

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL



**CRITERIOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN
CARRETERAS**

INGENIERO CIVIL MARIO CÉSAR MORALES ÁVILA
Asesorado por el Ing. José Santos Monzón Gámez

Guatemala, Septiembre de 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**CRITERIOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN
CARRETERAS**

TESIS

**PRESENTADO AL COMITÉ DE LA MAESTRÍA DE
INGENIERÍA VIAL**

POR

INGENIERO CIVIL MARIO CESAR MORALES AVILA
Asesorada por el Ing. José Santos Monzón Gámez

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERÍA VIAL**

Guatemala, Septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACION

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Daniel de León Maldonado
EXAMINADOR	Ing. José Santos Monzón Gámez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**CRITERIOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN
CARRETERAS**

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 19 de marzo de 2007.



INGENIERO CIVIL MARIO CESAR MORALES AVILA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 15 de enero de 2007.

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ing. Pérez:

Tengo el agrado de someter a su consideración el trabajo de Graduación, realizado por el estudiante universitario de la Maestría en Ciencias de Ingeniería Vial **Mario César Morales Ávila** titulada "**Criterios para la supervisión ambiental en carreteras**", la cual fue asesorada, revisada y aprobada por este servidor.

Por lo consiguiente, me permito recomendar su aprobación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para suscribirme de usted,

Atentamente,

Ing. José Santos Monzón Gámez
Asesor

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **CRITERIOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN CARRETERAS**, presentado por la **Ingeniero Civil Mario César Morales Ávila**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, julio de 2007.

/ap.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. D. Postgrado 30.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría en Ingeniería Vial titulado: **CRITERIOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN CARRETERAS**, presentado por el Ingeniero Civil **Mario César Morales Ávila**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, septiembre de 2007



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

MI ESPOSA

Lucía Rodríguez Quesada amiga y compañera. Con todo mi amor.

MIS HIJOS

Luís Pedro y Camila Kristyn, alegría de mi vida.

E & R

Asidero de mi experiencia.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS	Por la oportunidad de vivir, soñar y amar.
Guatemala	Paraje donde nací, lugar de sueños, cobijo de esperanza.
Mis padres	Pilar de mi superación.
Mi esposa	Fuente ilimitada de amor y de servicio, modelo de rectitud.
Mis hijos	Fortaleza en las adversidades, inspiración inagotable, sumidero de felicidad.
Ing. José Monzón	Por su invaluable asesoría
Ing. Edgar De León	Por su paciencia y ejemplo de servicio.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1 -
OBJETIVOS	3 -
ANTECEDENTES	4 -
CAPÍTULO 1.....	5 -
1.1 PLANIFICACIÓN	5 -
1.2 FASE DE PREINVERSIÓN	7 -
1.2.1 Identificación de la idea de proyecto	8 -
1.2.2 Estudio a nivel de perfil.....	8 -
1.2.3 Estudio de prefactibilidad	9 -
1.2.4 Proyecto a nivel de factibilidad.....	10 -
1.3 ASPECTOS AMBIENTALES EN LA PLANIFICACIÓN EN UNA CARRETERA	12 -
1.3.1 El Derecho de Vía.....	12 -
1.3.2 La fisiografía del entorno	14 -
1.3.3 Hidrología.....	16 -
1.3.4 Paisaje.....	19 -
1.3.5 Ecosistemas Frágiles y otros sitios de valor histórico	20 -
CAPÍTULO 2.....	23 -
2.1 PERÍODO DE PRECONSTRUCCIÓN	23 -
CAPÍTULO 3.....	26 -
3.1 PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN	26 -
3.1.1 Hidrología.....	26 -
3.1.2 Campamentos	29 -
3.1.3 Plantas de Trituración	31 -
3.1.4 Botaderos de Material de Desperdicio	32 -
3.1.5 Erosión	38 -
3.1.6 Métodos para prevenir la erosión.....	39 -
3.1.6.1 Geotextiles.....	39 -
3.1.6.1.1 Geodrén	41 -
3.1.6.1.2 Estabilización de suelos blandos	42 -
3.1.6.1.3 Geomembranas de polietileno de alta densidad	43 -
3.1.6.1.4 Bolsacretos	45 -
3.1.6.1.5 Ecomatrix	50 -
3.1.6.2 Hidrosiembra.....	52 -
CAPÍTULO 4.....	56 -
4.1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	56 -
4.1.1 Seguridad.....	56 -
4.1.1.1 Limpieza de la superficie de Rodadura y Hombros	58 -
4.1.1.2 Limpieza de Drenajes Longitudinales	58 -
4.1.1.3 Limpieza de Drenajes Transversales.....	61 -
4.1.1.4 Corte de Maleza	62 -
4.1.1.5 Limpieza de Señales Verticales.....	62 -
4.1.1.6 Pintura de Bordillos y Otros	63 -
4.1.2 Mantenimiento de la red vial pavimentada	63 -
4.1.3 Cunetas revestidas.....	64 -
4.1.4 Gaviones	64 -
CONCLUSIONES.....	65 -
RECOMENDACIONES.....	67 -
BIBLIOGRAFIA	71 -

CRITERIOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL EN CARRETERAS

INTRODUCCIÓN

Según el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Acuerdo Gubernativo 023-2003 artículos 27 y 28, la actividad de diseño y construcción de cualesquiera proyectos afectan al entorno y a los recursos naturales. Dichas actividades generan de moderados a bajos impactos al medio ambiente y se enmarcan en la categoría B1. La clasificación fue realizada tomando como referencia el Estándar Internacional del Sistema CIIU, (Código Internacional Industrial Uniforme) de todas las actividades productivas.

Este documento ha sido elaborado tomando en cuenta la existencia de cualquier camino cuya sección típica de rodadura es de terracería o bien balastada y que ha de ser transformado a una sección típica pavimentada. En el caso de apertura de brecha en zonas prístinas o bien donde no existen caminos es considerado en la clasificación antes mencionada como un proyecto de alto impacto y el contenido del estudio de impacto ambiental (EIA) será distinto.

Es importante mencionar que el medio ambiente es una disciplina muy amplia que no se refiere únicamente al medio natural, es por ello que existe una diversidad de elementos que deben ser tenidos en cuenta para lograr proyectos amigables con el entorno consiguiendo una integración al paisaje, ofreciendo servicios ambientales y sobretodo seguridad a los usuarios de la carretera.

Cuando se construyen proyectos de infraestructura lineal (entre ellos las carreteras) se pueden generar impactos al medio ambiente siempre que las medidas de mitigación no se determinen tácitamente en el documento de la Evaluación de Impacto Ambiental o bien si estando claros, no se ejecutan para aminorar las afecciones producidas al momento de la ejecución de cortes en la terracería y su correspondiente disposición en los botaderos de material de

desperdicio o bien la colocación de las alcantarillas que modifican los patrones de drenaje natural, entre otros.

Al realizar un estudio de ingeniería de detalle para una carretera deben tenerse en cuenta una gran cantidad de elementos, entre los que figuran la topografía del lugar, el número de comunidades beneficiadas, la cantidad y calidad de los bancos de materiales, el tipo y volumen de tránsito que circula sobre la ruta, la categorización de los suelos en donde se proyectará la capa de rodadura, etc. Cada actividad que se desarrolla tendrá como común denominador la afección al entorno, y siendo que el impacto ambiental es relativo a todas las actividades antes mencionadas, es bien claro que debe tenerse un control sobre esta actividad.

Este documento ha sido elaborado teniendo en cuenta en el primer capítulo, el ciclo de vida de una carretera partiendo de las fases de un proyecto vial, describiendo la ruta que teóricamente debiera ser respetada. Posteriormente se desarrolla el capítulo de construcción en donde la supervisión desarrolla un rol preponderante y finalmente se desarrolla el capítulo de operación y mantenimiento para cumplir con las etapas planteadas por entes financieros preocupados de la preservación del medio ambiente, tal el caso del Banco Centroamericano de Integración Económica.

Es importante hacer hincapié en que se han evaluado los mismos elementos para cada etapa abordada (planificación, preconstrucción, construcción y operación); es decir, derecho de vía, hidrología, fisiografía del entorno, paisaje. Diferenciando el enfoque y las actuaciones según la etapa del proyecto.

En la supervisión y ejecución de trabajos ambientales en proyectos viales, se ha podido evaluar la funcionalidad y efectividad de los pliegos de prescripciones que son elaborados por el Departamento de Gestión Ambiental (DGA) de la Dirección General de Caminos (DGC) y es por ello que con la elaboración de este trabajo se pretende complementar dichos esfuerzos aportando con una visión distinta a la gubernamental, una serie de elementos

que mantengan los mismos objetivos de cuidar los recursos naturales que son en la mayoría de los casos, impactados severamente al construir una carretera.

OBJETIVOS

GENERAL

1. Sistematizar experiencias para contribuir con el personal a cargo del manejo del tema ambiental en los proyectos de carreteras para que sean tomadas en cuenta y con ello generar acciones encaminadas a menguar los impactos ambientales adversos.

ESPECIFICOS

1. Brindar herramientas que permitan visualizar que la ejecución de cualquier proyecto de infraestructura provoca daños al entorno pero que éstos pueden mitigarse mediante esfuerzos menores en donde el sentido común juega un papel fundamental.
2. Describir consideraciones ambientales a tener en cuenta en los distintos momentos del ciclo de vida de las carreteras para que los proyectos sean ambientalmente compatibles.
3. Describir cómo se modifica el entorno cuando se construye una carretera para que, teniendo en cuenta estas modificaciones, se puedan elaborar las Especificaciones Técnicas Ambientales con sus correspondientes medidas de mitigación, y que formen parte del EIA.
4. Mostrar nuevas opciones a través de distintos métodos para acelerar los procesos regenerativos de la naturaleza y hacer un control más efectivo de la erosión.

ANTECEDENTES

En Guatemala, la práctica habitual consistía en construir las carreteras sin considerar los efectos de las mismas sobre el medio natural. Debido a que no existía el componente de mitigación ambiental y sus correspondientes renglones, el tema de protección al entorno recibía poco o nada de atención. Sin embargo a partir del 5 de junio de 1,996 comienza a tomar relevancia el tema del Medio Ambiente en proyectos de carreteras en nuestro país. De esa cuenta se crea la Unidad de Gestión Ambiental en la Dirección General de Caminos; con el objetivo de menguar las fuertes presiones provocadas y para ello fue necesario incluir dentro de las especificaciones particulares de cada proyecto, una sección específica que contemplara medidas de mitigación y/o compensaciones ambientales.

Antes de 1996 los Estudios de Ingeniería de Detalle que se elaboraban previo a la construcción de una carretera, consistían en los estudios topográficos, el diseño de la geometría del proyecto, estudios de hidrología e hidráulica, estudios geológicos y geotécnicos, estudios socioeconómicos y estudios de ingeniería de tránsito. A partir del mencionado año se incluyó el Estudio de Impacto Ambiental que debería identificar las afecciones que sufriría el entorno con la ejecución del Proyecto, pero sobre todo debería proporcionar una serie de recomendaciones para mitigar los impactos en él identificados. Sin embargo los temas de disposición de material de desperdicio, que son tan importantes, no eran considerados en el pliego de prescripciones del proyecto.

