

Carreteras resilientes una opción impostergable para Cuba.

Autores: Ing. Osmán Herrera Montiel, Ing. Aliesky Rodríguez del Rey Martínez

Empresa de Diseño e Ingeniería (IDEAR), Cienfuegos, Cuba, osman@idear.cu CI: 64041316066
Centro Provincial de Vialidad, Cienfuegos, Cuba, aliesky.mart@cpvcfg.transnet.cu CI: 84101014029

Resumen

La reducción de riesgo de desastres naturales en nuestro país es una prioridad, su estrategia se sustenta en un marco legal y cuenta con una sólida base institucional para su implementación y el control de su cumplimiento, pero las limitaciones de recursos materiales y financieros muchas veces dan al traste con la recuperación en poco tiempo de daños de gran magnitud por lo que adaptar la red vial del país al cambio climático es una necesidad impostergable. Para lograr una adecuada relación costo-eficacia en las inversiones de infraestructura del transporte y que a su vez aporte beneficios duraderos para el desarrollo, es de vital importancia que se tengan en cuenta las consecuencias del cambio climático, puesto que son especialmente vulnerables a eventos meteorológicos extremos, tales como el incremento de las temperaturas, las inundaciones por intensas lluvias y las penetraciones del mar. El clima de la Isla es cada vez más cálido y extremo; desde el 2001 hasta la fecha hemos sido afectados por nueve huracanes intensos, hecho sin precedentes en la historia y se estima que el nivel del mar ha subido de forma acelerada en los últimos cinco años.

Afortunadamente, existen maneras efectivas de adaptar las carreteras nuevas y de modificar las existentes para mejorar la resiliencia al cambio climático. De eso trata este trabajo cuyo objetivo principal es hacer una valoración del costo de "no hacer nada" frente a la aplicación de medidas de adaptación sobre la base de que las carreteras resilientes al cambio climático suelen tener mayores costos iniciales de construcción, pero estos quedan compensados con creces por los menores gastos anuales en mantenimiento, reparación y rehabilitación.

Introducción

Cuba es un pequeño estado insular con escasos recursos y una economía que enfrenta no pocas dificultades para su desarrollo lo cual la hace muy vulnerable a los efectos del cambio climático. Las carreteras no escapan a las consecuencias de este fenómeno y en los últimos 15 años los daños por eventos hidro-meteorológicos han sido significativos afectando el desarrollo económico y social en varias regiones del país que han sido azotadas por huracanes de gran poder destructivo, intensas lluvias que han provocado inundaciones y deslizamientos de tierra, así como penetraciones del mar en zonas bajas del litoral.

Datos avalados por estudios científicos ratifican que hoy el clima de la Isla es cada vez más cálido y extremo; se ha observado gran variabilidad en la actividad ciclónica; desde el 2001 hasta la fecha hemos sido afectados por nueve huracanes intensos, entre los más devastadores se registran el Sandy (2012), el Mathew (2016) y el Irma (2017), este último azotó casi toda la isla dejando una estela de daños solo comparados con los del huracán Flora en octubre de 1963.



Fig.1: Impacto del huracán Mathew en la región oriental de Cuba, 2016

El evento meteorológico extremo más reciente ocurrido en Cuba fue la Tormenta Sub-Tropical Alberto que provocó lluvias intensas entre los días 26 y 28 de mayo del presente año que afectaron fundamentalmente la región central donde se registraron precipitaciones por encima de 700 mm que provocaron la crecida de los ríos e inundaciones que ocasionaron severos daños e interrupciones prolongadas en la red vial.



Fig.2: Tramo de la Autopista Nacional (Km 164) en Cienfuegos inundado por las intensas lluvias de mayo de 2018.

Se estima que el nivel del mar ha subido de forma acelerada en los últimos cinco años. Las inundaciones costeras ocasionadas por la sobre elevación del mar y el oleaje, producidos por huracanes, frentes fríos y otros eventos meteorológicos extremos, representan el mayor peligro para las carreteras cercanas a los litorales.

Según el Instituto de Meteorología, la temperatura media anual de Cuba durante 2017 alcanzó un valor de 0.53 °C por encima de la media histórica del período 1961-1990, que registró 25.49 °C; este valor constituyó el duodécimo más alto desde 1951 contribuyendo a acentuar la tendencia al incremento de la temperatura media anual en el país (Boletín de la Vigilancia del Clima, Cuba, 2017).

