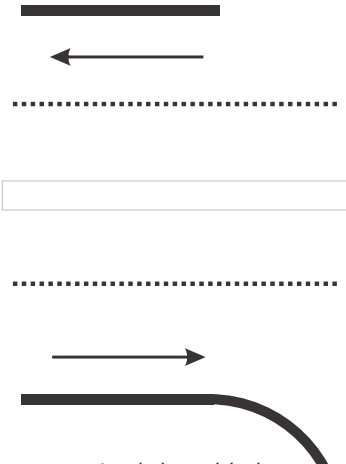


Vía Troncal Occidental - 1 km antes de Primavera



Variante de Caldas - Ancón Sur

AMOBLAMIENTO VIAL URBANO

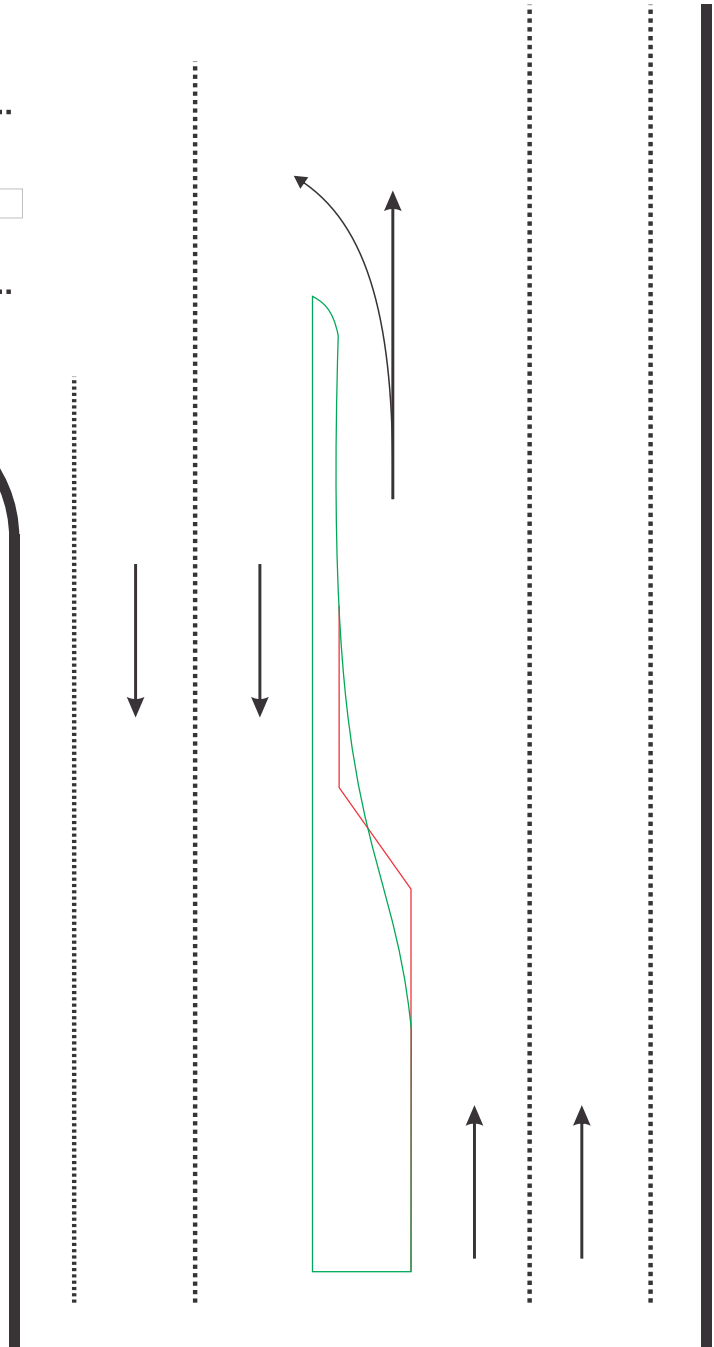


Las trayectorias de los vehículos en operación son rectas (tangentes) o curvas.

