

En carreteras urbanas, este volumen se ubica entre ocho y doce por ciento del TPDA, por lo que es válida la práctica de utilizar un 10 por ciento del TPDA como valor de diseño, a falta de factores propios obtenidos de las investigaciones de tránsito.

3.3.3. El factor de la hora pico, FHP

El factor de la hora pico o FHP, se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad.

Entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico. O sea que al afectar los volúmenes horarios de diseño por este factor, se están asumiendo las condiciones más exigentes de la demanda, a las cuales debe responder la propuesta de solución de reconstrucción, mejoramiento o ampliación de una carretera determinada.

La decisión de afectar o no el volumen horario de diseño por este factor, muy utilizado en los cálculos de capacidad y niveles de servicio, depende del grado en que las fluctuaciones del movimiento vehicular durante la hora máxima, por su relevante significación, afectan las decisiones operativas y de diseño de la carretera.

En muchas soluciones viales en el área rural, los analistas se limitan a examinar las condiciones promedio durante la hora pico. En general, se considera que cuando el FHP es menor de 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.

3.3.4. La composición del tránsito

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados, como camiones, autobuses y vehículos recreativos tipo campers, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras y los espesores de los pavimentos.

El efecto de un camión sobre las operaciones del tránsito es a menudo equivalente al de varios automóviles, siendo mayor la relación a medida que son mayores las pendientes y menores las distancias de visibilidad disponibles. En la categoría de vehículos pesados se sitúan los camiones con peso bruto total de 4 toneladas métricas o más y los vehículos que presentan llantas dobles en el eje trasero.

3.3.5. La distribución direccional de las corrientes de tránsito

La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles, muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación, de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes de tránsito en ambas direcciones, que a mayor desbalance hará mayor la necesidad de brindar la capacidad suficiente, incrementando el número de carriles necesarios.

En las horas pico de la mayoría de las carreteras rurales, entre el cincuenta y cinco y el setenta por ciento del tránsito total se mueve en un solo sentido, por lo que la utilización de un sesenta por ciento como factor promedio de distribución direccional parece razonable, a falta de otros elementos de juicio. En casos extremos como las carreteras a zonas turísticas, se ha llegado a alcanzar hasta un ochenta por ciento del total circulando en un solo sentido.

En una carretera de carriles múltiples, es frecuente encontrar que la carga del tránsito en el sentido predominante durante la hora pico alcanza hasta sesenta por ciento más vehículos que la corriente de sentido contrario.

De ahí la importancia de investigar localmente estos factores al diseñar una carretera o, alternativamente, deducir por inferencia con casos semejantes de la experiencia local, los parámetros a aplicar para la situación más probable.

Al diseñar intersecciones a nivel de intercambios, es necesario cuantificar mediante recuentos volumétricos visuales, de investigaciones de origen y destino o de ambos tipos de estudios de tránsito, los volúmenes de todos los movimientos claves durante la hora de diseño. La distribución obtenida mostrará, en algunos casos, considerables sorpresas en la distribución de los flujos, en particular cuando se trata de comparar datos de los movimientos vehiculares durante las horas de mayor demanda, que en un sentido ocurren durante las horas de la mañana y, quizá, durante las horas de la tarde mostrarán un cuadro diametralmente opuesto.

3.3.6. Las proyecciones de la demanda de tránsito

Para determinar las proyecciones de tránsito de una carretera se utiliza una diversidad de procedimientos, que van desde los más complejos y sofisticados a base de modelos econométricos hasta los que se caracterizan por su extrema simplicidad en el cálculo o dependen solamente del buen juicio y criterio del diseñador. Entre ellos, dos procedimientos son universalmente aceptados, aunque cabe señalar que a mayor incertidumbre en las estimaciones a futuro, mayor será la conveniencia de complementar los estudios con un análisis de sensibilidad para prever situaciones extremas en las perspectivas a largo plazo.

El primero se fundamenta en el análisis de las tendencias históricas del comportamiento del tránsito, conocidas mediante registros de los volúmenes durante un período mínimo de diez años de duración, para desprender de ellas las hipótesis de crecimiento más probable del tránsito durante los años venideros en sus diferentes componentes de la corriente vehicular.

El segundo método reconoce que los pronósticos de tránsito guardan estrecha relación con indicadores de las múltiples actividades humanas, cuyos patrones relacionados con la movilidad, se consideran invariables en el período de diseño de las obras viales, a menos que se conozcan de antemano factores que pueden influir en su futuro comportamiento.

