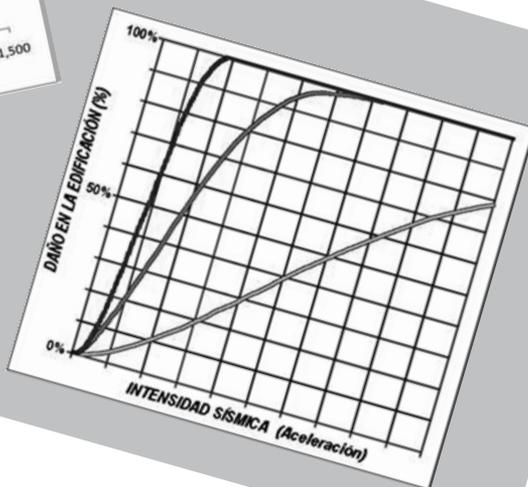
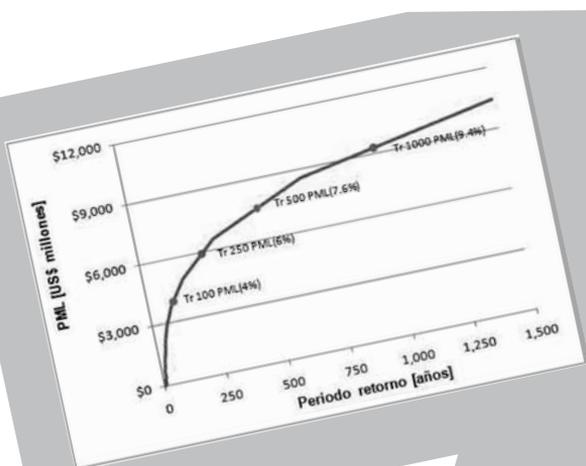


## Evaluación del Riesgo con Técnicas Probabilistas y su Incorporación en los Planes de Ordenamiento Territorial El caso de Manizales



# Evaluación del Riesgo con Técnicas Probabilistas y su Incorporación en los Planes de Ordenamiento Territorial

---

## El caso de Manizales

Cristian Camilo González Largo  
Ingeniero Civil y Especialista en Estructuras  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales  
Estudiante de Maestría en Hábitat  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

### Introducción

En Manizales se han realizado estudios generales acerca de la amenaza que representan eventos como sismos, deslizamientos, erupciones volcánicas, lluvias intensas, inundaciones, entre otros. Algunos de estos estudios se han utilizado como insumo para el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) con el fin de contribuir a determinar las áreas aptas para ser urbanizadas o para la reubicación de viviendas localizadas en zonas que se consideran en alto riesgo.

Estas zonificaciones se han realizado utilizando sistemas de información geográfica (SIG) que han permitido identificar, fundamentalmente, zonas con mayor susceptibilidad de ser afectadas, áreas consideradas como más vulnerables y finalmente, se han identificado las zonas de riesgo; definiendo con este tipo de mapas temáticos, categorías de amenaza o riesgo bajo, medio y alto.

Actualmente, estas técnicas simplificadas no son las más apropiadas para definir restricciones y usos del suelo debido a que, en general, estos mapas de amenaza y riesgo no tienen asociados períodos de retorno; es decir, no tienen en cuenta la frecuencia de los eventos o las pérdidas potenciales. La evaluación de amenaza y riesgo utilizando técnicas probabilistas es la manera más apropiada para una adecuada toma de decisiones en la planificación del territorio. Al respecto es importante que Manizales dé un paso adelante, dado el proceso de actualización de su POT, que se encuentra en marcha.

