

2. CONCEPTOS BASICOS

2.1. ANALISIS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO

2.1.1. El concepto de riesgo

Desde que en 1972 el Grupo de Trabajo para el Estudio Estadístico de los Peligros Naturales de la UNESCO definió un estándar para el asesoramiento cuantitativo del riesgo, numerosos autores han aplicado esta base metodológica para la realización de estudios de riesgo de toda índole.

En su informe, el Grupo de Trabajo identifica el concepto de riesgo con la posibilidad de que se produzca una pérdida,- sea ésta en forma de vidas humanas, de propiedades, capacidad productiva, etc. -, que depende de tres factores expresados de la forma:

$$\text{Riesgo} = (\text{Valor}) \times (\text{Vulnerabilidad}) \times (\text{Peligro})$$

Posteriormente, la Organización de las Naciones Unidas para la Coordinación de Desastres (UNDRO), ofrece una visión del riesgo en la cual se consideran tres componentes:

- a) Los **elementos bajo riesgo (E)**, los cuales engloban a la población, propiedades, actividades económicas, servicios públicos, etc., que se encuentran bajo la amenaza de sufrir un desastre en una zona determinada.

- b) El **riesgo específico (Rs)**, que se entiende como el grado de pérdida susceptible de producirse por un fenómeno natural particular y se expresa como el producto del peligro natural (H) y la vulnerabilidad (V).
- c) El **riesgo total (Rt)**, que se refiere al número de vidas que pueden perderse, las personas heridas, los daños a la propiedad y la interrupción de actividades económicas causadas por un fenómeno particular. Es el producto de los dos elementos anteriores:

$$R_t = (E) (R_s) = (E) (H.V)$$

UNDRO define el riesgo como "*el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultante de la ocurrencia de un fenómeno natural de magnitud determinada. Se expresa con una escala de 0 (sin daños) a 1 (pérdida total)*".

Las compañías de seguros también se han introducido en la última década en el campo de la evaluación de riesgos naturales con vistas a establecer las cuotas a pagar en aquellas áreas expuestas a catástrofes. Desde su particular punto de vista, introducen factores en la ecuación de riesgo como la "percepción del fenómeno" por parte de la población y la formulación adquiere un carácter aplicado:

$$R = C_p \cdot C_a \cdot P(E)$$

donde C_p es el factor relacionado con la percepción del fenómeno, C_a caracteriza las causas del riesgo (fenómenos eruptivos en este caso) y $P(E)$

indica la probabilidad de que ocurra el evento en un lugar y un momento determinado.

En este caso, el análisis del riesgo equivale al establecimiento del "potencial de daños" que una zona puede sufrir como consecuencia de un evento, el cual se define como una función compleja que depende del tipo y magnitud de la erupción, la distancia a la fuente, las condiciones meteorológicas, la vulnerabilidad de los elementos de riesgo, la topografía, etc.

2.1.2. Análisis y evaluación del riesgo

Como respuesta a la necesidad de medir los efectos potenciales de los fenómenos naturales sobre la población humana y de diseñar estrategias adecuadas para la prevención y mitigación de catástrofes, surge en las últimas décadas la disciplina del Análisis y Gestión del Riesgo, cuyos fundamentos y principios son comunes a todos los riesgos naturales y antrópicos.

La naturaleza y el impacto potencial de un peligro natural dependen de la relación que exista entre éste y la población o los bienes que se encuentren expuestos al mismo. Por tanto las consecuencias dependen en primer lugar de los fenómenos físicos que se desarrollen y de la magnitud y distribución que éstos alcancen (*peligrosidad*) y en segundo lugar de la *vulnerabilidad* de las personas y los bienes frente a estos fenómenos. Es decir, el concepto de riesgo está inherentemente relacionado con el de habitación u ocupación humana. Por lo que

en aquellas zonas del planeta donde no existan asentamientos o infraestructuras, aunque el potencial destructivo de los fenómenos naturales sea importante, no habrá riesgo, aunque sí peligrosidad.

Aunque conceptualmente resulta simple entender cuáles son los componentes del riesgo, a efectos prácticos su estimación resulta bastante compleja, porque, por ejemplo, en sentido estricto el *riesgo* representa la *probabilidad de pérdida debida a la ocurrencia de un fenómeno volcánico en un intervalo de tiempo determinado*, es decir, requiere la realización de un estudio de tipo estadístico. Y si el riesgo es función de los valores que la peligrosidad y la vulnerabilidad adquieran en el área de trabajo (considerando que el valor expuesto se mantiene constante), esto significa que ambos también se expresan en términos probabilísticos.