CAPÍTULO 1

1.1 PLANIFICACIÓN

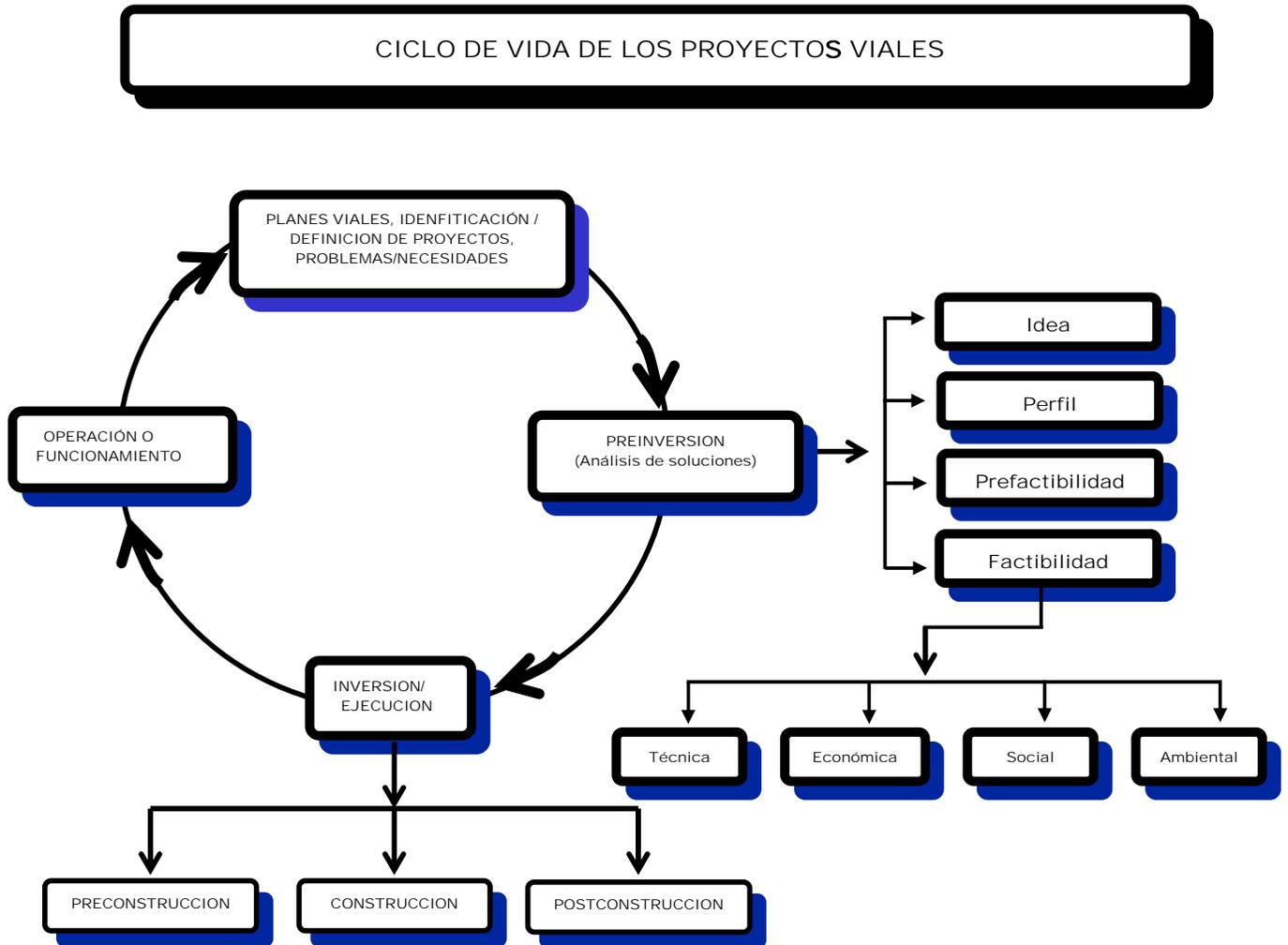
La planificación es la actividad previa a cualquier actuación cuyo objetivo es evitar que los efectos de ésta contrarresten a los de otra. Una adecuada planificación determina el conjunto de acciones para alcanzar un objetivo propuesto. La planificación de carreteras obedece a una serie de necesidades planteadas por los usuarios y por los objetivos de desarrollo de una región o del país. El ciclo de vida de los proyectos de carreteras comprende una serie de pasos que no se deben obviar para garantizar el éxito del mismo. Si un proyecto es concebido y desarrollado según el esquema propuesto, conlleva una elevada probabilidad de éxito. En caso contrario, el costo del mismo se eleva considerablemente. Cada una de las etapas en la fase de preinversión tienen un objetivo específico, consistente en determinar la factibilidad en la realización del proyecto; si alguna o todas las fases son obviadas resultan errores que normalmente se reflejan en el costo del proyecto.

Es más fácil y menos costoso determinar el fracaso de un proyecto a nivel de perfil que en la fase de preconstrucción por ejemplo. De ocurrir tal situación es preferible cancelar el proyecto en estas fases tempranas antes de continuar a las fases de ejecución.

En la figura 1 se esquematiza el orden que deben llevar los estudios de una carretera,

Siendo :

Figura 1: ciclo de vida de proyectos de carreteras.



1.2 FASE DE PREINVERSIÓN

Una carretera es un proyecto de inversión dado que es una decisión sobre el uso de recursos con el objetivo de incrementar, mejorar, mantener la producción de bienes o incrementar, mejorar, mantener o recuperar la capacidad de generación de beneficios y se materializa a través de una obra física de beneficio colectivo que cabe dentro de la categoría de proyecto de beneficio social. Un proyecto de inversión surge como reconocimiento de la existencia de necesidades insatisfechas y/o situaciones de insatisfacción que el proyecto debiera ser capaz de satisfacer.

Guatemala es un país con una capacidad económica limitada, por lo cual resulta imprescindible realizar estudios de preinversión que garanticen un adecuado uso de los recursos limitados, los cuales podrían obtener algún beneficio en otras actividades.

Etapas de un Estudio de Preinversión.

Un estudio de preinversión está compuesto por dos elementos: la *formulación o preparación* del proyecto particularmente en las fases de prefactibilidad y factibilidad y la *evaluación económica* del mismo, necesarios para ofrecer cierta seguridad de que el beneficio que se obtendrá será mayor que el que se obtendría en otras alternativas. El objetivo final es evaluar la conveniencia del proyecto, pero para estimar los elementos necesarios para la evaluación se requiere una adecuada formulación (o diseño) que permita anticipar la forma y las condiciones en que éste operará. El documento de proyecto será el mapa de cómo llegar de una situación actual a un escenario idealizado.

Un estudio de preinversión es usualmente caro, especialmente cuando se requiere obtener datos, procesarlos y generar información relevante que permita reducir el riesgo. Mientras el estudio se mantenga en el plano del uso de información secundaria y de las instituciones o estimaciones gruesas ello no es necesariamente así, pero apenas se avanza en un estudio más profundo, el costo del estudio aumenta considerablemente. Por ello, la metodología general para un

estudio de preinversión comprende una serie de etapas sucesivas, a través de las cuales se va avanzando gradualmente en la complejidad y calidad de estudio, siempre y cuando las etapas anteriores así lo recomienden con bases sólidas. Es decir, en vez de realizar de una vez un estudio definitivo, de alto costo para un proyecto que finalmente resulta no conveniente, la no conveniencia del proyecto podría haber sido detectada en un estudio previo más barato, no siendo necesario invertir en un estudio más complejo y caro.

Las etapas de un estudio de preinversión son:

1.2.1 Identificación de la idea de proyecto

En esta primera etapa se precisan las necesidades insatisfechas o problemas a resolver y los objetivos que se pretende alcanzar con el proyecto en relación a ellos. Asimismo, se visualizan algunas posibles alternativas de solución o formas alternativas del proyecto. Es importante en esta etapa identificar las variables más significativas que estarán afectando el proyecto para hacer el énfasis de análisis sobre estas variables.

1.2.2 Estudio a nivel de perfil

Estudio que permite realizar una primera prueba de viabilidad del proyecto, considerando un número mínimo de elementos a partir de información existente, el juicio común y/o la experiencia.

Comprende generalmente:

- *Definición del problema* a partir de las necesidades que el proyecto podría satisfacer.
- *Planteamiento de alternativas de solución*, lo que implica afinar las alternativas de solución formuladas en la etapa anterior y que conduce a distintas formas alternativas para el proyecto.
- *Inventario y análisis de las condicionantes para llevar a cabo la idea*, lo que implica analizar el mercado y su tamaño, la disponibilidad de

insumos, tecnología, monto de inversión requerida y marco institucional y político, todo ello en base a información existente y juicio de los analistas con estimaciones gruesas.

- *Análisis de la viabilidad técnico-económica de la idea*, lo que implica decidir en base a los resultados de la fase anterior y a una evaluación económica si existen elementos que hagan inviable la idea. La viabilidad de la idea está ligada a la viabilidad de las distintas alternativas formuladas, lo que implica determinar la viabilidad técnico-económica de cada una de las alternativas propuestas. Si a este nivel se estima que la idea es inviable, es rechazada; en caso contrario, es aceptada pudiendo ser mantenida “en cartera” o bien continuar con la siguiente etapa o estudio que corresponda.

Debe hacerse notar que en esta primera etapa no se requiere –en general- la participación de un “proyectista” o “cuerpo de analistas”, siendo más bien responsabilidad de los inversionistas y de sus colaboradores cercanos. Una idea de proyecto relativamente sencilla podría ser aceptada incluso en esta etapa, si algunos cálculos básicos de evaluación así lo aconsejan.

1.2.3 Estudio de prefactibilidad

El objetivo fundamental de este estudio es analizar las distintas alternativas para el proyecto usando datos mucho más detallados y afinados que los de la anterior etapa, a fin de descartar algunas alternativas y perfeccionar las restantes y evaluar desde una perspectiva técnico-económica las alternativas preseleccionadas y seleccionar la mejor alternativa de proyecto.

Para ello se requiere conocer en cada alternativa:

- Existencia de una demanda factible de cubrir con el producto o servicio y proyectarla.

- Disponibilidad (en cantidad, calidad y costo razonable) de insumos.
- Características del proceso.
- Macrolocalización.
- Monto de la inversión aceptable.
- Estimación de ingresos y egresos.
- Evaluación en base a indicadores de rentabilidad por ejemplo Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), relación Beneficio Costo (B/C), etc. En el caso particular de carreteras se emplea entre otros, el modelo Highway Development Maintenance (HDM) desarrollado por el Banco Mundial.

1.2.4 Proyecto a nivel de factibilidad

Este es el estudio definitivo de preparación y evaluación que determina la conveniencia o no de llevar a cabo el proyecto en la forma de la alternativa seleccionada en la etapa anterior. Aquí se realizan los estudios en forma afinada, necesarios para el proyecto, así:

LA PARTE TÉCNICA (INGENIERÍA DE DETALLE)

- a. Estudios geométricos
- b. Estudios geotécnicos
- c. Estudios hidráulicos
- d. Estudios hidrológicos
- e. Estudios geológicos
- f. Estudios de ingeniería de tránsito
- g. Estudios de impacto ambiental (EIA)

LA PARTE SOCIAL

- a. Estudios de participación ciudadana (Evaluación Social)
- b. Estudios socio-económicos
- c. Estudios de evaluación financiera

El EIA de conformidad con la Legislación vigente en Guatemala debe realizarse para cualquier proyecto que por sus características modifique al medio ambiente, lo cual debe entenderse como condición *sine qua non* y deben ser elaborados de conformidad con los términos de referencia vigentes en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Para poder iniciar la ejecución de cualquier proyecto, de conformidad con el artículo 8 del Decreto 68-86 antes mencionado.

Es evidente que forma parte de una adecuada planificación y que debe realizarse con suficiente antelación para conseguir las autorizaciones correspondientes previas a la fase de construcción del proyecto. Es importante hacer hincapié en esta última sentencia debido a que es normal que se inicien los proyectos y posteriormente se presente en el MARN el estudio correspondiente. Si se sabe que es una fase más, se deben tomar las medidas para iniciar las gestiones con antelación. Esta premisa es válida para proyectos públicos y privados.

La planificación es desarrollar planes para alcanzar objetivos. Cuando se desea realizar un proyecto apegado a la legislación del país es necesario tener en cuenta los tiempos para cada etapa, de tal manera que deben asignarse según los cronogramas de cada institución el tiempo para la aprobación del estudio de impacto ambiental e incluirlo dentro del cronograma general en la planificación de la obra. Una recomendación valiosa es retomar los planes de desarrollo vial y será entonces cuando con el debido tiempo se contraten estudios con los que se puede obtener la autorización del MARN.

Los términos de referencia actualmente vigentes que fueron elaborados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), contemplan un contenido que bien puede adaptarse a cualquier proyecto pero que deben ser realizados por profesionales con experiencia particular en el tema de construcción de carreteras para que se distingan durante cada fase los impactos generados y se puedan atenuar adecuadamente.

1.3 ASPECTOS AMBIENTALES EN LA PLANIFICACIÓN EN UNA CARRETERA

Son las fases tempranas en el diseño de un proyecto, las que pueden determinar el éxito del mismo. No debe prescindirse de esta etapa puesto que es más fácil y más económico identificar potenciales problemas ambientales durante el diseño preliminar que al momento de la ejecución del proyecto. Es de tener claro que la parte ambiental es vista por la gran mayoría como un obstáculo, más que como una oportunidad y es por ello que es usual percibir el rechazo a lo ambiental. Para sortear este valladar es necesario en primer lugar desvincular el tema ambiental con el tema verde; es decir que la parte verde es quizá la parte toral en cuanto a medidas de mitigación se refiere pero que no debe ser lo exclusivo en el tema porque el diseño y construcción de una carretera está íntimamente ligado con la seguridad de los usuarios, porque una mala proyección y cálculo de drenajes puede afectar muchos recursos naturales, porque al no mitigar los impactos desde la fase de terracerías los efectos pueden ser imborrables e irre recuperables, etc. Lo anterior ocurre si no se tiene en cuenta el diagnóstico ambiental desde la planificación. Es muy importante mencionar que la parte geológica requiere de un apartado específico; sin embargo los efectos que se generan cuando no se tiene en cuenta un concienzudo estudio geológico provocan daños onerosos a los recursos naturales y al medio humano lo cual podría evitarse si el medio antrópico que los genera, generalmente trazos en lugares inadecuados, fueran objeto de un estudio geológico a detalle apoyado con fotografías aéreas, imágenes satelares, etc.

Entre los problemas que deben resolverse desde esta etapa temprana están:

1.3.1 El Derecho de Vía

Debe ponerse especial atención al tema del derecho de vía, el cual actualmente se limita a derecho de paso. No se tiene certeza en cuanto a la propiedad de la tierra donde se proyecta la carretera y son incontables los problemas que se originan al momento de realizar la topografía o bien cuando se replantea el proyecto producto de esta incertidumbre. Habida cuenta que salvo escasas

excepciones, se realizan proyectos con diseños fuera de especificaciones geométricas en algunas secciones, lo cual representa riesgo para la seguridad de los usuarios. En opinión de expertos diseñadores, debiera contarse con más apoyo por parte de la Dirección General de Caminos dado que debe ser el propietario del proyecto quien resuelva los problemas y dé garantías para que los trabajadores de las distintas empresas puedan realizar su trabajo sin complicaciones adicionales a las que reclaman las labores propias de un proyecto de esta naturaleza. De gran ayuda es el trabajo que se produce en la Sección de Derecho de Vía de la Dirección General de Caminos, la cual cuenta con una asignación de recursos y personal para resolver este tipo de problemas. Es válido mencionar que dadas las limitaciones de espacio, el ancho en el que se puede trabajar se reduce al ancho de la sección típica; sin embargo como medio de locomoción en las carreteras no solamente se encuentran los automotores, es normal encontrar personas caminando a la vera del camino directamente en las cunetas porque no hay espacios para movilizarse a pie, en bicicleta o en bestia (medio de transporte muy utilizado en nuestro país).