### Antecedentes

La Ley 388 de 1997 destaca la importancia de la prevención de desastres. En su articulado establece como determinante en los POT, la zonificación de amenazas naturales y la necesidad de definir estrategias de manejo de los asentamientos

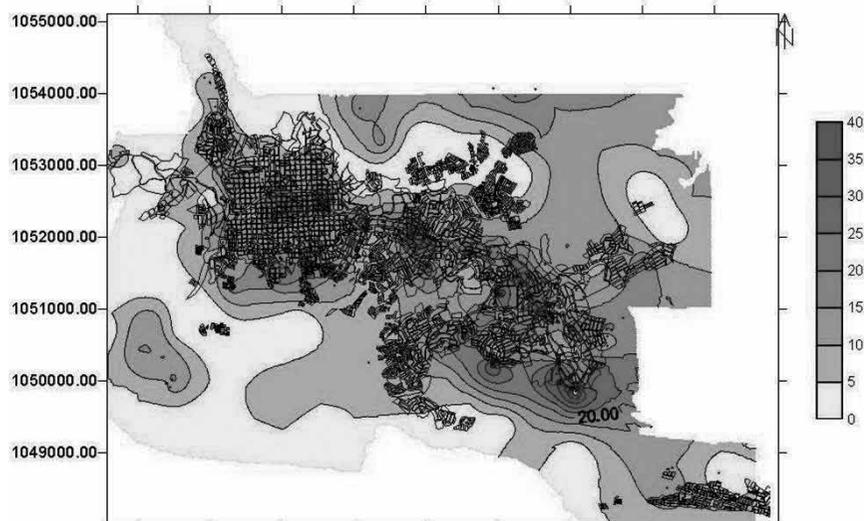
humanos expuestos (Artículo 10). De igual manera recomienda hacer un inventario de las zonas que presentan alto riesgo a causa de amenazas naturales o por condiciones de insalubridad (Artículo 16).

Con base en este inventario se puede establecer cuáles son los suelos de protección que según el artículo 35 están constituidos “por zonas y áreas localizadas (suelo de expansión urbana, suelo urbano, suelo suburbano, suelo rural) que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras, para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse”.

Como riesgo no mitigable (no recuperable según el artículo 121) se establece: “Las áreas catalogadas como de riesgo no recuperable que hayan sido desalojadas a través de planes o proyectos de reubicación de asentamientos humanos, serán entregadas a las Corporaciones Autónomas Regionales (CORPOCALDAS

en el caso de Manizales) para su manejo y cuidado, de forma tal que se evite una nueva ocupación. En todo caso el alcalde municipal o distrital respectivo será responsable de evitar que tales áreas se vuelvan a ocupar con viviendas y responderá por este hecho”.

Siguiendo la Ley 388 de 1997, Manizales adoptó su POT mediante el acuerdo 508 de 2001. En relación con los temas inherentes al riesgo, dicho POT manifiesta en su artículo 7 numeral 7.4: “[Manizales] será un municipio responsable. Para ello manejará adecuadamente las condiciones de vulnerabilidad física frente a las amenazas naturales y disminuirá las zonas de riesgo indebidamente ocupadas, afrontando la ocupación del territorio con conocimiento de las condiciones de aptitud del suelo y las características ambientales y ecológicas, con responsabilidad pública, social y política”.



Manizales está ubicada en una zona con múltiples amenazas naturales que en el transcurso de su historia se han ido manifestando en diferentes épocas. Esta situación ha generado que la ciudad se haya convertido en un laboratorio para la investigación de estos temas y para tratar de establecer métodos para evaluar el grado de seguridad de sus habitantes. El desarrollo urbano ha estado influenciado por fenómenos naturales y socio-naturales que han permitido desarrollar una cultura sísmica local, caracterizada por “el estilo temblorero” que ha sido una técnica de construcción ancestral como respuesta a la alta ocurrencia de sismos en la ciudad (Robledo 1993; Cardona 2006). Por otra parte el origen de la Corporación Autónoma fue una corporación para la defensa de la ciudad frente a los deslizamientos.

Estos acontecimientos han hecho que las amenazas naturales en Manizales sean un tema de especial importancia para la toma de decisiones sobre el uso del suelo y su ordenamiento. El POT manifiesta como política y estrategia para una adecuada ocu-

pación del suelo: “Conocer las condiciones naturales del territorio para prevenir las amenazas naturales sobre el mismo y poner en ejecución medidas de mitigación y prevención de los riesgos”.