La **peligrosidad** entonces se entiende como la *probabilidad de que un área se vea afectada por un fenómeno considerado en un intervalo de tiempo dado*, mientras que la **vulnerabilidad** se entiende como la *probabilidad de daño derivada de los efectos de ese fenómeno en el intervalo de tiempo considerado*.

Hay una serie de preceptos básicos que se aplican en la evaluación y análisis de la peligrosidad y el riesgo para garantizar que los resultados que se obtengan en los estudios se ajusten verdaderamente a estos conceptos:

- Por definición, el estudio de la peligrosidad y el riesgo concierne a un único fenómeno. Actualmente no hay procedimientos lo suficientemente

sofisticados como para analizar más de un fenómeno en conjunto y mucho menos representarlos de forma adecuada, debido a la variedad de escalas espaciales y temporales en los que éstos tienen lugar. Sin embargo, en la actualidad existen ya comisiones internacionales que se están ocupando de poner en marcha iniciativas dedicadas a proponer soluciones específicas para este problema.

- Los estudios de peligrosidad y riesgo tienen como objetivo establecer el comportamiento de un fenómeno a medio o largo plazo, con lo que el intervalo de tiempo que esto suponga variará dependiendo del fenómeno considerado y sus características.
- El resultado de un análisis debe incorporar y representar todos los escenarios posibles que puedan tener lugar en la zona de trabajo en el intervalo de tiempo considerado y reproducir de forma fiable el comportamiento del fenómeno considerado.

Son numerosas las formulaciones existentes que se pueden encontrar como propuestas para llevar a cabo el análisis y la evaluación del riesgo, dependiendo su selección principalmente del enfoque que se desee aplicar, el volumen de datos e información disponible sobre los fenómenos a analizar, la tipología de los mismos y el uso al que se destinen los resultados. Por este motivo, se hace necesario con anterioridad a la realización del análisis de los riesgos el establecer un planteamiento y un marco de análisis que se adapte a las

circunstancias específicas del área objeto de estudio, en este caso la isla de Tenerife.

El *análisis probabilístico* del riesgo se basa principalmente en la aplicación de un tipo específico de técnicas de simulación numérica que se denominan algoritmos de Monte Carlo, las cuales intentan reproducir el comportamiento del fenómeno que nos ocupa a lo largo del tiempo, muestreando las variables que lo definen de forma aleatoria un número muy elevado de veces (iteraciones), cada una de las cuales representaría en el caso del volcanismo, un posible escenario eruptivo. Las técnicas de simulación por Monte Carlo surgen en los años 40 en el marco del proyecto Manhattan (bomba atómica) y sus primeras aplicaciones en áreas distintas a la financiera no se realizaron hasta principios de los años 70, cuando la Environment Protection Agency (USA), las incorporó para desarrollar estudios relacionados con los riesgos para la salud (epidemias, control de plagas).

La evaluación probabilística del riesgo se ha enfrentado hasta ahora con muchas dificultades, debido a la escasez de datos de que se dispone en muchos casos. Por ello, en su lugar se han aplicado frecuentemente métodos de análisis de tipo *determinista*, los cuales se dedican a analizar los efectos potenciales derivados de la ocurrencia de uno o más escenarios específicos. Por ejemplo, es típico encontrar estudios que analicen las consecuencias del evento más grave esperado o el más probable, de acuerdo con el nivel de conocimientos de que se disponga del área de trabajo. Este tipo de análisis resulta útil como primera

aproximación para conocer el potencial destructor de los fenómenos que han tenido lugar en la zona, pero no reflejan ni la variabilidad natural del fenómeno ni su incertidumbre, con lo que no aportan información sobre el riesgo y por tanto a efectos de planificación su aplicación es limitada.

En otras ocasiones lo que se realiza es un estudio estadístico de la distribución de los efectos de eventos previos para determinar la probabilidad de que el fenómeno se repita en el futuro. En este caso, aunque el tratamiento de datos es algo más complejo, lo que se obtiene es una visión global de los escenarios representados en el registro, pero no de todos los posibles. Lo que se genera en este caso es una **zonificación** del riesgo, la cual resulta ya una herramienta útil como apoyo en la generación de planes de desarrollo local y de gestión del territorio. Sin embargo, tampoco en este caso se obtiene información sobre el riesgo en sentido estricto.