Foto 1: En la fotografía se ilustra el problema que una carretera produce cuando pasa por una zona urbana; asimismo se puede apreciar como los servicios de electricidad irrumpen dentro del Derecho de Vía de la carretera.
Pavimentación Ruta Nacional 7 W,
Tramo Sacapulas – Buenos Aires



Foto 2: En la foto se aprecia un medio de locomoción muy utilizado en el interior del país. Pavimentación Ruta Nacional 7W, Tramo: Sacapulas – Buenos Aires

En conclusión, en esta etapa es importante que la Dirección General de Caminos participe activamente en la gestión y adquisición del derecho de vía para que las obras se ejecuten sin interrupción por problemas derivados de derechos de propiedad.

1.3.2 La fisiografía del entorno

Normalmente cuando se realizan los diseños de carreteras, se envían cuadrillas de topografía a realizar el levantamiento sobre lo existente, haciendo lectura de datos de aproximadamente 40 metros a cada lado de la línea central del camino. Esa tarea debiera ser posterior al estudio a través de fotografías aéreas incluso imágenes satelares para poder visualizar con más criterio las ventajas de mantener el alineamiento existente versus otros trazos que puedan sortear recursos naturales o históricos.

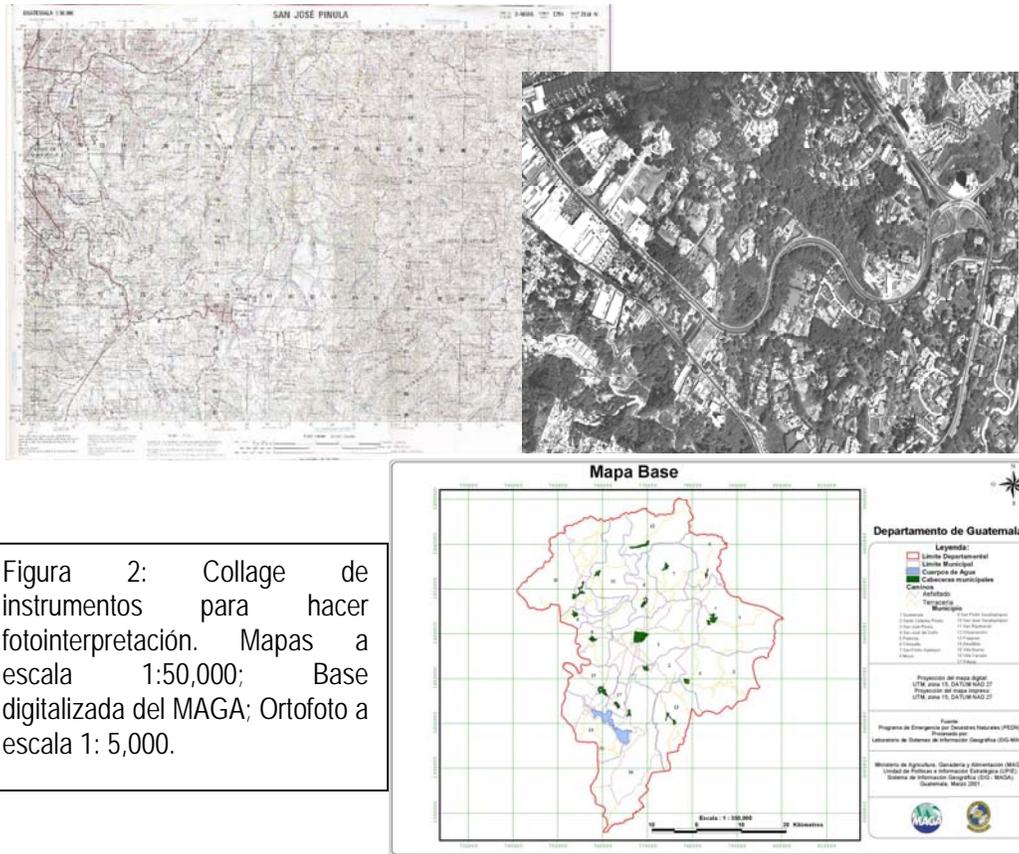


Figura 2: Collage de instrumentos para hacer fotointerpretación. Mapas a escala 1:50,000; Base digitalizada del MAGA; Ortofoto a escala 1: 5,000.

Es particularmente importante destacar en esta etapa la necesidad de realizar un estudio geológico a gran escala porque suele suceder que los problemas de deslizamientos e inestabilidades de laderas son producto de un efecto más grande. En Guatemala es fundamental mantener trazos lo más apegados al trazo existente dadas las limitaciones financieras del proyecto, es por ello que hay carreteras con elementos geométricos fuera de especificaciones. Ante el problema antes descrito debe insistirse en retomar el orden establecido en el ciclo de vida de los proyectos para que tan importante etapa no sea relegada o incluso desestimada. Desafortunadamente en Guatemala aún no se contabiliza el valor económico que tienen los recursos naturales es por ello que el cuidado del entorno no es cotizado. Importante resulta desde la fase de planificación, identificar aquellos sitios cuyas características permitan un acomodo adecuado del material.



Foto 3: La fisiografía importante para el análisis hidrológico

1.3.3 Hidrología

Con el deterioro ambiental cada vez más agudo, es necesario que desde la fase de planificación se tengan en cuenta una serie de elementos para que las obras de arte soporten la carga hidráulica a través de sí, entendiendo la carga hidráulica como la suma del caudal de agua y el arrastre que se pueda conducir. Al momento de proyectar el sistema de drenaje de la carretera, debería tenerse en cuenta:

- Pendiente de diseño
- Protección de rellenos
- Mantenimiento de estructuras
- Proyección de subdrenajes
- Análisis de cuencas

¿Hasta dónde es injerencia del tema ambiental el diseño de las estructuras antes mencionadas? El proyectista es el responsable del diseño pero es indudable que cuando ciertas estructuras colapsan el efecto en el entorno es notable, es por ello que resulta conveniente que la ingeniería de detalle sea elaborada por un equipo multidisciplinario. Suele ocurrir que la falta de conceptos ambientales y una escasa ética son en gran parte responsables del colapso incluso de importantes

tramos de carreteras. Para ilustrar lo anterior se describe a continuación un caso emblemático de lo que puede ocasionar una irresponsabilidad, afectando grandemente el entorno ambiental y la economía del estado guatemalteco.



Foto 4: Proyecto RN5 San Miguel Chicaj – Salamá. Un mantenimiento a destiempo hizo fallar la cuneta y posteriormente se perdió media sección de la carretera.

A continuación se describe el caso del colapso de elementos de drenaje al paso del Huracán Mitch en 1998, cuyos impactos fueron más severos dado el abandono en el mantenimiento de cuencas hidrográficas.

Caso: Huracán Mitch
Lugar: Km 15+920 a 16+020
CA 01 Occidente



Foto 5: Aspecto de la carretera luego del paso del Huracán Mitch.

Antecedentes:

En el lugar existía dos obras de arte cuyas dimensiones son 3m x 6m cada una capaces de evacuar el caudal que a través ella pudiera fluir; sin embargo la carga hidráulica fue el motivo del colapso. El mantenimiento de la quebrada era inexistente, combinado con malas prácticas de disposición de desechos. Con los elevados valores de precipitación se obstruyeron las entradas de las cajas y subió el nivel aguas arriba de la entrada de las obras a una elevación de 16 metros superando el nivel de la rasante de la carretera provocando su colapso.

El costo de los trabajos de rehabilitación en terracería para dejar expedito el paso vehicular, no se incluye el trabajo de reparación, ascendió en 1998 a más de 3 millones de quetzales como costo directo y se interrumpió el paso desde el 31 de octubre al 14 de noviembre generando cuantiosas pérdidas a la economía nacional lo cual no se incluyen en las pérdidas dado que los gastos solamente afecta a personas individuales o jurídicas, lo cual es incorrecto.

El caso se menciona porque no basta con hacer cálculos hidráulicos para determinar el diámetro de una alcantarilla, es necesario evaluar concienzudamente el estado de la microcuenca para planificar y calcular otras obras de ingeniería que resulten necesarias.

Hoy en día son incontables los daños a distintas rutas fruto de malas prácticas de ingeniería de construcción o de mantenimiento que facilitan el colapso de importantes tramos de carreteras fruto de negligencia, lo que genera un costo de reparación. Los recursos naturales más explotados son el sistema edáfico (suelo) y lítico (rocas) aunque también se generan importantes impactos como la polución que afecta los sistemas hídricos y atmosféricos.

Como corolario queda que en la planificación se deben analizar con mucho detalle el estado de las microcuencas y proyectar las obras de drenaje necesarias dado que el principal enemigo de las carreteras es el agua.

1.3.4 Paisaje

Cuanto más se pueda ocultar el trazo de una carretera es mejor!!!. Claro está que ésta sentencia es difícil de cumplir cuando las limitaciones económicas son reales y los recursos en general son finitos. Por ejemplo en caminos montañosos, situación muy usual en Guatemala, la tendencia es proyectar el camino a la orilla de los precipicios procurando realizar mayores cortes para evitar el colado de muros cuya cimentación los hace caros y complicados de construir o bien la construcción de costosos túneles. La huella que se deja al paso de la maquinaria en los cortes es casi imborrable y perpetua como en muchas carreteras de la red vial nacional. Si se arremete contra la naturaleza, por lo menos debemos contribuir con la restauración de la misma. Cuando se aprecia un camino de montaña desde la distancia se tiene bien diferenciado el trazo de la carretera por la situación antes descrita. Para resolver el caso anterior es recomendable trabajar los taludes de corte, si bien es cierto es complicado el prendimiento de vegetación en suelos tan complicados, existen equipos especializados que pueden hacer una labor integradora al paisaje. Para esta fase particularmente deben elaborarse las bases de contratación en donde se mencionen los métodos a emplear y se asignen los fondos suficientes para realizar las labores de integración necesarias. En conclusión debemos evitar que los taludes de corte sean visibles. Otro de los temas que deben tratarse en esta fase es la reincorporación de botaderos de material de desperdicio al entorno ambiental, para lo cual corresponde llevar a cabo su potencial ubicación y asignación de renglones de obra con cantidades para lograr las medidas de mitigación. En la fotografía 6 se muestra una sección del tramo carretero comprendido entre Sacapulas y Buenos Aires, Chiantla, Huehuetenango en donde se aprecia el trazo y una sección de botadero de material de desperdicio en proceso de reincorporación al paisaje, dicho botadero está debidamente revegetado. Sin embargo existen proyectos en los que no se realiza tal práctica de integración, afectando la belleza escénica del lugar.

Lo importante a tener en cuenta en el momento de la planificación en relación con el paisaje es la localización de los puntos que por sus características pueden ser considerados como botaderos de material de desperdicio.

Foto 6: Pavimentación RN7W tramo Sacapulas - Buenos Aires. Es innegable que una ruta distorsione el paisaje, para ello es recomendable tomar acciones relativas para su incorporación al entorno.



1.3.5 Ecosistemas Frágiles y otros sitios de valor histórico

En el momento de la construcción de los proyectos es cuando los problemas reales surgen!!!. Este es el momento en el que las soluciones son las más caras y probablemente las menos indicadas; es decir que como consecuencia de no existir una bien elaborada planificación, se omite información valiosa que incluso pudiera cambiar el alineamiento de una carretera. Para la fase primaria de planificación corresponde identificar a través de un mapeo adecuado, el tipo de lugar por donde se proyecte la carretera, así se podrán identificar zonas de recarga hídrica, reservas de flora endémica, sitios arqueológicos, áreas protegidas, etc.



Foto 7: Pavimentación Ruta Nacional 7W Tramo: Sacapulas - Buenos Aires. Las obras de arte y/o cualquier otro elemento con valor histórico deben ser restaurados y conservados.

Muchas de las carreteras en Guatemala atraviesan zonas que están deforestadas por diversas razones, lo cual no es motivo de análisis en este trabajo. Lo importante es que la construcción de carreteras propiamente dichas no contribuya en forma indiscriminada con los procesos de degradación de los recursos naturales. Es conveniente mapear las fuentes de agua cercanas a la carretera para que en su momento sean destinados recursos para contribuir en su zona de recarga. Hay experiencias muy interesantes de trabajos en zonas de recarga hídrica tal el caso de lo documentado por el Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Latina (PASOLAC) en Nicaragua, dicho proyecto consistió en la construcción de diques a través de barreras muertas (muros de piedra entre otros) construidos transversalmente al cauce de la escorrentía para captar el agua de lluvia evitando que el agua no se infiltre y consecuentemente no alimente los mantos freáticos. Aunque dicho trabajo nada tiene que ver con las carreteras es importante que si un trazado pasa cercano a una zona de recarga hídrica, se brinde ese valor agregado a la comunidad construyendo barreras muertas cuyo valor es insignificante con relación al costo de la obra, debe entenderse que una zona de recarga es normalmente la falda de la ladera en donde la actividad de infiltración y percolación tienen su mayor efecto, es en ese plano donde deben proyectarse los diques y la reforestación.



