

Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible
Colombia

Infraestructura Verde Vial: Un Reto Posible en Colombia

Mejores Practicas en la Ingenieria de Vias Rurales



Gordon R. Keller, PE, GE
Ingeniero Geotécnico
gordonrkeller@gmail.com

Infraestructura Verde?

**Infraestructura Verde (incluyendo Vías)
Incorpora Medidas para Maximizar los
Beneficios Ambientales, Económicos,
y Sociales en Proyectos de
infraestructura**

(y Minimizar los Problemas y Conflictos)



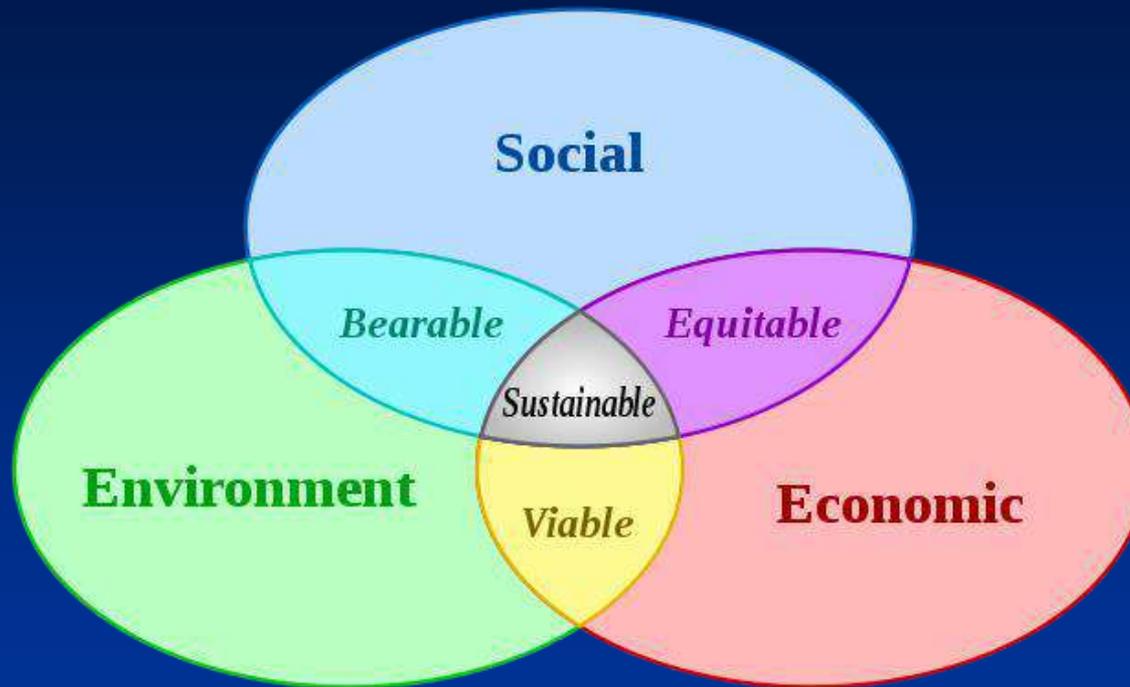
“Mundial, anticipamos mas de 25 millones de kilómetros de caminos nuevos en el año 2050.”

Noventa por ciento será en países en desarrollo, y muchos serán caminos rurales, de bajo volumen.

Fuente: The World Bank, NATURE, and Otros



¿Qué son los Caminos Sostenibles ?



“Infraestructura Sostenible es infraestructura (caminos, etc.) que satisface las necesidades de hoy día sin comprometer la capacidad de generaciones en el futuro llegar a sus necesidades”





¿Cuáles son los Impactos de los Caminos?

Impactos Positivos

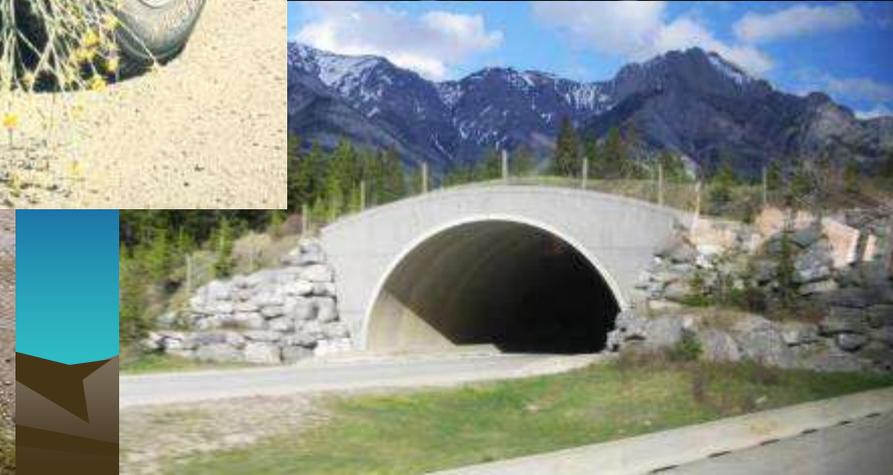
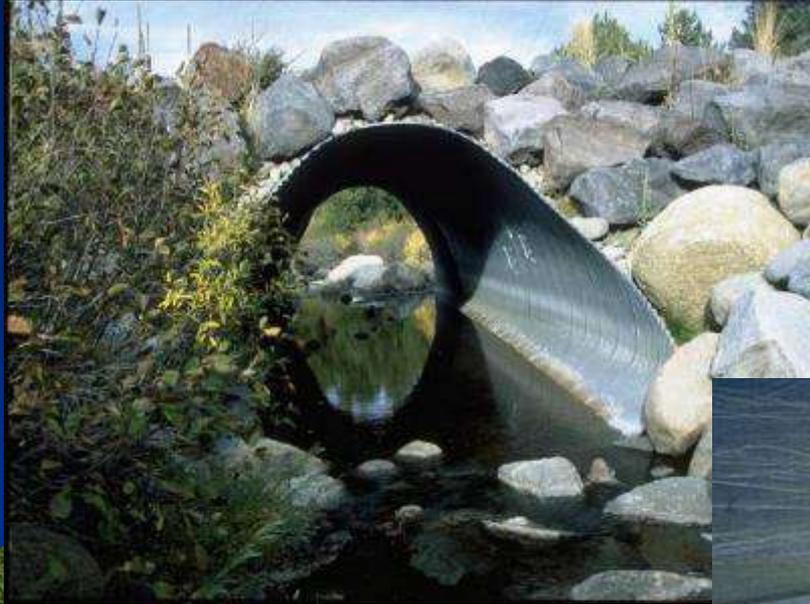
- **Mejorar la Calidad de Vida**
- **Mejor Acceso a Escuelas/Clínicas**
- **Promueve el Desarrollo de Áreas**
- **Extracción de Recursos (Madera)**
- **Transito mas Rápido a Lugares**
- **Menos Costos de Operación**
- **Reduccción de Costos de Comidas/Productos**

¿Cuáles son los Impactos de los Caminos?

Impactos Negativos

- Degradación de Calidad de Agua
- Mortalidad de Animales/Fragmentación
- Barreras Contra Movimiento de Peces -AOP
- Promoción de Especies Invasoras
- Perdida de Terrenos
- Cambios de Uso de Terrenos/Deforestación
- Presión contra Reservas y Áreas Sensibles
- Promoción de Derrumbes/Cambios de Cauces de Agua
- Daños a Áreas Ribereñas/Manglares
- Alto Costo de Mantenimiento y Reparación/Uso de Fondos/Recursos
- Deforestación y Caza Ilegal
- Polución y Basura
- Seguridad Vial y Accidentes

PROTECCIÓN AMBIENTAL



El Proceso de Análisis Ambiental



¿Qué es un Evaluación de Impacto Ambiental?

- **Una evaluación sistemática, interdisciplinaria, utilizada para predecir los impactos potenciales de la acción propuesta y las alternativas posibles.**
- **Una herramienta para tomar mejores decisiones.**

Los Participantes

- **El Promotor del Proyecto**
- **Las Instituciones Gubernamentales**
- **La Comunidad Local**
- **El Equipo Interdisciplinario**
 - **Ingenieros**
 - **Hidrólogos / Geólogos**
 - **Biólogos**
 - **Arqueólogos, Etc.**



Los Beneficios

- **Protección de los recursos naturales**
 - **Un proceso lógico para tomar mejores decisiones**
 - **Reducir errores - costos \$\$\$\$**
 - **Identificar mitigaciones factibles**
 - **Reducir conflictos del uso de los recursos**
 - **Ganar el apoyo del público**
- 

El Proceso de Análisis Ambiental

1. **Identificación de Proyecto**
2. **Establecer un Objetivo**
3. **Recopilación/Interpretación de Datos**
4. **Desarrollo de Alternativas**
5. **Evaluación de Efectos**
6. **Comparación de Alternativas**
7. **Aviso de Decisión y Consulta Pública**
8. **Implementación y Monitoreo**







COMUNICACIÓN



COMUNICACIÓN



COMUNICACIÓN !!



¿Porqué Infraestructura Verde?

Para Minimizar Impactos Ambientales y Sociales

- Promover Impactos Sociales Positivos-Involucrar a los Usuarios
- Proteger la Calidad de Agua
- Incorporar Mitigaciones para Pasos de Fauna
- Incorporar Mitigaciones para Pasos de Peces
- Minimizar el Movimiento de Especies Invasoras
- Evitar/Minimizar Otros Impactos



