

# **HERRAMIENTA 07 - MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO CARRETERAS PRIMARIAS**

## **ANEXO 4**

CAF-BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA



Bogotá, D.C.  
Enero de 2017



## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO CARRETERAS PRIMARIAS

Amenaza	Elementos Vulnerables	Medida
Socavación, sedimentación	Obras de drenaje Puentes Terraplenes Taludes Vías	<p>Para obras ubicadas cerca a cuerpos de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforzar obras hidráulicas para evitar incremento de erosión alrededor de los pilotes.</li> <li>• Las secciones de las obras de drenaje deben considerar el riesgo de sedimentación y tener cierta amplitud a fin de que las obras funcionen adecuadamente hasta que se realice su mantenimiento.</li> <li>• La densidad de obras menores debe ser alta para mantener el régimen natural.</li> <li>• Realizar un programa de mantenimiento de cauces y las orillas de los cuerpos de agua, para eliminar el material de arrastre que se puedan acumular al ingreso de los puentes.</li> <li>• Los puentes deben ir acompañados de obras de encauce que no alteren el curso de los ríos, amigables con el entorno, como pontones o box culvert.</li> <li>• Las secciones de las alcantarillas debe diseñarse de considerando la sedimentación de material. Se sugiere que el diseño de la pendiente de las obras permita la auto-limpieza de las obras.</li> <li>• Los elementos del puente en contacto con el flujo deben ser protegidos contra la socavación.</li> <li>• La ubicación del puente debe ser óptima a fin de no generar sedimentación en un margen y socavación en la opuesta.</li> <li>• En caso del incremento excesivo de material de arrastre, causado por avenidas torrenciales, inundaciones u otros eventos que pueden verse agravados por el cambio climático, se recomienda la construcción de presas de retención de material.</li> <li>• Para evitar procesos erosivos, el ingreso y salida de las obras de drenaje debe ser protegidos por obras construidas con hormigón, adyacentes a la plataforma de la vía.</li> <li>• En el diseño geométrico debe considerarse como premisa el respeto de los cauces de agua y de su régimen natural.</li> <li>• Implementar revegetalización en terraplenes y taludes</li> </ul> <p>Para obras de manejo de aguas de escorrentía:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe considerar la construcción de obras de encauce, con el fin de alejar las aguas del terraplén de la vía.</li> </ul>

Amenaza	Elementos Vulnerables	Medida
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las obras de drenaje menor deben estar protegidas al ingreso y a la salida con el fin de evitar procesos erosivos.</li> <li>• En cursos donde sea posible, aguas arriba se pueden implementar barreras transversales de baja altura, a modo de sedimentadores, que permitan el almacenamiento temporal de material de acarreo.</li> <li>• Las estructuras proyectadas deben considerar la sedimentación de material, con el fin de que no se reduzca la sección útil de la estructura.</li> <li>• Acompañar las obras de drenaje de bajantes revestidas aguas arriba y de disipadores de energía aguas abajo.</li> <li>• Implementar barreras transversales para reducir la pendiente de los cursos y disminuir su capacidad de arrastre.</li> <li>• Se recomienda la construcción de cunetas, zanjas de coronación, canales, disipadores, etc.</li> </ul>
Avenidas torrenciales	Obras de drenaje Puentes Terraplén Talud Vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda el desarrollo de nuevos estándares de diseño para estructuras hidráulicas.</li> <li>• Para evitar procesos erosivos, el ingreso y salida de las obras de drenaje debe ser protegidos por obras construidas con hormigón, adyacentes a la plataforma de la vía.</li> <li>• Implementar revegetalización o empradización de taludes y terraplenes</li> <li>• Implementar barreras transversales para reducir la pendiente de los cursos y disminuir su capacidad de arrastre.</li> <li>• Realizar mantenimiento en la vía, de manera que la obra esté libre de material grueso sedimentado.</li> <li>• Aguas abajo, a la salida de las obras deben construirse disipadores de energía con el objeto de evitar la socavación y descalce de la obra.</li> <li>• La ubicación de obras mayores (puentes), debe ser óptima, para evitar procesos erosivos que se incrementan, por ejemplo, por la ubicación de un puente en un tramo curvo de un río.</li> <li>• En el diseño geométrico debe considerar como premisa el respeto de los cursos y de su régimen natural, así como de la franja de protección ribereña.</li> <li>• Se recomienda que la luz del puente cubra todo el ancho de la quebrada y que su altura considere el paso del material acarreado por el agua. Con la intensificación de las lluvias la erosión será mayor, por tanto los caudales sólidos cobrarán mayor relevancia.</li> </ul>