Foto 8: Construcción de muros de piedra como diques de contención para el control de la erosión, experiencia nicaraquense

Hay casos en donde las carreteras atraviesan santuarios de flora endémica, vale la pena dejar constancia en el documento de medio ambiente los lugares en donde debe evitarse irrumpir sin ningún control y no limitarse a mencionar como especificación general que no se pueden instalar campamentos en áreas protegidas dado que eso es prohibido por la legislación vigente en el país, específicamente en el Decreto 4-89, Ley de Áreas Protegidas. Aunque estos casos son cada vez más raros porque la construcción de carreteras en áreas prístinas casi no se da, es importante mencionarlo y corroborarlo a través de coordinadas medidas con sistemas de posicionamiento global para realizar las diligencias necesarias.

Se han dado casos en los que se ha tenido que suspender el proceso de construcción de alguna carretera por haber hecho algún hallazgo arqueológico. Es importante que en la fase de planificación se realicen las investigaciones necesarias con especialistas y gente de la zona para ubicar lugares en donde no se debe realizar ninguna excavación con motivo de la construcción de una carretera.

Como conclusión en esta fase se deben hacer las consultas necesarias para identificar los sitios de interés histórico y/o natural que eventualmente se pueden ver afectados para que en el pliego de prescripciones del proyecto se le asignen recursos para su cuidado y protección.

CAPÍTULO 2

2.1 PERÍODO DE PRECONSTRUCCIÓN

Este período está al inicio de la fase de inversión, es una etapa importante en donde ya participa la empresa supervisora del proyecto. Durante esta fase se deben interpretar los documentos contractuales para determinar si las medidas de mitigación ambiental contrarrestan o compensan el deterioro en los pasivos ambientales fruto de la construcción de la obra.

Una vez se tenga el cronograma general de lo que se pretende realizar como medidas para el cuidado del medio ambiente fruto de la construcción del proyecto, es necesario comenzar a definirlo a través de un diseño ajustado a los requerimientos de la DGC. Simultáneamente a la topografía y diseño geométrico, es necesario hacer los ensayos de geotecnia e ingeniería de tránsito para diseñar la estructura del pavimento necesarias según especificaciones. Deben también muestrearse los bancos de materiales para conocer la cantidad y calidad de los materiales con que se cuenta en las cercanías. Lo ideal es que en cada etapa se consideren elementos ambientales.

Desde el punto de vista ambiental es mejor emplear bancos activos a realizar extracción de material en zonas no intervenidas para minimizar los impactos al suelo, rocas y vegetación. Muchos de los bancos que se exploten seguirán teniendo un status de activo dado que en la mayoría de ocasiones forman parte de la actividad financiera de los propietarios, en tal caso es necesario diseñar un plan de recuperación sin afectar tales intereses pero que busquen reducir el impacto visual. Por ejemplo a través de la población de barreras vivas o muertas que a mediano plazo crezcan y oculten lo más posible dicho impacto, o bien a través de revegetaciones que obstaculicen la visual hacia la cantera. Un ejemplo de lo anterior se observa en la fotografía 9 en donde se aprecia la combinación de una barrera muerta revestida con material vegetativo que logra una visual agradable.



Fotografía 9: Rehabilitación del tramo CA01 Chimaltenango –Tecpan. La barrera muerta revegetada adecuadamente impide ver una cantera activa cuyo estado no es agradable a los sentidos.

Durante esta fase es necesario que ambientalmente se tomen en cuenta algunas consideraciones:

- Ubicación de campamentos
- Ubicación de plantas de trituración y de asfalto
- Localización definitiva de Botaderos de Material de Desperdicio
- Problemas de Derecho de Vía

Desde la preconstrucción de la obra es necesario revisar detenidamente la señalización del proyecto dado que en muchas ocasiones es necesario realizar algunos diseños adaptados a las condiciones de cada tramo. Bien cuando por las condiciones climáticas es necesario incorporar señales específicas tal el caso de tramos con potencial presencia de neblina, etc. En la fotografía 10 se aprecia el tipo de señalización utilizada en la ruta CA 01 tramo Chimaltenango – Tecpán. Dicho tramo es frecuentemente amenazado por niebla y la señalización horizontal tradicional, consistente en pintura termoplástica amarilla al centro y blancas en los bordes de la carpeta de rodadura es insuficiente. Obsérvese que para reducir el riesgo bajo las condiciones antes mencionadas se diseñó una señalización particular que ofrece mayor reflectividad por la noche.



Foto 10: Señalización del proyecto CA 01 Occidente, tramo Chimaltenango – Tecpán. En este tramo normalmente hay presencia de neblina que genera problemas de visibilidad y consiguientemente de seguridad vial. Señalización de este tipo contribuye a reducir el riesgo.

Como conclusión, en esta fase debe haber participación del staff ambiental en la ubicación del campamento, plantas de trituración y asfaltos, localización definitiva de los botaderos de material de desperdicio y resolución de problemas de derecho de vía. La meta es tener bien definido el proyecto y con la menor cantidad de problemas para no retardar el proceso de construcción.

CAPÍTULO 3

3.1 PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN

Esta es la segunda etapa de la fase de inversión, inicia a partir de concluida la pre-construcción. Es ideal que cuando este período tenga lugar, no existan obstáculos por falta de definición de acciones en la obra; es conveniente que se tengan identificados los botaderos de material de desperdicio e ideal es contar con la autorización por escrito de los propietarios, autorizando la disposición de este material no clasificado; deben tenerse bien identificados los predios para la construcción de campamentos, plantas de trituración y asfaltos.

En esta fase es necesario una especial atención dado que en el transcurso de la misma se producen las afecciones más relevantes al medio ambiente. Nótese que las anotaciones descritas en cada apartado, bien pueden ser tenidas en cuenta en cada una de las fases anteriores

3.1.1 Hidrología

Llamamos hidrología a la ciencia que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo. Resulta entonces importante que los estudios hidrológicos ofrezcan datos de la intensidad de precipitaciones y área de la cuenca; los datos anteriores son necesarios para la corroboración de lo contenido en los estudios y para que al construir las obras de drenaje, éstas tengan la capacidad adecuada para acomodar el agua.

El dato más importante para calcular la sección de los puentes, las bóvedas, las alcantarillas y cunetas es el volumen de agua que pasará a través de la estructura. Sí la estructura no puede acomodar toda la descarga, entonces el agua se fuerza a ir sobre la estructura alrededor de ella, o se acumula. Frecuentemente esto resulta en daño o fracaso total de la estructura y socavamiento.

Algunas consideraciones que se deben tener en cuenta en la fase de construcción son las siguientes:

- Que el sistema debe ser capaz de evacuar el agua lo más rápido posible, por lo que la pendiente de diseño es un elemento fundamental. Hay proyectos en los cuales algunos tramos de cunetas no tienen la pendiente adecuada con lo cual el agua no tiene corrimiento y se acumula; si este es el caso se corre el riesgo de que la misma se cuele a la estructura del pavimento en el caso de fisuras en la cuneta. Esta mala práctica afecta al medio ambiente dado que puede hacer colapsar incluso la carretera tal como se aprecia en la fotografía 4, para ello es necesario que antes de la recepción de los trabajos se compruebe la pendiente, la calidad del concreto que normalmente es de 2000 lbs/cm²; asimismo debe dejarse expedito el plano de corrimiento para evitar que la escorrentía tenga obstáculos y salte a la superficie en momentos de lluvia.
- Es importante tener en cuenta la construcción de bordillos y bordas a la salida de las alcantarillas sobre todo si se tiene que proteger algún relleno. O bien la construcción de piso completamente impermeabilizado para evitar el riesgo de socavamientos y erosiones.
- Asignar cuotas al mantenimiento dado que la falta del mismo favorece al colapso de muchas estructuras. El verano es la mejor época para revisión de todos los elementos de drenaje. Normalmente los problemas inician cuando se pierde el material que soporta las cunetas, proceso comúnmente conocido como “descalce”. Es por ello que debe el contratista atender tal situación para evitar potenciales fisuramientos por donde el agua accede a la estructura del pavimento.
- Tener en cuenta que el uso de subdrenajes es fundamental para abatir los niveles freáticos y así evitar el ascenso del agua hasta la estructura del pavimento lo cual acelera el envejecimiento de la estructura y un colapso inminente. De las dos clases de drenaje que puede llevar instaladas una carretera (superficial y subterráneo), el drenaje subterráneo es el que

tiene un comportamiento no predecible; el drenaje superficial debe evacuar la escorrentía superficial sin que se produzcan retenciones, y el fondo de las cunetas debe ser suficientemente impermeable. El drenaje subterráneo o profundo debe conducir el agua subterránea libre, contenida en el terreno que pueda afectar a la carretera en tres lugares sensibles: La subrasante, los cortes y los cimientos de los rellenos.

- o Con las microcuencas cada vez más deterioradas y el factor clima cada vez más tendiente a las complicaciones extremistas de las sequías o de las crecidas, es conveniente evaluar la posibilidad de construir puentes en vez de bóvedas para facilitar el paso de la carga hidráulica. Es importante tener en cuenta que los efectos de la decisión que se tome ocurren en tres escenarios; aguas arriba, aguas abajo y localmente. Si la obra que se proyecta impide que el cauce circule libremente, éste puede comenzar a divagar provocando localmente incluso erosión y socavación de la cimentación, aguas arriba pueden provocarse inundaciones y desbordamientos dado que se formará un remanso y aguas abajo se puede provocar sedimentaciones, cambios de cauces, etc., cada caso debe ser analizado por especialistas y con el detalle que se merece.

El objeto de mostrar las fotografías 11 y 11^a es porque normalmente las alcantarillas transversales se suelen colocar para conducir el agua de un lado de la carretera al otro para que posteriormente la descarga busque su disposición final que por lo regular es a algún zanjón; sin embargo el problema no se resuelve con colocar la alcantarilla, es recomendable conducir el agua hasta una zona firme y segura para la disposición final tal como se aprecia en las fotografías.



Foto 11: Pavimentación de la RD Huehue. 13, Tramo: Santa Ana Huista – San Antonio Huista, antes.



Foto 11a: Pavimentación de la RD Huehue. 13, Tramo Santa Ana Huista – San Antonio Huista , después

3.1.2 Campamentos

Es muy importante conocer los acuerdos a que se llega con los propietarios de los terrenos en donde se construyan las instalaciones antes mencionadas. Para cada proyecto en particular existen muchos criterios; sin embargo es recomendable en la medida de lo posible que dentro del campamento existan las oficinas administrativas del campamento, los talleres, la planta de trituración y la planta de asfalto y así contar con menos áreas intervenidas dentro del proyecto. Siempre es conveniente tener claro la razón de ser de estas áreas desde el punto de vista ambiental. En todo campamento deben existir talleres para el mantenimiento y reparación de los equipos del contratista, debidamente dotados de infraestructura que impida sobretodo la infiltración de agentes nocivos al ambiente. Son puntos localizados que deben ser respetados para evitar la intervención de cualquier lugar a lo largo del proyecto. Son áreas que sufrirán mucha transformación en su uso pero que al final del proyecto deben ser regeneradas para no notar la intervención antrópica en el lugar, son los sitios que requerirán mayor esfuerzo y recursos para su reincorporación al ambiente, de

respetar tal instrucción será más fácil la recuperación de sitios bien localizados que normalmente no superan de tres. En el caso de arrendamiento de los terrenos se debe buscar la anuencia del propietario para realizar obras que contribuyan con la recuperación del lugar salvo que el propietario no permita tales trabajos. El diseño del campamento debe contemplar los servicios necesarios para que el personal goce de comodidad al efectuar sus actividades en forma salubre y segura. Se recomienda que el material orgánico que se remueva en el área donde se construirá el campamento sea colocado en el perímetro del predio. Acopiando el material en el perímetro del campamento se contará con una borda que delimita el área del predio aprovechando el material removido; y la reserva del suelo orgánico que al finalizar la intervención debe ser removido para que sirva como capa orgánica que favorezca el prendimiento de la reforestación y la revegetación que se realice en el lugar según los compromisos (vea fotografía 12 del proyecto Chiquirines – Aldea La Blanca). En suma si un campamento está bien instalado, no tiene porque ser un lugar sucio y desordenado, por el contrario debe mantenerse como un lugar en donde se faciliten las actividades y se privilegie la seguridad. (ver fotos 13 y 14).



Foto 12: Proyecto de pavimentación Chiquirines – Aldea La Blanca, obsérvese la colocación del material orgánico en la orilla del campamento para su ulterior disposición al momento de concluir los trabajos del proyecto.



Foto 13: Proyecto de pavimentación RN18 Mataquescuintla – Jalapa. El campamento luce ordenado y organizado.



Foto 14: Proyecto de rehabilitación CA14 Purulhá – Cobán. Un campamento ordenado facilita las labores de control .

3.1.3 Plantas de Trituración

En el caso de las plantas de trituración, siempre es recomendable distribuirlas en lugares no cercanos a cascos urbanos para evitar contrariedades con los habitantes de los poblados y para evitarle a estos últimos problemas en el tracto respiratorio dado la actividad de triturado de agregados que se lleva a cabo. Si la ubicación de la planta trituradora es cercana a un centro poblado y en el caso de explotación de agregados provenientes de cantera, se recomienda colocar aspersores en puntos estratégicos para irrigar el material evitando así la generación de polvo. Comúnmente en la tolva se colocan aspersores que brisan el material para humedecerlo, también en el retorno del material en el cono secundario y en ciertas ocasiones en la banda transportadora del material fino comúnmente denominado filler.