En la unión de cada tangente con la próxima curva debe haber un punto de entretangencia, y por lo tanto, en la conducción de los vehículos no se deben interponer sardineles con ángulos, cuyos vértices afectan las llantas y los rines de los vehículos al recostarse en ellos, y a su vez, las llantas van deteriorando y demoliendo paulatinamente las estructuras construidas sin el adecuado punto de entretangencia. Además, no se ve estéticamente bien diseñado.

Lo mismo sucede con las obras requeridas para giros a la izquierda o a la derecha de una vía en doble calzada, hacia otra vía ortogonal.

Como podemos observarlo en el dibujo siguiente:





Vía Regional a Vía Distribuidora



Vía Regional a Vía Distribuidora



Vía Regional a Vía Distribuidora



Vía Regional a Vía Distribuidora





Oreja puente Barranquilla accediendo a Vía Regional



Avenida El Poblado - Bomba Terpel

Nunca se deben hacer modificaciones en los carriles de las calzadas de una autopista que no sean en pintura o con estoperoles suaves, y es gravísimo construir medianas con sardineles en concreto o salientes que se interpongan en los carriles previamente diseñados. En la autopista sur se construyeron este par de sardineles y no son pocos los accidentes graves que se han presentado allí.

En el año 2.001 el Metro de Medellín, construyó una mediana en la variante de Bello, muy bella, fue engramada, muy bien acabada, le colocaron palmas zanconas, pero altamente letal para el tráfico, como lo comprobé en varias ocasiones donde hubo volcamientos de volquetas doble troque y otros vehículos, con graves consecuencias para los usuarios.

Cuando fui presidente de la SAI, escribí al gerente del metro sugiriéndole la supresión de dicha mediana, cuya construcción se justificó para girar a la izquierda y acceder a las oficinas principales de nuestro Metro, y finalmente terminaron demoliendo dicha obra.



Si las calzadas se construyen con el adecuado bombeo transversal, como en repetidas ocasiones lo he mencionado en el presente manual, nunca habrá charcas en la zona de rodadura, y por ende, los vehículos no levantarán cortinas de aguas al pasar raudos durante un período de lluvias; afectando la visibilidad de vehículos aledaños o de los peatones, con las gravísimas consecuencias de accidentalidad que pueden presentarse.

ECONOMÍA

La sola aplicación de las anteriores prácticas de rehabilitación de vías y al menos, una campaña anual de mantenimiento, consistente en remoción de pequeños derrumbes, rocería e intervención de los drenajes, (cunetas, emboques a las pocetas y salidas laterales de agua hacia la ladera inferior), representan una gran economía para el departamento y los municipios, posibilitando una mayor inversión anualmente en estabilización de suelos, en regiones donde escasean los materiales áridos para afirmado o en la ejecución de mayor kilometraje de vías pavimentadas, donde la condición socio-económica de éstas justifique su priorización.

POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA RED VIAL

Si las normas presupuestales condicionan las asignaciones presupuestales a vigencias anuales, los gobernantes deben plantear y comprometerse a asignar, partidas significativas en las vigencias posteriores, con el fin de atender los programas de rehabilitación, los de mantenimiento y los de rectificación y pavimentación de las vías socio-económicamente más prioritarias.

Porque, no se nos olvide, que la mayor componente de la competitividad, la constituye una buena y ágil conectividad vial, y sería una de las mejores herencias que deje un mandatario al concluir su gestión. Obras son amores y no buenas razones.