Impactos Sociales



USOS TRADICIONALES



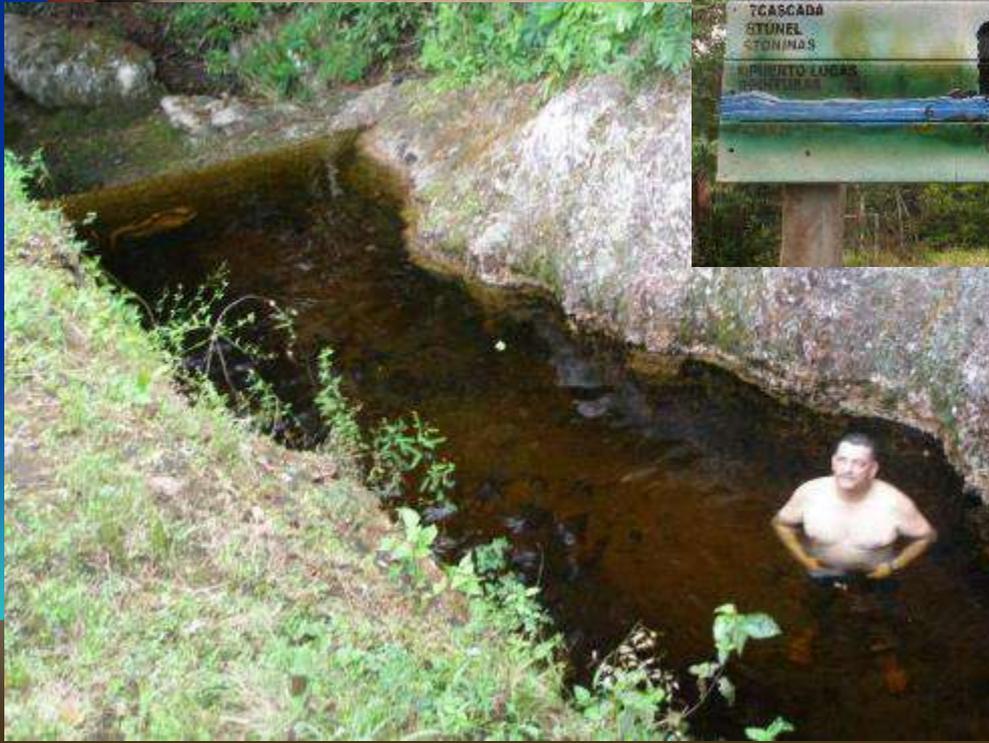
MEJORAMIENTO DE CAMINOS A TRAVÉS DE PUEBLOS



MEJOR ACESO A MERCADOS Y SERVICIOS



ACCESO A SITIOS POPULARES



VÍAS PARA BICICLETAS



Impactos Sobre la Calidad del Agua



**Suelo Blando,
Falta de Revestimiento,
Falta de Control
de Drenaje Superficial**



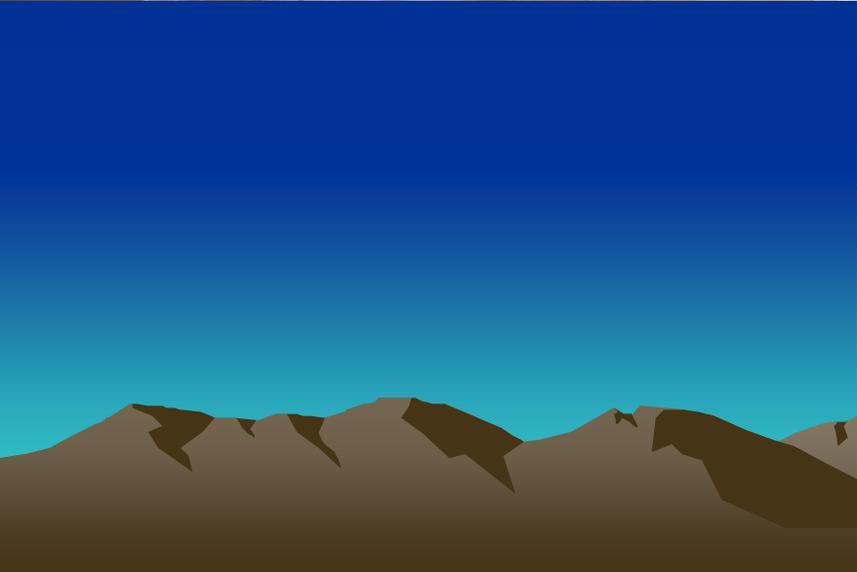




ARRB







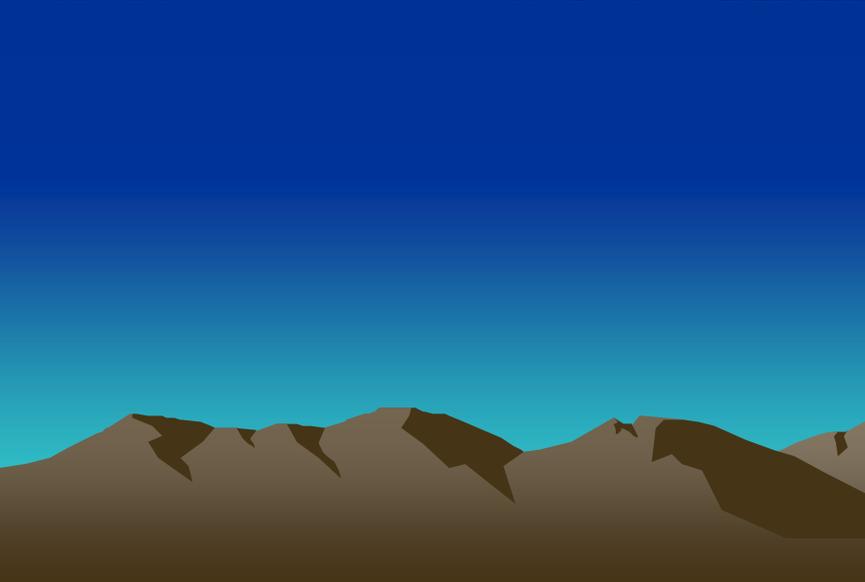
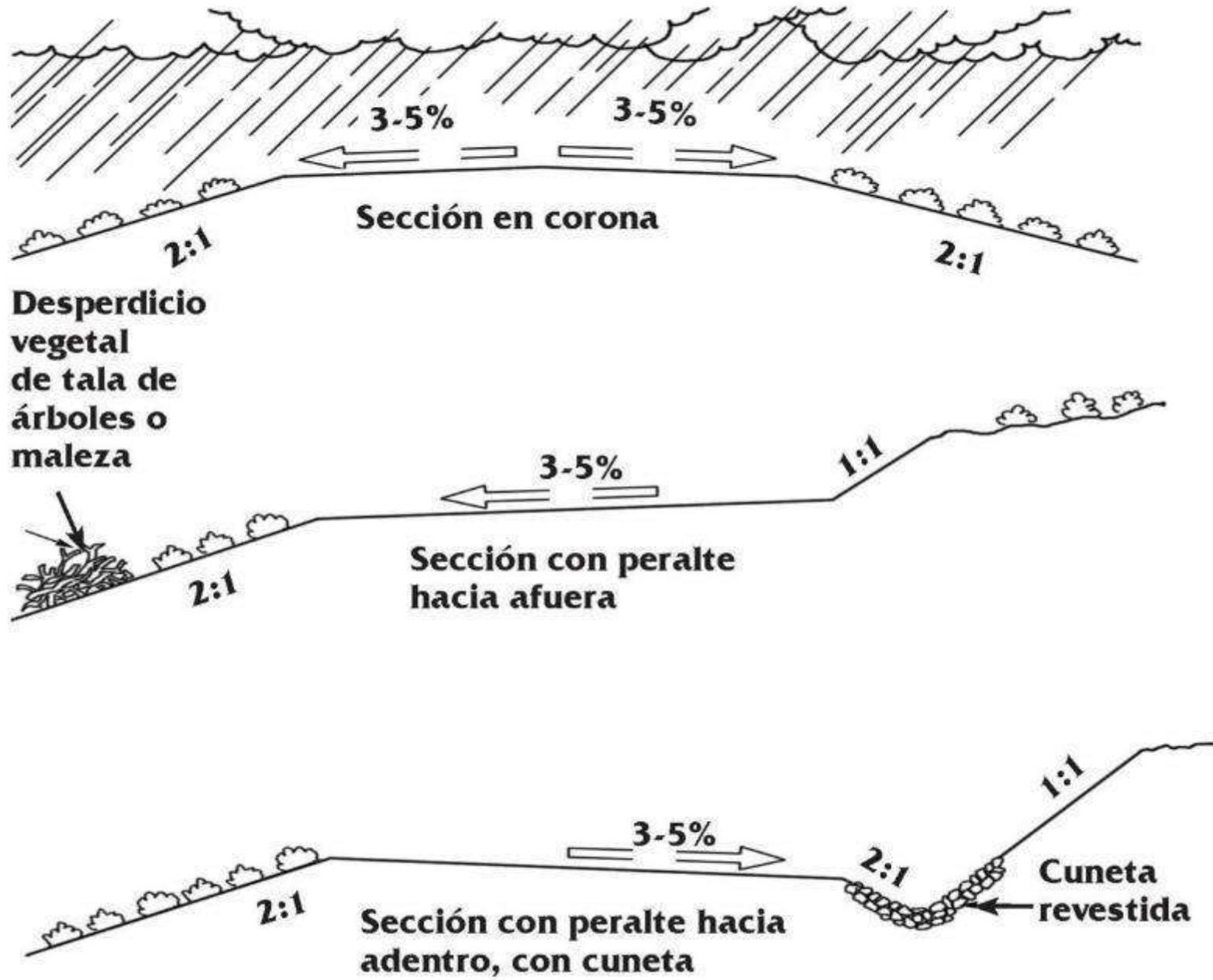
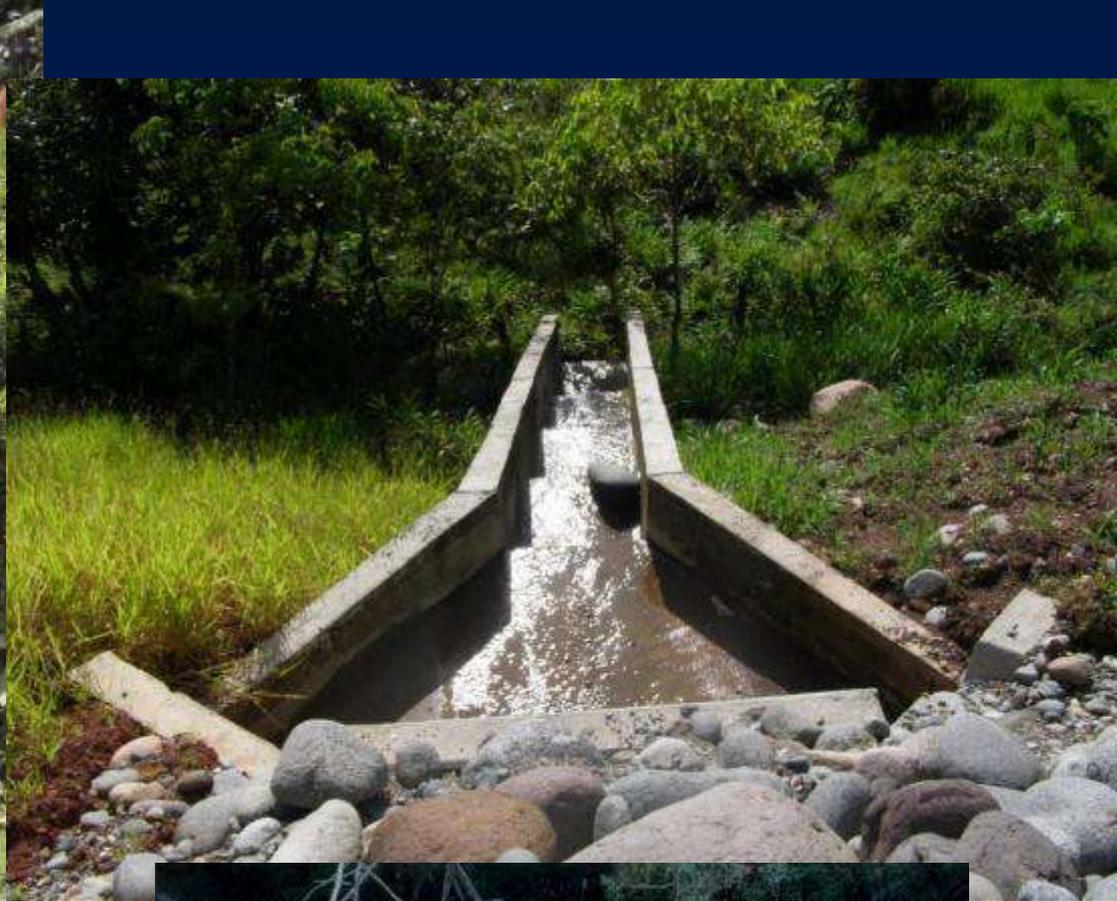
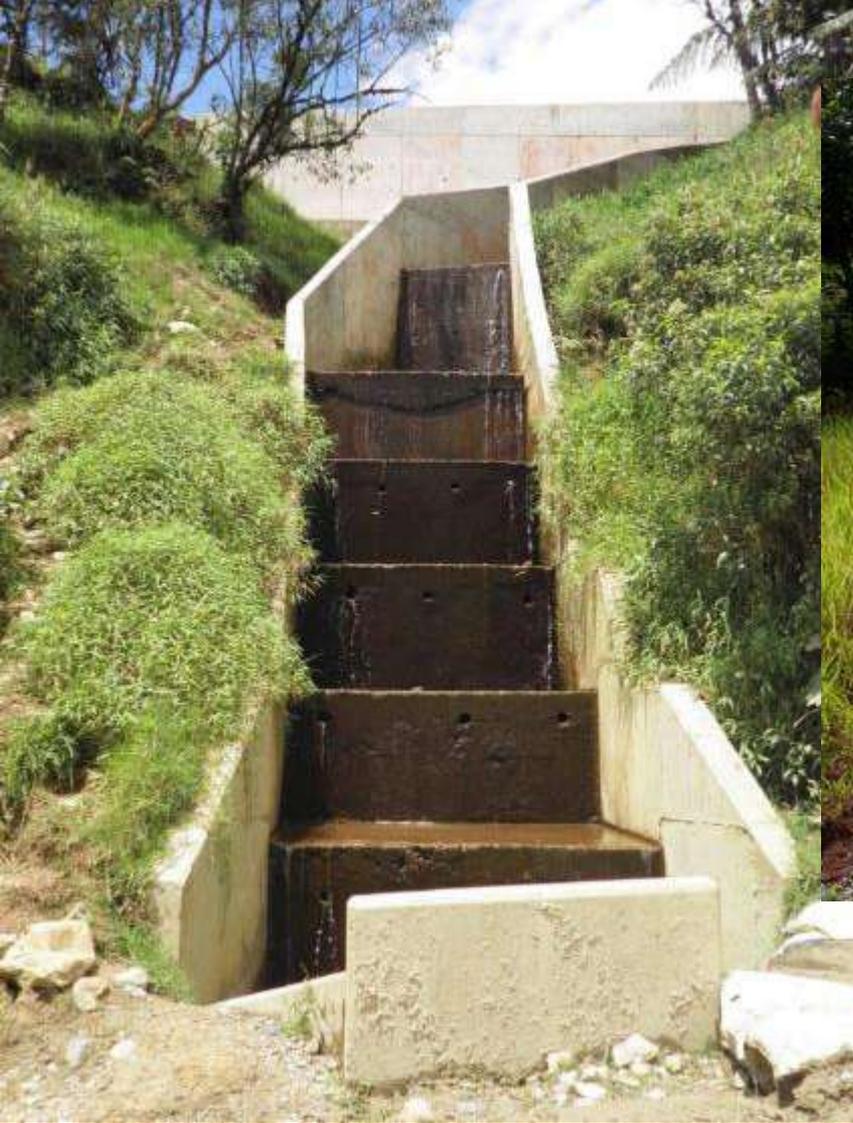
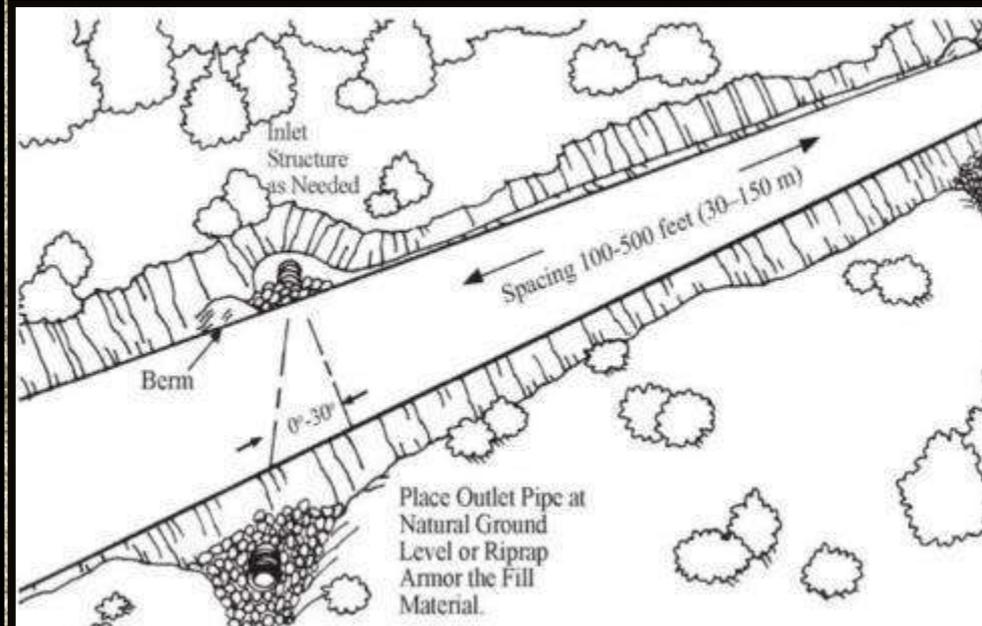


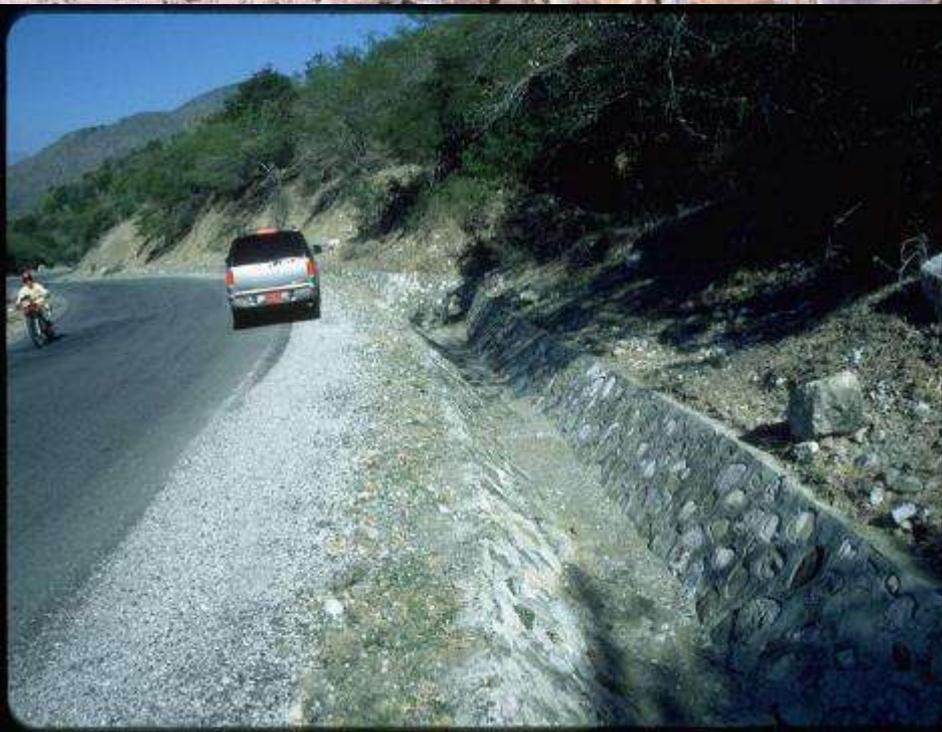


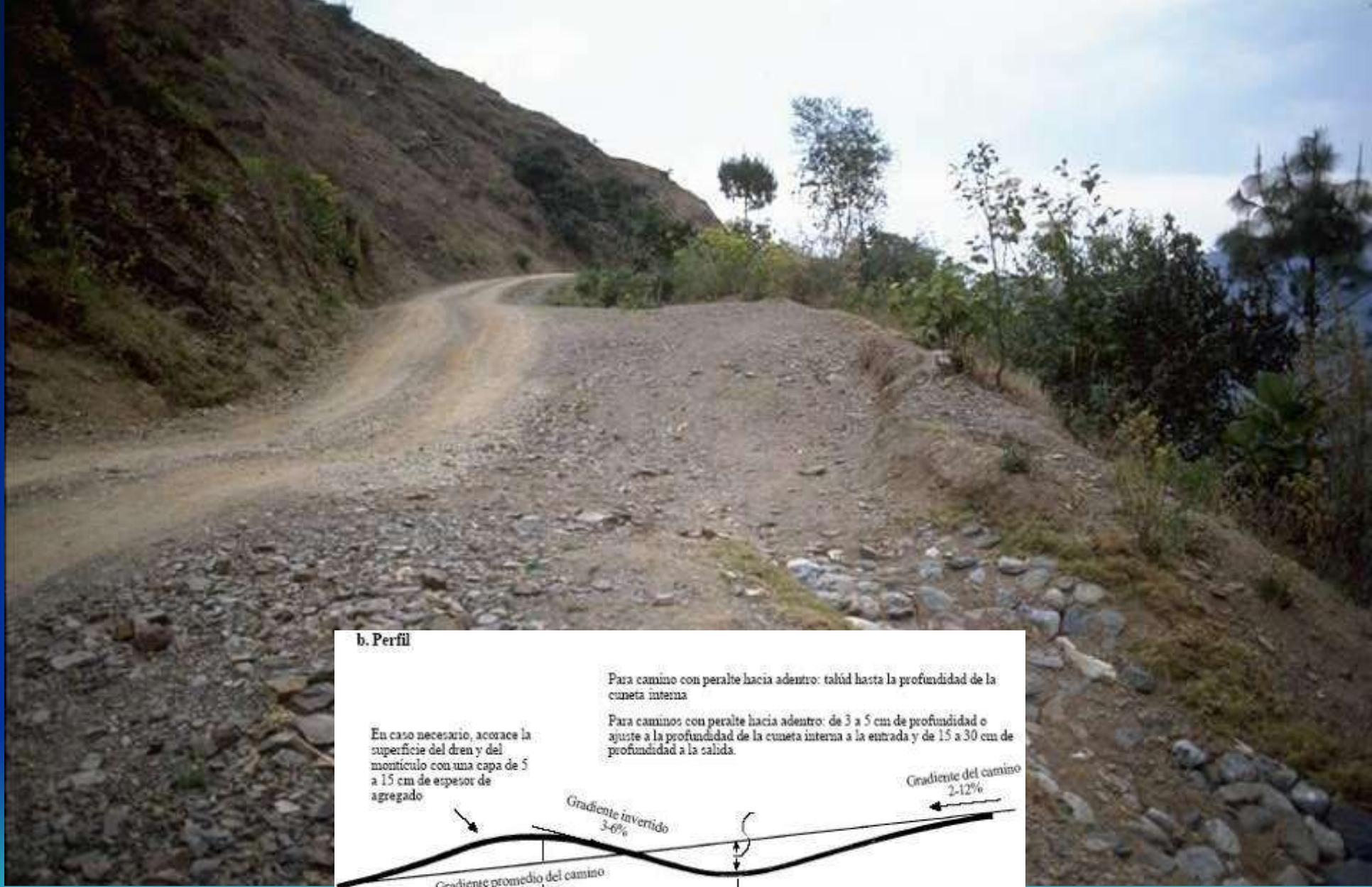
Figura 7.1 Opciones típicas para drenaje de la superficie del camino.









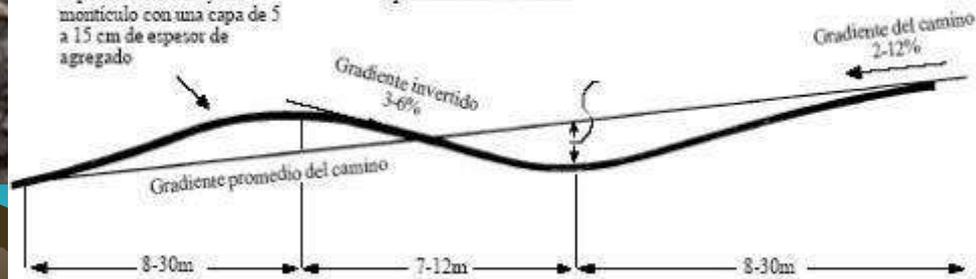


b. Perfil

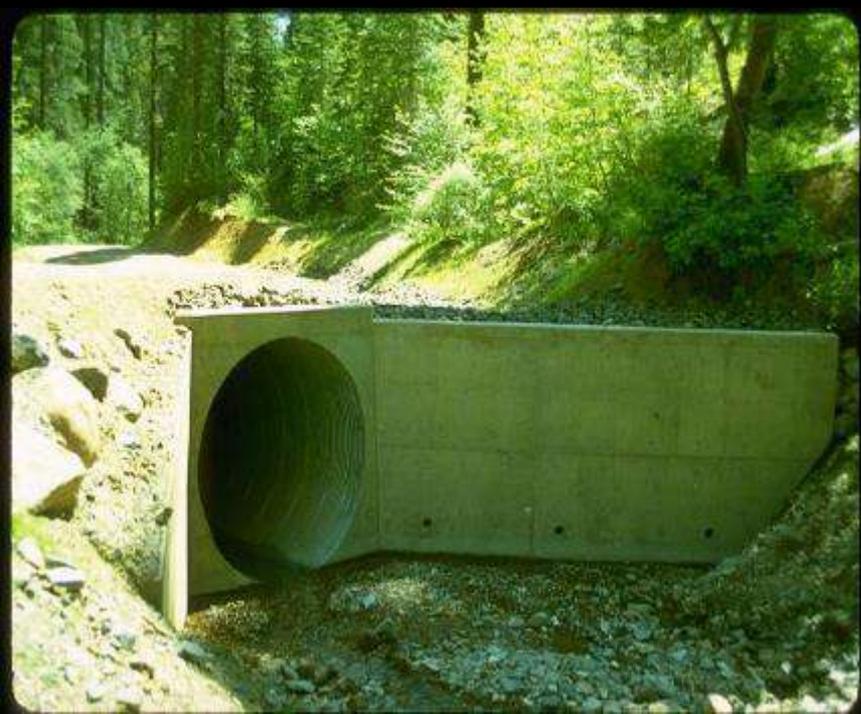
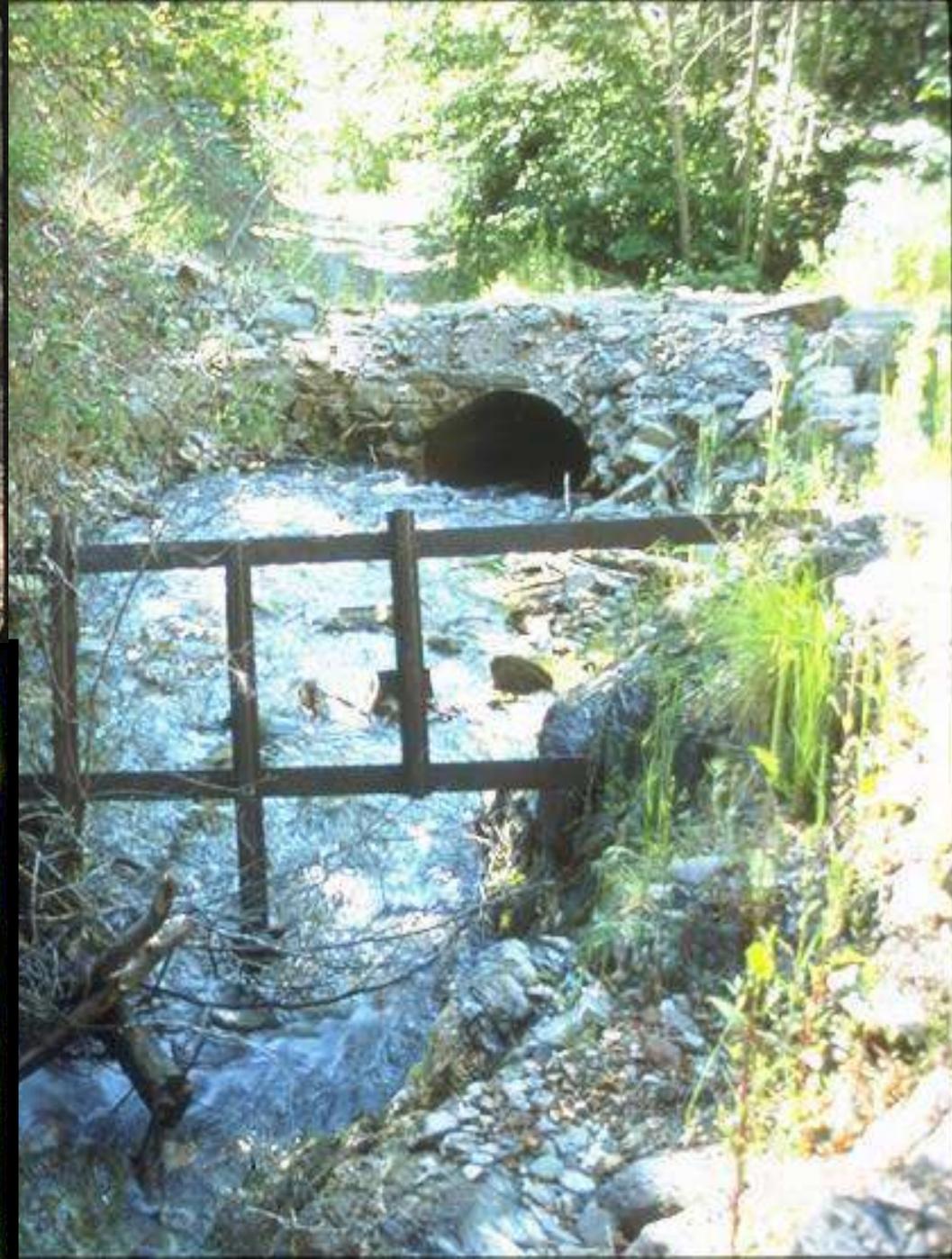
En caso necesario, acerque la superficie del dren y del montículo con una capa de 5 a 15 cm de espesor de agregado