Es importante que quede bien definido previo a la realización de movimientos dentro de los campamentos, la disposición de la capa de suelo orgánico que se remueve para la adecuación del predio como campamento. Es necesario realizar acopios alrededor del campamento para evitar la pérdida de tan importante recurso el cual al finalizar los trabajos de construcción de la carretera debe ser reincorporado al sitio para realizar exitosamente la regeneración del sitio.



Foto 15: Planta de trituración del proyecto Santa Ana Huista-Jacaltenango. Nótese por un lado el acomodo del suelo orgánico para su posterior uso y por otro las áreas de trabajo bien definidas que permiten una mejor locomoción dentro del campamento de trituración.

Hasta aquí la parte que debe ser controlada con más detalle para mitigar efectos nocivos al ambiente que se generan en el período de construcción.

3.1.4 Botaderos de Material de Desperdicio

Estos son los lugares donde más comúnmente ocurre la erosión dado que los procesos constructivos no contemplan una adecuada ejecución y supervisión. Suele ocurrir que los problemas están muy relacionados con la identificación de los mismos. Una recomendación idealizada (dado que no siempre las condiciones lo permiten) es la siguiente:

- Priorizar los sitios que tengan una topografía relativamente ondulada para esparcir mejor el material sin formar grandes taludes. Siempre es más importante esparcir el material para evitar la formación de grandes taludes en donde el efecto de la erosión puede provocar daños en el entorno.
- Es preferible seleccionar aquellos sitios que brindan confinamiento en por lo menos una cara, lo cual permite un buen acomodo del material sin necesidad de recurrir a medios mecánicos para conseguir consolidar el material.
- Mantener como criterio mínimo la ubicación de un botadero a cada kilómetro para evitar pagar acarreo del material de desperdicio.
- No interferir con nacimientos de agua.

- No interrumpir el cauce de una corriente de agua.
- No afectar zonas de cultivo salvo anuencia expresa de los propietarios. Siempre es preferible conseguir aquellas áreas en donde por lo regular se les destina a la agricultura de subsistencia tal es el caso de la siembra de maíz.
- Evitar la localización de botaderos en sitios donde exista tendido eléctrico cercano. Los problemas que ocurren cuando los cables de alta tensión están cerca del talud del botadero es la colocación del material con equipo mecánico dado el arco magnético generado por los cables, el cual oscila entre 4 y 9 metros dependiendo del voltaje de transferencia de los mismos ver fotografía 16.
- Evitar la selección de sitios en la rivera de ríos o riachuelos sobretodo por las alteraciones climáticas de los últimos tiempos. En el caso de existir desbordamientos se corre el riesgo de provocar inundaciones cuando el material que se dispuso es arrastrado sobretodo cuando no se ha brindado ninguna consolidación.
- Si el talud resultante en el botadero tiene altura superior a los 10 metros es recomendable construir un muro de escollera en el repié para que contribuya a la retención del material y se minimice el corrimiento en la corona del botadero; los muros de escollera consisten en la colocación de rocas que aparecen en el material de corte a través del método *riprap* para que funcionen como contención en el repié del talud. Es importante mencionar que es normal que cualquier botadero se griete en la corona como consecuencia del acomodo de las partículas de suelo. Es recomendable como medida precautoria el monitoreo de los botaderos para cerrar cualquier grieta que se produzca. Recordemos que en épocas de lluvia, cuando se introduce agua en estas grietas, se producen presiones intersticiales que fácilmente pueden provocar deslizamientos indeseados.
- La pendiente de un botadero debe dejarse con orientación opuesta al talud evitando así la erosión por la escorrentía que pueda circular sobre la plataforma y que lo más seguro es que formara cárcavas que provoquen daños colaterales. Consiguientemente debe, a toda costa evitarse el

- acceso de agua al botadero quizá mediante la construcción de bordillos, cunetas o bordas en la orilla.
- Hay lugares donde la topografía es tal que al derramar material, se puede afectar la cobertura en toda la sección. Es recomendable en esos casos construir un muro de escollera con el mismo material para evitar que el material se deslice sobre toda el área ver fotografías 18 y 19 del proyecto San Antonio Huista – Jacaltenango en donde se aprecia que con muy poca inversión y buena voluntad los impactos generados al sotobosque y en general a los ecosistemas es mínima. Los buenos oficios en la construcción de este botadero permiten que pronto se reestablezca la vegetación, la intervención fue mínima y desde la distancia será imperceptible luego de dos inviernos.
 - Al finalizar las actividades de disposición del botadero, deberá declararse en abandono por el contratista, por lo que se deberá colocar cerco con alambre de púas, con postes de madera rústica con una altura mínima de 2.0 metros teniendo en cuenta que siempre será preferible el poste producto del desrame para evitar la afección de bosques y zonas prístinas. Dichos postes serán colocados a una distancia mínima de 3.0 metros entre sí. Esta disposición obedece a que no es un cerco para delimitar la propiedad privada sino para evitar acciones furtivas y vandálicas que eviten el crecimiento de los nuevos árboles. En muchas ocasiones lo más recomendable es colocar cercos vivos para evitar deforestación y lograr modificar el microclima con la copa de los árboles que crecen. Ejemplo de ello lo constituyen los cercos con brotón de madre cacao (*Gliricidia sepium*).
 - Ya colocado el cerco, se deberán realizar las respectivas actividades de remozamiento con especies vegetativas nativas o que presenten buen prendimiento natural.
 - La revegetación del talud se realizará con especies de gramíneas de cubrimiento rápido, se recomienda la siembra con cualquier tipo de zacate o caña, en los primeros 3.0 metros., a partir de la corona del talud y en los últimos 3.0 metros., se recomienda revegetar con punta de izote (*Yucca elephantipes*) para el aprovechamiento del follaje, así mismo se deberá sembrar grama (especies nativas) en tepes en toda la corona de talud, con

un ancho mínimo de 1.0 metro. Lo anterior es recomendado dado que es normal que esta parte de los botaderos se asiente y se formen grietas que permiten la entrada de agua; hemos notado que el tepe colocado de la manera sugerida minimiza estos efectos no deseados ver fotografía 17.

o La reforestación de los botaderos NO es una sana práctica por diversas razones, entre otras:

- Normalmente los suelos depositados en un botadero son materiales estériles que no ofrecen buenas condiciones para que la planta se desarrolle, consiguientemente el objeto de reforestar en estos lugares resulta inadecuado dado que los propósitos de la reforestación no se conseguirían en bastante tiempo.

- De conformidad con la Ley vigente:

REGLAMENTO SOBRE EL DERECHO DE VÍA DE LOS CAMINOS PÚBLICOS Y SU RELACIÓN CON LOS PREDIOS QUE ATRAVIESAN decretado el 5 de Junio de 1942 y que en el artículo 8º establece que: La siembra de árboles en los caminos públicos queda sujeta a la vigilancia de las autoridades locales y camineras, previa alineación indicada en el artículo 6o. y bajo las condiciones siguientes:

- a) No podrán hacerse siembras dentro del derecho de vía, pero si en su orilla o límite, establecido de conformidad con lo que expresa el Artículo 3.
- b) Las alamedas deben ser formadas de árboles de la misma especie o variedad, así como sus resiembras.

Durante esta fase preliminar la tarea debe limitarse a definir las áreas y generalizar el tratamiento en cada sitio. Es muy importante realizar las visitas que sean necesarias para lograr el permiso de los propietarios y la anuencia correspondiente sin que esto represente un incremento en el costo del proyecto. Algunas recomendaciones para sensibilizar a los propietarios(as) de los predios a emplear son:

- Ofrecer dejar las superficies conformadas; es decir que no quedara el material colocado en forma desordenada y sin ningún criterio de disposición.
- Ofrecer dejar revegetados los taludes del botadero no solo como una medida cosmética sino para lograr un efectivo control de la erosión.
- Adecuarse al nivel de comprensión de cada persona para lograr un dialogo más que una imposición.
- Plantear los beneficios del propietario luego de cancelados los botaderos más que evidenciar la necesidad del proyecto por disponer material.
- Sobre todo cumplir los ofrecimientos en cada caso.



Foto 16: Pavimentación Ruta Nacional 7W, Tramo: Chicaman – Sacapulas. Cuando cerca de un botadero pasan cables de alta tensión es necesario respetar las recomendaciones de distanciamiento para evitar accidentes.

Foto 17: Pavimentación RN 7W, Tramo Chicamán – Sacapulas. El tepe de grama colocado de la manera que se aprecia en la foto contribuye a disminuir los agrietamientos en la corona de los botaderos.





Foto 18: Pavimentación de la RD Huehue. 13. Tramo San Antonio Huista - Jacaltenango. Esta fotografía ilustra una borda construida para proteger la cobertura vegetal (sotobosque) de una ladera cuando es necesario derramar material de desperdicio.



Foto 19: Pavimentación de la RD Huehue. 13. Tramo San Antonio Huista - Jacaltenango. Esta es otra vista del botadero de la foto 18 que ilustra como se contuvo el material luego de construir la borda con lo que se preservó el sotobosque al pie del botadero de material de desperdicio.



Foto 20: Pavimentación RN 7W, Tramo Chicamán – Sacapulas. En la fotografía se ilustra un botadero en donde se trabajo con especies nativas.

3.1.5 Erosión

A continuación se describirá la erosión como el mayor impacto producido al construir una carretera dado el volumen del movimiento de tierra que se genera, el cual en contacto con la escorrentía ocasiona daños en el entorno que pueden tener distintos grados de severidad.

La erosión del suelo se define como el movimiento de tierra debido al agua, el viento, u otros procesos geológicos. Es uno de los impactos ambientales más comunes y serios de los proyectos de carreteras. La erosión es una función del clima, la topografía (declive), los suelos, la vegetación y la acción humana, tales como, los métodos de cultivo, las prácticas de riego, el uso de equipo agrícola, la construcción de caminos y otras actividades de desarrollo rural. Usualmente el control de la erosión se hace más necesario a medida que la pendiente del terreno se incrementa, debido a que ésta ayuda a que la tierra se traslade. En la construcción de carreteras existen elementos que aunque estén bien diseñados y contruidos deben complementarse con una adecuada implementación de medidas de control de erosión para reducir al mínimo el movimiento y pérdida de suelo y la producción de sedimento causado por la acción del agua y el viento. El

comportamiento de la erosión inicia cuando hay intensas lluvias que desplazan partículas de suelo, siendo la capa superior la primera en desplazarse. A medida que el agua se acumula empieza a remover el suelo más o menos uniformemente sobre una superficie desnuda y en declive. Inmediatamente después comienza la formación de canales, los cuales dan lugar a la formación de cárcavas que constituyen la forma más severa de la erosión.

La forma más adecuada de controlarla es reduciendo las fuerzas mecánicas del agua siendo un método muy efectivo el proporcionar cubierta vegetal y si las cárcavas son considerables debe combinarse con barreras vivas y muertas.

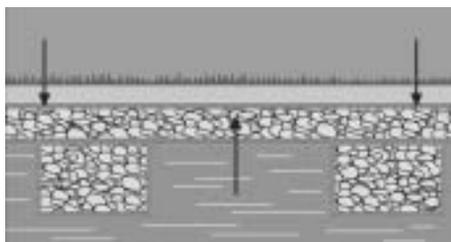
El control de erosión ha sido tradicionalmente realizado por una combinación de medidas físicas y vegetativas. Las medidas físicas se usan generalmente para el control de erosión en proyectos de construcción de caminos y muchas actividades que perturban la tierra

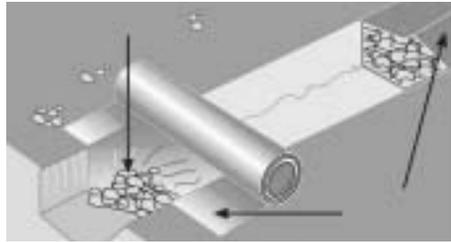
3.1.6 Métodos para prevenir la erosión

3.1.6.1 Geotextiles

Los Geotextiles pueden ser utilizados como elementos separadores permeables en la construcción de sistemas de drenaje (carreteras, parqueaderos, zonas costeras, campos deportivos, canchas de golf, etc.). Permiten el paso del agua filtrando los materiales finos y evitando la formación de cavernas debido a la erosión.

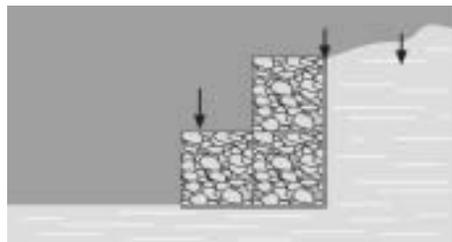
- Incrementa la vida útil de las estructuras de drenaje
- Evitan la colmatación del material drenante.
- Facilidad en su colocación.
- Permiten el drenaje planar, aumentando la capacidad de evacuación de los líquidos.





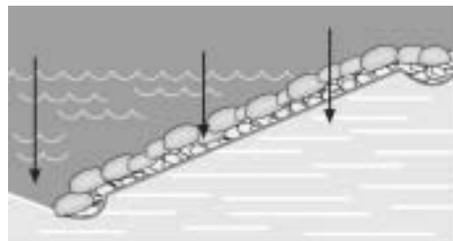
Los Geotextiles actúan como filtro evitando la contaminación de los gaviones con los finos del talud, por causa de las exfiltraciones.

- Disipan las presiones hidrostáticas sobre el espaldón de los gaviones asegurando su estabilidad.
- Impiden la socavación de los materiales del talud.



Los Geotextiles cumplen con las funciones de filtración y separación entre el material sumergido y el material grueso de protección tales como enrocados o Bolsacretos

Previenen la erosión de los finos del dique por el arrastre del agua.



