**XII SIMPOSION NTERNACIONAL DE ESTRUCTURAS, GEOTECNIA Y MATERIALES DE LA CONSTRUCCION**

**Título**

**Guía para la realización de estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo en obras viales**

***Title***

***Guide for carrying out studies of danger, vulnerability and risk for disaster situations in roads***

1. Ing. Elva Juana Calvo Llanes. EMPROY VC. Cuba. elva@emproyvc.co.
2. Ing. René Julián Avello Peña. CPV. Cuba. elva@emproyvc.co.cu

**Resumen:**

Problemática: ¿Cómo orientar a los especialistas, inversionistas, proyectistas, y otras entidades competentes para realizar los estudios de riesgos para situaciones de desastres en obras viales?

Objetivos: Elaborar una Guía para la realización de estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales.

Metodología:

Métodos teóricos

a) Analítico – Sintético: Para la elaboración del Marco teórico de la investigación durante la revisión bibliográfica realizada, a partir de análisis sintetizar las particularidades de los estudios de riesgos para situaciones de desastres en obras viales.

b) Inductivo – deductivo: A través del cual se logran establecer generalidades en cuanto al diseño de la Guía.

c) Histórico Lógico: Para determinar los precedentes históricos, y los antecedentes teóricos de los estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales. **Métodos empíricos**

a. Revisión de documentos

b. Entrevistas y encuestas a los Especialistas de Proyectos viales y de puentes de la EMPROY VC y de EDIN Cienfuegos para que emitan sus opiniones sobre la guía.

c. Encuestas y entrevistas a especialistas de la Defensa Civil.

d. Criterio de Especialistas.

Resultados y discusión:Como resultado se propone una metodología para el desarrollo de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos en obras viales.

Conclusiones:Como conclusión se contará con una Guía para orientar a los especialistas, inversionistas, proyectistas, directores de las entidades económicas a los diferentes niveles, jefes de gobierno y de los órganos de Defensa Civil de cómo realizar los estudios de riesgos para situaciones de desastres en obras viales.

***Title***

***Guide for carrying out studies of danger, vulnerability and risk for disaster situations in roads***

**Resume** Problem: How to guide specialists, investors, designers, and other competent entities to carry out risk studies for disaster situations in road works?
Objectives: Prepare a Guide for carrying out risk studies for disaster situations in road works.
Methodology:
Theoretical methods

a) Analytical - Synthetic: For the elaboration of the theoretical Framework of the research during the bibliographic review carried out, from the analysis, to synthesize the particularities of the risk studies for disaster situations in road works.
b) Inductive - deductive: Through which it is possible to establish generalities regarding

the design of the Guide.
c) Logical History: To determine historical precedents, and the theoretical background of risk studies for disaster situations in road works. Empirical methods to.

Document Review
b. Interviews and surveys to the Road and Bridge Project Specialists of EMPROY VC and EDIN Cienfuegos so that they can express their opinions on the guide.
c. Surveys and interviews with Civil Defense specialists.
d. Criteria of Specialists.
Results and discussion: As a result, a methodology is proposed for the development of hazard, vulnerability and risk studies in road works.
Conclusions: As a conclusion there will be a Guide to guide specialists, investors, designers, directors of economic entities at different levels, heads of government and civil defense bodies on how to conduct risk studies for disaster situations in road works.

**Palabras Clave:** Riesgo; Amenaza; Vulnerabilidad; Desastre

***Keywords:*** *Risk; Threat; Vulnerability; Disaster*

1. **Introducción**

Cuba ha acumulado una amplia experiencia en el enfrentamiento a fenómenos meteorológicos severos, reconocida internacionalmente por la eficiencia en la preservación de las vidas humanas. Entre los efectos de los peligros naturales que más afectan al país están los asociados a los huracanes tropicales y a los sistemas frontales que producen las inundaciones por lluvias intensas, las inundaciones por penetraciones del mar y las afectaciones por fuertes vientos, la frecuencia de ocurrencia de estos eventos en los últimos tiempos, la necesidad de continuar preservando la vida humana, disminuir las pérdidas económicas y optimizar al máximo los medios con que se cuenta, han hecho que la dirección del país profundice en las estrategias que permitan minimizar sustancialmente todos los efectos negativos de estos fenómenos.