Bajo este criterio general se busca establecer relaciones razonables de tipo estadístico entre el comportamiento del tránsito (variable dependiente) y el de otros conocidos indicadores socioeconómicos nacionales o locales, que tienen incidencia en el transporte automotor, como los registros de consumo de combustible (gasolina, diesel o ambos) en el transporte, la tenencia de vehículos, el comportamiento del Producto Interno Bruto, el crecimiento de la población económicamente activa, (variables independientes) que permitan obtener proyecciones aceptables acerca de los futuros volúmenes de tránsito por las carreteras.

3.4. Velocidades de operación

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito.

Y, que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera.

3.5. Capacidad de las carreteras

En la ecuación oferta-demanda de una carretera, del lado de la demanda se sitúa el volumen de diseño, que es el volumen de tránsito horario proyectado para utilizar dicha carretera en el año de diseño, o sea al término de un período de proyección que, ya se ha dicho, es normalmente de veinte años.

La oferta, por su parte, se mide mediante la capacidad, que es el máximo volumen horario de tránsito que puede, de manera razonable, circular por un punto o una sección de la carretera, bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular.

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc.

Es indispensable también conocer la capacidad en los estudios de planificación de las redes de carreteras, cuando se trata de establecer la suficiencia con que los componentes de dichas redes están sirviendo al tránsito existente o, por la misma línea, programar en orden de prioridad las necesidades de inversión a corto y mediano plazo, para enfrentar con la debida antelación los efectos del crecimiento del tránsito.

El flujo máximo del tránsito en una carretera es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica, que se mide en vehículos por kilómetro, y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. A medida que se alcanza la capacidad de una carretera, el flujo vehicular se torna menos estable, porque las brechas disponibles para maniobrar en la corriente del tránsito se reducen. En estas condiciones, la operación se vuelve difícil de sostener por largos períodos, se forman largas colas y el flujo se torna forzado o se interrumpe.

Bajo condiciones ideales del tránsito y de las vías, las autopistas tienen una capacidad de 2,000 automóviles o vehículos livianos por carril por hora. En carreteras de dos carriles, por otra parte, se alcanzan capacidades de 2,800 automóviles por hora en ambos sentidos de la circulación. Las condiciones ideales se alcanzan con flujos ininterrumpidos, sin interferencia lateral de vehículos y peatones, sin mezcla de vehículos pesados en la corriente del tránsito, con carriles normales de 3.6 metros de ancho, hombros de ancho apropiado, altas velocidades de diseño y carencia de restricciones en la distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase.

La capacidad de una arteria o de una carretera urbana, por otra parte, está en función de la capacidad de sus intersecciones más críticas.

3.6. Otras consideraciones

Dentro de las otras consideraciones tenemos la evaluación del impacto ambiental, complemento del diseño geométrico (ver anexo, figura 2).

Durante el proceso de diseño geométrico de las carreteras, al igual que en todas las etapas de su desarrollo y puesta en operación, es importante identificar los potenciales impactos ambientales del proyecto y adoptar las disposiciones necesarias para evitar y mitigar sus efectos negativos, hasta donde ello sea posible. Las legislaciones ambientales vigentes en algunos países así lo requieren, como también lo requieren y exigen las agencias internacionales y los organismos de cooperación bilateral que apoyan el desarrollo vial del país.

El más sofisticado diseño geométrico de una carretera puede ser desestimado si, en el análisis de sus elementos justificados, no se incorporan parejamente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.

Una deficiente administración ambiental del proyecto, genera una percepción negativa del mismo, creando un mal ambiente para el desarrollo de futuras carreteras: se generan retrasos y elevaciones en los costos y se adoptan, como consecuencia, soluciones de compromiso que dejan lugar para muy escasas satisfacciones entre los proyectistas y los usuarios.

Es muy bien sabido que por todos sus positivos efectos, las carreteras pueden generar también impactos negativos en las comunidades aledañas y en el ambiente natural.

Las personas pueden ser afectadas indirectamente por el proyecto, mediante la alteración de su modo de vida, la pérdida de los lazos comunitarios, el incremento del ruido (ver anexo, figura 2), la contaminación y la mayor generación de accidentes viales.

Las carreteras tienden a generar desarrollo donde previamente no existía, hecho valorado negativamente en tanto ocasiona alteraciones en ambientes sensitivos y modifica el régimen de vida de las poblaciones indígenas. Alteraciones en el ambiente natural pueden incluir erosión del suelo, cambios en las corrientes de agua y en el nivel freático, modificaciones en la vida animal y vegetal. Como agentes de cambio, las carreteras alteran el balance existente entre la gente y su ambiente natural.