Los bolsacretos son formaletas flexibles de polipropileno que sirven para proteger, reparar o construir estructuras como espolones, rompeolas, diques, presas, taludes, pilares, sillares, muros y realces; además de mejorar la estabilidad de riberas erodadas.

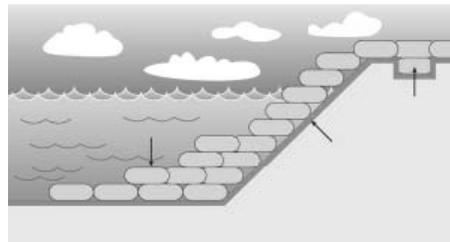
Los bolsacretos, están elaborados con resistentes cintas tejidas de polipropileno.

Cuentan con una boquilla para colocar la manguera de inyección del concreto o mortero.

Antes de su instalación, es fundamental proveer de una adecuada protección al material de fundación, con el fin de evitar su erosión y socavación. Esta protección se logra con la instalación de un Geotextil, que actúa como filtro protector del suelo ofreciendo una completa estabilidad mecánica en la obra.

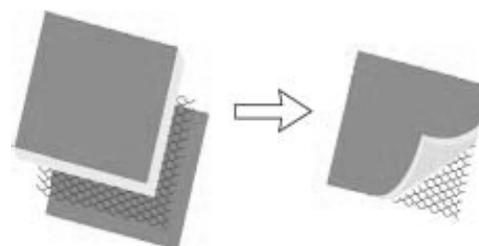
- Los bolsacretos reducen significativamente los costos de la construcción.
- Son resistentes al choque con el agua en estructuras hidráulicas.
- Reemplazan el sistema tradicional de construcción con gaviones.

Dependiendo de las condiciones de la instalación se seleccionará la referencia apropiada, según las recomendaciones del diseño.



3.1.6.1.1 Geodrén

El Geodrén Planar es un geocompuesto conformado por geotextiles no tejidos de polipropileno punzonados por agujas y una geo-red de polietileno de alta densidad. El geotextil cumple la función de filtración, reteniendo las partículas del suelo y permitiendo el paso de los fluidos. La geo-red por su parte, es el medio drenante encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro.



El Geodrén planar es el sistema más adecuado para captar y conducir los fluidos en su plano hacia un sistema de evacuación de fluidos.

Este geocompuesto se utiliza principalmente para los sistemas de drenaje en muros de contención, drenaje de terraplenes, drenaje de campos deportivos, captación de lixiviados dentro de rellenos sanitarios y sistemas de drenaje en vías terrestres.

3.1.6.1.2 Estabilización de suelos blandos

En la construcción de vías terrestres se presentan frecuentemente problemas de deformabilidad en zonas arcillosas, o bien en zonas arenosas donde se produce el fenómeno de licuación, las cuales se pueden estabilizar por medio de geomallas bi-orientadas. En este caso, las geomallas bi-orientadas tienen la función de distribuir en un área mayor las cargas transmitidas por los vehículos, aumentando la capacidad de carga de los suelos de base, reduciendo las deformaciones sobre la superficie de rodamiento, reflejándose este comportamiento en mayor vida útil de las estructuras de pavimento lo cual lleva a ahorros en futuras rehabilitaciones.

Si se piensa construir una vía sobre un suelo blando, saturado, pueden aparecer problemas ocasionados por el tráfico durante o después de la construcción. El suelo de base se puede mezclar con el suelo blando o se pueden presentar movimientos horizontales y verticales de la base, produciendo fallas profundas y grietas en la superficie que afecten el tráfico.

Esto se puede evitar incrementando la capacidad de carga del suelo de cimentación y limitando los movimientos del suelo de base. Existen varias técnicas para incrementar la capacidad de carga de los suelos blandos, una de estas es reforzar la base de tal forma que la masa de suelo pueda resistir mayores niveles de esfuerzo cortante y la transmisión de estos esfuerzos al suelo blando sea enormemente reducida.

La construcción usualmente incluye excavación de material blando, colocando las geomallas y relleno con material granular a la profundidad requerida. Las geomallas refuerzan la base del camino y limitan los movimientos horizontales y verticales del suelo. De esta forma, las geomallas mejoran considerablemente la capacidad de carga de la base para un mismo espesor o reducen espesores para una misma capacidad de carga.

3.1.6.1.3 Geomembranas de polietileno de alta densidad

La necesidad de reducir el flujo de agua a través de un medio permeable ha sido resuelta en forma tradicional empleando materiales de menor permeabilidad como concreto o suelos finos compactados.

Es conveniente hacer énfasis en que todos los materiales tienen permeabilidad, y que se distinguen dos tipos: la primaria, que corresponde a la del flujo a través de un medio homogéneo y la secundaria que ocurre a través de discontinuidades.

En años recientes, han surgido productos a base de asfaltos o plásticos, de muy baja permeabilidad que se usan como recubrimientos y barreras para el control del flujo de agua.

El término recubrimiento es aplicado cuando se utilizan como interfase entre dos suelos o como revestimiento superficial; el término barrera se emplea cuando se usan en el interior de una masa de tierra. Para esta función se ha venido instalando membranas hechas de polietileno de alta densidad, este es un material que por su resistencia a la acción química, se puede calificar como el más indicado en aplicaciones de impermeabilización, alcanzando mayor durabilidad que otros polímeros cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales y al ataque químico.

Los principales campos de aplicación, están relacionados con obras para la protección del medio ambiente, rellenos sanitarios, piscinas para tratamiento de lodos, lagunas de oxidación, recubrimiento de canales, minería, acuicultura y recubrimiento de tanques.

Igualmente existen membranas con características técnicas especiales; por ejemplo geomembranas de polietileno de alta flexibilidad para el recubrimiento de túneles; de geomembranas texturizadas para desarrollar más fricción con el suelo cuando los taludes a impermeabilizar tienen pendientes importantes; de geomembranas con aditivos especiales para retardar la combustión en aplicaciones donde se requieran materiales de construcción con flamabilidad controlada.

Las geomembranas de polietileno de alta densidad tienen las siguientes características:

- Alta durabilidad
- Resistentes a la mayoría de los líquidos peligrosos – Alta resistencia química
- Resistentes a la radiación ultravioleta
- Económicas

Aplicaciones:

- Recubrimiento de Tanques / Depósitos.
- Minería.
- Lagunas de Oxidación.
- Almacenamiento de agua potable (Reservorios).
- Piscinas de lodos.
- Recubrimiento para muros verticales: Sencillos o dobles con detección de fugas.
- Control de filtración en presas de tierra.
- Recubrimientos impermeables dentro de túneles.
- Para impermeabilizar la cara de tierra en presas de roca.
- Para control de suelos expansivos.
- Como recubrimiento impermeable bajo el asfalto.

3.1.6.1.4 Bolsacretos

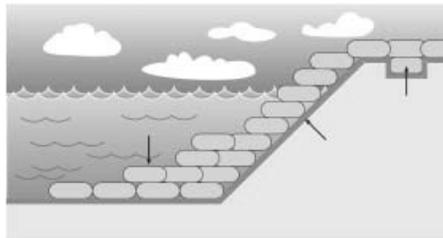
La necesidad de proteger algunas estructuras hidráulicas, márgenes de ríos o playas, y los estribos y pilas de puentes, de la erosión causada por la velocidad de las aguas, hace que se deban ejecutar obras complementarias para desarrollar dicha protección.

La utilización de bloques de concreto prefabricado, para desarrollar estas protecciones, además de los sistemas tradicionales que involucran el uso de formaletas rígidas metálicas o de madera, han venido siendo normalmente utilizados.



Foto 21: Jarillon con Bolsacretos, Río Tunjuelito sector Barrio Meissen, Bogotá Colombia.

Con el uso del Bolsacreto, no es necesario incurrir en los costos relacionados con prefabricación, transporte y colocación especializada por medio de grúas de gran capacidad de los sistemas anteriormente mencionados.



El procedimiento de colocación permite los trabajos en condiciones secas o bajo agua según los requerimientos del proyecto.

Es importante recordar que los grandes bloques fundidos por In-situ, usando los Bolsacretos, son enrocados de gran tamaño. Bajo éstos, en el contacto con el suelo se tiene que proveer una protección contra la socavación, por medio de una transición adecuada de granulometrías que prevengan el lavado de las partículas, ofreciendo a su vez una permeabilidad suficiente. Para desarrollar ésto, se puede utilizar Geotextiles que cumplan con los requerimientos mecánicos, así como con el balance óptimo entre la retención de los suelos y la permeabilidad requerida, y así prevenir la erosión. Todos los valores anteriores, dependerán del diseño que los determine y así poder seleccionar los geotextiles correspondientes.

La utilización del Bolsacreto ofrece una adecuada solución a una urgente necesidad de efectividad, adaptabilidad, y reducción significativa de costos en los proyectos de protección.

Los Bolsacretos son formaletas flexibles y permeables elaboradas a partir de cintas planas de polipropileno, que forman un textil de excelentes características ingenieriles. Estos Bolsacretos se confeccionan según dimensiones establecidas (1 m³ ó 2 m³) para optimizar su manejo, utilización y colocación en el lugar de trabajo. Los Bolsacretos contienen la masa de mortero o de concreto conformando un enrocado de gran tamaño, adecuado para obras de protección de riberas y estabilización de taludes.

El tipo de tejido permite la salida del agua de amasado con facilidad, favoreciendo así el fraguado inicial de la mezcla. Los poros, tiene un tamaño óptimo para retener la pasta de cemento de la mezcla, sin que se presente pérdidas de cemento cuando el agua de amasado sale a través del Bolsacreto.



Las cintas que configuran el textil se degradan mucho tiempo después de haber fraguado el concreto, que constituirá este tipo de enrocado artificial.

Las costuras han sido desarrolladas para soportar las tensiones que en promedio puedan generar el volumen de mortero o concreto fresco vaciado dentro de este encofrado.



Foto 22: Recuperación con Bolsacretos Río Tunjuelito. Bogotá Colombia.

Cada Bolsacreto cuenta con una válvula autosellante, para colocar la manguera que inyectará el material de relleno y evitar el posible desperdicio de este, cuando la manguera sea retirada. Durante el llenado, se deberá impedir la formación de cavidades con aire dentro de la bolsa. Una vez llenado, se retira la manguera y el cierre actúa inmediatamente, si las condiciones de instalación son las adecuadas.

CAMPOS DE APLICACIÓN

En estabilidad de taludes:

Se utilizan generalmente en la conservación de los taludes que estén expuestos a corrientes de agua (líneas costeras, ríos o canales). Son una alternativa a los métodos tradicionales tales como el rip-rap, los gaviones y los muros de contención por gravedad en concreto.



Foto 23: Protección Dique con Bolsacretos
Río Arauca. Arauca Colombia

En reparaciones estructurales:

En la reparación de pilas y muros solucionan inconvenientes, pues no necesitan de formaletería rígida, adicionalmente se pueden colocar y fundir por debajo del nivel del agua.



Foto 24: Recuperación Banca con Bolsacretos Vía
Loboguerrero – Buenaventura, Colombia

En estructuras hidráulicas:

En la construcción de estructuras tales como espolones y rompeolas, donde trabajan como estructuras disipadoras de energía y/o como manejadoras de líneas de corriente, evitando el deterioro en las orillas, además del costoso transporte y la colocación de grandes enrocados.

Soporte y Sobrepeso:

VENTAJAS

- Facilidad en el transporte y el almacenamiento, ya que los Bolsacretos son llevados vacíos hasta el sitio de la obra, donde posteriormente son llenados y colocados, lo cual permite el manejo de grandes volúmenes a bajos costos.
- Se puede lograr la protección de grandes áreas en un corto período de tiempo, debido a la velocidad de construcción que permite esta tecnología.
- Fácil adaptación a superficies irregulares, puesto que durante el proceso de llenado el Bolsacreto adquiere la forma del medio circundante.



Foto 25: Protección con Bolsacretos , Laguna del Guajaro, Atlántico, Colombia

- Reducen significativamente los costos de la construcción, ya que esta tecnología no requiere de equipos pesados de construcción, se obtienen grandes rendimientos y no se necesita una mano de obra especializada.
- Son resistentes al choque con el agua en estructuras hidráulicas.

- Reemplazan los sistemas tradicionales de protección con gaviones, enrocados naturales y muros de contención en concreto.
- Pueden instalarse por debajo del agua, no siendo necesario construir obras temporales de desvío que incrementan el costo de la obra.

3.1.6.1.5 Ecomatrix

El manto de tejido abierto Ecomatrix es un producto flexible utilizado en aplicaciones relacionadas con el control de erosión; ha sido diseñado para mantener las semillas y suelo orgánico en su lugar hasta que la vegetación crezca.

Ecomatrix se podría definir como una malla de polipropileno de apariencia natural y de alta resistencia que protege la superficie del suelo de la erosión producida por eventos naturales tales como; lluvias y vientos, ofreciendo a su vez sombrío parcial y



almacenamiento de calor, para así favorecer el desarrollo de la vegetación.

LUGARES DE APLICACIÓN

El manto de tejido abierto Ecomatrix puede usarse en cualquier lugar donde sea necesaria la protección de suelos contra procesos erosivos, estos lugares pueden ser:

- Taludes o terraplenes en vías.
- Protección de riberas de ríos, canales, lagos, embalses, etc.
- Protección de estructuras hidráulicas tales como zanjas de drenaje, etc.