A partir del año 2005, el Consejo de Defensa Nacional, para la preparación, organización y planificación del país para situaciones de desastres responsabilizó al Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medioambiente, (CITMA) con la realización de estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo, así como del impacto ambiental de las situaciones de desastres, con el empleo del potencial científico del país. En este año se elaboró una Guía para la realización de los Estudios de Riesgodesastres, la cual tiene un carácter normativo metodológico para, a partir del objetivo o alcance propuesto, orientar el procedimiento, el contenido y los aspectos más significativos, aplicable a la escala del territorio que incluye la urbana (EMNDC, 2005) y además se elaboraron otras Guías por el Grupo de estudios de desastres (GREDES, 2004) de la Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), en particular para la escala territorial, urbana, la arquitectónica y los objetivos económicos. Ambas constituyen la base fundamental de los estudios para la reducción de desastres en Cuba.

No obstante, las guías existentes no orientan a los especialistas, inversionistas,proyectistas y otras entidades competentes en la realización de los estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales. Esta problemática contextualiza la presente investigación que se plantea el siguiente problema científico

¿Cómo orientar a los especialistas, inversionistas, proyectistas, y otras entidades competentes para realizar los estudios de riesgos para situaciones de desastres en obras viales?

Objeto de investigación: Evaluación de riesgos de desastres

Campo de acción: Estudios de riesgos para situaciones de desastres en obras viales

 Objetivo General: Elaborar una Guía para la realización de estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales.

Objetivos Específicos

* Realizar una revisión bibliográfica sobre el objeto de investigación para conformar el marco teórico referencial a partir del criterio de investigadores especialistas en la temática.
* Realizar un diagnóstico de la situación actual y la necesidad de elaborar una Guía para la realización de estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales.
* Confeccionar la Guía para la realización de estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales
1. **Metodología**

Métodos Teóricos

a) Analítico – Sintético: Para la elaboración del Marco teórico de la investigación durante la revisión bibliográfica realizada, a partir de análisis sintetizar las particularidades de los estudios de riesgos para situaciones de desastres en obras viales, las técnicas a aplicar en general y la guía en particular.

b) Inductivo – deductivo: A través del cual se logran establecer generalidades en cuanto al diseño de la Guía para la realización de estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales.

c) Histórico Lógico: Para determinar los precedentes históricos, y los antecedentes teóricos de los estudios de riesgo para situaciones de desastres en obras viales en Cuba y el Mundo, sus tendencias evolutivas y el desarrollo

Métodos empíricos

a. Revisión de documentos

b. Entrevistas y encuestas a los Especialistas de Proyectos viales y de puentes de la EMPROY VC y de EDIN Cienfuegos para que emitan sus opiniones sobre la guía.

c. Encuestas y entrevistas a especialistas de la Defensa Civil.

d. Criterio de Especialistas.

**3. Guía para la realización de estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo para situaciones de desastres en obras viales”**

**Para la realización de estos estudios se ejecutan los siguientes pasos**

1. Diagnostico
2. Evaluación de las amenazas o peligros:
3. Evaluación de vulnerabilidad:
4. Evaluación de riesgo:

**3.1 Diagnóstico.**

Se realizará un diagnóstico de la carretera objeto de estudio, para conocer sus características geométricas, estado actual de los diferentes objetos que la componen, todo lo cual quedara plasmado en un informe.

**3.2** **Evaluación de los peligros o amenazas**

Este análisis consiste en identificar las amenazas naturales y antrópicas que podrían darse en un espacio y en un período de tiempo determinados, con suficiente magnitud para producir daños físicos, económicos y ambientales en las carreteras. Para ello será necesario saber qué tipos de amenazas puedan existir en la zona en que se localice la carretera

Los parámetros que se consideraron en este trabajo para el análisis de las amenazas son las siguientes:

**Análisis del historial de las amenazas.**

Comprende la elaboración de un mapa que identifique las amenazas que podrían afectar la zona en la que se localiza la carretera, el cual puede realizarse durante la visita de campo, que generalmente, se lleva a cabo en la etapa de diagnóstico, con el fin de incorporar el conocimiento local de la población. Se debe de aprovechar la información escrita existente.