Para lograr un desarrollo sostenible durante el diseño de una carretera, hay que conciliar sus innegables aportes positivos con su costo sobre el ambiente. Este cambio de óptica involucra tres aspectos fundamentales. En primer lugar, está la identificación del abanico total de los impactos de la carretera sobre el ambiente natural y social dentro de su zona de influencia directa. En segundo lugar, está la cuantificación y medición de estos impactos, bajo procedimientos que en ciertos casos no están suficientemente desarrollados, como decir la medición del efecto sobre la salud de la contaminación del aire por las emisiones tóxicas de los vehículos. En tercero y último lugar, están los procedimientos a aplicar para evitar, mitigar y compensar por esos efectos negativos, que en balance deben ser minimizados frente a los beneficios de la apertura o el mejoramiento de una determinada obra vial.

El término de evaluación ambiental se aplica al riguroso análisis de los impactos de las alternativas de desarrollo de una carretera. La evaluación ambiental no es una actividad aislada a ejecutar en un momento del tiempo, debe verse antes bien como un proceso continuo que está integrado en el ciclo del proyecto durante la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento y la operación de la carretera.

Los costos de un estudio de impacto ambiental completo se estiman en el rango de 5 a 10 por ciento de los costos de preparación de los proyectos.

Un estudio más limitado o plan de acción para analizar determinados impactos se conoce como un plan de mitigación o plan de manejo ambiental. Mediante un proceso de tamizado, se identifica la magnitud potencial de los impactos y la profundidad de los estudios requeridos, mientras que el alcance considera el rango de impactos, el área afectada y la duración de los impactos, para establecer los límites o el rango de los factores ambientales a estudiar.

4. PLANIFICACIÓN VIAL PARA LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS ANTE LOS DESASTRES NATURALES

El tema de planificación vial para la mitigación de los efectos ante los desastres naturales en el diseño geométrico de carreteras, deriva su importancia a la prevención de posibles riesgos de desastres naturales de una futura carretera cuando inicie su operación. Tanto su planificación, como su diseño y construcción deben ser evaluados desde una perspectiva armoniosa con el entorno del proyecto, de manera que se reduzca en lo posible, daños a la carretera, a los usuarios y sus bienes.

El concepto del riesgo, debe ser considerado y evaluado para el futuro trazo de la carretera, debido principalmente a que se conocen las zonas o áreas que son vulnerables a ciertos tipos de fenómenos naturales, los cuales muchas veces trascienden fronteras políticas y deben ser analizados también desde una perspectiva con carácter regional.

Cuando se trate de un proyecto nuevo, puede considerarse ventajoso el análisis para la selección de la ruta, debido a que recae en el proyectista el seleccionar un trazo de la carretera, que minimice los efectos de posibles desastres naturales. Debe prestar atención a todo tipo de detalles, los cuales están incluidos en los estudios realizados a los mapas topográficos que cubren diferentes temas, además debe contar con fotografías aéreas y realizar visitas e inspecciones al lugar donde se construirá la carretera, conversando con los pobladores sobre el comportamiento de la naturaleza en el trazo previsto y los fenómenos naturales más comunes en la región.

4.1. Criterios generales para la selección de una ruta nueva o un cambio de línea

El trazo de una nueva ruta o el cambio de línea de una ruta existente, conlleva la realización de una obra completamente nueva y como tal, se deben considerar los siguientes aspectos iniciales para la selección de una ruta con menos riesgo a los desastres naturales:

4.1.1. La ruta debe ser trazada buscando evitar en lo posible el movimiento de tierra, que provoque una desestabilización del terreno, que en un futuro ocasione deslizamientos de tierra, hundimientos, derrumbes, etc.

4.1.2. En lo posible, se debe buscar atravesar la menor cantidad posible de cursos de agua, tanto permanentes como temporales, los cuales pueden dañar estructuras de drenaje como terraplenes y taludes de la carretera.

4.1.3. Es preferible realizar un trazo sobre suelos estables y con buena permeabilidad, de tal manera que se minimicen los problemas ocasionados por las aguas subterráneas en sitios con niveles freáticos poco profundos, los que pueden producir asentamientos y otros.

4.1.4. La identificación de los sitios potenciales para la obtención de materiales pétreos, bancos de materiales, botaderos, etc. es requerido para disminuir los riesgos de materiales sueltos que puedan llegar a la carretera y ocasionar accidentes.