Las zonas con niveles de amenaza muy altos las clasifica el POT como áreas de riesgo no mitigable para la ubicación de asentamientos humanos. Éstas se definen como: “áreas que por sus características geológicas, topográficas e hidrometeorológicas, unidas a la falta de protección ambiental y a la localización de asentamientos humanos, son propensas a la ocurrencia de desastres causados por deslizamientos e inundaciones” (numeral 1.5.5.3). Estas áreas son de carácter restrictivo y no permiten su desarrollo urbanístico evitando la construcción social de la vulnerabilidad y el riesgo. De lo anterior se ratifica la importancia de conocer y cumplir nueva Ley 1523 de 2012, que establece la política de gestión del riesgo en el país, donde se señala la importancia de integrar los POT con los planes de gestión de riesgo.

### Evaluación heurística del riesgo como primera aproximación

En el acuerdo 508 de 2001, en el 573 de 2003 y 663 de 2007, se determinan los riesgos a los cuales está expuesto el municipio de Manizales con una serie de mapas temáticos (geotécnicos, de formaciones superficiales, geomorfológico, morfológico, de procesos erosivos y cobertura vegetal). Estos mapas se integraron en un SIG, utilizando pesos para cada una de las variables o capas y de esta manera se determinaron las zonas

más expuestas a los diferentes tipos de amenazas naturales y antrópicas. Estas zonas fueron delimitadas con el apoyo de la Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres (OMPAD) en comunas y barrios y se estableció el tipo de tratamiento que se necesitaba según el diagnóstico realizado. Estas zonas fueron identificadas como zonas de alta, moderada y baja amenaza.

Con base en estas delimitaciones se estableció cuáles fueron las laderas de protección ambiental y cuáles tenían la posibilidad de intervención urbanística (sector urbano), además, se determinaron las zonas que tienen asentamientos humanos en sitios de riesgo con base en estudios geotécnicos y geológicos (POT, componente urbano, numeral 2.2.1.3).

Los fenómenos naturales en el POT se consideran una amenaza para el desarrollo social y económico del municipio de

Manizales. También se expresa que cualquier avance en el conocimiento de todas y cada una de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos obtenidos en el presente trabajo pueden modificarse en la medida en que se tengan estudios más detallados y ante la ocurrencia de nuevos eventos naturales destructivos. Esto garantiza la posibilidad de incluir nuevas técnicas para el cálculo del riesgo que permitan una adecuada planificación del territorio (Acuerdo 508 de 2001, documento diagnóstico).

Para el caso del riesgo en el POT se realiza una combinación entre la amenaza y la vulnerabilidad. Este riesgo fue determinado mediante una matriz (ver tabla) para cada uno de los fenómenos naturales (sismo, inundación, deslizamiento, incendio).

RIESGO			
VULNERABILIDAD \ AMENAZA	ALTA	MODERADA	BAJA
ALTA	Alto	Moderado	Bajo
MODERADA	Moderado	Moderado	Bajo
BAJA	Bajo	Bajo	Bajo

A pesar de que se trata de una técnica cualitativa y heurística es importante resaltar que en este acuerdo en las zonas determinadas como de riesgo no mitigable, la única alternativa aceptable fue la reubicación. También es importante señalar que en el componente urbano del acuerdo 663 de 2007 se creó el Sistema Municipal de Áreas Protegidas del Municipio (SIMAP) el cual fue aprobado en el acuerdo 603 del 22 de diciembre de 2004. Usando estas técnicas Manizales llegó a realizar reubicaciones notables como el caso del barrio La Playita.