* Mapificación a escala adecuada donde se obtendrá la siguiente información. Ubicación de la carretera, Hidrología, Geología, tipo de sección construida, identificación de zonas que han sido afectadas por distintos peligros,
* Identificación de amenazas naturales antrópicas.
* Grado de ocurrencia de las amenazas.

**Análisis de estudios de pronóstico de amenazas**

Recolectar información básica sobre el terreno donde se ubicará el proyecto, así como de su entorno inmediato, en cuanto a:

* Mapa sobre las principales amenazas identificadas en el análisis y estimación de riesgo a nivel municipal
* Mapas de amenaza sísmica, deslizamientos, inundaciones y otros.
* Planes de ordenamiento territorial, planes de gestión, estudios de microlocalizacion,
* estudios de uso del suelo y similares.
* Inventarios históricos de desastres, información sobre incidentes, pronósticos
* meteorológicos, etc.
* Mapas cartográficos y fotografías aéreas o satelitales que permitan la ubicación de la carretera, así como una visión muy general de las curvas de nivel, la estructura del suelo y subsuelo, la hidrografía y la vegetación.
* Información sobre temperatura, vientos, pluviosidad, humedad y otros

 **Grado de recurrencia de las amenazas**

La probabilidad de ocurrencia de una amenaza depende de su período de retorno, el cual es el tiempo esperado o tiempo medio entre dos sucesos improbables y con posibles efectos catastróficos. La frecuencia se define de acuerdo con el período de recurrencia de cada una de las amenazas identificadas, el cual puede estimarse con base en información histórica o en estudios de prospectiva. La intensidad se define como el grado de impacto de una amenaza específica.

**Amenazas a considerar en los proyectos de carreteras**

Dentro de las amenazas a considerar que en su mayoría son naturales, es importante mencionar que también existen por la influencia del ser humano, que muchas veces actúan de forma inconsciente.

**Las causas más frecuentes que ocasionan inundaciones en el medio son:**

Las fuertes lluvias en un período relativamente corto.

La persistencia de precipitaciones que rápidamente provocan aumentos considerables en el nivel de los ríos y torrentes hasta causar el desbordamiento, el represamiento de un río por derrumbes que obstruyen la cuenca originados por fuertes lluvias

La repentina destrucción de una presa, por causas naturales, humanas o ambas.

La expansión de un lago o laguna por fuertes o continuas precipitaciones o por represamiento del desagüe.

El ascenso del nivel del mar causado por fenómenos meteorológicos como temporales, tormentas, marejadas En la época lluviosa, la cantidad de agua precipitada provoca la saturación de los suelos y un ascenso en su nivel freático por lo cual, si se produce una cantidad adicional de precipitaciones se generará un desbordamiento y la consiguiente inundación

Características

En las inundaciones súbitas, la rapidez en el inicio y desarrollo del fenómeno son las constantes, manifestando su gran capacidad arrasadora.

**Vientos.**

Estos pueden ser producidos por depresión tropical, tormenta tropical o huracanes en dependencia de la velocidad de los mismo

**Deslizamiento**

Movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formada por materiales naturales, roca, suelo, vegetación o bien rellenos artificiales.

**Causas de los deslizamientos**

Estos se producen debido a la interacción de los procesos naturales y la acción del hombre sobre la tierra. En el territorio nacional, estos se dan en diferentes zonas, principalmente en las áreas de montañas con taludes altos o en terraplenes altos. Por la manifestación de fuerzas naturales (actividad sísmica) provocando la inestabilidad de barrancos y laderas a través del agrietamiento del suelo agregando a este proceso geológico las intensas precipitaciones pluviales, haciendo mucho más inestables estos terrenos.

**Características de identificación de los deslizamientos**

Agrietamientos del terreno.

Grietas o fracturas muy anchas (indicador del desplazamiento de la masa del terreno).

Si hay árboles, éstos muestran una inclinación anormal. (no poseen verticalidad).