A los cauces de ríos pueden llegar en un buen porcentaje materiales extraídos de estas canteras y no utilizados, los que podrán dañar laderas de cultivos, bloquear estructuras de drenaje y puentes y en general, contaminar posibles fuentes de agua.

4.2. Consideraciones generales en la etapa de planificación

Es importante que al llegar a esta etapa, se deberá planear y a la vez, programar todas las actividades que se ejecutarán en los diferentes trabajos, según sea el caso.

Esta acción permitirá la concertación de medidas técnicas y si es el caso, sociales, que deberán implementarse para la ejecución de la obra.

Aunque una obra vial ocasiona, inevitablemente, impactos sobre su entorno, la intensidad y gravedad de éstos, sumados a los generados por los fenómenos naturales, tiende a ser mayor cuando se ha omitido una adecuada planificación que reduzca sustancialmente los riesgos a la infraestructura. Por eso es imprescindible conocer la dimensión de los futuros daños, a fin de que se incorporen las medidas necesarias en todas las etapas del diseño y planificación de la carretera, para prevenirlos o minimizarlos.

A este respecto, ciertas consideraciones generales pueden ayudar a reducir estos riesgos, estando orientada a cubrir lo siguiente:

4.2.1. Se deberá cumplir con las normativas ambientales, en lo nacional y regional, incluidas en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, principalmente con las que reducen riesgos a desastres naturales.

4.2.2. Se deberá cumplir con las normas en materia del diseño geométrico de la carretera, reduciendo en lo posible, trazos en zonas inestables o con exceso de obras de protección.

4.2.3. La utilización del mapa geológico de la región debe servir de base, especialmente donde se cortará la carretera, para establecer el trazo definitivo de la misma y reducir la inestabilidad del terreno.

4.2.4. Se debe analizar la red de drenaje con el objeto de tener una aproximación de las zonas inundables, las áreas susceptibles a sufrir daños por avenidas (correntadas) y otros fenómenos provocados por escorrentía superficial, para definir la colocación de obras de drenaje menor y mayor. A este respecto, los antecedentes de fenómenos naturales de la región cobran valor cuando se tiene un historial que reporta inundaciones, deslizamientos de tierra o flujos de lodo, áreas degradadas y erosión, que estén dentro o cercanos a los futuros trazos carreteros sugeridos, con el objeto de desarrollar los mapas de vulnerabilidad correspondientes.

4.2.5. El proceso de planificación corresponde efectuarlo al proponente de la construcción de la vía, que en la mayoría de los casos es de carácter gubernamental (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda), dado que incluye además, el establecimiento de políticas viales, estudio de necesidades de transporte, vulnerabilidad de la ruta a desastres naturales, estudios de prefactibilidad técnica, económica, ambiental y análisis financieros.

4.2.6. En las etapas de estudio y diseño, se realizarán trabajos multidisciplinarios detallados de localización de la ruta y sus alternativas relacionadas con el uso de la tierra, impacto ambiental, impacto social, vulnerabilidad a desastres naturales y las que involucran los aspectos técnicos.

4.2.7. Dado que al suscitarse un desastre natural, trasciende el área del proyecto, es necesario conocer la infraestructura alternativa que ayude a solventar la emergencia vial y a salvaguardar vidas humanas, reduciendo los daños potenciales con opciones accesibles.

4.2.8. La importancia de un buen estudio de impacto ambiental reside en que el mismo revisa y observa el diseño de la carretera y vigila el que se incorporen medidas ambientales; evalúa el uso de maquinaria y equipo y sus impactos en el uso de materiales, a fin de no desestabilizar terrenos o contaminar posibles fuentes de abastecimiento de agua.

La disposición de sobrantes y escombros debe ser supervisada para que los mismos sean depositados en zonas que permanezcan estables bajo los efectos de los fenómenos naturales.

4.3. Otras consideraciones

Durante la etapa de planificación, se deben evaluar otras condiciones que pueden ser adversas durante el proceso de construcción de una carretera, las cuales deben ser consideradas como parte integral del proyecto vial. Éstas pueden observarse además, dentro del proceso de mantenimiento y operación de la carretera, por lo que es conveniente minimizar estas condiciones, a fin de que durante todo el ciclo vial se reduzcan sustancialmente los efectos causados por los desastres naturales.

Estas consideraciones pueden ser expresadas como parte del proceso de planificación de una carretera y su aplicación, debe tener carácter prioritario para el proceso de contratación de la obra.