Amenaza	Elementos Vulnerables	Medida
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Las estructuras mayores deben ser protegidas contra la socavación, se debe evitar pilas en medio del cauce</li> <li>Proteger los elementos de la estructura en contacto con el agua, y evitar en el diseño elementos estructurales ubicados dentro del cauce.</li> <li>Realizar actividades de mantenimiento del cauce, para eliminar el material de arrastre acumulado que puede desviar la corriente hacia las cimentaciones.</li> <li>Hacer un monitoreo de las zonas deterioradas en las que haya posibilidad de inestabilidad</li> <li>Construir muros u obras de protección.</li> <li>Implementar obras de manejo y conducción de aguas.</li> </ul>
Inundación pluvial y fluvial	Obras de drenaje Alcantarillas Túneles Terraplenes Puentes y estructuras de soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar e incrementar la cantidad de sistemas de drenaje superficiales y sub-superficiales (por incremento de precipitación)</li> <li>Mejorar la limpieza de escombros de cursos de agua y puentes en áreas propensas a inundación.</li> <li>Revisar los diseños con base en la revisión de análisis hidrológicos y periodos de retorno.</li> <li>Elaborar mapas de áreas propensas a la inundación y de incremento de precipitación.</li> <li>Desarrollar nuevos estándares de diseño para estructuras hidráulicas.</li> <li>Reforzar las estructuras de pilotes sujetas a inundaciones.</li> <li>Incrementar uso de box culverts para desagües cruzados.</li> <li>Evitar la contracción de cauces naturales para evitar la movilidad del curso, favoreciendo la sedimentación en sectores no deseados y generando nuevas zonas de inundación.</li> <li>Dar estabilidad a cauces menores y consolidar márgenes con obras de encauce amigables con el medio ambiente, por ejemplo bolsas rellenas de tierra y semilla en zonas cálidas.</li> <li>De acuerdo al análisis de estudios de caudales máximos y periodos de retorno, se recomienda evaluar la sustitución de un puente por estructuras menores que abarquen más longitud, o trabajar con una obra principal acompañada de otras menores que funcionen como aliviaderos.</li> <li>El diseño del drenaje debe incorporar un análisis de zonas propensas a inundaciones y estudios de los niveles máximos de inundación para establecer la altura mínima de los terraplenes.</li> </ul>

Amenaza	Elementos Vulnerables	Medida
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben establecer las áreas de inundación de los cuerpos de agua, y se deben diseñar obras que abarquen no solo el cauce principal sino las áreas de inundación. Por otra parte, se debe considerar que por los impactos asociados a los fenómenos de El Niño y La Niña, el riesgo de inundaciones que permanezcan mayor tiempo es también superior.</li> <li>• Gestionar y conservar los ecosistemas de humedales y los sistemas marinos y costeros cercanos a la costa que están vinculados hidrológicamente con la cuenca.</li> <li>• En la medida de lo posible, implementar acciones para restaurar ecosistemas y usar técnicas de revegetalización natural, reforestación, entre otras, para el manejo de suelos, erosión, derrumbes, inundaciones, y regulación de escorrentía aguas arriba, a lo largo y ancho de toda la cuenca, identificando áreas de mayor riesgo.</li> </ul>
Avalanchas, Derrumbes o deslizamientos	Taludes Terraplenes Puentes Vía Obras de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforzar las pendientes y aumentar la absorción de agua mediante la revegetalización y empradización.</li> <li>• Incrementar uso de estructuras de retención de suelos en pendientes.</li> <li>• Aplicar mitigación estructural y no estructural.</li> <li>• Construcción de gaviones y muros de retención.</li> <li>• Incrementar uso de estructuras de disipación de energía de aguas para evitar daño y erosión a pendientes.</li> <li>• Incrementar uso de vegetación para control de erosión de suelos.</li> <li>• El diseño de taludes debería incorporar, en taludes que se identifiquen como críticos, un análisis de sensibilidad considerando mayores precipitaciones, con el fin de verificar su estabilidad.</li> <li>• En sitios donde las características climáticas faciliten el crecimiento de vegetación se recomienda proteger los taludes con filtros geotextiles o similares, que lleguen a cubrir la totalidad del talud.</li> <li>• Se recomienda que los muros de pie de talud también tengan vegetación en sus uniones, así su estabilización será completa. Se pueden emplear muros-jardinera, muros de paneles o muros celulares verdes.</li> <li>• Se recomienda emplear elementos de drenaje que alivien la presión en los taludes. Se recomienda revestir las zanjas de coronación, y en lugares de movimiento continuo del suelo se sugiere emplear materiales como la geomembrana para</li> </ul>