Consideraciones finales

Las razones por las cuales me decidí a recopilar mis experiencias, de lo que he llamado “Buenas Prácticas de Rehabilitación y Conservación de Vías”, fueron las siguientes:

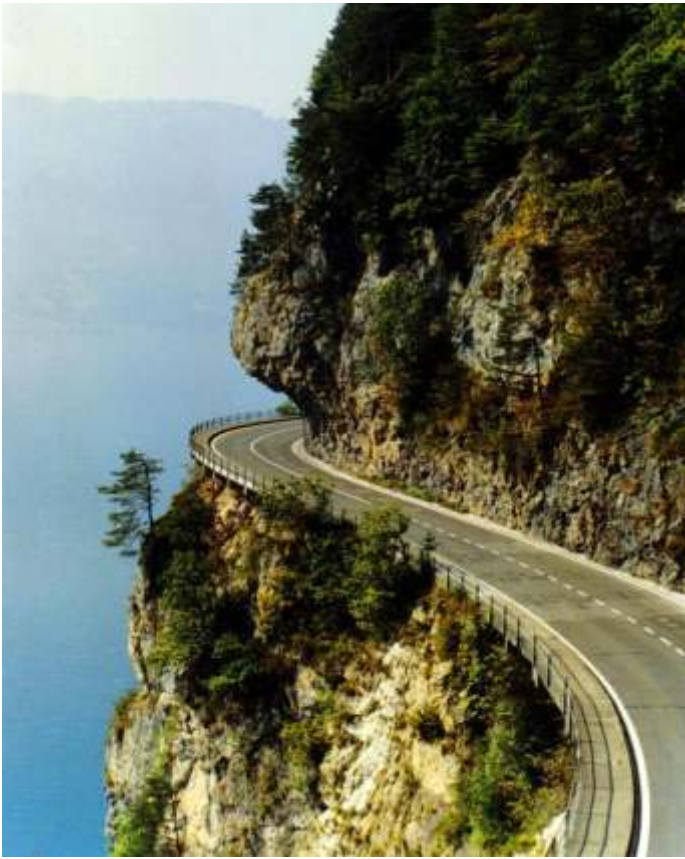
- Observando las intervenciones de mantenimientos que se ejecutaban en diferentes regiones del departamento, concluí que como se estaban realizando, no duraban más de un período invernal.

- Las vías que he construido, la mayoría a particulares, las he ejecutado aplicando muchas de las anteriores buenas prácticas, y he observado su duración en el tiempo y los mínimos costos de conservación.

- Aunque este tema, no ha sido el preferido por mis colegas ingenieros, para escribir sus experiencias o recomendaciones técnicas, me ha parecido que justifica con creces, modificar las prácticas reconstructivas de unas vías exageradamente deterioradas, y que no sólo sirva para la reconstrucción de las vías públicas, sino aún para las privadas.

- He querido dejarle a los ingenieros jóvenes, a los inspectores de construcción y a los operarios de equipo pesado, unas recomendaciones prácticas y útiles, especialmente para la durabilidad de las intervenciones y la invulnerabilidad de las vías a los fuertes inviernos, que se suceden en nuestro medio; considero que no sólo es útil para ellos en su vida profesional sino de gran utilidad, para minimizar en el tiempo, las exageradas inversiones que se han aplicado en el pasado a la conservación de vías.

- He considerado, que en mi caso, desde que estudié ingeniería hasta nuestros días, siempre me han preocupado estos temas, y no me perdonaría terminar mis días, sin haber recopilado estas útiles experiencias, con el fin de que se empiece a generar la cultura de unas buenas prácticas encaminadas a lograr una ágil y segura conectividad vial, con la cual estoy seguro, se alcanzaría en mayor medida una gran competitividad en nuestro departamento, una mayor comodidad y un menor costo de operación para los usuarios de la red vial.



Mi mayor anhelo es, que las anteriores buenas prácticas de rehabilitación y conservación de vías, sean al menos probadas por mis colegas ingenieros constructores, interventores y coordinadores de obras, en sus tareas de mejoramiento de vías, y puedan comprobar las bondades de estas reflexiones en el tiempo y especialmente, después de los fuertes inviernos.

**EDUARDO VÉLEZ TORO Ingeniero Civil Mat 2282
e-mail: eduvelez65@gmail.com**

MANUAL

BUENAS PRÁCTICAS DE REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE VÍAS



Sociedad Antioqueña
de Ingenieros y
Arquitectos

La Fuerza de la Razón