Se debe poner especial énfasis a las siguientes consideraciones de tipo general, aplicadas a lo largo del ciclo vial:

4.3.1. Al realizar mejoramiento de sección, cambios de línea o trazos nuevos, se debe considerar el inminente retiro de vegetación y árboles, los cuales mantenían estable los taludes y terraplenes naturales. El diseño debe considerar, en lo posible, estas acciones y de sucederse, recomendar la reposición de la capa vegetal a un estado similar al original.

4.3.2. El cruce por corrientes de agua es inevitable para el trazo geométrico de una carreteras. Sin embargo, debe evitarse en lo posible, el cambio de ruta de estos cauces sin la debida protección a las orillas. Se debe analizar el nuevo comportamiento del río y los posible daños a la carretera, realizando las obras necesarias para minimizar posible daños al suscitarse un desastre natural.

4.3.3. Si la explotación de bancos de materiales y préstamos, puede generar áreas inestables de terrenos que sean vulnerables a deslizamientos o a desprendimientos de rocas sobre la carretera, éstos deben ser cuidadosamente trabajados para reducir este riesgo. Es conveniente que el mapa geológico de la zona pueda proponer áreas de explotación que minimicen estos efectos.

4.3.4. En general, todo proceso de planificación que conlleve a la reducción de riesgos generados por desastres naturales, debe estar relacionado con el proceso de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto y sus obras de mitigación, las cuales consideran no sólo a la carretera sino a su entorno natural y ambiental.

4.3.5. Puesto que es inevitable que pueda planificarse y diseñarse una carretera que no se vea afectada por los desastres naturales, se hace necesario contar con una estrecha comunicación con las instituciones nacionales, regionales e internacionales, que puedan brindar todo tipo de colaboración e información de índole técnica, que pueda servir de consulta al personal responsable de la planificación del proyecto vial.

Además, se debe poseer una base de información que incluya especificaciones de construcción, manual de normas de diseño geométrico de carreteras, mapas de zonas de amenazas naturales, boletines estadísticos de desastres naturales y cualquier otro documento que pueda servir de guía y consulta para la toma de decisión final sobre la realización de un proyecto de carreteras.

4.4. Evaluación de las zonas de alto riesgo en el país

Por su ubicación geográfica, Guatemala es centro de una serie de desastres naturales que afectan todo su territorio y en algunos casos, algunos desastres pueden trascender fronteras políticas, siendo afectado también por desastres naturales que se susciten en otros países.

Guatemala es atravesado por una cadena volcánica de más de 35 volcanes, dentro de los cuales se encuentran 3 volcanes activos, cuenta con una cadena de montañas que sobrepasan los 3,500 msnm, cuenta con más de 36 ríos de gran magnitud, más un sinnúmero de pequeños ríos y quebradas, toda la región es afectada anualmente por tres tormentas tropicales y/o huracanes de mediana magnitud y cíclicamente, como mínimo, por uno de gran magnitud.

Guatemala se encuentra en la intersección de tres placas tectónicas que cada año ocasionan más de 1000 sismos de diversa magnitud, también es afectada además por los sismos ocurridos en otros países (México y El Salvador).

Debido a la tala inmoderada de los bosques, se han provocado zonas de erosión con alto riesgo de ocurrencia de correntadas de lodo durante la época lluviosa y desprendimiento de material o derrumbes durante la época seca, los cuales aumentan en ocurrencia por efectos de otros desastres naturales (sismos).

El análisis de riesgo en el cual se encuentra una carretera, tanto en el proceso de planificación como el de construcción y operación, incluye la evaluación de todos aquellos elementos considerados como relevantes para la comprensión de daños existentes y sus efectos en un determinado ambiente.

El conocimiento del fenómeno es proveído por varias ciencias naturales como la meteorología, hidrología, geomorfología, geología, sismología y vulcanología. El conocimiento de la vulnerabilidad incluye aspectos físicos, sociales y económicos.

Para tornar una amenaza de riesgo en una herramienta eficaz para el desarrollo, es imprescindible contar con información suficiente en términos de calidad y cantidad, la cual puede ser obtenida de diversas fuentes, yendo desde los sensores remotos que miden el crecimiento de los cultivos, hasta aquéllos que evalúan la actividad volcánica, desde récords históricos de inundaciones o terremotos hasta actividades de catastro poblacional, incluyendo aquellos que miden el conocimiento y sensibilidad del público a los fenómenos naturales que pueden ocasionar desastres.

