

Vulnerabilidad de la infraestructura del sector transporte

en nuestro país.

Ing. Jorge Arturo Castro

El comercio internacional y el infraregional centroamericano tiene a su disposición un "corredor natural" que discurre por el litoral Pacífico, formando parte de éste, nuestra Carretera Interamericana (Peñas Blancas a Paso Canoas) y las conexiones a los puertos de Limón/Moin (Carretera Braulio Carrillo) y Caldera (Ruta 23), y a los aeropuertos Juan Santamaría (Carretera General Cañas) y Daniel Oduber (Ruta 21).

El "corredor natural" es el vínculo físico más claro entre los países centroamericanos. Pasa aledaño a la costa Pacífica, partiendo de la frontera de Guatemala con México en Tecun Umán y concluyendo en la Ciudad de Panamá. Este corredor tiene una longitud de 1.631 kilómetros y sirve además de acceso a los puertos que se encuentran en el litoral Pacífico. Las carreteras que conforman este corredor del comercio centroamericano son las principales arterias de transporte de la región, movilizando miles de toneladas de mercancías entre los países del istmo. Además, estas vías son de vital importancia para intercomunicar las principales ciudades de estos países. Históricamente han sido rutas impulsoras del crecimiento de grandes regiones productivas y han propiciado el fortalecimiento de importantes polos de desarrollo.

Parte importante de nuestra red vial es la que posibilita la participación de los productores e industriales costarricenses en dicho intercambio comercial al

facilitar el manejo de la carga, por lo que es de interés nacional procurar su permanente funcionamiento. Consecuentemente es necesario formular un plan de acción que permita elaborar diagnósticos y plantear soluciones para la reducción de las vulnerabilidades y el impacto de los desastres que ocurren año tras año. Es fácil entender entonces las implicaciones económicas que para el país tiene la frecuente interrupción de estas vías por causa del impacto de los fenómenos naturales, por lo que es evidente la necesidad de analizarlas desde la óptica de su fragilidad para resistir los embates de la naturaleza y emprender acciones correctivas concretas que mitiguen las consecuencias físicas y económicas que los cierres de las vías ocasionan.

naturales. Condiciones de orden geológico e hidrometeorológico que afectan su orografía, provocan que la infraestructura nacional se vea afectada año tras año por desastres de diversa magnitud, sin que se hayan tomado con la debida anticipación debida las medidas de prevención y mitigación que éstas situaciones demandan, consecuencia de la carencia, hasta hace poco tiempo, de legislación apropiada y de programas preventivos como parte de las políticas gubernamentales.

Los factores de amenaza más comunes en nuestro país pueden resumirse de la siguiente manera:

a) alta precipitación pluvial; b) efectos indirectos de los huracanes; c) suelos inestables; d) alta sismicidad; e) erupciones volcánicas y f) deforestación.



Por su geomorfología y posición geográfica, Costa Rica es un país altamente vulnerable a desastres

Estos elementos son responsables de inundaciones, deslizamientos, avalanchas, desprendimientos, erosión,

destrucción de rellenos y colapso de infraestructura existente, que nos afectan todos los años.

El impacto de los desastres se amplifica como consecuencia de deficiencias en los estándares de diseño y construcción de la infraestructura vial, deficiencias técnicas en relación con el emplazamiento de dicha infraestructura, o por falta de obras de protección (muros, diques, canales de desfogue) provenientes de planes de prevención y mitigación de desastres.

Debe ponerse en práctica cuanto antes un programa nacional de prevención y mitigación de desastres naturales en el sector vial, dirigido a corregir aspectos técnicos particularmente de las carreteras que forman los corredores de comercio, en tramos que han sido identificados como de alta vulnerabilidad a los fenómenos naturales, en obras construidas en épocas que aún no reconocían la importancia de este tema. Es asimismo fundamental que en la reconstrucción de la infraestructura dañada por los siniestros se escojan alternativas que reduzcan la vulnerabilidad y el riesgo ante nuevos embates.

El impacto de los huracanes se hace sentir todos los años en nuestro país al ser afectado en forma indirecta por la previsible temporada del Mar Caribe. Las características topográficas y geográficas, con sus numerosas cordilleras y sierras, cuencas caudalosas, variedad de suelos y propensión sísmica, hacen que los fenómenos naturales relacionados con la precipitación lluviosa sean más graves.

La distribución de la población hizo necesario construir vías a través de las cordilleras desde hace muchas décadas, cuando el manejo del impacto ambiental de las obras no se trataba con la rigurosidad del presente. Esto hizo que, como se ha aprendido del análisis histórico de sucesos, que parte de las vías más importantes estén superpuestas sobre áreas de alta vulnerabilidad a

eventos naturales.

Es urgente que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes efectúe estudios para determinar los puntos críticos en los tramos más vulnerables de nuestras principales carreteras, con el fin de detectar las vulnerabilidades de esa infraestructura a las potenciales amenazas naturales históricamente conocidas, que se hayan presentado repetitivamente a través de los años.



Se propone desarrollar un sistema de gestión para el sector transporte, a fin de disminuir su vulnerabilidad a los impactos de los desastres, compuesto de tres fases principales: evaluación del riesgo existente, determinación de proyectos específicos de mitigación a ejecutar dentro de un programa de corto plazo y seguimiento de las mejoras para su evaluación.

Los principales elementos a investigar para la formulación de un sistema de gestión para la reducción de la vulnerabilidad del sector vial ante el impacto de los desastres naturales, son la evaluación del riesgo, de la amenaza y de la vulnerabilidad en las áreas críticas. El riesgo es el producto de dos factores que deberían ser evaluados independientemente: amenaza y vulnerabilidad. La cuantificación del

riesgo es la base fundamental de la toma de decisiones y de la definición de prioridades de inversión en proyectos de mitigación.