Sin lugar a dudas los fenómenos meteorológicos extremos ejercerán un estrés considerable sobre la infraestructura vial de Cuba. El deterioro acumulado por la falta de mantenimiento y el envejecimiento acelerado de las carreteras causado por el aumento de las temperaturas exigirán que aumenten las tareas de conservación y que sean más frecuentes las de rehabilitación.



Fig. 3: Colapso del puente sobre el río Zaza en Sancti Spiritus, Cuba, 2018.



Fig. 4: Colapso del puente sobre el río Toa en Baracoa, Cuba, 2016.

Además de los costos de conservación y rehabilitación más elevados, el deterioro de las carreteras derivado del cambio climático también ocasionará interrupciones más frecuentes en la circulación de bienes y personas, lo que tendrá consecuencias directas sobre el desarrollo económico.

La reducción de riesgo de desastres naturales en Cuba es una prioridad, su estrategia se sustenta en un marco legal y cuenta con una sólida base institucional para su implementación y el control de su cumplimiento, pero las limitaciones de recursos materiales y financieros muchas veces dan al traste con la recuperación en poco tiempo de daños de gran magnitud. No hay alternativa; se hace necesario invertir en la reducción de riesgos y vulnerabilidades en la red vial del país ya que en ocasiones por no ejecutar soluciones de poca complejidad y bajo coste enfocadas hacia ese objetivo cuando ocurre un evento hidro-meteorológico hay que acometer acciones emergentes para reparar los daños que al final demandan mayor cantidad de recursos materiales y financieros.

Con respecto a este tema la problemática actual en Cuba gira en torno a factores objetivos, fundamentalmente de índole económica, varios de ellos se relacionan a continuación:

- Los programas de inversión en la vialidad no tienen el alcance necesario para enfrentar el tema de la vulnerabilidad en las carreteras.
- Cuantiosas son las pérdidas en la red vial por eventos climatológicos, principalmente puentes, alcantarillas y tramos de carreteras que han colapsado parcial o totalmente.
- Existe la tendencia a resolver el problema inmediato y una vez solucionada la crisis desaparece la necesidad de aplicar una solución permanente con visión de futuro. Lo cual no es más que reconstruir la vulnerabilidad.
- En ocasiones, la rapidez de la respuesta no se corresponde con la complejidad y las consecuencias del daño y se extiende el plazo de tiempo en que no se dispone de la vía completamente restablecida y mucho más para tener la solución definitiva que debería corregir la vulnerabilidad.
- Las intervenciones que normalmente se contratan al amparo de los planes de conservación vial son de relativamente bajo costo, porque los presupuestos asignados se dirigen principalmente a mejorar el estado de los pavimentos.

La problemática antes descrita conduce a asumir un enfoque de reducción de riesgo de desastres (RRD) con la aplicación de medidas de adaptación al cambio climático (ACC) para lograr una red de carreteras resilientes ante los fenómenos adversos.

Objetivos

Este trabajo se plantea un objetivo general enfocado a hacer una valoración del costo de “no hacer nada” frente a la aplicación de medidas de adaptación sobre la base de que las carreteras resilientes al cambio climático suelen tener mayores costos iniciales de construcción, pero estos quedan compensados con creces por los menores gastos anuales en mantenimiento, reparación y rehabilitación.

Desarrollo

El término resiliencia procede del latín (Kotliar-enco, Cáceres y Fontecilla, 1997), de la palabra resilio, que significa volver atrás, volver de un salto, resaltar, rebotar. Los diccionarios (Kotliar-enco et al., 1997) entienden por resiliencia la resistencia de un cuerpo a la rotura por golpe. La fragilidad de un cuerpo decrece al aumentar la resistencia. O, la capacidad de un material de recobrar su forma original después de someterse a una presión deformadora.

La Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (UNISDR) por sus siglas en inglés define “resiliencia” como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas”.

La resiliencia, en sentido general, es la capacidad de superar los eventos adversos.

En carreteras, la resiliencia se refiere a la capacidad para soportar eventos extraordinarios (sismos, inundaciones, penetraciones del mar) que provocan que en tramos vulnerables se produzcan afectaciones que impidan el tráfico por un periodo de tiempo, que puede ser prolongado. La resiliencia se manifiesta en las carreteras cuando éstas mantienen un nivel mínimo transitabilidad ante una situación adversa y luego se restablece en un tiempo corto a un costo razonable. De esta manera una carretera resiliente no colapsa totalmente ante un evento destructivo.

La resiliencia permite, en el corto o largo plazo, anticipar los riesgos y oportunidades que se pueden presentar en los sistemas de transporte, para asegurar la continuidad del servicio a pesar de la presencia de fenómenos climáticos, antes, durante o después de que éstos se presenten.