Partiendo de esta diversidad de datos, puede ser ensamblado un mosaico completo de los diferentes actores que intervienen para la percepción del riesgo en términos probabilísticos. Hay varios pasos en el análisis de riesgo basados en los procesos relativos a la elaboración de mapas de riesgo y análisis de vulnerabilidad. Ellos establecen la naturaleza, localización y escala de riesgo de ciertas zonas del país donde es conveniente considerar ciertas acciones a fin de minimizar este riesgo. Esta información puede ayudar a los que toman decisiones para seleccionar mejores trazos geométricos, con niveles de seguridad aceptables y económicamente factibles.

Al evaluar las zonas de riesgo existentes en el país, resulta que hay condiciones de vulnerabilidad en ciertas áreas, las que son expuestas a un peligro potencial como resultado de un fenómeno natural, por lo que es recomendable tomar en consideración:

- a) La naturaleza, severidad y frecuencia del evento que amenaza;
- b) El área que potencialmente será afectada; y
- c) El tiempo y la duración del impacto.

El análisis de peligrosidad atañe a las propiedades del peligro en sí (ej. ciclones, crecidas, sismos, erupciones volcánicas, etc.) y su efecto directo, pero excluyendo al efecto en el ambiente socioeconómico, puesto que esto particularmente forma parte del análisis de vulnerabilidad.

El análisis de peligrosidad principia con la adquisición de datos: series existentes y mapas de zonas peligrosas; datos científicos (meteorológicos, hidrológicos, sismológicos, vulcanológicos, oceánicos, etc.); otros mapas (topográficos, geológicos, etc.); *folklore* local y récords históricos (ver anexo, mapas 7,8 y 9). Estos datos son luego analizados.

Una forma efectiva de presentar el análisis de peligrosidad es mediante los mapas de zonas de peligro. Estos mapas pueden estar a escala macro o micro; en el caso de ciclones, tormentas tropicales y huracanes, se mapean la ruta, velocidad de los vientos, zonas de origen y final; para crecidas y desbordamientos, los mapas de zonas de inundación indica el ensanchamiento de la zona de influencia; para deslizamientos de taludes y terraplenes el mapa debe indicar las zonas de ocurrencia y de ser posible la magnitud de la masa desprendida, y así, de acuerdo al evento.

Todos estos datos son analizados para llegar a establecer la tasa de peligrosidad de la zona donde se construirá la carretera. El nivel de precisión y sofisticación del análisis dependerá de la percepción del riesgo y de los recursos disponibles.

Finalmente, se llega a expresar la probabilidad de ocurrencia del evento en términos de tiempo. Las probabilidades son calculadas en la base de datos científicos y datos históricos. Cada día existen herramientas más novedosas y sofisticadas para ayudar al mapeo de zonas de peligrosidad. De igual manera surte importancia el hecho de que la base de datos sea actualizada constantemente, para poder disponer realmente de información importante.

En resumen, este análisis de peligrosidad se restringe a establecer cierta probabilidad de que un evento de una cierta proporción ocurra en cierta área, en un tiempo o épocas dadas y es el planificador el responsable de considerar ciertas ocurrencias naturales en donde se está estableciendo la nueva carretera, para minimizar en lo posible los daños a la vía en el momento que el fenómeno natural suceda.

CONCLUSIONES

1. La prevención de daños a las estructuras viales tenderá a disminuir a medida que se conozca el riesgo natural al que se puede ver afectada una carretera y de las acciones que se realicen al aceptar este riesgo y las obras que brinden protección en caso de ocurrencia.
2. A pesar de que se han realizado avances en el país, relacionados con los estudios de vulnerabilidad del sector transporte, especialmente en la incorporación de esta variable en los proyectos de inversión, la infraestructura de carreteras y de transporte por carreteras es altamente vulnerable a peligros naturales.
3. Se estima que el componente de información sobre desastres naturales, en la formulación de proyectos de inversión, con miras a reducir la vulnerabilidad de la infraestructura vial del país, no es un aspecto de carácter decisivo para el planificador de carreteras.
4. Valorar el riesgo ante un desastre natural, es de suma importancia en el diseño geométrico de los proyectos de infraestructura vial.
5. Hay que adoptar, como parte de la planificación de un proyecto vial, las medidas de mitigación que resulten en la reducción de la vulnerabilidad de la carretera ante un desastre natural.
6. En términos de transporte terrestre no existen mecanismos formales de asistencia nacional en materia de reducción de vulnerabilidad.