Para camino con peralte hacia adentro: talúd hasta la profundidad de la cuneta interna

Para caminos con peralte hacia adentro: de 3 a 5 cm de profundidad o ajuste a la profundidad de la cuneta interna a la entrada y de 15 a 30 cm de profundidad a la salida.



c. Detalle del perfil del vado ondulante superficial







Agua Limpia



Agua Sucia



CAMINOS y FAUNA: Impactos y Mitigaciones



Tipos de Impactos Basicos

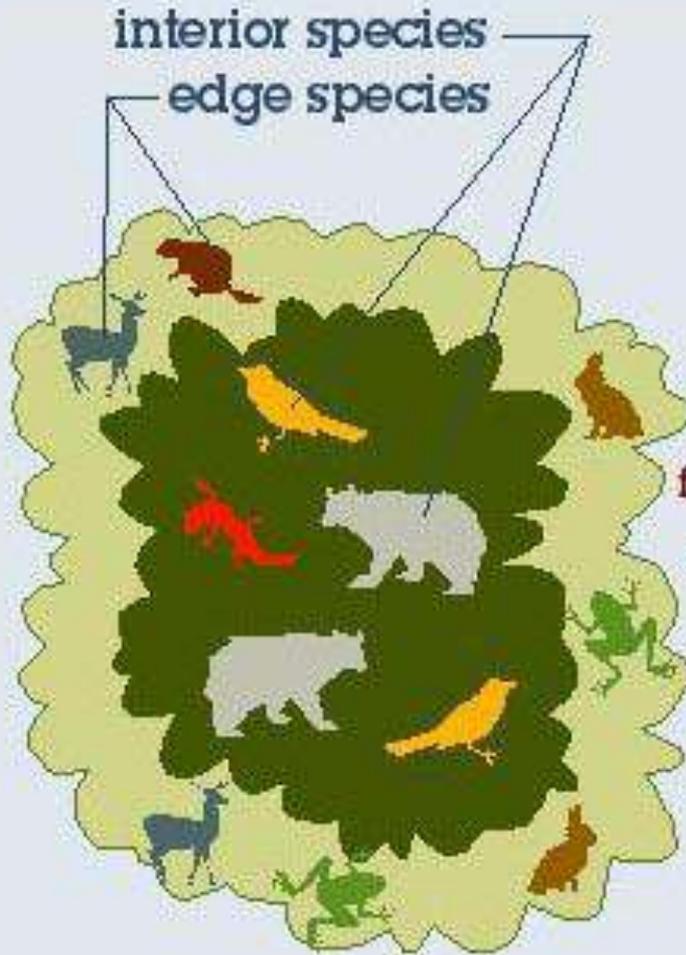
- Mortalidad por Vehiculos
- Perdida y Fragmentación de Habitat
- Falta de Conectividad
- Impactos Indirectos



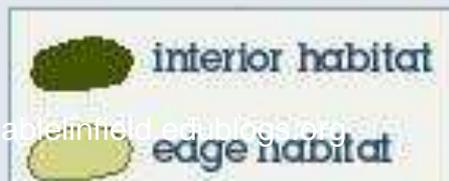
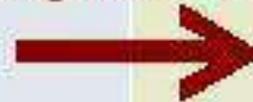
Fragmentación



Fragmentación del Hábitat



fragmentation



sustainableinfield.edu.pl/igis.org

interior habitat and species **decrease**

edge habitat and species **increase**

Fuente: Juan David Quintero



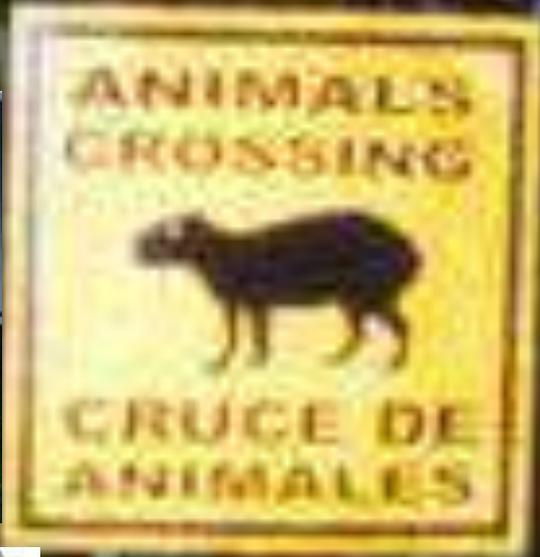


Soluciones/Mitigaciones

- Rutas Alternativas
- Caminos Cerrados/ Reglamentos
 - Temporal, o por las Noches
 - Permanente
- Velocidad Reducida- Señales y TOPES
- Reducir Estándares de Diseño
- Superficie mas Áspera
- Estructuras de Paso para Fauna y Peces



DESPACIO AREA PROTEGIDA
ANIMALES SILVESTRES
VELOCIDAD MAXIMA 45 KPH







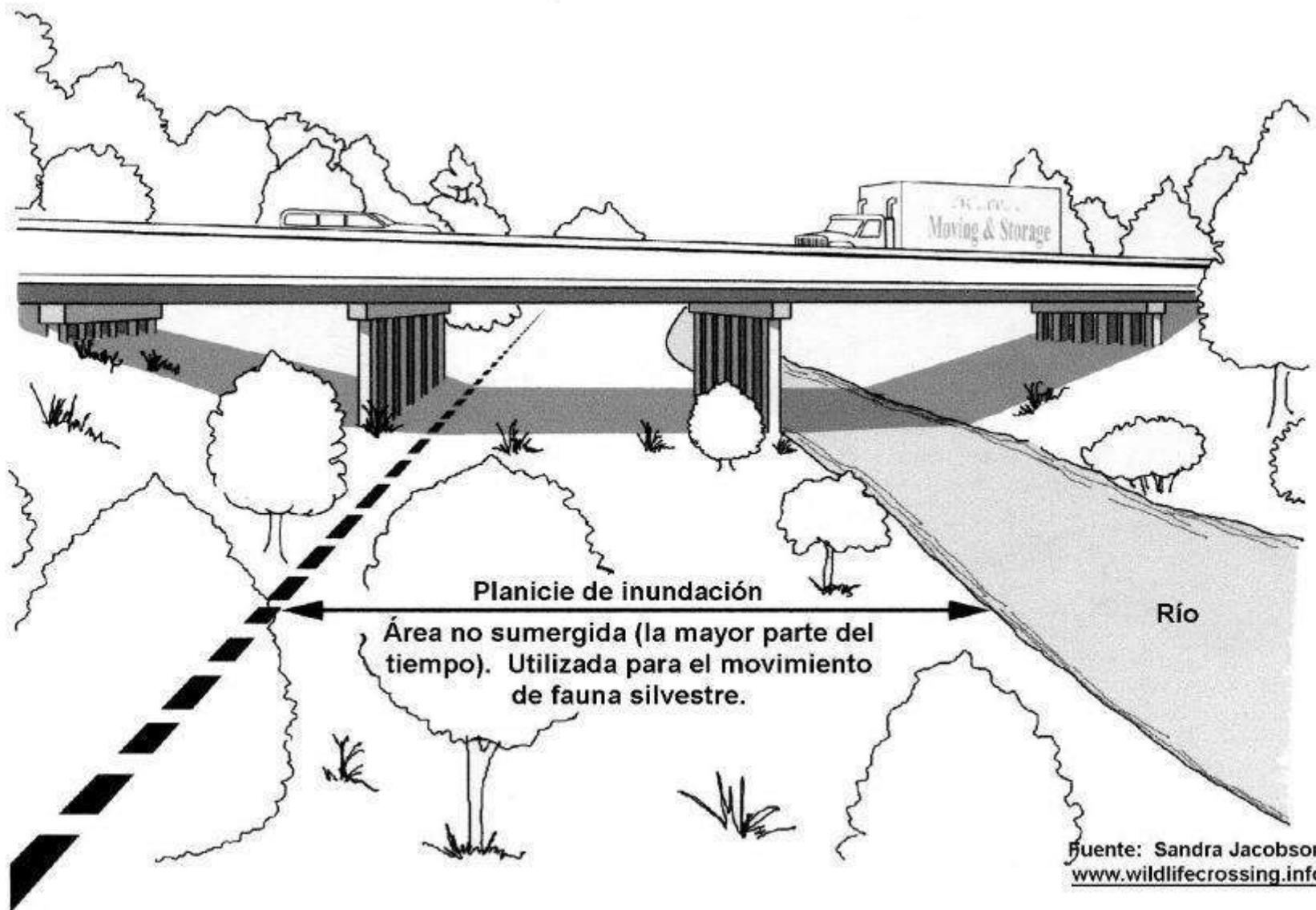
Sandra Jacobson



14-05-04 1:31:23 PM M 3/3 0 55°F



PASOS INFERIORES

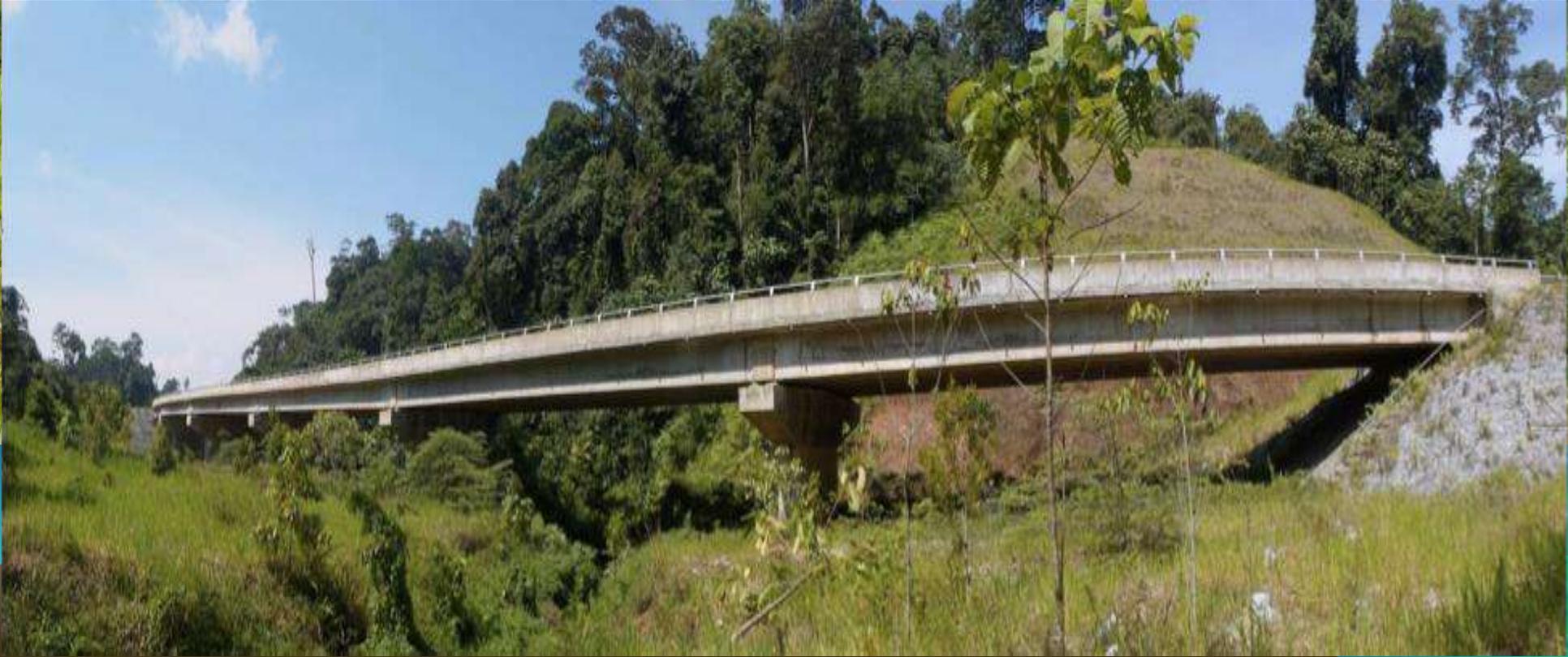


Planicie de inundación
Área no sumergida (la mayor parte del tiempo). Utilizada para el movimiento de fauna silvestre.

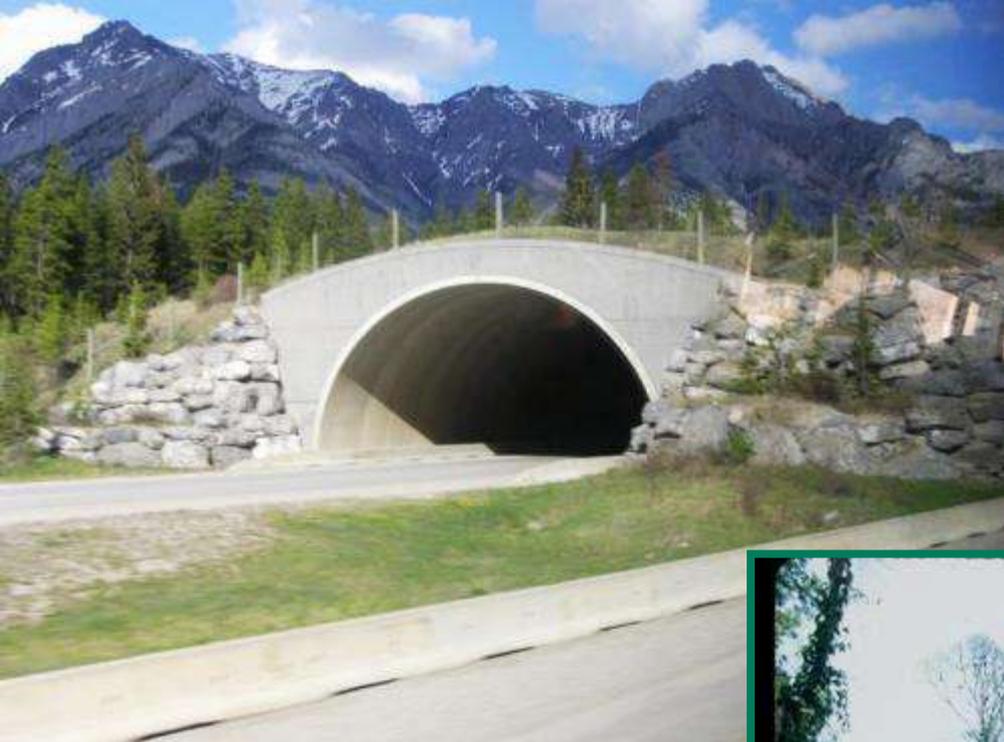
Río

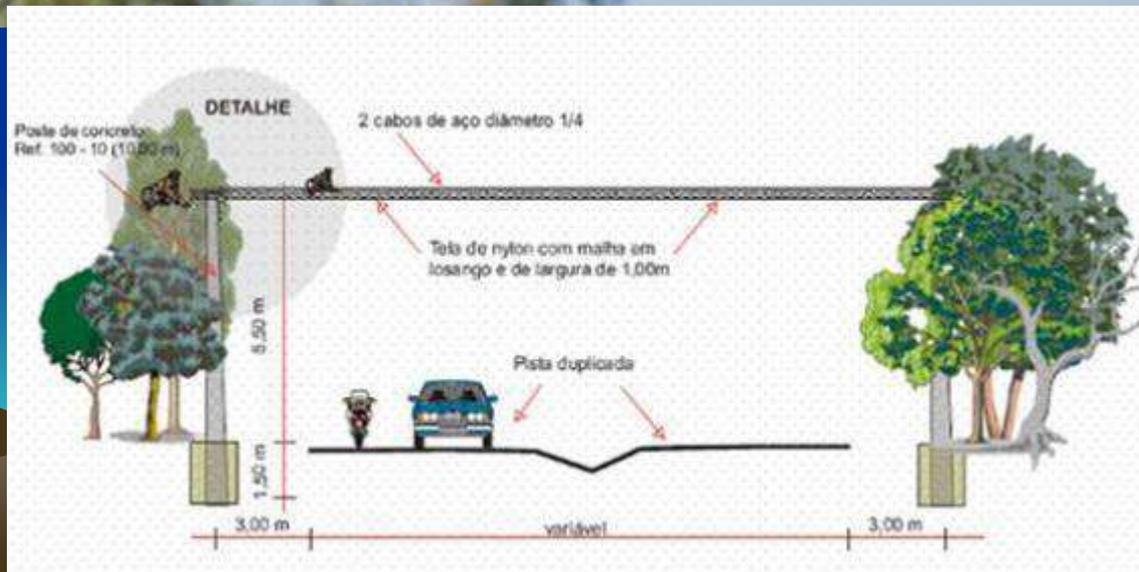
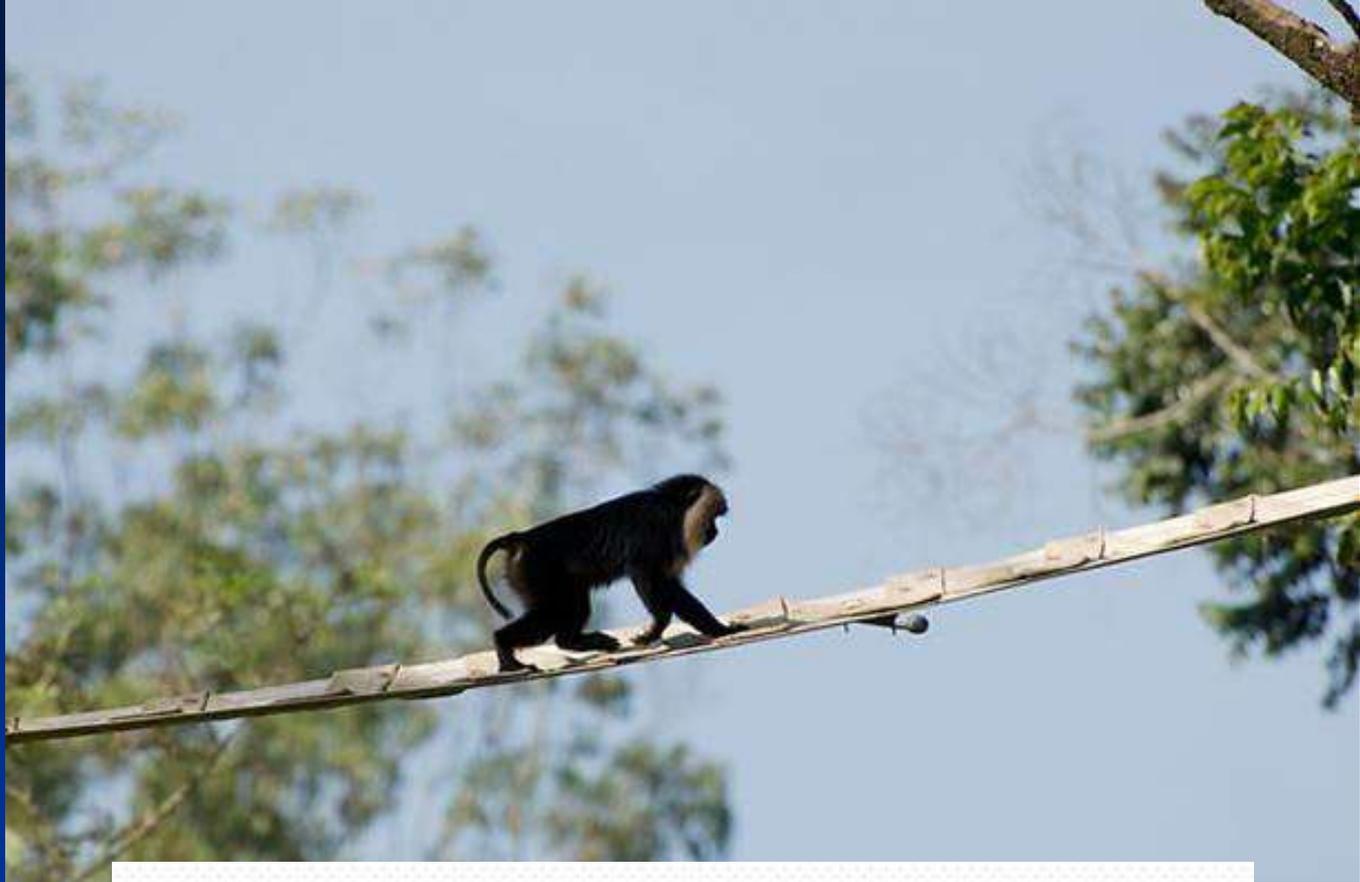
Fuente: Sandra Jacobson
www.wildlifecrossing.info