EL GEOTEXTIL DE TEJIDO ABIERTO UTILIZADO EN APLICACIONES DE BIOINGENIERÍA

El manto degradable de tejido es un recubrimiento ideal para aplicaciones relacionadas con bioingeniería.

El tamaño de abertura fino provee una estabilización de la superficie del suelo, la cual a su vez protege las semillas y las plantas leñosas jóvenes en las fases tempranas críticas de crecimiento. A medida que las plantas van creciendo, las raíces y los brotes de éstas pasarán a través del material en proceso de degradación sin apretarse. La malla para control de erosión es fácilmente atravesada por las plantas a través de su matriz.

El ancho de los rollos los hace también ideales para diseños de fachada de terraplenes construidos en capas, utilizando el excedente de cada capa para contener el material de la misma.



El manto de tejido abierto ha sido aprobado por entidades tan prestantes tales como la Administración Federal de Autopistas (FHWA, Federal Highway

Administration), y por numerosos departamentos de transporte estatales de los Estados Unidos y por otras agencias.

Esta investigación arrojó una serie de datos muy valiosos, entre los cuales se puede destacar que para un talud de pendiente 2:1, se obtuvo un incremento en la densidad de vegetación hasta del 40% y una reducción de sedimentos de hasta 77% en promedio.

3.1.6.2 Hidrosiembra

La Hidrosiembra consiste en la proyección de una mezcla homogénea de semillas, mulch, fijadores, fertilizantes, aditivos y agua, sobre el terreno, mediante una máquina hidrosembradora. La hidrosiembra realizada en los suelos pobres (ausencia de materia orgánica, déficit de elementos nutritivos) es una práctica relativamente corriente, a veces indispensable, por una falta de tierra apta para el cultivo, inaccesibilidad del lugar después de la obra, etc.



Foto 26: Aplicación de Hidrosiembra en Guatemala

En Estados Unidos, las técnicas de sembrado convencionales no tenían la capacidad para vegetar las laderas con mucho declive, resultado de la construcción de carreteras y la hidrosiembra fue la respuesta. También se pudo observar que el pasto que se sembró con este sistema, creció más rápido y mejor. Como consecuencia de estos descubrimientos, durante

los últimos 50 años se ha trabajado continuamente para desarrollar nueva tecnología en este campo y para ampliar las aplicaciones del sistema de hidrosiembra.

Tecnológicamente diseñado para establecer vegetación de una forma efectiva, ecológica, rápida y económicamente atractiva. Las semillas son seleccionadas para el terreno específico y los aditivos que se utilizan fomentan una germinación óptima.

La siembra se realiza mediante una mezcla de agua, semilla, fertilizantes, fijadores, aditivos y mulch con colorante.

Agua: Actúa como un portador y acelerará el proceso de germinación de la semilla.

Semilla: Puede utilizarse casi cualquier semilla, de césped, flores silvestres, forraje, etc. en la misma proporción de otros métodos de siembra.

Mulch: Puede estar compuesto de fibras de celulosa, madera o por mezcla de estos dos, y tiene la capacidad de absorber 10 veces su peso en agua, es un producto reciclado y biodegradable. Se le agrega colorante verde (orgánico y biodegradable) para indicar las áreas aplicadas y las densidades, asegurando una aplicación uniforme.

Sus funciones son proteger contra la erosión, proteger contra el impacto de las gotas de lluvia o riego, reduce la velocidad de evaporación, manteniendo más tiempo la humedad necesaria para la germinación, protege la semilla contra aves y otros depredadores, aporta materia orgánica, prolonga el período vegetativo y de siembra, conserva la estructura superficial del suelo y modera la temperatura.

Fertilizantes: Generalmente se utilizan en la mezcla. El más común es un fertilizante con alto porcentaje de fósforo que estimula el crecimiento de las raíces.

Fijadores: Productos solubles y biodegradables que forman una película homogénea, elástica y permeable sobre el terreno, que ayudan a mantener la tierra y el mulch para prevenir erosión.

Otros aditivos: Se pueden emplear bio-estimulantes, cal (para regular pH), copolímeros para la entrega lenta de humedad.



La hidrosiembra se considera como una de las herramientas más eficaces para controlar y prevenir la erosión y la sedimentación en terraplenes, cortes de caminos, basurales, botaderos y otras intervenciones que se generan producto de la construcción y desarrollo de diferentes obras civiles.

Este sistema de siembra consiste en la proyección de una mezcla homogénea de agua, semilla, mulch, adherentes y fertilizante mediante un equipo de alto caudal. Es una técnica de siembra a distancia, ultra rápida que permite proyectar vía aspersión, una solución completa sobre el terreno desnudo, sea este plano o inclinado.

El mulch puede estar conformado por elementos orgánicos como fibras de celulosa, trigo, restos vegetales o incluso papel y tiene la capacidad de absorber 10 veces su peso en agua. Sus funciones son proteger las semillas del impacto de las gotas de lluvia o del riego, y de la acción de las aves y otros depredadores. Asimismo, reduce la velocidad de evaporación, manteniendo más tiempo la humedad necesaria para la germinación y por su composición aporta materia orgánica, prolongando el período vegetativo y de siembra.

Otros elementos que conforman la preparación son el agua, que actúa como portador y acelerador del proceso de germinación de la semilla; las semillas que pueden utilizarse en la misma proporción que en otros métodos de siembra; fertilizantes, para estimular el crecimiento de las raíces y el adherente, producto soluble y biodegradable que forma una película homogénea, elástica y permeable sobre el terreno y que ayuda a mantener la tierra, las semillas y el mulch previniendo así que la lluvia o la inclinación del terreno los arrastren. Una de las ventajas que aporta la presencia de adherentes es que inmediatamente después de la siembra puede llover, sin embargo la mezcla permanecerá en el lugar donde fue aplicada, por lo tanto no existe el riesgo de perder toda la inversión.

La hidrosiembra puede, naturalmente, ser efectuada en cualquier época siempre y cuando el riego esté asegurado, como en cualquier otro tipo de siembra. Esto último implica un gasto que no todos consideran a la hora de elaborar el proyecto y que podría resultar inabordable. Lo mismo ocurre con la mantención de la vegetación instalada. Además, luego de la hidrosiembra, al cabo de un año o dos, será necesario aplicar fertilizante, y tal vez podar o resembrar.

Pero sin duda, la gran ventaja de la hidrosiembra es que puede ser aplicada sobre diferentes tipos y calidades de suelo, y para la solución y prevención de una serie de problemas como la reforestación de botaderos y tranques de relaves mineros, el control de la erosión y especialmente la estabilización de terraplenes y taludes que se generan tras la construcción de caminos y autopistas.

CAPÍTULO 4

4.1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Esta es la última fase del ciclo de vida de los proyectos viales. En este período debe tenerse especial atención en el mantenimiento de las estructuras de drenaje dado que un mantenimiento inadecuado o a destiempo puede propiciar problemas en su funcionamiento que posteriormente se puede convertir en un problema de funcionalidad de la carretera.

Con la conclusión de esta fase finaliza un ciclo en la vida de la carretera; sin embargo se puede llevar a cabo una evaluación *ex post* la cual tiene por objeto apreciar la medida en la que se han alcanzado los objetivos de desarrollo de las operaciones planificadas, como también apreciar la eficiencia con la cual se han conseguido tales objetivos. Se denomina evaluación *ex post* porque tiene por objeto calificar los resultados de una operación, particularmente en términos de sus efectos directos o impacto producido, una vez concluida la actividad.

4.1.1 Seguridad

Muchas operaciones de conservación de carreteras pueden dar lugar a peligros, tanto para los trabajadores como para los usuarios. Es responsabilidad del Superintendente insistir en la reducción al mínimo los riesgos, y actuar: asegurándose de que se tienen las señales de tránsito provisionales con las protecciones necesarias y que estén situadas correctamente en el lugar adecuado mientras dure la ejecución de los trabajos en el sitio. El tránsito deberá ser detenido durante la colocación o retirada de las señales, cuando sea necesario. Es importante el uso de chalecos de seguridad y los cascos en las circunstancias apropiadas, por ej. cuando se trabaja en la calzada o en los hombros o bien cuando se hacen reparaciones en puentes.

Debe asegurarse que todos los medios mecánicos y vehículos se encuentren estacionados fuera de la calzada o detrás de vallas protectoras y señales, cuando no se emplean.

Es fundamental que no queden materiales en situación que ofrezca peligro y de que la parte de carretera contigua al sitio de trabajo quede limpia de restos o sobrantes del trabajo de conservación.

Es necesario que se verifique que se hayan tomado las precauciones apropiadas cuando se manejan sustancias peligrosas, por ejemplo, asfalto caliente, sustancias corrosivas o venenosas.

Es importante que todas las excavaciones queden protegidas, en beneficio de los usuarios de la carretera y de los trabajadores.

Debe verificarse que las operaciones de control de tráfico se realicen apropiadamente y que los usuarios no sufran demoras innecesarias. · Asegurarse que las escaleras y andamiajes empleados en conservación de puentes tiene firmes sujeciones.

Es importante dejar luces de advertencia en el caso de que no haya sido uando queden promontorios de material o trabajos inconclusos en la calzada u hombros. Es necesario que todos los lugares de trabajo se dejen ordenados y limpios de restos cuando concluye el trabajo.

La limpieza del derecho de vía involucra generalmente actividades rutinarias, aunque ocasionalmente también se requieren actividades periódicas. La zona de derecho de vía está constituida por:

- Los hombros
- Los taludes
- Las alcantarillas
- Las cunetas
- Los derramaderos

- Las señales verticales
- El sistema de drenaje en general

Los límites admisibles para cada actividad están contenidos en las especificaciones especiales para mantenimiento conocidas como Libro Blando de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial –COVIAL–.

4.1.1.1 Limpieza de la superficie de Rodadura y Hombros

Esta es una actividad de rutina, y consiste en retirar de los hombros y la calzada los obstáculos tales como piedras, árboles caídos o ramas, montones de tierra, arena llevadas por el viento o el agua, y desechos. Estos objetos deben ser retirados de los hombros y la calzada y



depositados en lugares que no ofrezcan peligro. Los materiales pueden a veces ser extendidos, en condiciones de seguridad, en los taludes. Regularmente esta actividad se lleva a cabo conjuntamente con otras similares.

Propósito Dar mayor visibilidad y seguridad a los usuarios de la carretera y eliminar los obstáculos para el libre curso del agua desde la calzada hasta el sistema de drenaje.

4.1.1.2 Limpieza de Drenajes Longitudinales

Descripción

Esta es una actividad de rutina, y consiste en retirar de las cunetas, contracunetas, canales laterales y de descarga, piedras, lodo y arena,



malas hierbas, ramas, arbustos, e incluso sus raíces, etc. La retirada de estos materiales se hará a lugares alejados de la carretera. Una cubierta ligera de hierba, en cunetas o canales sin revestir, puede ayudar a estabilizar su fondo y los laterales. Por esto es aconsejable dejar no eliminar la hierba y dejarla corta cuando se limpie una cuneta o canal natural. Casi siempre esta actividad se realiza conjuntamente con otras similares.

Propósito

Permitir el curso libre y controlado del agua por las cunetas y canales, y evitar que los materiales desalojados caigan o entren, en todo o en parte, de nuevo en la red de drenaje.

A menudo hay tramos de conducción de drenaje que quedan en pendientes fuertes o en curvas cerradas sin protección contra la erosión o en la zona de descarga de un drenaje. En tales casos habrá que considerar las opciones siguientes:

- Rectificar el trazado en planta y perfil de las conducciones.
- Protección contra la socavación y/o reparación de socavaciones.
- Al rectificar el trazado se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Prolongar el dren hacia una descarga con poca pendiente, para reducir la velocidad de la corriente cuando deja la cuneta. La pendiente ideal debería estar entre un 2% o un 5%.
 - El dren podría trazarse en planta de modo que se adaptara más a las curvas de nivel, hasta un punto donde pueda realizarse la descarga en forma más segura.
 - Debe tenerse en cuenta que lo más importante será llevar la descarga del agua pluvial hasta suelo consolidado naturalmente.

En ambas opciones se deben usar las técnicas arriba descritas relativas a dar forma, alinear y profundizar los drenes.

En los casos de ocurrencia de socavación en el fondo y laterales de cunetas y canales no revestidos pueden realizarse las siguientes actividades:

- Realizar reparaciones sencillas rellenando las zonas afectadas con suelo y pasto, siempre que lo permitan las condiciones climáticas. Estos topes probablemente necesitarán ser sujetados con estacas para sostenerlos, y ser regados hasta que se adhieran al terreno.
- Construirse con madera y piedra escalones sencillos contra la socavación. Otros mayores se podrían construir mampostería, ladrillo o concreto.
- Reducen la velocidad y la fuerza de erosión del agua. También retienen el lodo de arrastre y en conjunto configuran tramos de cuneta suavemente escalonados.
- Los escalones contra la socavación no deben ser muy altos, ya que de otra forma se obligaría al agua a irse por el terreno circundante, el hombro o la calzada. La construcción de estos escalones se puede controlar con la ayuda de plantillas.
- Además, los escalones contra socavación no deben de construirse en cunetas o canales de pendiente menor del 4%, porque la conducción se llenaría de material excesivamente y llegaría a dañar la carretera. En ese sentido es necesario conocer bien la pendiente del drenaje lateral.
- Cuando el agua se estanca, o el drenaje lleva demasiada agua o cuando se produce la erosión, hay que considerar la posibilidad de construir u una nueva descarga.
- Los drenes de desagüe frecuentes previenen contra el crecimiento de los caudales de agua y vierten caudales menores en el terreno próximo, reduciendo el riesgo de erosión.
- Es deseable que los drenes de desagüe estén espaciados a 20 metros en algunas pendientes. Si el agua de un drenaje no puede ser descargada en una distancia de 200 metros, se deberán considerar otras opciones , tales como:
 - Revestir la conducción del drenaje.
 - Construir una nueva alcantarilla de cruce para aliviar el caudal de la cuneta/drenaje

Una labor rutinaria para garantizar la funcionalidad de las cunetas es verificar que la socavación de la parte posterior no se dé; es decir que se debe tener un riguroso control para evitar que las cunetas se descalcen tal como se observa en la fotografía 30 lo cual puede producir fisuramiento o bien rotura de la cuneta ante cualquier impacto.