Amenaza	Elementos Vulnerables	Medida
		<p>su para su revestimiento a fin de que ésta se acomode a las deformaciones del terreno sin presentar falla.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En zonas de humedad alta y donde se evidencia flujo subsuperficial o subterráneo, se debe prever subdrenaje, drenaje profundo, drenes horizontales, pozos verticales, etc. Por otra parte, se debe considerar que por los impactos asociados a los fenómenos de El Niño y La Niña, el riesgo de inundaciones que permanezcan mayor tiempo es también superior.</li> <li>• Se recomienda el uso de redes de cables, mallas, postes metálicos con alambre tejido y pantallas dinámicas, entre otros, para la contención de material suelto que se precipite por acción de lluvias intensas.</li> <li>• En el caso de roca fracturada o taludes en roca con discontinuidades, se recomienda implementar cunetas en la parte superior del corte, revestidas con geomembrana para evitar la circulación del agua en el cuerpo del talud y que se genere un plano de falla.</li> <li>• En taludes con roca meteorizada, además de mallas para evitar el ingreso de material a la vía, se recomienda incorporar tierra vegetal en las aberturas para iniciar un proceso de crecimiento de vegetación baja pero de raíces profundas, adecuado para zonas áridas.</li> </ul>
Aumentos temperatura- Olas de calor	Pavimento, estructuras hierro y concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar prácticas de construcción en países con climas cálidos.</li> <li>• Utilizar pavimentos en concreto o asfalto diseñados para soportar condiciones extremas de gradiente térmico, incrementos constantes de temperatura y olas de calor, sin modificar sus propiedades, ni perder su capacidad de drenaje.</li> <li>• Considerar en función de la zona en análisis, en caso de extrema afectación climática, la implementación de pavimento rígido.</li> </ul>
Sequías Crisis de disponibilidad de agua	Taludes Terraplenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedecer materiales de construcción</li> <li>• Obtener niveles óptimos de compactación para evitar asentamiento subsecuente.</li> <li>• Asegurar materiales de construcción resistentes a condiciones secas.</li> <li>• Uso de geomallas y geotextiles para el control de erosión.</li> </ul>

Amenaza	Elementos Vulnerables	Medida
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la capacidad de retención de aguas y disminución de tasas de infiltración a través de bio-retención (uso de vegetación)</li> <li>• Identificación de acuíferos y protección de sus áreas de recarga.</li> <li>• Disminución de velocidad de escorrentía mediante obras retención de agua.</li> <li>• Uso de especies vegetales resistentes a condiciones más secas</li> <li>• Uso de compost para mejorar bio-retención</li> </ul>
Huracanes, Vendavales	Puentes Elementos de señalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación de diseños de soportes y anclajes.</li> <li>• Instalación de sistema de protección corta vientos.</li> <li>• Plantación de árboles adaptados a zonas costeras.</li> </ul>
Aumento del nivel del mar	Túneles Puentes Vía Obras de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y monitoreo de carreteras que puedan estar sujetas a esta amenaza.</li> <li>• Uso de materiales resistentes a la salinidad y humedad</li> <li>• Incremento de elevación de la vía por encima del aumento del nivel del mar esperado.</li> <li>• En caso de ser necesario, considerar el realineamiento de la vía.</li> <li>• Incrementar cantidad de drenajes transversales y longitudinales y muros corta-olas.</li> <li>• Uso de vegetación de manglares para contribuir en la protección de bancas de carreteras costeras.</li> <li>• Uso de arrecifes artificiales para disminución de la fuerza de olas.</li> <li>• Usar alcantarillas (culverts) de concreto reforzado.</li> </ul>