La vulnerabilidad es, en gran medida, el resultado de los estándares de diseño y construcción de empleados, y del mantenimiento preventivo que se dé a los diferentes componentes de los sistemas, sean estos, pavimentos, puentes u otras estructuras y equipo especializado, tales

como grúas. Consecuentemente, una evaluación de la vulnerabilidad ante desastres naturales debe basarse en un inventario de la infraestructura existente y en el análisis de sus características. Posteriormente, se debe realizar un análisis del costo y beneficio que la puesta en práctica de medidas correctivas tendría sobre la reducción de la vulnerabilidad.

La integración del análisis de amenaza y de vulnerabilidad permite definir y cuantificar las posibles consecuencias de un evento probable. Para los tomadores de decisiones, esta integración debe quedar expresada en función del costo asociado con los diferentes niveles de riesgo. El riesgo es definido como el producto de los dos factores:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

La evaluación de las amenazas y su vulnerabilidad asociada permite cuantificar el riesgo. Para realizar el análisis de riesgo es necesario determinar la relación entre el nivel de daño versus la intensidad del evento. El análisis del riesgo incluye, además de la evaluación de las amenazas y de la vulnerabilidad propia de la infraestructura, la identificación de poblaciones expuestas y el impacto secundario de un evento sobre la economía de un país o región.

El riesgo puede ser expresado como el costo asociado con la probabilidad de ocurrencia o con el período de retorno de eventos adversos de determinada magnitud (desastres). Cada nivel de riesgo está asociado con una probabilidad de ocurrencia del evento y/o con un período de retorno. Esta forma de evaluar el riesgo es conocida como probabilística y se deriva de las incertidumbres asociadas con la determinación de la amenaza y la predicción de eventos. El nivel de riesgo manejable debe ser definido por las autoridades responsables, tomando en cuenta el impacto que tendría un evento desastroso, no solamente sobre el sector, sistema o componente particular (i.e., el sector transporte, los corredores viales, o un puente), sino también sobre la economía del país y/o la región.

Otra forma de cuantificar el riesgo es mediante los estudios de impacto de un desastre o "escenarios". En este caso se escoge un evento específico y se modelan todas sus posibles consecuencias, para posteriormente cuantificar su impacto en términos económicos. Este enfoque es conocido como determinístico, puesto que las características del evento deben ser escogidas o determinadas a priori. Este tipo de estudio se facilita cuando se conocen con mayor certeza las características físicas de la amenaza.

Es importante enfatizar que la cuantificación del riesgo, sea en forma probabilística o determinística, es

condición sine qua non para la generación de los planes de mitigación y para definir proyectos específicos de reducción del riesgo. Puesto que los procesos asociados con las amenazas naturales dejan poco margen a la intervención preventiva del ser humano, la reducción del riesgo implica necesariamente la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura y la población expuestas al riesgo. La magnitud y alcance de los posibles efectos de un desastre determina la prioridad de las obras de reducción de vulnerabilidad.

La cuantificación de la amenaza es un proceso que requiere de varios componentes de investigación. Los productos finales de este proceso pueden ser mapas de amenaza, parámetros para diseño general o valores específicos para un sitio. Los parámetros de interés dependen no solamente de los procesos físicos involucrados en los efectos de la amenaza, sino también del tipo de obra o elemento que se desea analizar.

Para carreteras, en caso de sismo, interesan las deformaciones permanentes del terreno más que los efectos de la vibración. Las deformaciones pueden ser el resultado de licuación del suelo o de movimientos de masa (deslizamientos, derrumbes). Por lo tanto, la evaluación de la amenaza debe prestar especial atención a las características geotécnicas del sitio (tipo de suelo, espesores de depósitos, resistencia, problemas de estabilidad).

Un estudio de las amenazas parte de un inventario de eventos y de localización de zonas de mayor incidencia o actividad. Para la evaluación de la amenaza sísmica se debe analizar la sismicidad pasada y caracterizar magnitudes e intensidades de los eventos que cada zona sísmogénica tiene asociados. Se debe prestar atención también a las zonas de inestabilidad de suelos y rocas, y a las zonas expuestas a tsunamis (maremotos).

Para la evaluación de las amenazas hidrometeorológicas se deben analizar la recurrencia y la localización de lluvias intensas, zonas de inundación, zonas de socavación y zonas de inestabilidad de suelos y rocas. Para la evaluación de las amenazas volcánicas se deben analizar las zonas de vulcanismo activo y las zonas asociadas de descarga de materiales.

Es evidente la necesidad de realizar estudios geológicos, sísmológicos, hidrológicos y geotécnicos para la evaluación de las amenazas y para llegar a la identificación y caracterización de las variables involucradas en el proceso, tales como la geología de la región, los procesos geofísicos actuantes en el medio, la topografía, las características hidrográficas e hidrológicas de las cuencas, los tipos de suelo, el régimen de precipitación, la actividad humana relacionada con el deterioro del ambiente, etc.

La reforma reciente a la Ley Nacional de Emergencias aportó la normativa necesaria para que el Estado pueda incursionar en el campo de la prevención y mitigación de desastres, por lo que estamos en el momento histórico propicio de promover acciones concretas y efectivas para eliminar las costosas interrupciones que todos los años ocurren en nuestras carreteras, como una contribución efectiva a la economía y desarrollo sostenible de nuestro país.