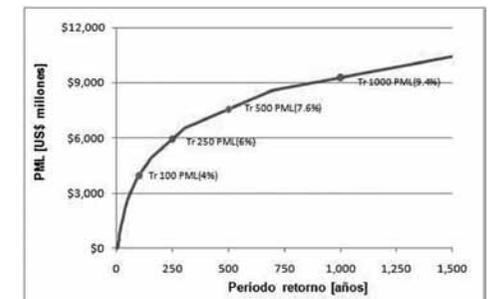
## Estimación probabilista del riesgo y su utilización en los POT

En Colombia no existe una legislación que establezca con qué metodologías se deben hacer los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de desastres para incorporarlos en el ordenamiento territorial, ni en el orden municipal ni para las cuencas hidrográficas. Tampoco se han definido referentes específicos ni orientaciones para determinar, por ejemplo, retiros en los causes de los ríos ni factores de seguridad o estabilidad de laderas. A diferencia de las normas sísmicas que establecen un sismo de 475 años de período de retorno (i.e. una probabilidad del 10% de excedencia en 50 años) para el diseño de edificaciones nuevas, para los POT y los POMCA no se han definido criterios específicos de seguridad y protección frente a lluvias, inundaciones y deslizamientos.

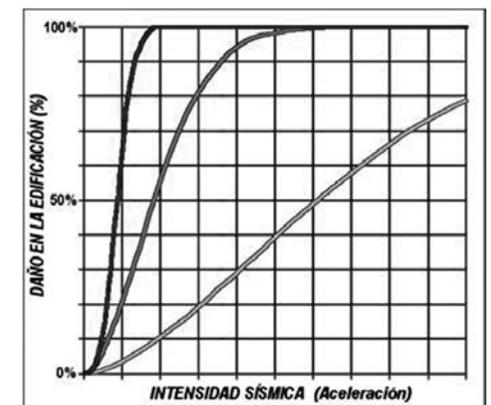
Como se ilustró con el caso de Manizales, en los POT se han incluido mapas de amenazas y riesgo utilizando categorías (alta, moderada y baja) pero sin asociarles diferentes períodos de retorno. Estas técnicas se quedan cortas de acuerdo con el estado del arte, pero se les abona que con base en estas interpretaciones del riesgo se han adoptado disposiciones de carácter restrictivo, condicionante o correctivo (PREDECAN, 2009).

Se debe entender el ordenamiento del territorio como un amplio y complejo proceso multidimensional de intervención del territorio que busca inducir formas de uso y ocupación (prospectivas y correctivas) consecuentes con escenarios proyectados y deseables del desarrollo territorial. Por lo anterior, se ve la necesidad de tener estimaciones probabilistas (del tipo uno

en 20, 50, 100 o 500 años), basados en diferentes intensidades y frecuencias de cada fenómeno peligroso y de las posibles pérdidas que se puedan presentar con base en la vulnerabilidad existente. Se intenta con estos enfoques contestar razonablemente a la pregunta ¿cuánta seguridad es una seguridad suficiente?, de acuerdo con un nivel de riesgo que se considere aceptable para la planificación.



Ejemplo de cálculo de la pérdida máxima probable



Ejemplo de curva de vulnerabilidad sísmica

En la actualidad si bien el POT determina zonas asociadas a riesgos, no se sabe a qué frecuencia de la amenaza corresponden. Esto podría generar un análisis muy conservador (eventos muy poco probables) o por el contrario un grado alto de inseguridad para la sociedad (cuando los niveles de protección se quedan cortos). El riesgo debe ser cuantificado, en lo posible, en forma probabilista; no hacerlo según Cardona “limita el proceso de toma de decisiones desde la planificación física, la reducción y la financiación del riesgo; si las pérdidas futuras no son un componente del proceso de planificación e inversión del país, es casi imposible mantener recursos presupuestarios para reducir dichas pérdidas potenciales” (PREDECAN, 2009; INGENIAR, 2006).

Cuando se habla de frecuencia anual de una intensidad, se hace referencia a su inverso: el período de retorno. En el caso de inundaciones, comúnmente la intensidad se refiere al nivel que alcanzaría el río, en los sismos a la aceleración del suelo en el sitio, en incendios hectáreas afectadas y en deslizamientos a la posible inestabilidad de las laderas susceptibles de deslizarse.