PUENTES LARGOS, CON UNO O MÚLTIPLES CLAROS



PASOS SUPERIORES







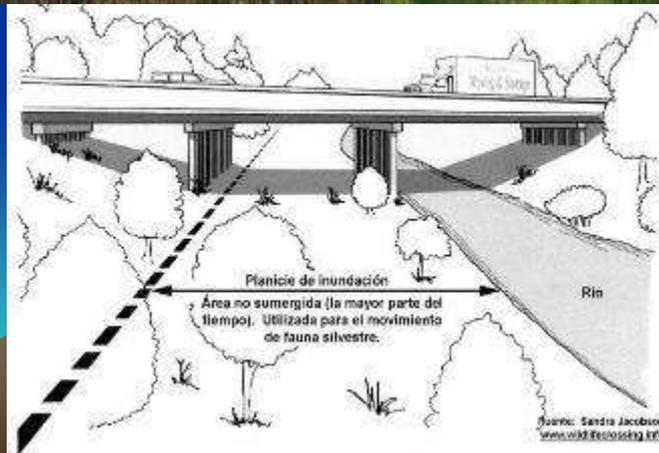
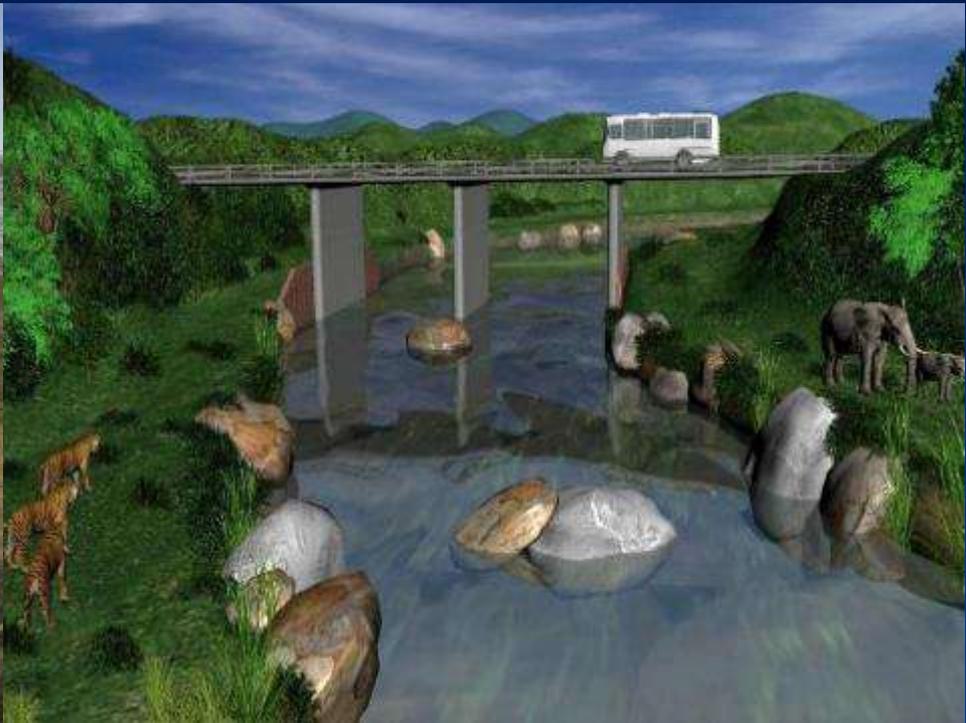
Cercas



Obras de Drenaje Amigable Con la Fauna



Puentes



Puentes LARGOS, CON UNO O MÚLTIPLES CLAROS



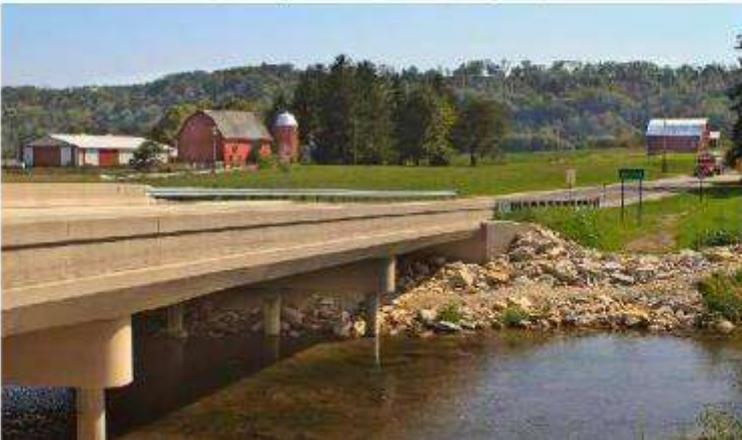
R. Botero



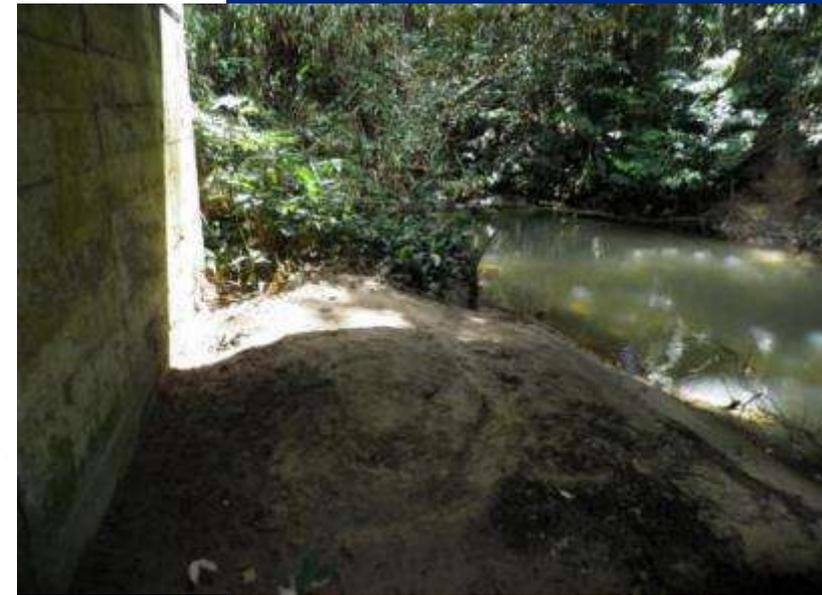
(I-35 Straight River, Steele County MN)



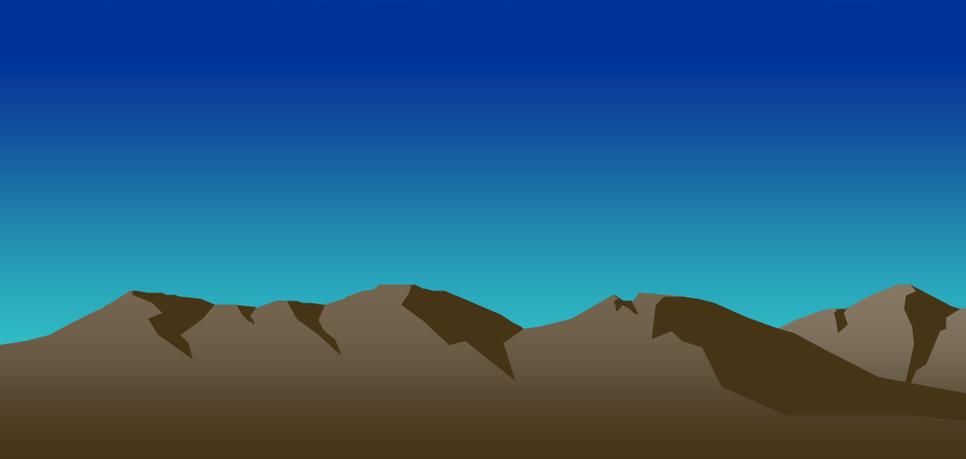
(County 16 Fillmore County MN)



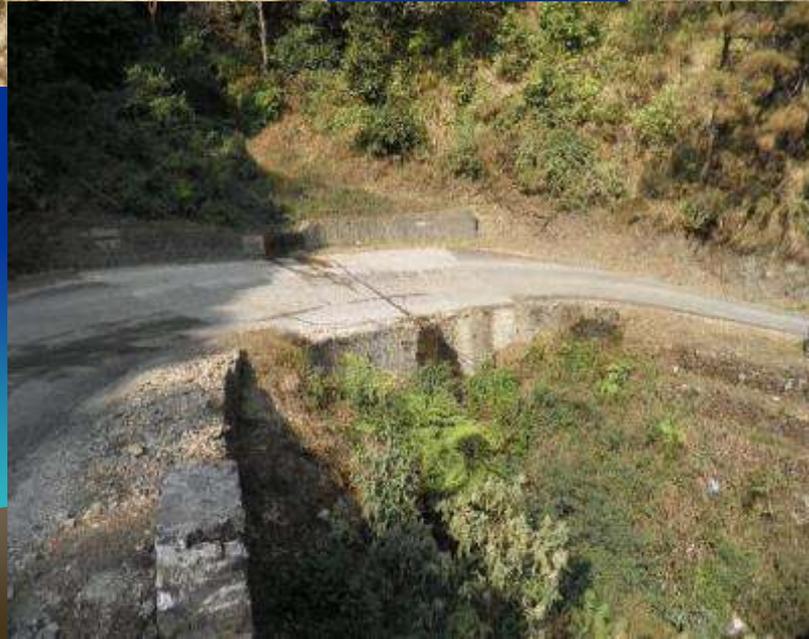
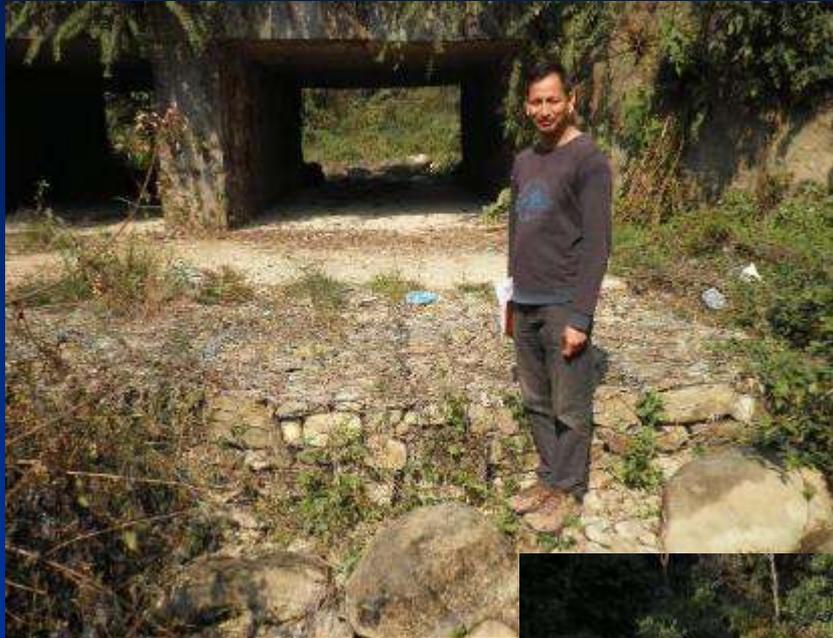
Puentes



Barreras en Puentes/Cajas



Barreras para Fauna en Obras



Movimiento en Alcantarillas/Tubos



Barreras en Cajas y Bajantes



Drenaje Superficial

Permite Movimiento



Barreras/Trampas



Pasos para Peces Y Organismos Acuáticos

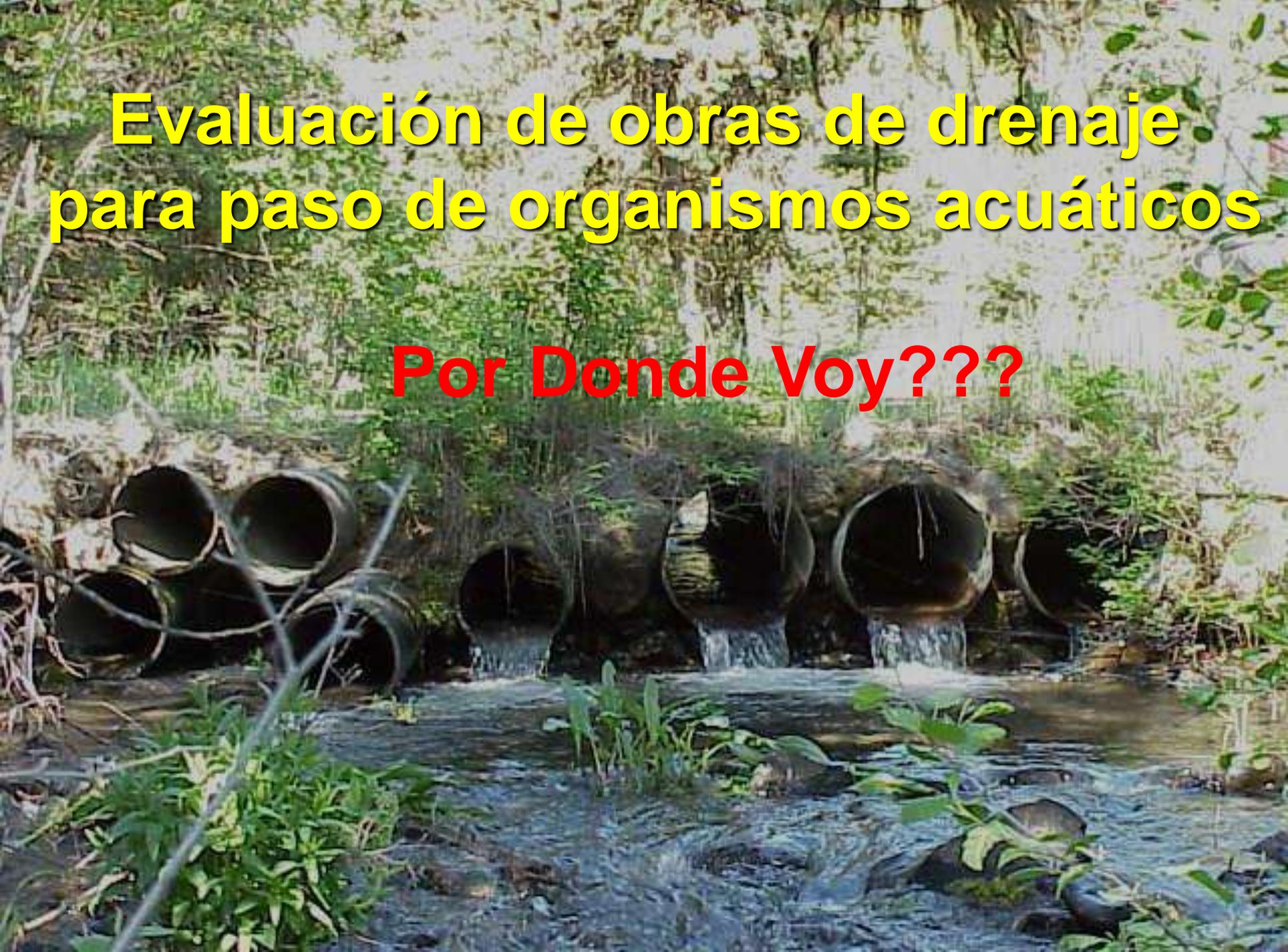
Una Barrera!!

4 1:11 PM



Evaluación de obras de drenaje para paso de organismos acuáticos

Por Donde Voy???



EL PROBLEMA



Figura 2.2b Alcantarillas mal diseñadas o instaladas, con “barreras para peces” que evitan el paso de peces. (Redibujado de Evans and Johnston, 1980.)





Escaleras para Peces





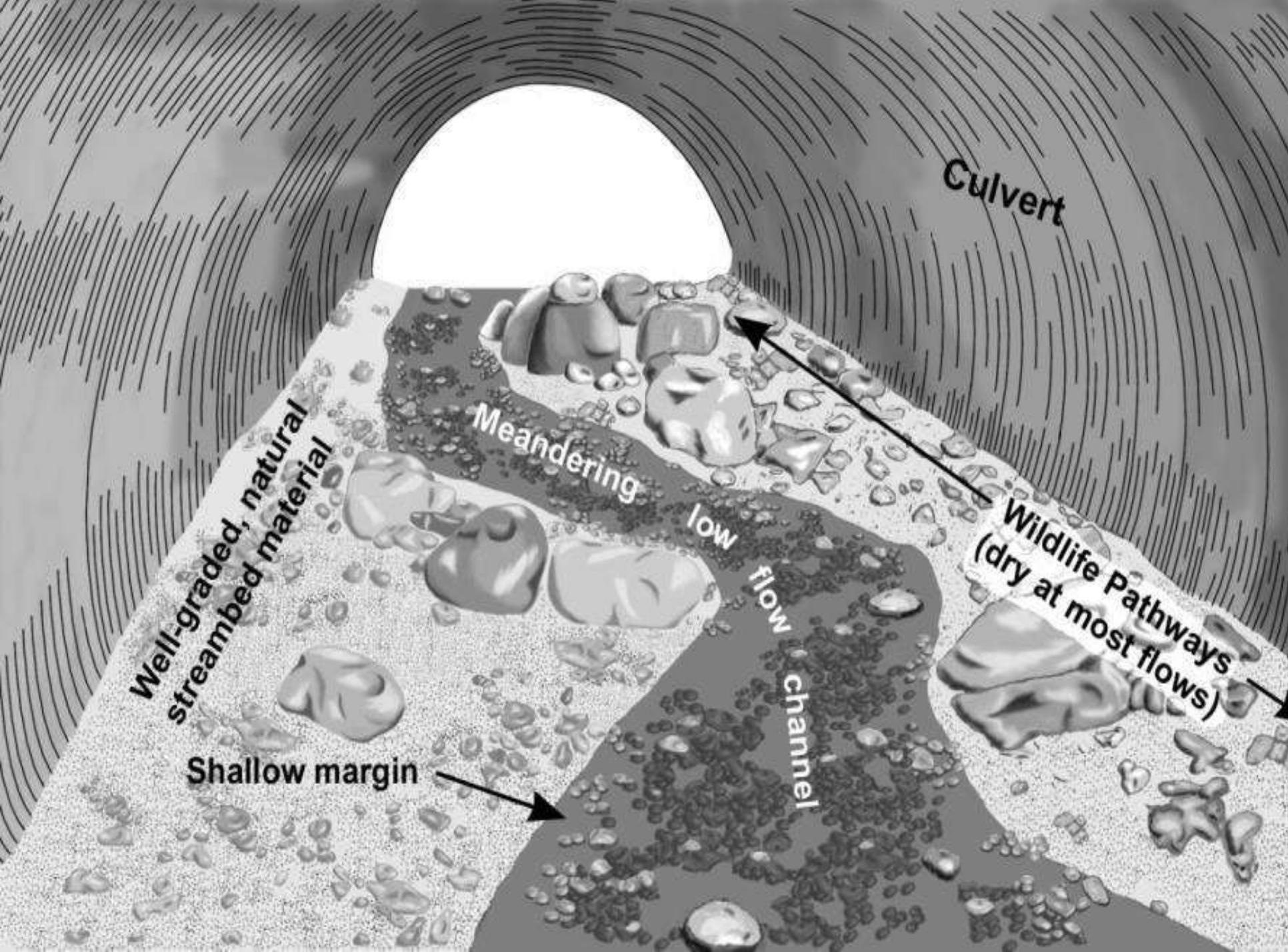
Mejor!!!