Cambio en coloración de agua clara a café de las correntadas de agua que descienden de las partes altas.

Corrientes de agua cargadas con lodo y fragmentos sólidos.

Desprendimientos de pequeñas cantidades de suelos o rocas.

Hundimiento del suelo.

Relación entre cantidad de precipitación y el tiempo.

Se puede definir a las amenazas antrópicas como un peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte y consumo de bienes y servicios y la construcción y uso de la infraestructura vial.

En aquellos lugares donde la carretera este cerca del mar puede ser afectada por penetraciones del mismo.

**Penetraciones del mar**

Los mayores daños durante los huracanes se deben a las inundaciones de las zonas costeras y a la destrucción causada por los vientos y olas demasiadas fuertes.
El mar en ocasiones es el elemento más devastador. En un huracán el aire viaja a gran velocidad por grandes distancias arrastrando agua de la superficie y dando origen a grandes olas que pueden alcanzar los 15 metros de altura

**Sismos**

Hay que determinar las zonas sometidas a peligrosidad sísmica para analizar las carreteras que se encuentran en ella y las afectaciones que pueden tener

**Peligros de origen tecnológico**

Se debe identificar las amenazas o peligros en aquellas zonas que puedan estar sometidas a riesgos de origen tecnológico ya sea por la existencia de objetivos con riesgo de accidente mayor o por el trasiego de productos peligrosos en las carreteras.

* 1. **Evaluación de la vulnerabilidad**

El Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil ha orientado una Guía para la Realización de Estudios de Riesgos por Desastres (EMNDC, 2005), que resulta un importante fundamento para el análisis de la Vulnerabilidad. Sin embargo, hasta el momento de su consulta, en ella sólo se reconocen los tipos de vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional asociadas a los peligros de origen natural y tecnológicos (EMNDC, 2005), a escala arquitectónica y urbana.

Las vulnerabilidades se relacionan a continuación

**Análisis de vulnerabilidad estructural**

Consiste en determinar la capacidad de resistencia de las carreteras ante cualquier amenaza o peligro Se analiza que la mayoría de las carreteras en Cuba se encuentran en estado regular y con poco mantenimiento por lo que su estructura (pavimento, puentes y obras de fábricas) pueden ser afectadas.

Para realizar este análisis se necesita.

* Mapificación a escala adecuada de los efectos destructivos ocasionados por peligros ocurridos con anterioridad
* Mapificación a escala adecuada de las zonas que quedaran afectadas por los fuertes vientos, inundación en zonas bajas, las penetraciones del mar y otras que definan cuales son las zonas más afectadas
* Realizar análisis de la estructura de la carretera teniendo en cuenta: Pavimento,

obras de fábricas y puentes.

* Efecto de inundaciones en zonas bajas por intensas lluvias, penetraciones del mar, o

 aguas abajo de ríos y presas

* En el caso de zonas sísmicas se identificarán las zonas más peligrosas

**Vulnerabilidad no estructural**

Esta vulnerabilidad se encuentra encaminada al estudio de la parte no estructural de la carretera como son los taludes, drenaje etc.

* Estudio de la afectación de la infraestructura en las zonas más dañadas
* Análisis de los taludes (pendiente, geología)
* Análisis de todas las obras de drenaje (obras de fábricas, puentes, cunetas y otras obras de drenaje existentes en la zona)

**Vulnerabilidad funcional**

La vulnerabilidad funcional no es más que la funcionabilidad de la carretera después de ser afectada por una amenaza o peligro. Aquí es necesario analizar si en algún momento la misma se puede afectar e impedir el tránsito a través de ella, si puede quedar zonas incomunicadas etc.

**Vulnerabilidad por exposición**

La exposición de las carreteras está estrechamente relacionada con su microlocalizacion.

 Los niveles existentes de exposición se determinan a través de hechos históricos y recientes, en observaciones, en conocimiento local y técnico, en la investigación existente

A través de la combinación de las calificaciones de exposición y sensibilidad, es posible identificar si la carretera es vulnerable a las variables climáticas, y en qué medida. Las vías que tienen una alta exposición y sensibilidad tendrán una mayor vulnerabilidad a las variables climáticas, que aquellos con una baja exposición y una baja sensibilidad. La matriz de vulnerabilidad mostrada en la tabla 2.5 proporciona un ejemplo de cómo la exposición y la sensibilidad pueden ser utilizadas para determinar el nivel general de vulnerabilidad.