El concepto clave de la resiliencia es desarrollar una capacidad adaptativa continua.

Es común utilizar la resiliencia y la adaptación de forma intercambiable; sin embargo, la resiliencia es un concepto mucho más amplio, mientras que la adaptación son respuestas específicas a una amenaza del tipo climático para que la infraestructura trabaje de forma aceptable.

La resiliencia dobla el alcance de la adaptación, considera a ésta como primera fase y continúa con un aumento de la capacidad del sistema adaptado. La resiliencia ofrece un enfoque más amplio y a largo plazo en el fortalecimiento de la capacidad al mismo tiempo que se reducen los impactos específicos.

Las carreteras están amenazadas por eventos físicos potencialmente peligrosos como los que se describen a continuación:

Los *deslizamientos* de tierra que son provocados por el movimiento horizontal o vertical de los materiales que forman las laderas consisten en un descenso masivo y relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad y pueden ser desencadenados por sismos, suelos saturados por lluvias intensas, por la proximidad del nivel freático a la superficie y por erosión causada por ríos.



Fig. 5: Deslizamiento de tierra por saturación del suelo en una carretera de montaña en Cienfuegos, Cuba, 2005.

Las *inundaciones*, que pueden ser terrestres causadas por la crecida de los ríos debido a fuertes lluvias y las costeras causadas por el aumento en el nivel del mar y el oleaje provocado por frentes fríos y ciclones tropicales.



Fig. 6: Inundación a causa de la crecida del río Caonao en Cienfuegos, Cuba, 2018.



Fig. 7: Inundación costera en el Malecón de La Habana, Cuba, 2018.

Otra amenaza a tener en cuenta como consecuencia del cambio climático es el aumento de las temperaturas y la radiación ultravioleta que inciden negativamente sobre los pavimentos asfálticos.

- El endurecimiento de la carpeta asfáltica, haciéndola menos flexible.
- Disminución de la resistencia al deslizamiento debido a la exudación del asfalto.
- Disminución de la resistencia de la mezcla asfáltica aumentando la aparición de deformaciones como roderas, ondulaciones, ahuellamiento, etc.
- Alteración del módulo de rigidez del pavimento, volviéndose más sensible. Esta sensibilidad a la temperatura puede provocar agrietamientos por fatiga y una posterior deformación estructural.



Fig. 8: Ahuellamiento en carpeta asfáltica.

La *vulnerabilidad* es la combinación de una serie de factores y características que convergen en una carretera o tramo determinado, haciéndolo susceptible a los efectos dañinos y puede ser física o estructural.

- La vulnerabilidad física se refiere a la ubicación o emplazamiento de la vía en zonas de amenaza, como por ejemplo en trazados a media ladera bordeando las montañas, en los valles de inundación de los ríos, en franjas costeras, etc.
- La *vulnerabilidad estructural* se refiere a la no aplicación de buenas prácticas de construcción y a las deficiencias estructurales que presentan fundamentalmente los puentes y obras de fábrica restándoles capacidad para asimilar los efectos de los fenómenos naturales.



Fig. 9: Carretera de Pasacaballos en Cienfuegos, Cuba. Vulnerabilidad física por su proximidad a la costa.



Fig. 10: Puente sobre río Mataguá en el Circuito Sur Cienfuegos, Cuba. Vulnerabilidad estructural.

La vulnerabilidad también puede ser definida por tres niveles: baja, media y alta.

El *riesgo* es la probabilidad de consecuencias perjudiciales como resultado de la interacción entre amenazas y vulnerabilidades en un tramo de carretera determinado.

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 adoptado en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas celebrada en Sendai (Japón) el 18 de marzo de 2015 plantea desafíos y acciones muy concretos en términos de la gestión del riesgo a través de cuatro prioridades.

Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres

Las políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno. Esos conocimientos se pueden aprovechar para la evaluación del riesgo previo a los desastres, para la prevención y mitigación y para la elaboración y aplicación de medidas adecuadas de preparación y respuesta eficaz para casos de desastre.

Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo

La gobernanza del riesgo de desastres en los planos nacional, regional y mundial es de gran importancia para una gestión eficaz y eficiente del riesgo de desastres a todos los niveles. Es necesario contar con claros objetivos, planes, competencia, directrices y coordinación en los sectores y entre ellos, así como con la participación de los actores pertinentes. Por lo tanto, el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la prevención, mitigación, preparación, respuesta, recuperación y rehabilitación es necesario y fomenta la colaboración y las alianzas entre mecanismos e instituciones en la aplicación de los instrumentos pertinentes para la reducción del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible.

Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.

Las inversiones públicas y privadas para la prevención y reducción del riesgo de desastres mediante medidas estructurales y no estructurales son esenciales para aumentar la resiliencia económica, social, sanitaria y cultural de las personas, las comunidades, los países y sus bienes, así como del medio ambiente. Estos factores pueden impulsar la innovación, el crecimiento y la creación de empleo. Esas

medidas son eficaces en función del costo y fundamentales para salvar vidas, prevenir y reducir las pérdidas y asegurar la recuperación y rehabilitación efectivas.

Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

El crecimiento constante del riesgo de desastres, incluido el aumento del grado de exposición de las personas y los bienes, combinado con las enseñanzas extraídas de desastres pasados, pone de manifiesto la necesidad de fortalecer aún más la preparación para casos de desastres, adoptar medidas con anticipación a los acontecimientos, integrar la reducción del riesgo de desastres en la preparación y asegurar que se cuente con capacidad suficiente para una respuesta y recuperación eficaces a todos los niveles. Es esencial empoderar a las mujeres y las personas con discapacidad para que encabecen y promuevan públicamente enfoques basados en la equidad de género y el acceso universal en materia de respuesta, recuperación, rehabilitación y reconstrucción. Los desastres han demostrado que la fase de recuperación, rehabilitación y reconstrucción, que debe prepararse con antelación al desastre, es una oportunidad fundamental para “reconstruir mejor”, entre otras cosas mediante la integración de la reducción del riesgo de desastres en las medidas de desarrollo, haciendo que las naciones y las comunidades sean resilientes a los desastres.

Resultados

Una carretera existente puede llegar a ser resiliente al clima, sobre la base de emprender correcciones en función de nuevas normativas, regulaciones y disposiciones, que conduzcan a definir medidas de adaptación al cambio climático (ACC) y que los planes de conservación y mantenimiento tomen en cuenta la resiliencia a los impactos del cambio climático durante su vida útil.

Las carreteras requieren de inversiones seguras y capaces de resistir y absorber los efectos de la variabilidad y el cambio climático, por tanto es fundamental que sean diseñadas de manera resiliente y con visión a largo plazo vinculada, a su vez, con la visión integral del servicio que brindan a las personas y a la economía. Por su parte la explotación y el mantenimiento tendrán que llevarse a cabo con un enfoque de RRD/ACC, solo así se podrá lograr paulatinamente que las carreteras del país adquieran condiciones de resiliencia. Urge revertir la situación actual, es preciso un cambio de mentalidad en el nuevo contexto de un desarrollo climáticamente inteligente que implica la integración de la RRD/ACC.

Para lograr la resiliencia en las carreteras es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- *Organización:* Instituciones del Estado y el Gobierno encargadas de trazar políticas, estrategias y normas priorizando la reducción del riesgo de desastres (RRD).
- *Identificar, comprender y utilizar escenarios de riesgo actual y futuro:* Conocer las vulnerabilidades y el grado de exposición al riesgo; así como la amenaza más probable y de mayor impacto.
- *Fortalecer la capacidad financiera:* Cuantificar las pérdidas anuales promedio y las máximas pérdidas probables. Evaluar alternativas para disminuir su impacto y asignar presupuesto.
- *Diseño resiliente:* Revisar y actualizar las normas y regulaciones de la construcción; disminución del riesgo existente, priorizar carreteras críticas.
- *Aumentar la resiliencia de las carreteras críticas:* Evaluación de carreteras críticas y aplicar medidas de ACC; análisis costo-beneficio.
- *Asegurar una respuesta adecuada y efectiva ante desastres:* Elaboración y actualización de los Planes de Reducción de Desastres. Ejercicios de preparación para contingencias.

- *Acelerar el proceso de recuperación y reconstruir mejor.* Concentración de recursos (humanos, materiales y financieros) a los procesos de recuperación y reconstrucción; evitar recrear riesgos; visión de largo plazo.

Para lograr esto, las posibles medidas de adaptación incluyen:

- Asegurar que las carreteras sean resilientes a la ocurrencia, con mayor frecuencia, de los eventos naturales extremos tales como: sismos, lluvias intensas, inundaciones y aumento de las temperaturas.
- Asegurar que las inversiones tomen en cuenta las consecuencias del cambio climático.
- Aplicar un enfoque de diseño y construcción flexible que permita que las nuevas carreteras puedan ser modificadas en el futuro sin necesidad de costos elevados.
- Asegurar que las instituciones encargadas de la planificación, diseño y explotación de carreteras y los profesionales estén preparados para aplicar medidas de ACC.