Un lecho semi-natural adentro de una alcantarilla para paso de pez

D100
tamano

margen
del cauce





Culvert

Well-graded, natural streambed material

Meandering

low flow channel

Shallow margin

Wildlife Pathways (dry at most flows)



U.S. Department
of Agriculture
Forest Service
National Technology
and Development
Program
7700—Transportation
Management
0877 1601—SDTDC
May 2008



STREAM SIMULATION: An Ecological Approach to Providing Passage for Aquatic Organisms at Road-Stream Crossings



Movimiento de Especies Invasoras



MALEZA NOCIVO/ ESPECIAS INVASORAS





RUSSIAN OLIVE



AILANTHUS



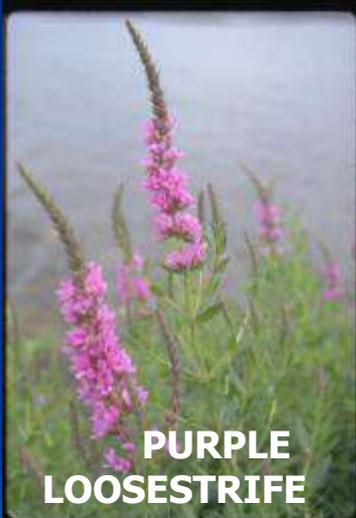
LEAFY SPURGE



TAMARIX



KUDZU



PURPLE LOOSESTRIFE



MUSK THISTLE



STAR THISTLE



BLACK LOCUST



KNAPWEEDS

Malezas malas

Costos Anuales en Billones de Dolares

\$1 Diseases

\$34
Plants

\$138 Billones por Año!!

\$37
Mammals

\$25
Microbes

PORQUÉ EL TRANSPORTE ??



CÓMO PREVENIMOS MALEZAS?

CON MEJORES PRACTICAS

- **Productos Sin Malezas**
(semillas, grava, suelo, etc.)
- **Utilizar Suelo Local**
- **Lavar los equipos**
- **Control Durante la Construcción**
- **Educación Pública y de Obreros**
- **Quemas Controladas**
- **Métodos Biológicos**
- **Químicos**



Roads/Riparian Restoration Team

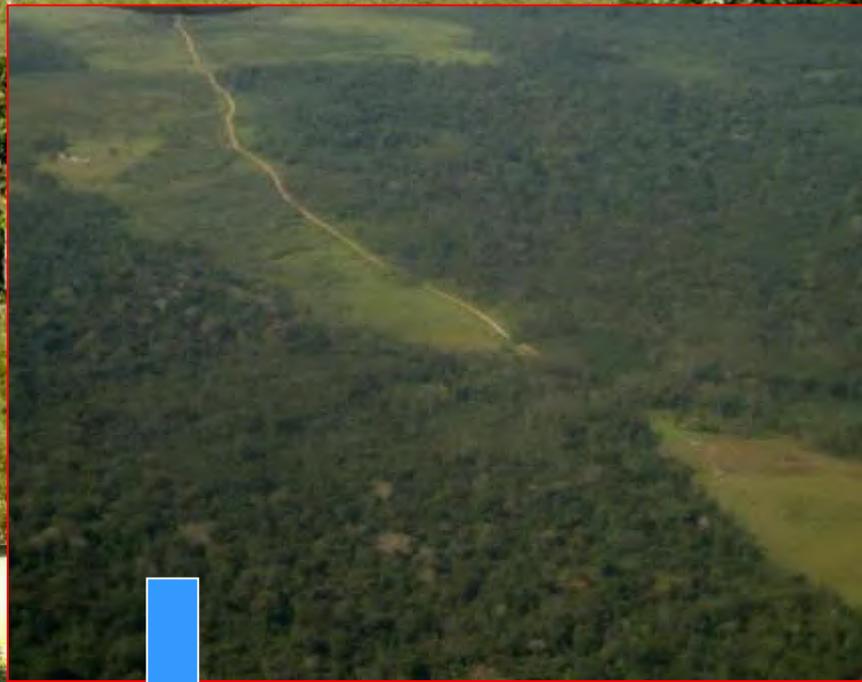


Estrategias de Control

- Identificación
- Prevención
- Priorización
- Tratamientos
- Monitoreo

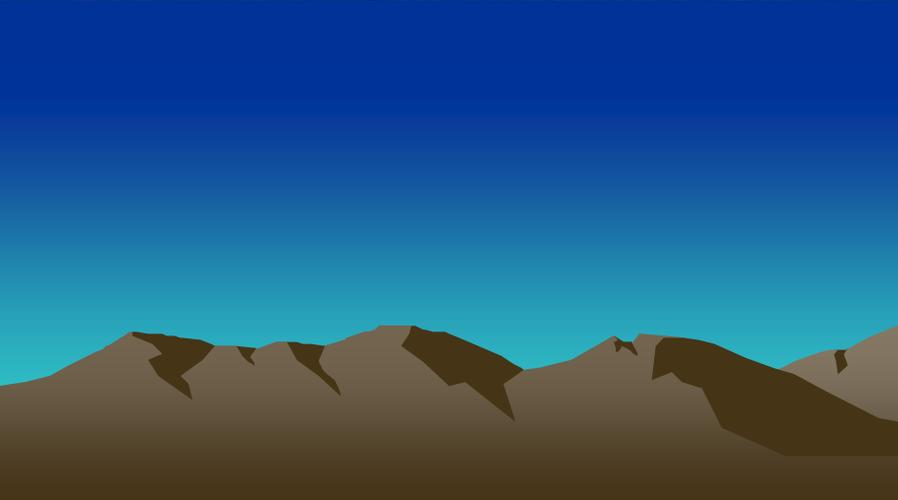


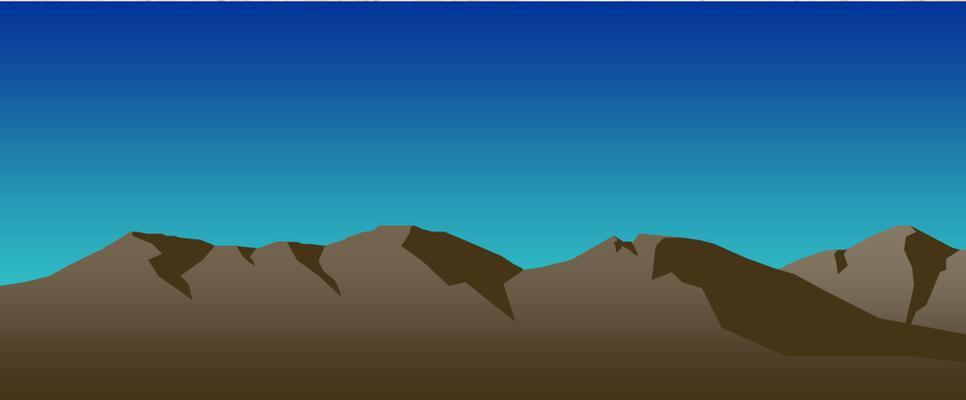
Otros Impactos **COLONIALIZACIÓN Y CAMBIOS EN EL USO DE LAS TIERRAS**





DEFORESTACIÓN Y CAZA ILEGAL







CONTAMINACIÓN Y PROBLEMAS CON BASURAS







IMPACTOS EN LOS PARQUES/RESERVAS Y CONTROL DE ACCESO

Nuestra Reserva es uno de los pocos sitios en el mundo donde se pueden encontrar en la misma área las seis especies de felinos presentes en el territorio nacional, como el jaguar, el puma y las cuatro especies de felinos menores: el ocelote, el gato montés, el jaguarundi y el tigrillo.



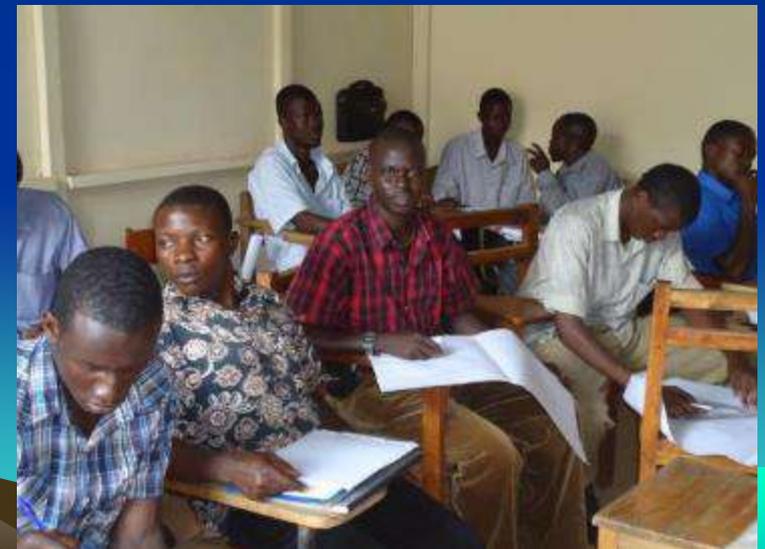
Reserva de la Biosfera
SierraGorda
Puedes disfrutarla... debes conservarla







EDUCACION AMBIENTAL



Phew



Mejores Practicas de Caminos

A wide, unpaved dirt road stretches from the foreground into the distance, flanked by lush green grassy fields. In the background, there is a line of trees, including several palm trees, under a sky with scattered white clouds. The overall scene is bright and clear, suggesting a rural or agricultural setting.

BIENVENIDO!

**BUENA PLANIFICACIÓN +
BUENA INGENIERIA con
conciencia**

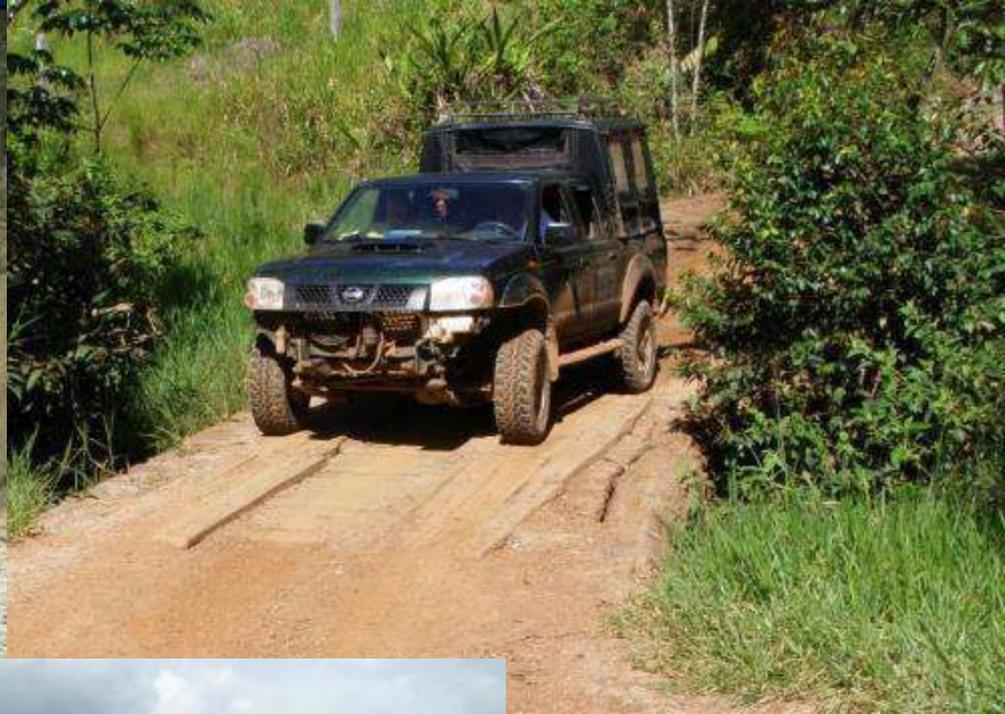
=

**BUEN MITIGACIÓN
AMBIENTAL**



UNOS PUNTOS CLAVES

- Aplicar la Ingeniería Básica y Mejores Prácticas.
- Ser Listo - Utilizar Tecnología Apropiada y Costo- Efectivo.
- Implementar Medidas de Mitigación Ambiental Prácticas.
- Proteger Caminos Contra Tormentas.
- La Gente es como el Oro - Precioso!
Atraerlos y Capacitarlos!











Mejores Prácticas de Caminos

Prácticas Claves

- Involucrar los Usuarios y la Población Afectada
- Minimizar Ancho de Camino/Estándar Adecuado
- Evitar Áreas Mojadas, Inestables y Empinadas
- Diseñar los Cruces de Ríos y Protegerlos
- Tener Capacidad Adecuada en sus Alcantarillas
- Controlar el Agua en las Superficies de Caminos
- Minimizar “Conexiones” entre Caminos y Ríos (Separación y Control de Sedimentos)



Mejores Practicas de Caminos

Practicas Claves (cont.)

- Usar Ángulos de Cortes/Terraplenes Estables
- Instalar Medidas de Estabilización de Taludes
- Dar Revestimiento a las Superficies de Caminos
- Desarrollar y Recuperar Bancos de Material
- Aplicar Medidas de Control de Erosión/Cárcavas
- Hacer Mantenimiento Rutinario y Periódico
- Controlar Uso de Caminos-Mejorar, Cerrar?
- Involucrar/Capacitar Gente con Experiencia!

El Camino Óptimo con Impactos Mínimos

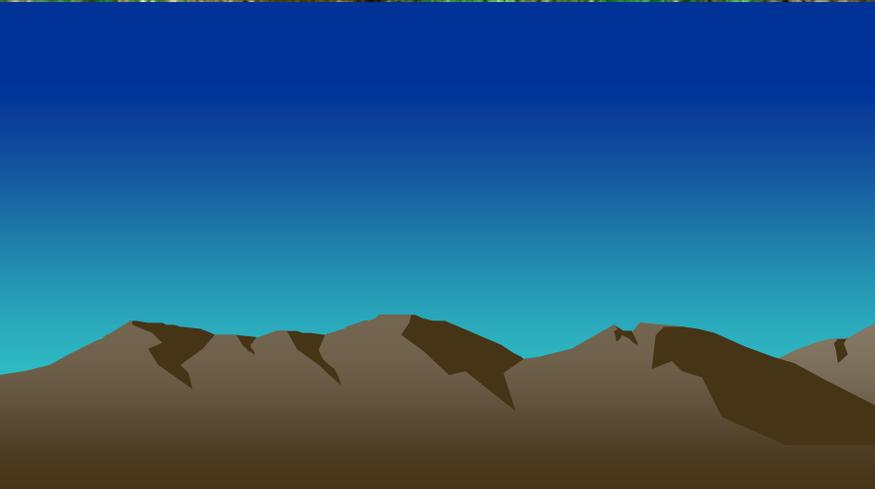
- **Planificación**
 - **Localización**
 - **Diseño**
 - **Construcción**
 - **Mantenimiento**
 - **Cierre o Eliminación**
- 

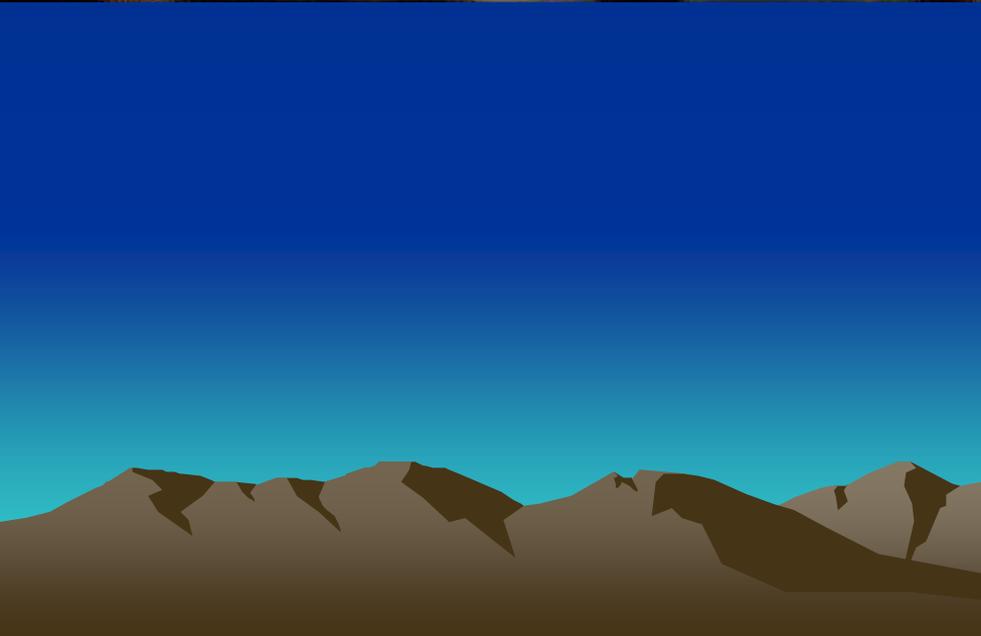
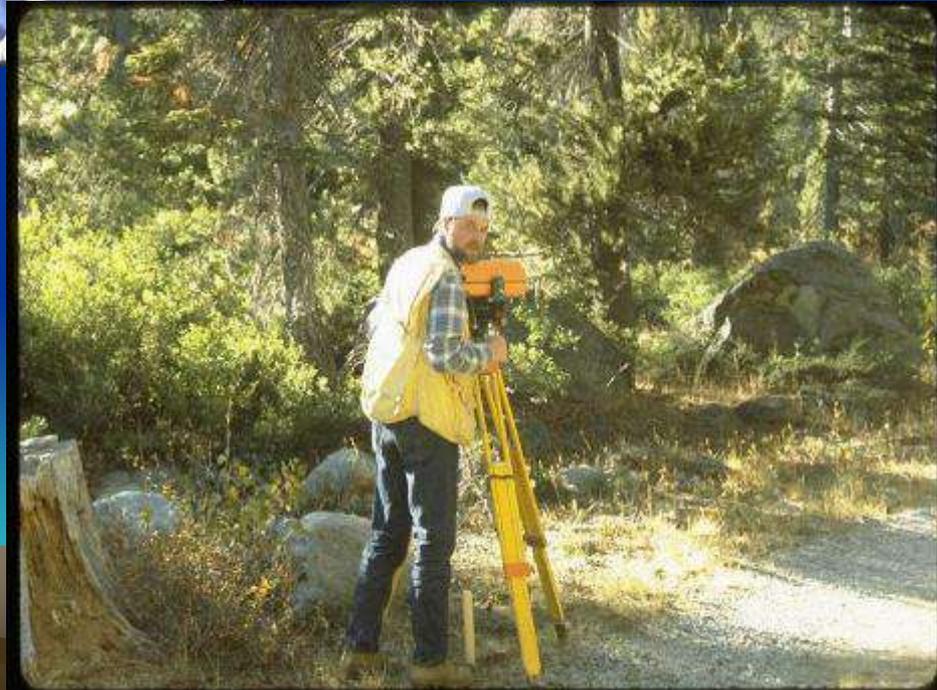
PLANIFICACIÓN