Para cuantificar el nivel de la vulnerabilidad se utilizarán las siguientes categorías:

* **Vulnerabilidad extrema:** La carretera es extremadamente vulnerable, se requerirá adaptación inmediata y/o mitigación para evitar pérdidas.
* **Vulnerabilidad alta:** La carretera es altamente vulnerable, se requerirá adaptación inmediata y/o mitigación para evitar pérdidas.
* **Vulnerabilidad media:** La carretera es moderadamente vulnerable, será necesario adaptación y/o mitigación para evitar pérdidas.
* **Vulnerabilidad baja:** La carretera es menos vulnerable, sería beneficioso adaptación y/o mitigación.
* **Vulnerabilidad muy baja:** La carretera no es vulnerable, es muy poco probable que sea necesaria la adaptación y/o mitigación.

**Vulnerabilidad por fragilidad**

La fragilidad de la carretera a sufrir daños está estrechamente vinculada con vulnerabilidad física de las carreteras; es decir, con las deficiencias de las carreteras en poseer estructuras físicas para absorber los efectos de las amenazas: frente al riesgo de sismo, por ejemplo, la fragilidad física se traduce en la ausencia de estructuras sismoresistentes en las carreteras.

Los taludes de corte y relleno han demostrado ser los puntos más vulnerables de la infraestructura vial. Estos puntos están expuestos a deslizamientos, a socavación y a erosión por ríos y malos manejos de aguas superficiales y subterráneas.

La evaluación de la amenaza al deslizamiento tiene la dificultad de no presentar períodos de retorno claros dado principalmente a que son ocasionados por múltiples variables, por ejemplo: sismo, lluvia, viento, etc

Por lo que se limita a evaluar la susceptibilidad, ejemplo: pendiente, geología y su magnitud ejemplo: volumen, velocidad

Consideraciones a tomar:

* Tomar en cuenta según las características del suelo del talud la pendiente del mismo
* El objeto del drenaje en las carreteras, es en primer término, reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una y otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue a la carretera
* Para que una carretera tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por la misma destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas se estanque y reblandezca el terraplén originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos según el tipo de material del corte, y debe evitarse además, que el agua subterránea sature la subrasante con su consiguiente peligro.

Las obras de drenaje menor pueden ser: alcantarillas, cunetas, cajas, tragantes, subdrenajes, disipadores de energía, contracunetas.

Obras de drenaje mayor

Las obras de drenaje mayor requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas se pueden mencionar los puentes

Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común.

Pasos a desnivel Consideraciones a tomar:

* Mantener en constante mantenimiento los drenajes de la superestructura.
* Tener un chequeo temporal del estado actual de los elementos estructurales como son las vigas, columnas, vigas de amarre, estribos, terraplenes, etc.
* Si es un paso a desnivel muy antiguo se recomienda hacer ensayos no destructivos como son: chequeo del estado actual de las barras longitudinales y transversales, resistencia actual del concreto etc

Terraplén

Consideraciones a tomar:

* En las laderas, se analizará el talud de acuerdo a las características del suelo para tener en cuenta la pendiente y tomar las medidas adecuadas
* El material que haya sido aflojado deber ser recompactado simultáneamente con el material de terraplén colocado a la misma elevación.
* Cuando los terraplenes deban de construirse adyacentes a, o sobre carreteras existentes, los taludes de dichas carreteras deben ser escarificados hasta una profundidad no menor de 15 centímetros construyéndose en capas sucesivas hasta el nivel de carretera existente.
* Los terraplenes de roca deben construirse normalmente en capas sucesivas de 45 centímetros, o menos de espesor, y extenderse a todo el ancho de la sección típica.
* Cada capa debe construirse en tal forma que los vacíos entre las rocas grandes, se llenen con rocas pequeñas y fragmentos de la misma.
* Los terraplenes de tierra deben ser construidos en capas sucesivas, a todo lo ancho de la sección típica, y en longitudes tales que sea posible el riego de agua y compactación.
* **Análisis de vulnerabilidad por falta de resiliencia**

La falta de resiliencia de la carretera está estrechamente vinculada con el mantenimiento y recuperación de la infraestructura, la organización social para las emergencias, y la capacitación e investigación.