Se puede esperar entonces como resultado una red de carreteras más resilientes y robustas, capaces de soportar el impacto del cambio climático con mayor flexibilidad para absorber la incertidumbre a un costo razonable.

Valoración del costo de la inacción frente a la adaptación proactiva.

Utilizando los resultados de los modelos económicos formales, Stern (2006) se estima que si se actúa, los costos y riesgos globales del cambio climático equivaldrán a perder al menos el 5% del PIB mundial cada año, actualmente y en el futuro. Si se tiene en cuenta una gama más amplia de riesgos e impactos, las estimaciones de daño podrían elevarse hasta un 20% del PIB o más.

Los elementos más importantes a considerar en una evaluación económica de la adaptación al cambio climático son:

- Los costos y beneficios de la adaptación.
- Los plazos de la adaptación.
- Manejar la incertidumbre del clima futuro.
- Asignar recursos para incentivar la adaptación.

Resulta muy conveniente determinar cuál es el procedimiento de adaptación más apropiado y con mejor relación costo-beneficio para el caso de Cuba. Es aconsejable entonces desarrollar un método que permita comparar el costo de la inacción frente a la adaptación proactiva. El Grupo Banco Mundial en su publicación “Mejorar la resiliencia al cambio climático de las infraestructuras de África: El sector de carreteras y puentes” (2018) se refiere a tres dimensiones principales para llevar a cabo este análisis que muy bien se pueden aplicar en Cuba:

- Evaluación del costo de los activos viales durante todo su ciclo vital, incluidas la construcción, la conservación, la reparación y la rehabilitación.
- Consideración de diversas hipótesis derivadas del cambio climático.
- Cuantificación del impacto general de las interrupciones del tránsito derivadas del cambio climático

Existen metodologías que pueden ayudar a encaminar los esfuerzos en materia de adaptación, sólo habría que ajustarlas a las condiciones de Cuba, tal es el caso de la metodología de la Asociación Mundial de la Carretera, pero es preciso aumentar el conocimiento de los riesgos a los que están expuestas las carreteras y los procedimientos para identificarlos.

Conclusiones

1. Un adecuado mantenimiento vial es el mejor y más eficiente modo de reducir el impacto del cambio climático sobre las carreteras. Los daños ocasionados por fenómenos climáticos se agravan si no existe una adecuada política de mantenimiento.
2. Es conveniente invertir de modo proactivo en mejoras de la pavimentación para asimilar los efectos del aumento de las temperaturas, sobre todo teniendo en cuenta que el incremento de los costos de esas medidas de adaptación son bastante bajos.
3. Con relación a las lluvias intensas y las inundaciones, la justificación de las medidas de adaptación y la mejora de la resiliencia, llevan implícito un elevado costo, y el correspondiente ahorro en mantenimiento y rehabilitación puede no llegar a compensar los mayores costos iniciales. En este caso el análisis de la factibilidad económica de las medidas de adaptación debe enfocarse hacia el impacto general de las interrupciones del tránsito.
4. La reducción del riesgo y una mejor preparación para afrontar los impactos del clima y los desastres pueden hacer que disminuya considerablemente el costo de dichos eventos.
5. Una carretera es resiliente al clima si es, diseñada, construida y operada pensando en el clima actual y futuro.

Recomendaciones

1. Al decidir si se desea adaptar las carreteras al cambio climático y la estrategia a seguir para lograrlo, los planificadores del transporte deben evaluar cada caso particular sin generalizar.
2. Atendiendo al prolongado ciclo de vida de las carreteras, su planeación debe llevarse a cabo con un enfoque de integración de la RRD/ACC.

Bibliografía

- Banco Mundial, Crear resiliencia, mediante la integración de los riesgos climáticos y de desastre en el proceso de desarrollo, 2014.
- Bueno R., Herzfeld C., Stanton E. E., Ackerman F., El caribe y el cambio climático. Los costos de la inacción. Tufts University, 2008, páginas 13-20.
- Gay L. F., Infraestructura resiliente: Desempeño sostenido en un mundo siempre cambiante, ISSN: 2007-5316, 2016, páginas 78-83.
- <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>.
- Mendoza J. F., Marcos O. A., El efecto del cambio climático en los pavimentos carreteros, 2017, páginas 3-7.
- Mendoza J. F., Marcos O. A., Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático, 2017.
- Palma J. A., Análisis de riesgo y vulnerabilidad en proyectos de carreteras, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012, páginas 12-29.
- UNISDR, Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030), 2015.