LOCALIZACIÓN









R. BOTERO





Normas de Caminos

Camino Rural



Caminos Permanentes



Colectores

**Camino de
Aceso**



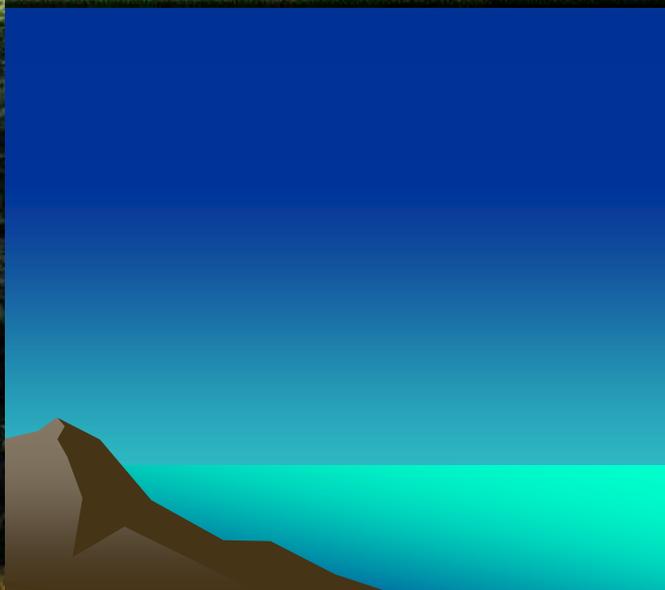
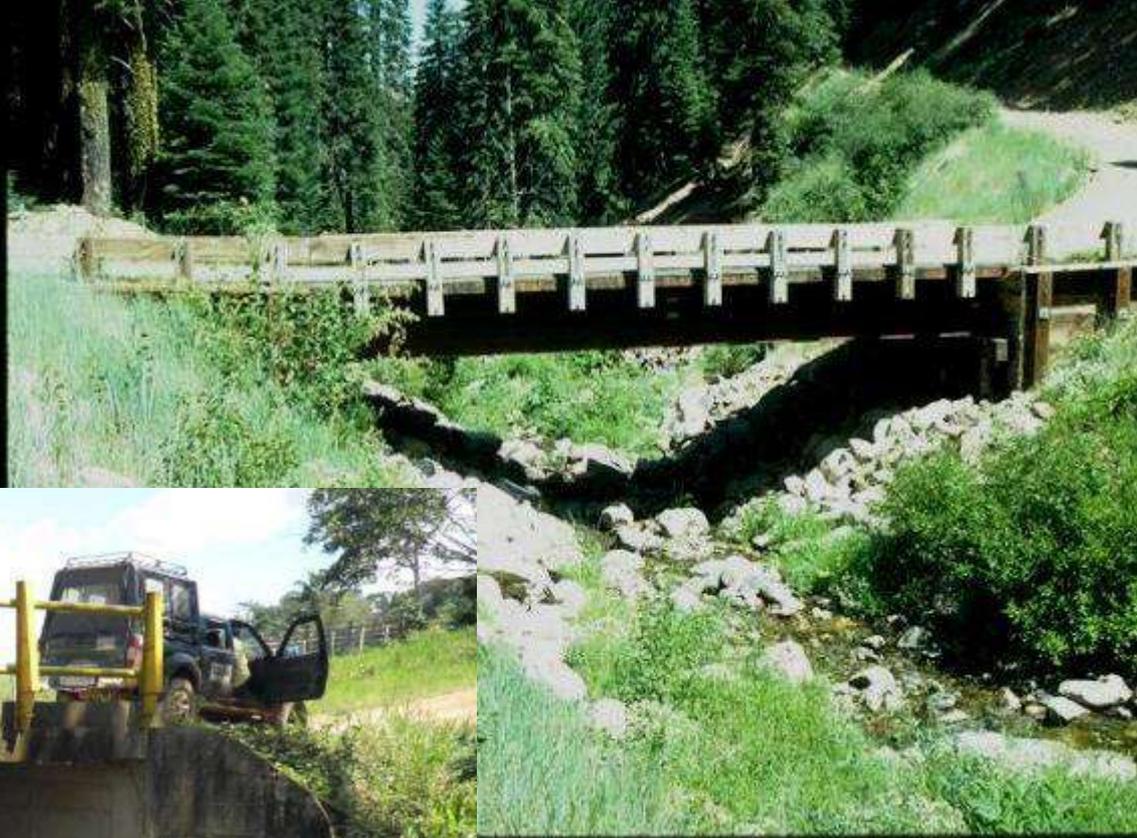
VicForests

**Carreteras
Principales**



DISEÑO





CONSTRUCCIÓN









**Se Obtiene lo que se Inspecciona,
No lo que se Espera**



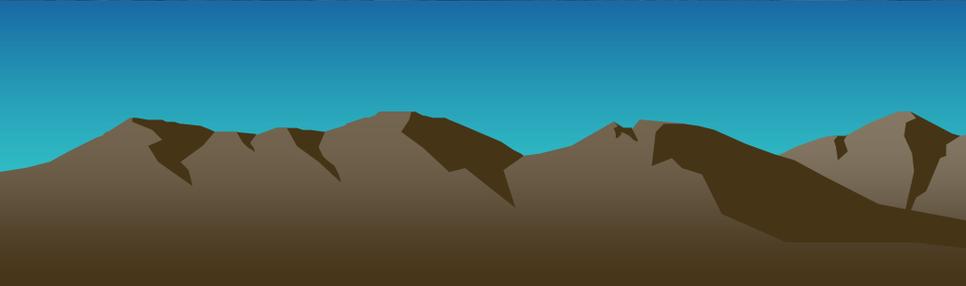
AMANCO-Colombia



MANTENIMIENTO





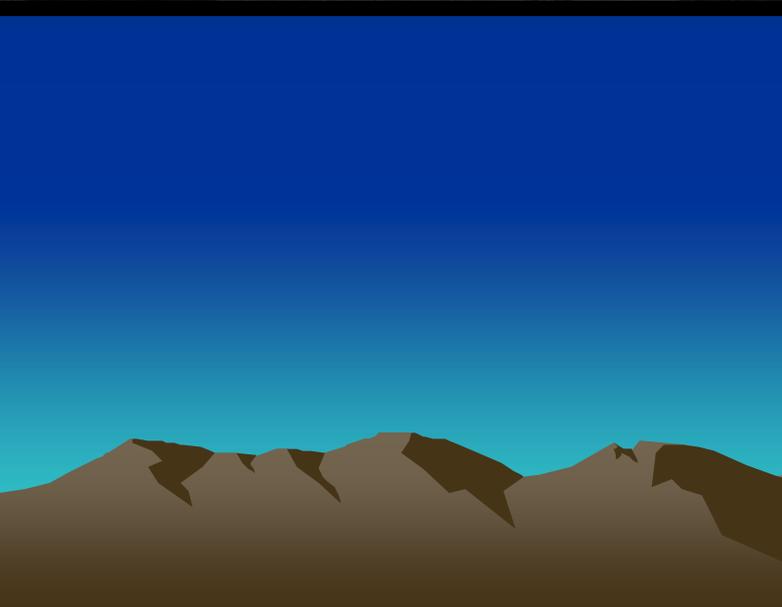




SEGURIDAD VIAL









CLAUSURA

Opciones Temporales para Caminos







UTILIZAR TECNOLOGÍAS APROPIADAS



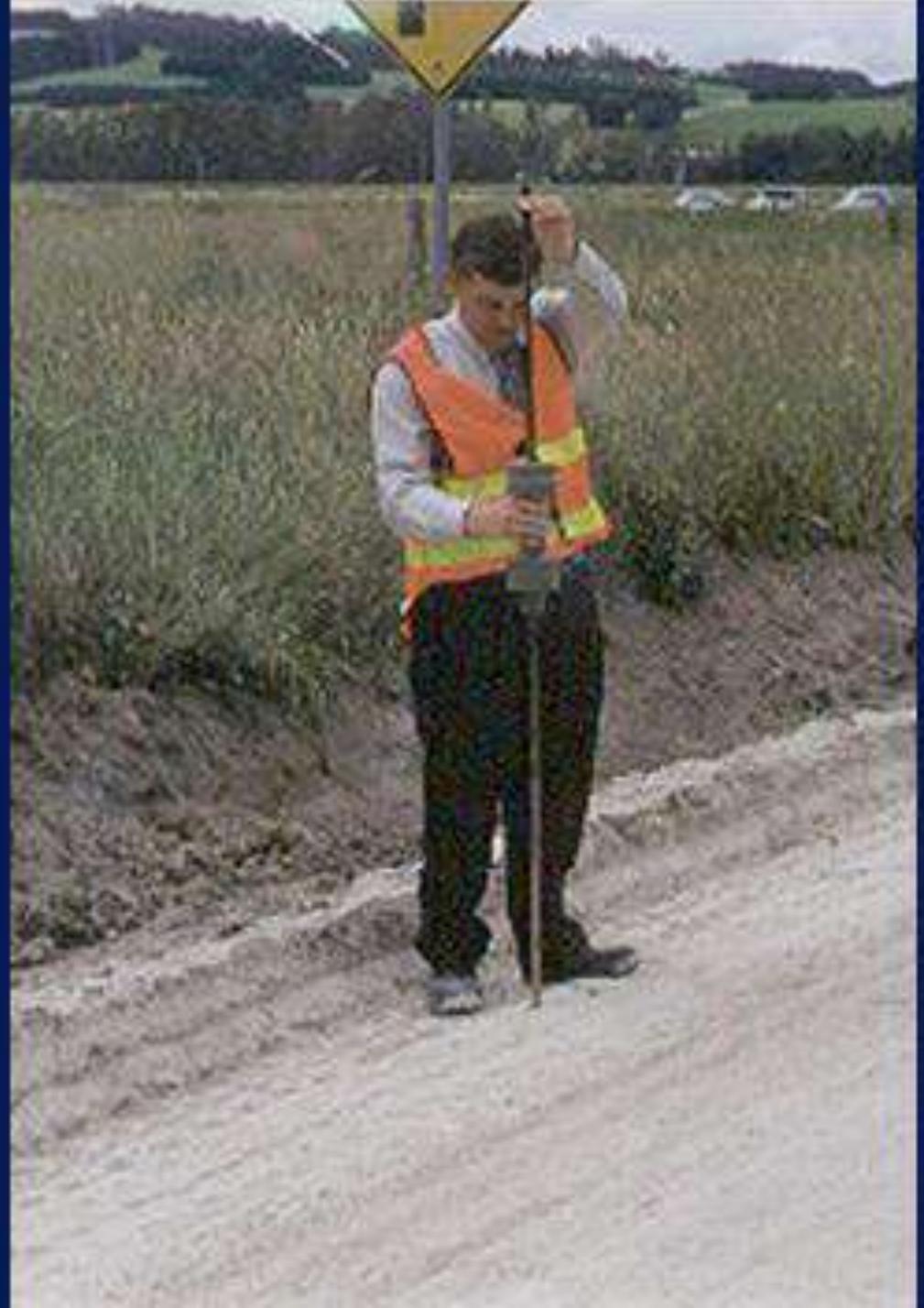
CBR

determinado por

Cono de

Penetración

Dinámico (DCP)



Uso de Geotextiles



US Department of Transportation
Federal Highway Administration

Publication No. FHWA-10-001
Revised April 2010

NHI Course No. 13213

Geosynthetic Design and Construction Guidelines

Participant Notebook

The bottom section of the notebook cover features four small, square images arranged in a 2x2 grid. Each image illustrates a different application of geosynthetic materials in highway construction, such as road stabilization, erosion control, and drainage.

COSTOS DEL CICLO DE VIDA **DE LA OBRA**

COSTO TOTAL DEBEN INCLUIR:

- **Costo de Construcción**
- **Costo de Mantenimiento**
- **Costos de Reparaciones**
- **Costos de Mitigaciones Ambientales**
- **Costos de los Usuarios del Camino**

HERRAMIENTAS DE DISEÑO

- **Hidrológica**
 - **Método Racional**
- **Hidráulicos**
 - **Formula de Manning**
- **Diseño con Zampeado**
- **Conceptos Sobre Filtros**
- **Uso y Función de Geotextiles**



Diseño Hidrológico e Hidráulico

Datos de Aforo

$$Q_u = Q_g (A_u/A_g)^*$$

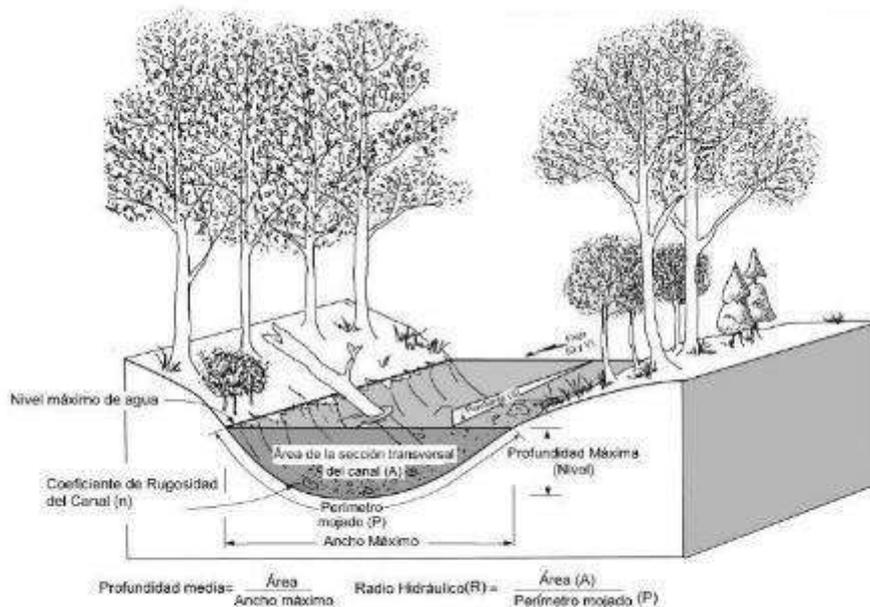


DIAGRAMA DE DEFINICIÓN PARA LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE CANAL Y MÉTODO PENDIENTE – ÁREA DE MANNING

Método Racional

$$Q = \frac{C \times i \times A}{362}$$

DETERMINACIÓN DE FLUJO

- **Comparar entre varios Metodos**
- **Considerar Cambios en el Clima y Periodo de Datos**
- **Cambios en la Cuenca Hidrologica?**
- **No Olvide:**
 - **Sedimentos**
 - **Arrastre**





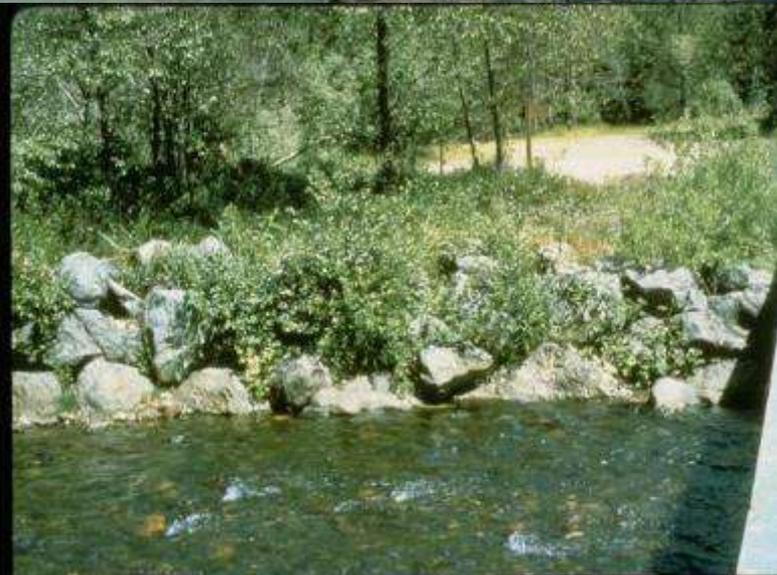


HERRAMIENTAS DE DISEÑO

- **Hidrológica**
 - Método Racional
- **Hidráulicos**
 - Formula de Manning
- **Diseño con Zampeado**
- **Conceptos Sobre Filtros**
- **Uso y Función de Geotextiles**









ALCANTARILLAS (Tubería)







REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE TRANSPORTE
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS
SUBDIRECCIÓN DE APOYO TÉCNICO

Manual de Drenaje para Carreteras

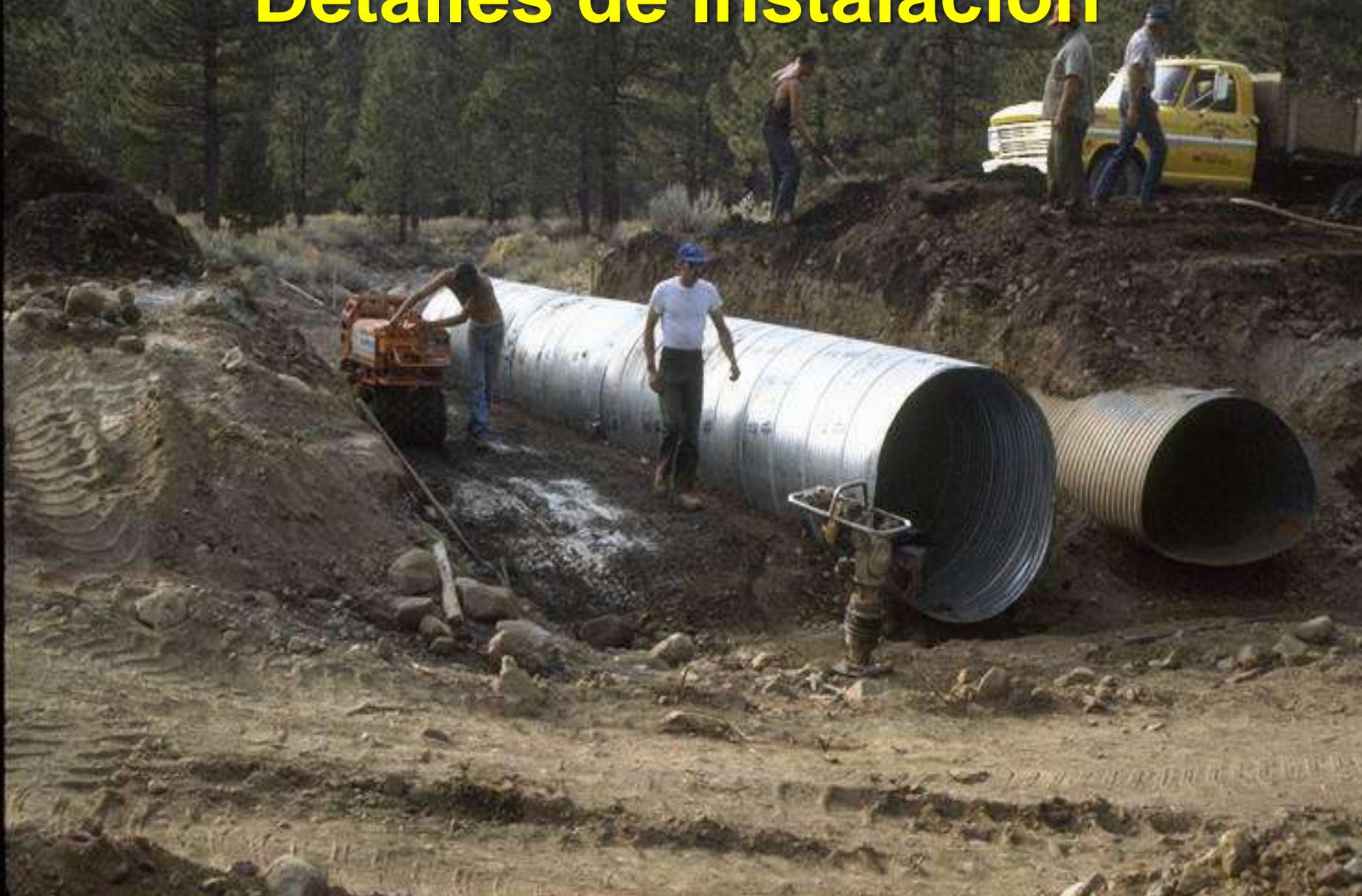
2009



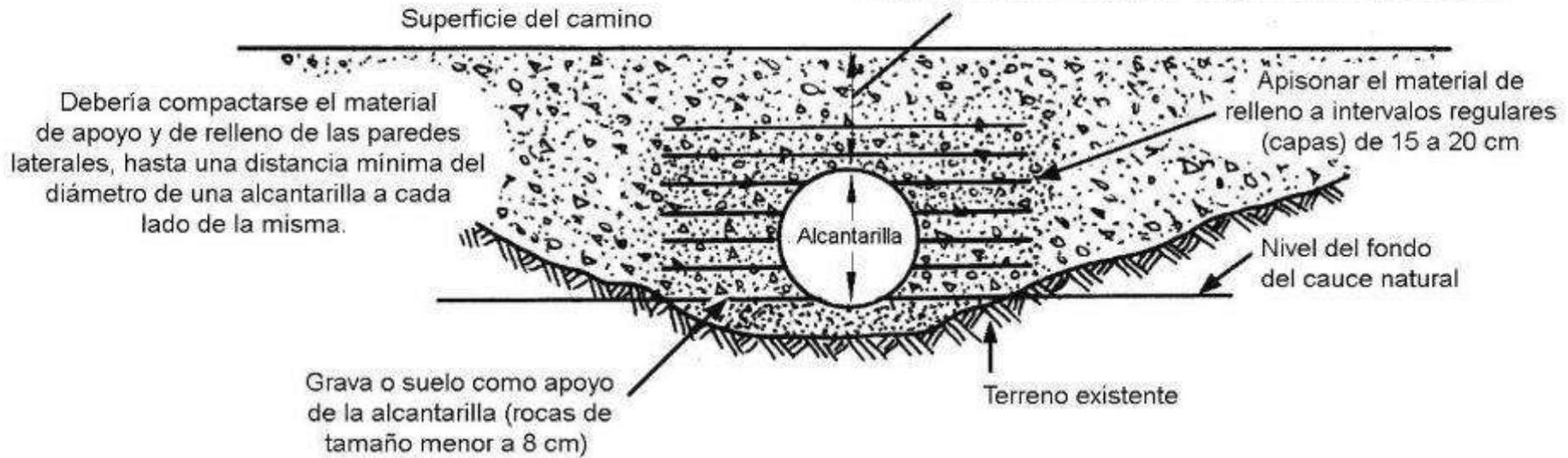




Detalles de Instalación



Por lo menos 30 cm de cobertura para TMC o un tercio del diámetro para alcantarillas grandes. Emplear una cubierta de 60 cm para tubos de concreto.