**3.3 Evaluación de riesgo**

La gestión del riesgo consiste en la planificación y aplicación de medidas orientadas a impedir o reducir los efectos adversos de los fenómenos peligrosos sobre las carreteras, los bienes, los servicios y el ambiente. Para el cumplimiento de este concepto serán realizadas las actividades que se enumeran a continuación:

**Identificación de las medidas de reducción de riesgo por exposición**

Es muy importante conocer el grado de vulnerabilidad a la que están sujetos los elementos estructurales de la carretera, para ello se deben de conocer las estrategias para las amenazas específicas.

**Estrategias para amenazas específicas**

Primero se deben determinar los fenómenos, si los hay, que imponen una mayor amenaza y luego se deben preparar evaluaciones de los mismos. Tradicionalmente, los planificadores se basaron en información existente, ya que evaluar los riesgos era económicamente muy costoso y consumía mucho tiempo como para poder formar parte de un estudio de planificación de desarrollo, se deben llevar a cabo estas evaluaciones e introducir medidas de mitigación de riesgos en el contexto de un estudio de desarrollo sostenible integrado.

Dentro de estas estrategias a incorporar es muy importante mencionar a que tipos de amenazas son vulnerables los elementos estructurales de las carreteras, dependiendo de la zona de ubicación a la que se encuentra, se recomienda consultar mapas de diferentes tipos de riesgos a los que se podría ser vulnerable.

**Identificación de las medidas de reducción de riesgo por fragilidad**

Conociendo ya los elementos estructurales de la carretera que son vulnerables a una amenaza, se deben conocer los desastres ocasionados por las mismas, para tomar las medidas de mitigación adecuadas.

**Identificación de las medidas de reducción de riesgo por resiliencia**

En la etapa de preparación es importante tener un mantenimiento constante para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de respuesta (resiliencia) de la carretera

**Definición del nivel de riesgo**

Para la determinación del nivel de Riesgo se sumarán el valor del nivel vulnerabilidad frente al estado del objeto o la carretera obteniéndose un valor que según él se clasifica el riesgo.

A partir de la información anterior se realiza el plan de reducción de riesgos, teniendo en cuenta las medidas de mitigación.

1. **Conclusiones**
* Existen diversas metodologías que se emplean en diferentes países.
* Según el grupo de Expertos el Marco Internacional para la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático es la metodología más adecuada para que sirva de base a la elaborada para las condiciones de Cuba.
* La metodología elaborada fue validada por los expertos para su aplicación a partir del índice de consenso

**5 Referencias bibliografícas**

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. CII-FEN, 2009

CONRED (2015): Manual de gestión para la reducción del riesgo a los desastres en los procesos de desarrollo municipal. Guatemala.

Defensa Civil. (2005): Guía para la realización de Estudios de Riesgo para situaciones de desastres. Estado Mayor de la Defensa Civil. (2005). Cuba.

GREDES (2004): Grupo de Estudios de Desastres (GREDES) de la Facultad de Arquitectura del ISPJAE.

IGUNNE 2015: Instituto de Geografía (IGUNNE). Facultad de Humanidades. UNNE. Resistencia, Chaco. Argentina.

Palma Colindres, J.A. (2012).Análisis de riesgo y vulnerabilidad en proyectos de carreteras. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rivera Pomes, C.H. (1998): Teoría general de prevención de desastres. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala,

SIECA (2010): Secretaría de Integración Económica de Centroamérica. (2010) Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras, con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial. 3ª ed. Guatemala: SIECA, 2010. 342 p.

Valdez Hernández, C. A. (2003): Análisis y recomendaciones para prevención de desastres en carreteras. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 93 p.

Vargas Williams, Y. G. (2003): Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial. (LanammeUCR). (Informe Interno). Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales 2003. 186 p.