Foto 27: Descalce de cuneta

4.1.1.3 Limpieza de Drenajes Transversales

Descripción

Los drenajes transversales son las tuberías, cajas y bóvedas; y la actividad consiste en limpiar cuidadosamente, en toda su longitud, la sección hueca, así como las zonas de las bocas de entrada y de salida.

Casi siempre esta actividad se realiza conjuntamente con otras similares.

Propósito

Permitir el curso libre y controlado del agua por las tuberías, cajas y bóvedas, y evitar que los materiales desalojados caigan o entren, en todo o en parte, de nuevo en la red de drenaje.

4.1.1.4 Corte de Maleza

Descripción

Esta actividad, que es de rutina, implica control de la maleza, hierbas, matas y árboles.

Fuera de las regiones áridas, el corte de la maleza, así como el despeje de matas en los hombros constituye una actividad básica de conservación.

La mayor parte de las operaciones que reclama esta tarea se pueden realizar con procedimientos basados en mano de obra o herramientas manuales.



Propósito

Con el control de la vegetación se evita que:

- El agua superficial se estanque en el borde de la calzada y debilite el pavimento.
- El lodo se acumule en el borde de la calzada.
- Se reduzca la visibilidad para los usuarios y se incremente el riesgo de accidentes para personas y animales.
- Aumente el peligro de incendios durante la estación seca.

Criterio

Esta actividad deberá realizarse una vez al año al menos, o cuando las malezas, matas, arbustos y árboles sobrepasen los límites admisibles establecidos por la Unidad Ejecutora de Conservación Vial –COVIAL- en las especificaciones especiales.

4.1.1.5 Limpieza de Señales Verticales

Descripción

Esta es una actividad de rutina, y consiste básicamente en limpiar la superficie de las señales verticales de manchas, pintura o materiales adheridos.

Esta actividad se realiza normalmente junto con otras similares de limpieza.

Propósito

Garantizar la visibilidad de las señales verticales a efecto de que la circulación por las carreteras sea segura.

4.1.1.6 Pintura de Bordillos y Otros

Descripción

Esta es una actividad de rutina, y consiste básicamente en pintar con una solución de cal y agua, los bordillos, rocas, troncos de árboles u otros elementos permanentemente ubicados dentro del derecho de vía y que se encuentren próximos a la calzada.

Esta actividad se realiza normalmente junto con otras similares de limpieza.

Propósito

Propiciar la visibilidad de esos obstáculos a los conductores y contribuir con el ornato de las carreteras.

4.1.2 Mantenimiento de la red vial pavimentada

El mantenimiento de la red vial pavimentada tiene los siguientes objetivos:

- Mantener impermeable la superficie de la calzada, evitando el paso del agua a través de ella o del borde del pavimento, el cual debilita las capas inferiores en las que está apoyado.
- Mantener y renovar la calidad de la superficie de la calzada y con ello las buenas condiciones de rodadura y seguridad.



4.1.3 Cunetas revestidas

Descripción

Son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertas de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre-fundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes



Propósito

Evitar que el agua lluvia se infiltre en las capas inferiores del pavimento y que lo reblandezca, generando con ello una reducción en la capacidad estructural del mismo, propiciando con ello un incremento en el deterioro de la calzada. También se utilizan para eliminar la erosión que ocasiona la escorrentía superficial, cuando se circula a grandes velocidades inducidas por pendientes longitudinales muy altas.

4.1.4 Gaviones

Descripción

Son las Estructuras formadas por un receptáculo (canasta) de malla de alambre galvanizada, relleno de material pesado y resistente, construidas de tal manera que mantienen una forma definida, de consistencia sólida y flexible.

Propósito

Es usar este tipo de estructura auxiliar, como elemento de contención y/o sostenimiento en zonas proclives de erosión y/o deslizamiento protegiendo así del derrumbe sobre la carretera, cuneta, terraplenes, etc.

CONCLUSIONES

1. Actualmente se ha prescindido del ciclo de vida de los proyectos en la Dirección General de Caminos habiendo eliminado casi por completo la fase de planificación particularmente la preinversión, reduciéndose a la fase del estudio de factibilidad técnica, económica, ambiental, social e ingeniería de detalle, obviando las fases previas.
2. La apreciación de la mayoría de profesionales relacionados con la construcción y supervisión de carreteras en relación al manejo del tema ambiental es que dicha actividad representa un obstáculo dado que en la mayoría de casos son formalismos que deben cumplirse sin que existan claros beneficios directamente relacionados con el proyecto. A nivel de gerencia de los proyectos el tema ambiental se vislumbra como un problema más que como una oportunidad.
3. El tema ambiental en carreteras se ha focalizado primordialmente al tema verde y en la mayoría de casos no se contempla el control de la erosión, cuyo efecto al entorno es significativo.
4. En la última década se ha observado mayor atención al tema ambiental en los proyectos de carreteras por parte del Estado, lo cual se observa a través de la asignación de recursos financieros al renglón de mitigación ambiental.
5. El tema ambiental más que arte o ciencia es sentido común; sin embargo se ha podido observar que fruto de malas prácticas o prácticas inadecuadas de ingeniería se ponen en riesgo valiosos pasivos ambientales, cuando se dejan de hacer o se hacen ineficientemente actividades que benefician la calidad de los proyectos.
6. El medio ambiente en el funcionamiento de las carreteras no es atendido por ninguna Institución.

7. Con relación a los alcances en la construcción de una carretera, es muy poco lo que se invierte en control de la erosión y otras medidas ambientales integradoras al paisaje.

RECOMENDACIONES

1. Para que los proyectos sean ambientalmente compatibles es necesario que tengan en cuenta criterios ambientales en las fases del ciclo de vida de las carreteras; es decir: En la formulación del proyecto, en la preconstrucción, en la construcción y en el mantenimiento. La primera etapa debe ser revisada por el staff de ambientalistas de la DGC para que se incluyan en el pliego de prescripciones de cada proyecto las observaciones ambientales necesarias. En la preconstrucción debe el especialista de la supervisora cotejar que el proyecto contemple aspectos ambientales específicos para el proyecto. En la construcción deben los especialistas de la constructora y de la supervisora velar porque la obra no afecte los pasivos ambientales y en la operación y mantenimiento, debe ser COVIAL como institución a cargo del mantenimiento de la red vial, quien se ocupe de verificar que el sistema de drenajes y estabilidad de laderas se mantengan en óptimas condiciones.
2. Para no limitar al ambiente y su preservación como un medio que entorpezca las operaciones propias de la construcción de cualquier proyecto en general y de las carreteras particularmente, es necesario que se difundan los beneficios que se obtienen en un proyecto con medidas de mitigación incorporadas versus uno que no ha gozado del cuidado hacia el entorno; debe entenderse que la mitigación y cuidados del medio ambiente no se refiere exclusivamente a la reforestación y en general a medidas integradoras al paisaje, debe entenderse que el objetivo fundamental es el cuidado de los sistemas naturales, lítico (rocas), edáfico (suelo), hídrico (agua), atmosférico (aire) y biológico. Es decir que el uso de los recursos, los cuales son limitados y finitos, debe hacerse en forma racional y profesional en beneficio de la vida.

3. se recomienda que
 - a. Según el espíritu del REGLAMENTO SOBRE EL DERECHO DE VÍA DE LOS CAMINOS PÚBLICOS Y SU RELACIÓN CON LOS PREDIOS QUE ATRAVIESAN promulgado el 5 de junio de 1942, establece en el artículo 8 Siembra de Árboles en los Caminos, que “La siembra de árboles en los caminos públicos queda sujeta a la vigilancia de las autoridades locales y camineras, bajo las condiciones siguientes:
 - i. No podrá hacerse siembras dentro del Derecho de Vía, pero si en su orilla o límite, establecido de conformidad con lo que expresa el Artículo 3.
 - ii. Las alamedas deben ser formadas de árboles de la misma especie o variedad, así como sus resiembras.”

Con lo cual se deseaba privilegiar entre otros, la visibilidad y que las labores constructivas ante futuras ampliaciones no fuera obstáculo dado que cuando se construye en una zona forestada suelen aparecer baches y niveles elevados de humedad a consecuencia del enraizamiento de las especies.

- b. Cuando es ordenado en las especificaciones llevar a cabo reforestaciones, éstas se realicen en terrenos que otrora gozaban de cobertura forestal, no así en los botaderos de material de desperdicio dado que normalmente el suelo resultante es residual y sin elementos orgánicos que faciliten el prendimiento de las especies.
4. Se recomienda continuar con el apoyo por parte del Estado en los renglones de medidas de mitigación ambiental en carreteras y según sea el caso, deben incrementarse los recursos para el control de erosión.
5. Algunas recomendaciones para evitar practicas usuales en la construcción de carreteras
 - a. En los laterales de las carreteras en donde se han efectuado cortes y quedan trincheras, es conveniente revegetar la plataforma resultante para evitar filtración en esa sección. Muchos

deslizamientos tienen su origen en esta zona sobre todo si el área de la microcuenca drena sobre el talud; en estos casos es necesario además de revegetar, construir una contracuneta revestida con mortero.

- b. Cuando se proyecta una alcantarilla debe tenerse cuidado de no afectar ningún relleno, sean éstos taludes de botaderos de material de desperdicio o algún relleno estructural. El objetivo es evitar que la descarga contribuya con la erosión.
 - c. En botaderos debe evitarse la colocación de material de desperdicio hasta 3.0 metros cercano a la línea de conducción de cables de alta tensión, dado el arco magnético que éstos forman eleva el riesgo de algún desastre.
 - d. Debe tenerse mucho cuidado en el control y manejo de la escorrentía en la superficie de los botaderos de material de desperdicio. Es necesario construir sangrías para desviar el flujo y canalizar las aguas hasta suelo natural para evitar la formación de cárcavas. Cuando la superficie del botadero es considerable y por sus dimensiones atrapa suficiente agua, es necesario trazar un canal e impermeabilizarlo al centro para captar el agua de la plataforma y desviarla hacia suelo natural.
6. Es necesario crear el departamento ambiental de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL).
 7. Uno de los efectos más perjudiciales que genera la construcción de carreteras al medio ambiente lo constituye la erosión. Este efecto debe analizarse para cada caso, sin embargo se sugiere la implementación de otros medios físicos como los expuestos en el documento para contrarrestar el efecto nocivo generado por la mencionada erosión.

8. En muchos tramos de la red vial nacional en la franja de terreno en donde se construye la carretera y en los laterales de la misma que representa el derecho de vía, hay árboles sembrados que no debieran existir dado que limitan la visibilidad e impiden futuras ampliaciones de la sección típica de la carretera. Es necesario que la Dirección General de Caminos a través del Departamento de Gestión Ambiental inicien ante el Instituto Nacional de Bosques la declaratoria como Plantación Voluntaria de los árboles localizados dentro del derecho de vía para que se puedan llevar a cabo las ampliaciones de las carreteras sin que se requieran permisos en cada caso. Importante es que se compensen los árboles a talar a través de los renglones correspondientes en las bases de licitación.

BIBLIOGRAFIA

1. Congreso de la República de Guatemala
Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
Decreto 68-86
2. Congreso de la República de Guatemala
Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Decreto 90-2003
3. Congreso de la República de Guatemala
Ley de Áreas Protegidas
Decreto 4-89
4. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable, IDEADS
Manual para la mejor aplicación de las Leyes ambientales
Cuarta edición, Guatemala mayo de 1999
5. Dr Gerardo Albrecht
XIV Curso Internacional de Carreteras
Modulo II-1A Trazado, Madrid 1999
6. Keller, Bauer y Aldana
Caminos rurales con impactos mínimos
Guatemala, septiembre de 1995
7. Triturados Basaltitos y Derivados , S.A.
Valorización de Recursos en embalse del kilómetro 15+920.
Guatemala, diciembre de 1998.
8. Cámara Guatemalteca de la Construcción
I Convención Internacional de Infraestructura Vial en Guatemala,
Guatemala, 1999
9. Francisco Javier Ayala-Carcedo/Jorge Olcina Cantos
Riesgos Naturales
1ª edición, España 2002.
10. Departamento de Ingeniería Amanco
Soluciones de Ingeniería
1ª edición digital,
Guatemala 2003.

11. AIPCR
Manual Internacional de Conservación de Carreteras
Adaptado por The Louis Berger Group.
Guatemala, marzo de 2001.
12. <http://www.wikipedia.org>
13. Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central,
PASOLAC
Recuperación de fuentes de agua en las laderas del tropico seco de
Nicaragua, Nicaragua, septiembre de 2005.
14. Dirección General de Caminos
Reglamento de Derecho de Vía
Guatemala, junio de 1942.
15. Especificaciones Técnicas Especiales de la Unidad de Conservación
Vial –COVIAL-
16. <http://www.ecoamerica.cl>