Relleno y Compactación de Alcantarillas *(Adaptado de Montana Department of State Lands, 1992)*



**Lo mayoría de tubos fallan
por Taponamiento**







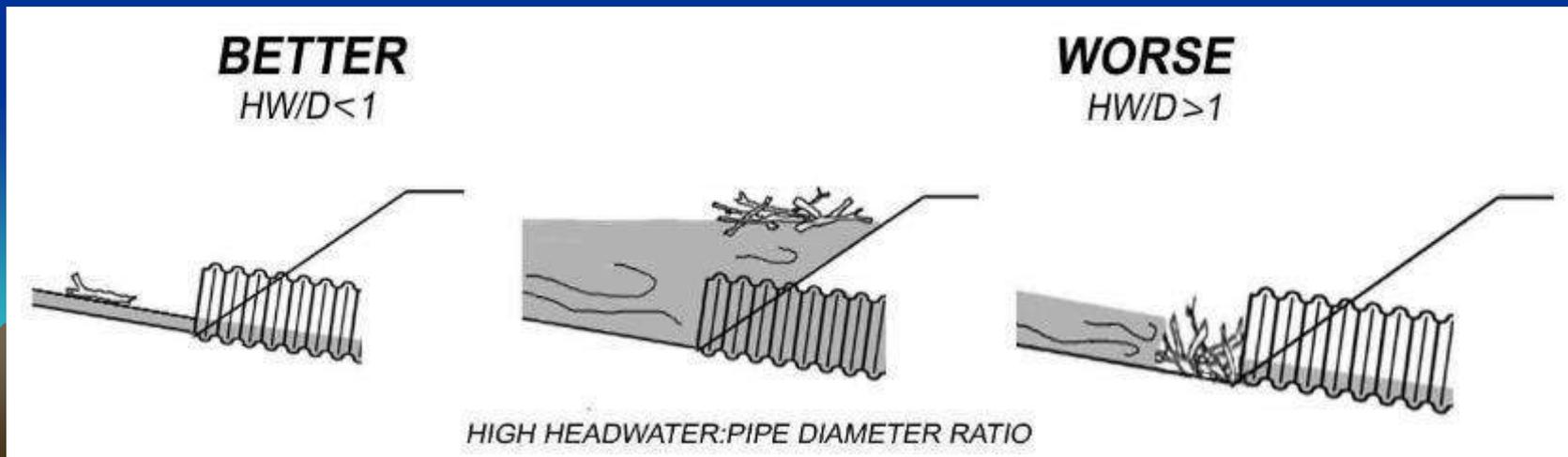


DISEÑO DE TUBERÍA RESISTENTE CONTRA TORMENTAS

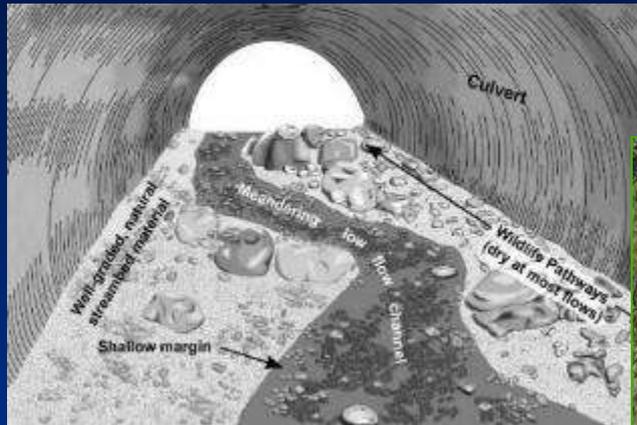
-Q50-Q100 vs Q25

-Ancho del Tubo \geq Ancho del Rio (Q2)
(Bankfull Width)

-HW/D \leq 1.0



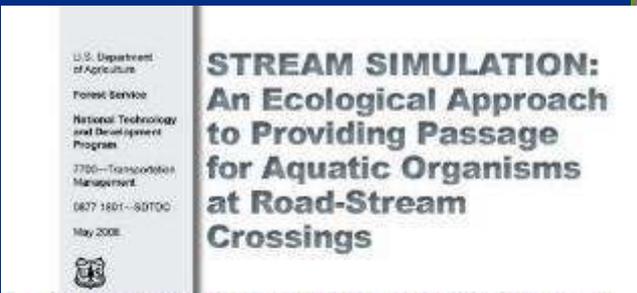
Simulación del Riachuelo



NO!



Mark Weinhold



Vado o Alcantarilla?



Dónde Utilizamos Vados?

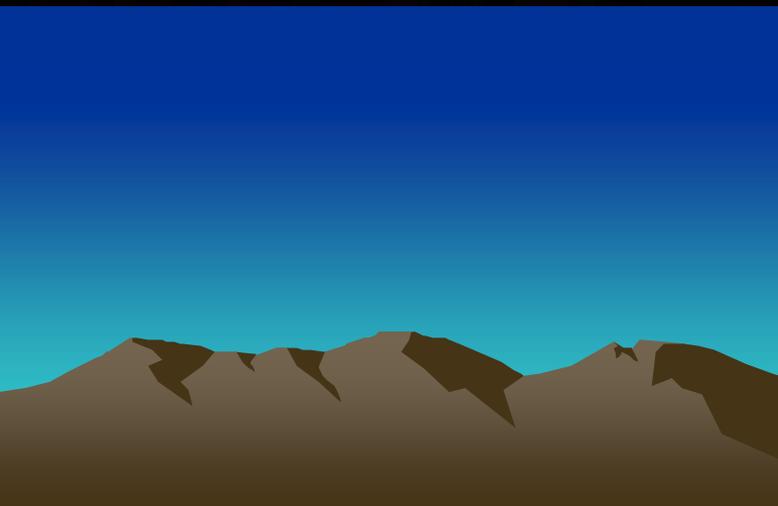
- **Flujos Radicales/Mayor Variación**
- **Bajo Transito**
- **Ruta No-Crítica/Demoras Aceptables**
- **Canales Amplios y Superficiales**
- **Canales con Mucho Arrastre/Detritus**
- **Control de Elevación del Lecho/Barreras**
- **La Alternativa Menos Costosa**

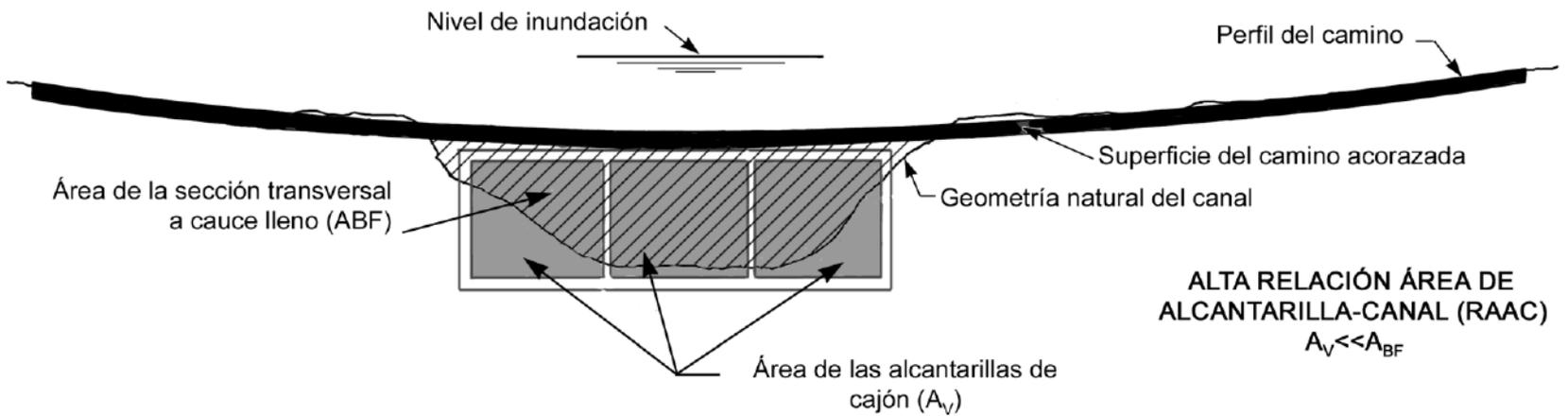
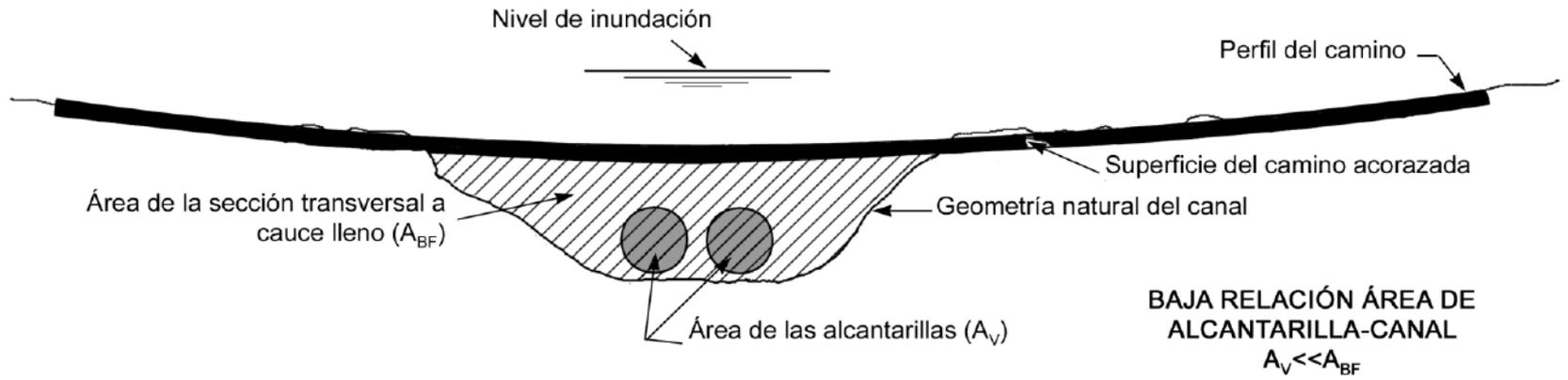






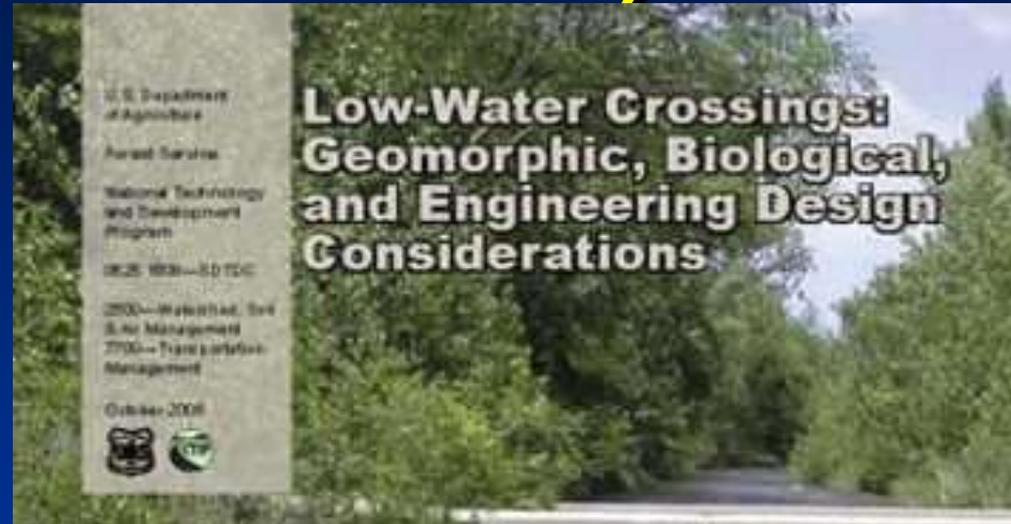








Vados (Badenes)



PUENTES





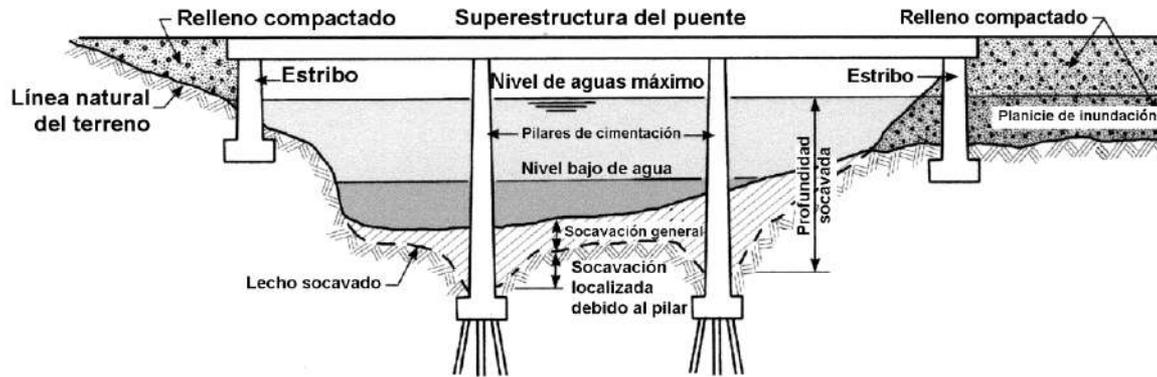




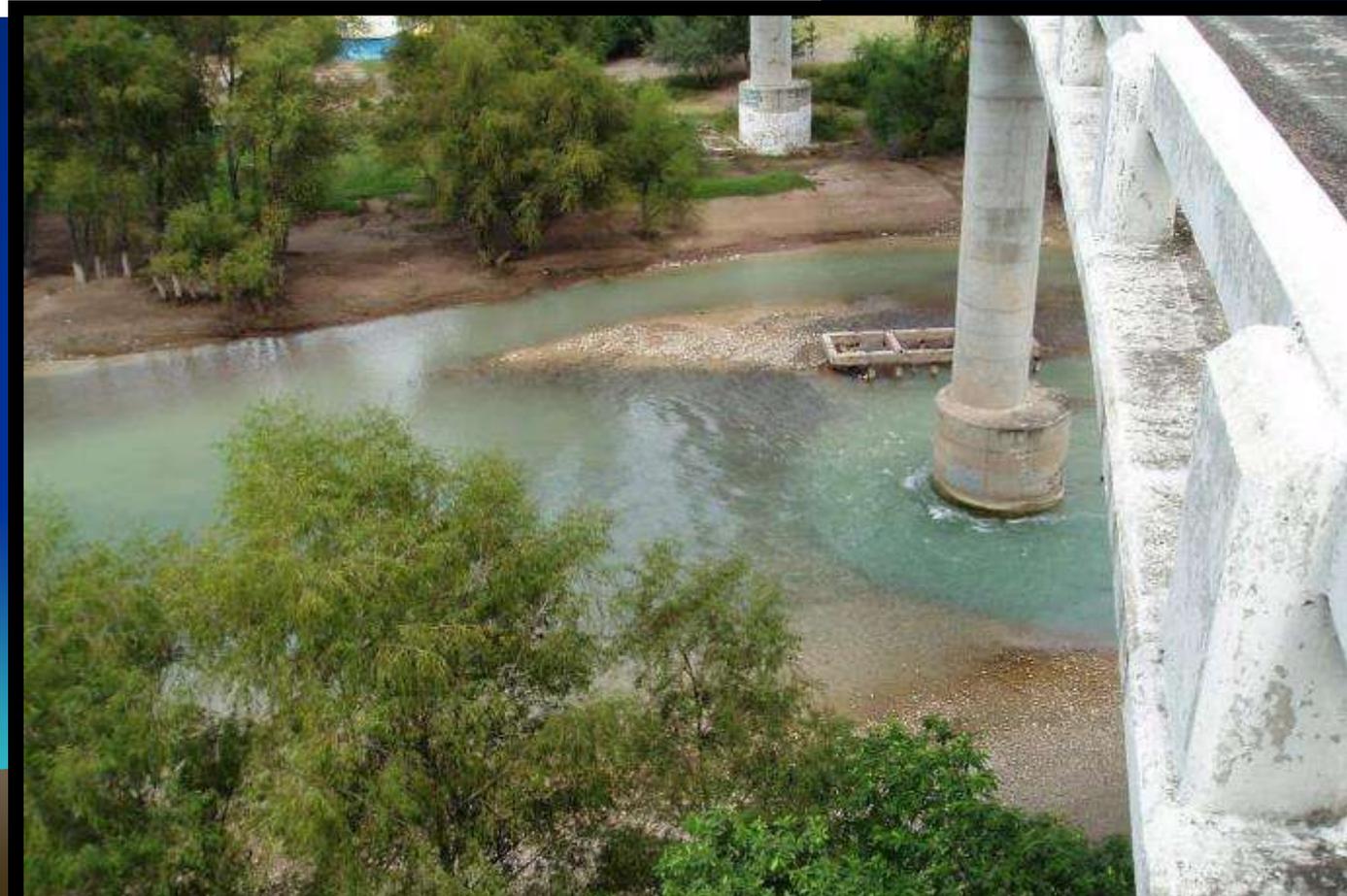
WEIGHT
LIMIT
3 T
13 T



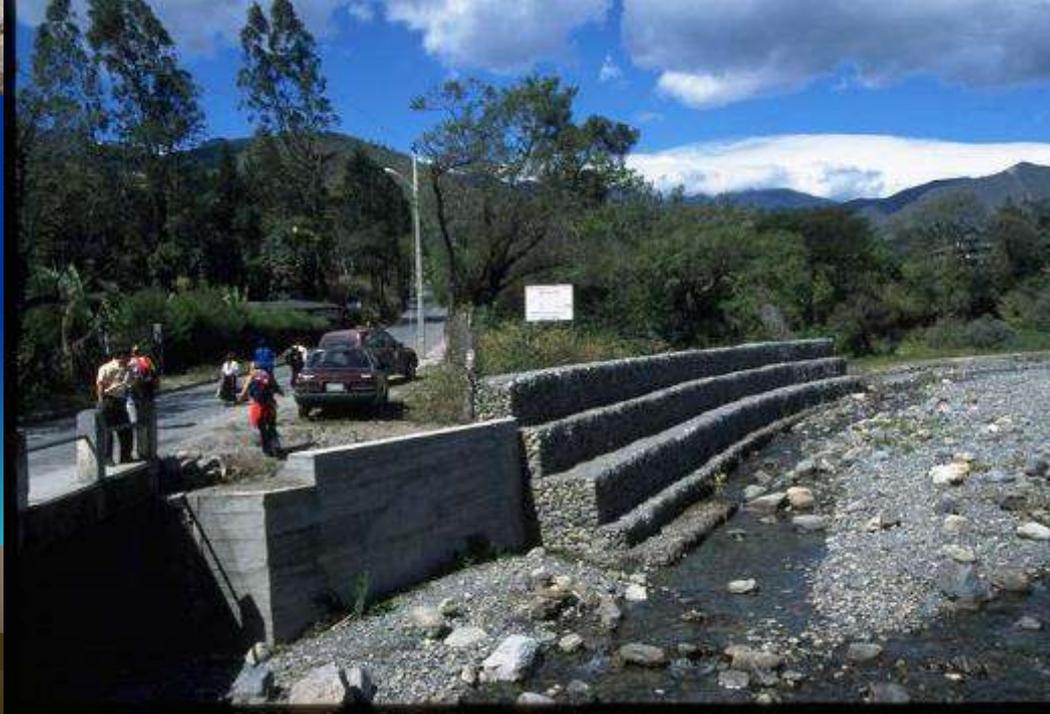
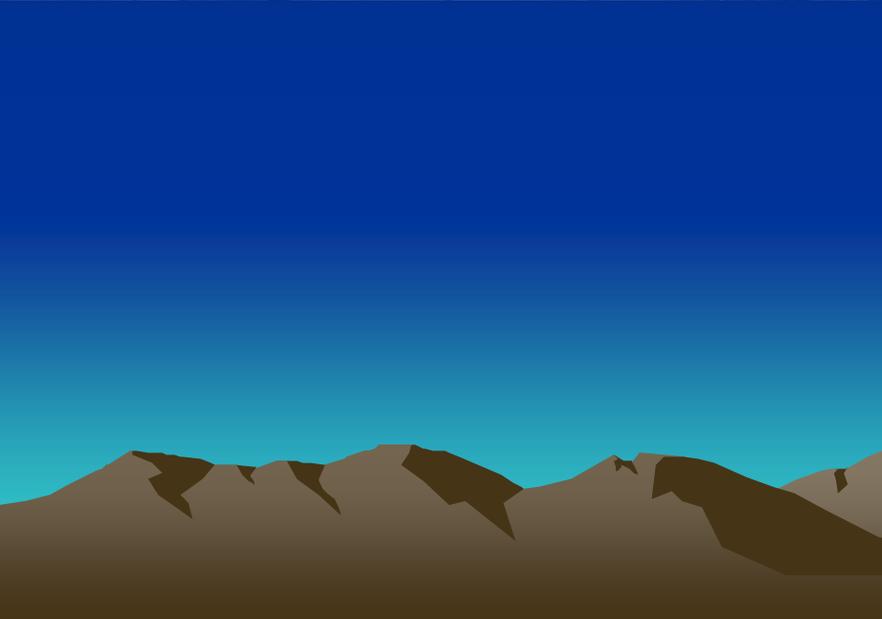