La incertidumbre asociada al pronóstico de los eventos futuros, es inherente al manejo del riesgo. Los fenómenos naturales tienen relaciones de causalidad, de ocurrencia de eventos secundarios a partir de un evento inicial o primario (PREDECAN, 2009). Según Chivata (2006) los fenómenos naturales se deben entender como eventos complejos y en consecuencia no permanentes en el tiempo, esencialmente no lineales, inciertos, difusos. De igual manera su interpretación,

modelación y el proceso de toma de decisiones y comunicación son actividades también complejas.

Para la zonificación de amenazas es importante utilizar metodologías adecuadas según el nivel de detalle y escalas de trabajo a las que se tenga acceso. Manizales cuenta con suficientes estudios especializados de las diferentes amenazas naturales. Además se tiene un amplio y completo registro histórico de los fenómenos naturales ocurridos y con estaciones sísmicas e hidrometeorológicas. Teniendo toda esta información y herramientas no se justifica que el POT no esté basado en estimaciones probabilistas. No hacerlo según Cardona “implica no tener estimado el costo de los desastres futuros, y se pierde, además, el principal incentivo para promover la inversión en prevención y reducción del riesgo” (INGENIAR, 2006).

## Una plataforma de evaluación del riesgo al alcance de los interesados

En el estado del arte existen metodologías que han sido aplicadas ampliamente en el mundo académico y en la consultoría de la ingeniería y los seguros. Para el caso específico del POT de Manizales se podría utilizar una plataforma de código abierto, como el CAPRA. Se trata de un sistema sin costo para el usuario, promovido por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. CAPRA es una técnica de evaluación del riesgo, escalable espacialmente, que permite hacer evaluaciones macro, (escala regional o nacional) y micro (escala subnacional y local) donde lo que cambia es la resolución de la información.

CAPRA, que significa Comprehensive Approach for Probabilistic Risk Assessment es una plataforma que permite evaluar el riesgo por múltiples amenazas y visualizar espacialmente los daños que podrían ocurrir. El CAPRA es un software que tiene un módulo para cada una de las amenazas, tiene en cuenta los elementos expuestos que se le configuren, sus vulnerabilidades, para luego estimar las pérdidas probables

y así medir el riesgo en un territorio (INGENIAR, 2006).

El CAPRA provee información acerca del riesgo catastrófico, lo que permite además estimaciones para las negociaciones entre tomadores y cedentes del riesgo financiero (transferencia del riesgo). Esto permite al gobierno de la ciudad diseñar estrategias de financiación frente a futuros desastres con la industria de seguros/reaseguros, así como también estimar cuáles serían las más eficientes políticas de inversión pública para la reducción del riesgo.

Estimaciones probabilistas con este tipo de plataformas permiten visualizar las amenazas y el riesgo en las diferentes zonas ya urbanizadas o de expansión de la ciudad (espacialmente). Además se pueden obtener mapas para varios períodos de retorno con el fin de que las autoridades gubernamentales cuenten con evaluaciones que les posibiliten tomar decisiones de tipo prescriptivo, correctivo y prospectivo sobre el territorio.

## Bibliografía

CARDONA Arboleda Omar Darío. Análisis de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico. Seminario Nacional sobre prevención y manejo de catástrofes naturales. Medellín. 1986

COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1523 de 2012. (24 de abril de 2012). Por el cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 2012

COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388 de 1997.(24 julio de 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras.lbagué. 1997

CHIVATA Cárdenas Ibsen. Contribuciones para el tratamiento de la incertidumbre en la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa. Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manizales. 2006. 195p

INGENIAR LTDA Ingenieros-Arquitectos, consultores. PROYECTO REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL ESTADO ANTE DESASTRES NATURALES. PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO PARA EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: Informe de consultoría. Plan estratégico para impulsar el programa de gestión de riesgos del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. 2006. 116p

Agradecimientos al doctor  
Omar Darío Cardona A,  
por su colaboración en la realización  
de este documento.



**Instituto de Estudios Ambientales - IDEA -**

*Teléfono: 8879300 Ext. 50190 / Fax 8879383*

*Cra 27 #64-60 / Manizales - Caldas*

*<http://idea.manizales.unal.edu.co>*

*[idea\\_man@unal.edu.co](mailto:idea_man@unal.edu.co)*