Socavación











DRENAJE SUPERFICIAL



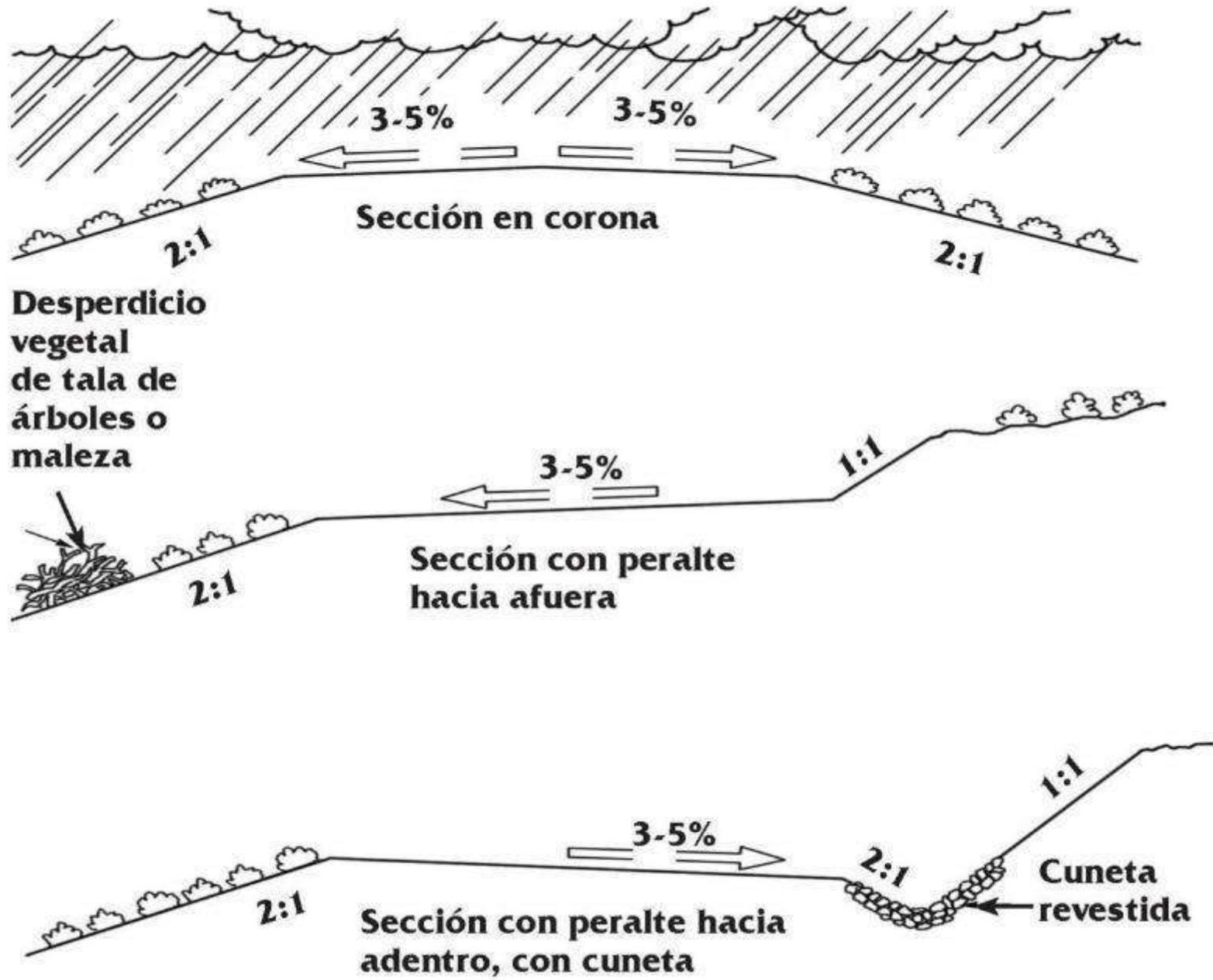


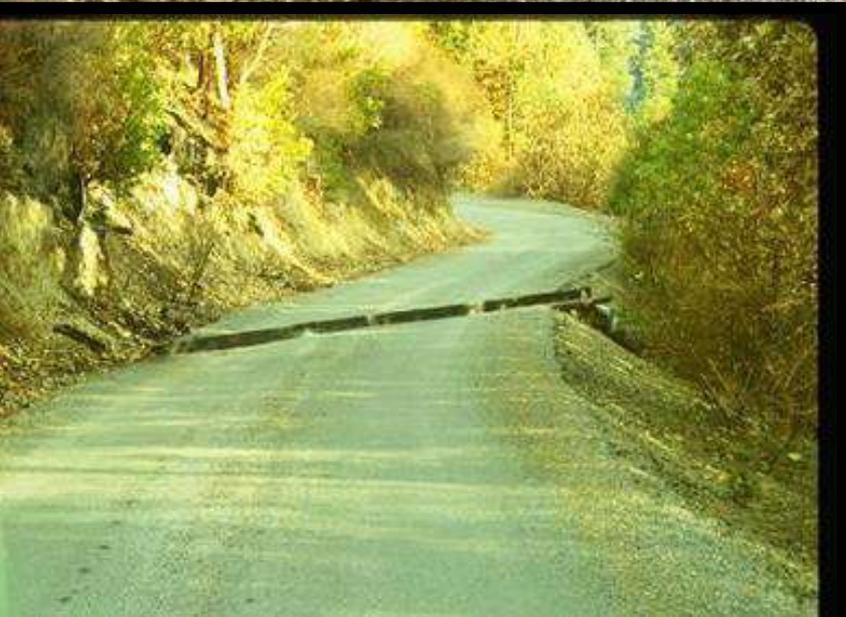


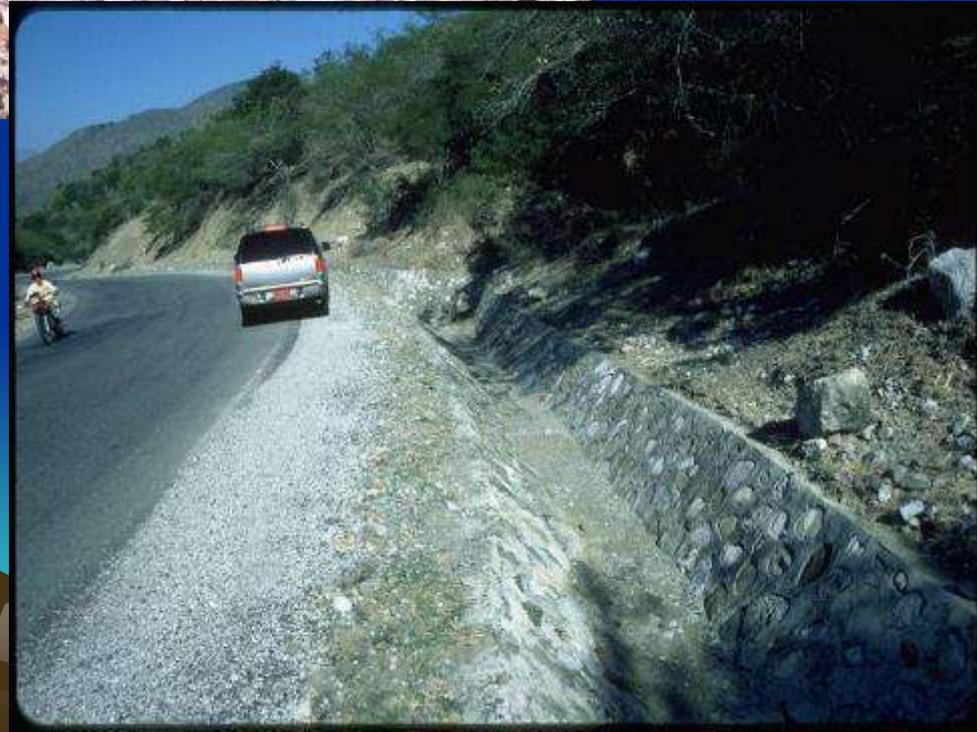
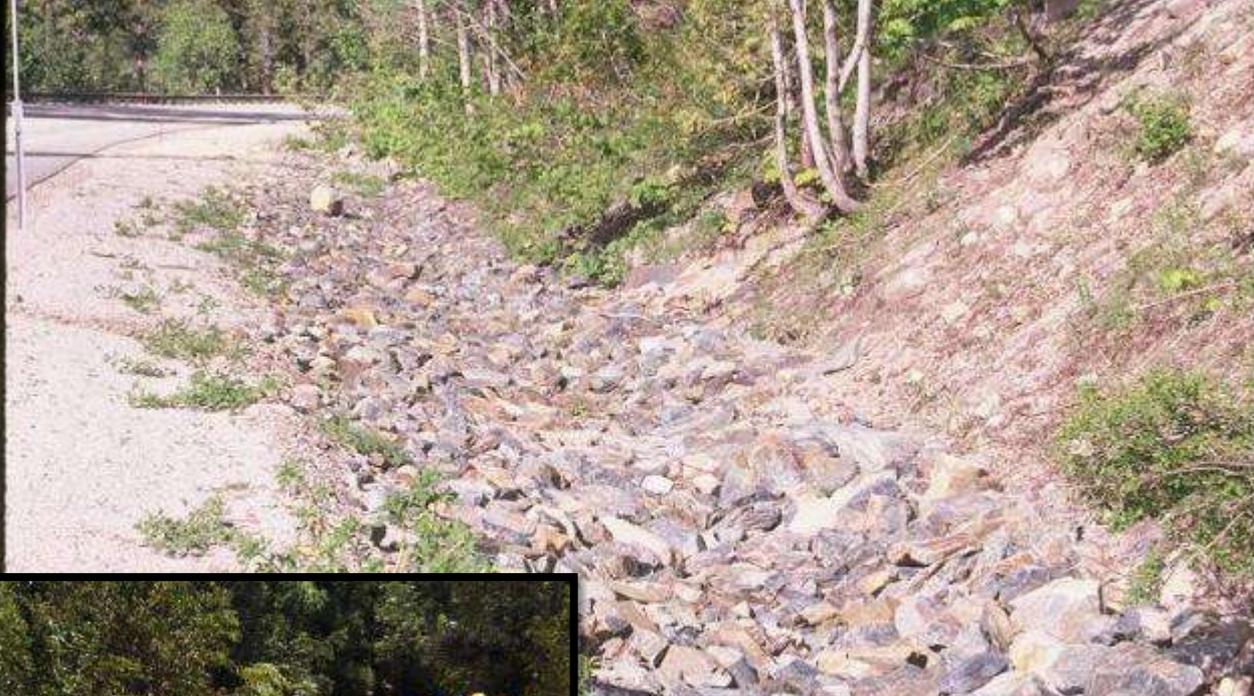




Figura 7.1 Opciones típicas para drenaje de la superficie del camino.









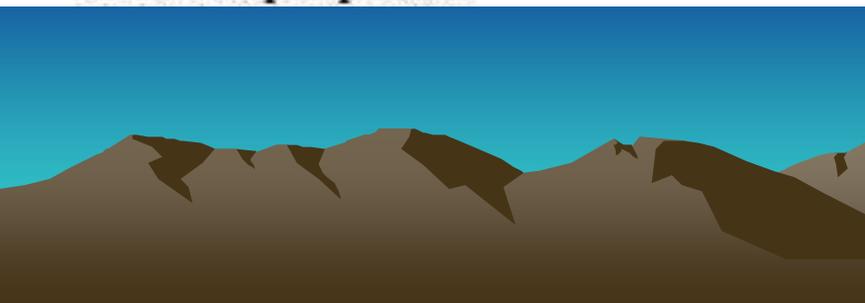
CORTADILLOS



Figura 7.3 Vados ondulantes superficiales (de base ancha).



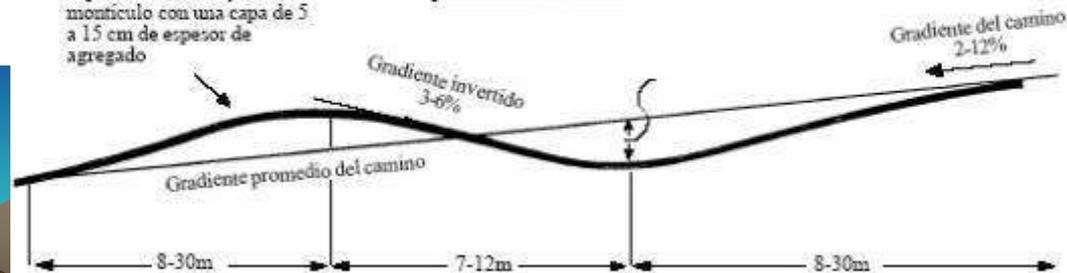
a. Vista en perspectiva

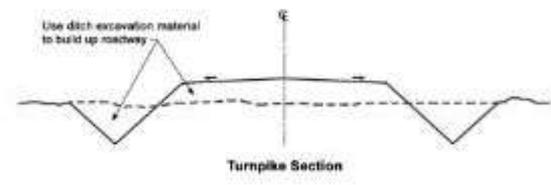
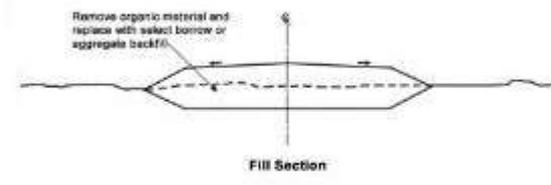
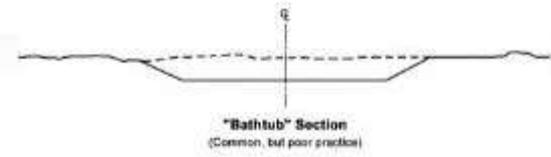


En caso necesario, acorace la superficie del dren y del montículo con una capa de 5 a 15 cm de espesor de agregado

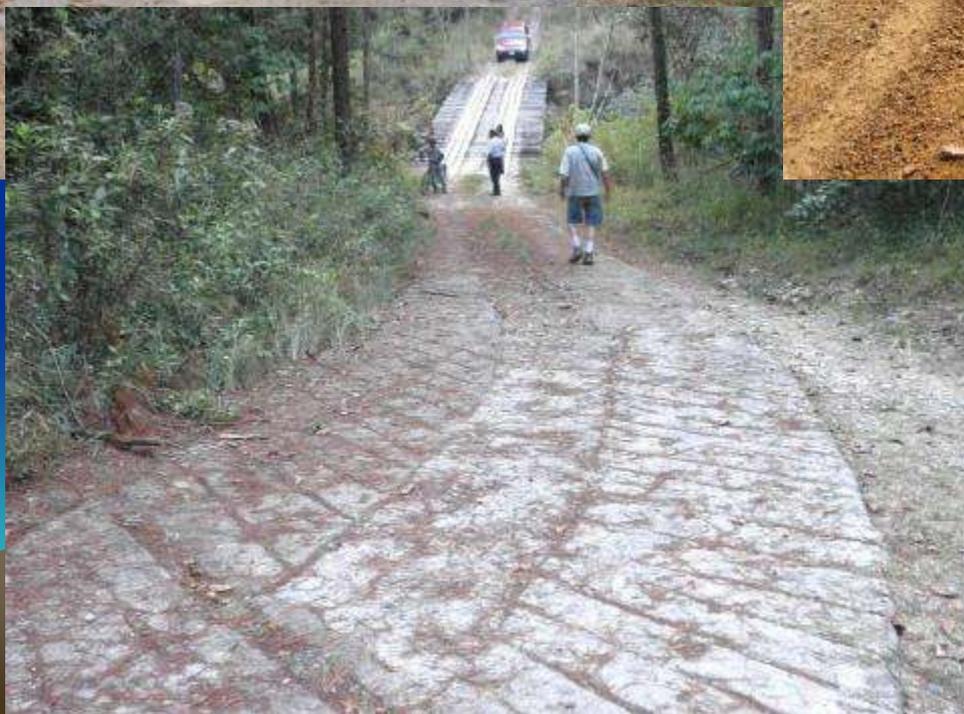
Para camino con peralte hacia adentro: talúd hasta la profundidad de la cuneta interna

Para caminos con peralte hacia adentro: de 3 a 5 cm de profundidad o ajuste a la profundidad de la cuneta interna a la entrada y de 15 a 30 cm de profundidad a la salida.





ROAD OPTIONS IN WET, VERY FLAT TERRAIN





DRENAJE

DRENAJE

DRENAJE

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

- 1-EVITAR 2-PREVENIR 3-ESTABILIZAR
- Cortes
- Terraplenes
- Métodos de Estabilización
 - Uso de Vegetación
 - Sub Drenaje
 - Remover Material
 - Cambia de Plataforma
 - Modificación del Talud
 - Estructuras
- Muros y Rellenos Reforzados

MATERIALES

- **Propiedades de Agregados**
- **Estabilización de Suelos**
- **Canteras y Bancos de Préstamo**
- **Cambio en Volumen**
- **Compactación**
- **Clasificación de Suelos**
- **Pruebas y Ensayos**

Control de Erosión

- Métodos Físicos
- Métodos Vegetativos
- Medidas Biotecnológicas
- Control de Cárcavas

RESILIENCIA Y CAMINOS SOSTENIBLES EN LOS TIEMPOS DE CAMBIOS CLIMÁTICOS



¿Porqué Vias Verdes?

**Para Mejorar
Calidad de Vida**



Para Mejores Caminos



**Para Proteger el
Medioambiente**



**¿Y Qué es Necesario
Para Hacerlo Todo?**

Ustedes!!



Gracias!!