En cualquier caso, independientemente del contexto en el que se lleve a cabo el análisis, el estudio y evaluación del riesgo deberá proporcionar información sobre la magnitud de los efectos y las pérdidas potenciales que pueden tener lugar en la zona de trabajo, expresándose éstas en términos económicos en el caso de los bienes y propiedades y como víctimas mortales o heridos cuando se trate de vidas humanas.

Uno de los puntos clave que requiere la elaboración de planes de prevención con enfoques multi-riesgo lo constituye la definición de procedimiento o procedimientos mediante los cuales se combinarán los resultados obtenidos para

el análisis de cada uno de los riesgos que los integran. El estudio multi-riesgo es una materia que aún se encuentra en estado de desarrollo, aunque en la actualidad se han sentado ya las bases para plantear diversas alternativas que, desde un punto de vista cualitativo o semi-cuantitativo, permitan establecer aquellas áreas que resultan más susceptibles con el fin de identificar puntos prioritarios y de diseñar las medidas más adecuadas en función de las características que los riesgos adopten en cada una de ellas.

Para la realización de un estudio de las características del que nos ocupa, el diseño de procedimientos de valoración ponderada de factores mediante la aplicación de técnicas de análisis multicriterio constituye la opción que puede aportar mayores beneficios al análisis. La aplicación de este tipo de técnicas permitiría en todo momento identificar los peligros que contribuyen con mayor peso al riesgo total en cada punto del territorio e incorporaría la posibilidad de barajar hipótesis de análisis y diseñar escenarios de actuación sobre la base de los cuales se asentaría el Plan.

2.1.3. Cartografía para la gestión del riesgo

La elaboración de planes de prevención y mitigación frente a catástrofes naturales parte del análisis y caracterización de los posibles patrones de comportamiento del fenómeno estudiado que cabría esperar en el área de

interés, así como de los efectos potenciales sobre el medio que se podrían desencadenar en el futuro.

La cartografía de riesgos supone la delimitación de zonas para las que se expresa la posibilidad de que una serie de sectores o elementos de la sociedad se vean afectados por una ocurrencia natural de tipo extremo. Por tanto, la zonificación del riesgo supone un proceso de integración de dos tipos de cartografía: el de peligrosidad y el vulnerabilidad, que viene a expresar la mayor o menor fragilidad de los diferentes sectores y elementos de la sociedad frente a dicha ocurrencia.

En la actualidad no existe una normativa suficiente que establezca con claridad las pautas a seguir y los elementos a considerar en la cartografía de peligrosidad, vulnerabilidad o riesgo.

Por ello y, dada la dificultad que supone la generación de la misma, la elaboración de planes se ha basado por lo general en la generación de mapas de peligrosidad (también llamados de amenaza), en los se refleja la probabilidad de que un área determinada se pueda ver afectada en el futuro en mayor o menor medida por el fenómeno analizado.

Para ello, se tiene en cuenta la frecuencia y la magnitud o severidad con la que se ha manifestado el fenómeno en el pasado y la distribución y características de los eventos del registro (histórico, geológico) y se considera si su comportamiento es representativo, con el fin de "simular" lo que podrá suceder en el futuro. Una

vez elaborados los mapas de peligrosidad, se analiza el contexto territorial, social y económico que caracteriza a las zonas potencialmente afectadas por el fenómeno y se utiliza como base para la redacción de los planes de prevención y mitigación frente a catástrofes. En caso de no poder utilizar datos suficientemente significativos, se analiza el fenómeno y se proponen hipótesis a través de las cuales llegar a una primera aproximación del problema.

Por lo que se refiere a la generación de cartografía de peligrosidad, el tipo de estudios más frecuente y de menor complejidad está dedicado a la generación de escenarios de peligrosidad.

La *cartografía de escenarios* supone una primera aproximación a la evaluación de la peligrosidad que se hace necesaria en aquellas áreas en las que se carece de información suficiente sobre la probabilidad de recurrencia y la magnitud de los eventos que pudieran tener lugar en el futuro. Se basa en la selección de uno o más eventos característicos en función del criterio que se quiera representar en los mapas (ej. máxima magnitud, evento más reciente, más frecuente) y su reproducción mediante la utilización de la información disponible, de modelos físicos de simulación o de la reconstrucción a partir de datos empíricos. Hoy en día es frecuente que los resultados obtenidos se integren en un marco geográfico general de referencia mediante la utilización de herramientas como los GIS.

Con este tipo de estudios generalmente se obtiene sólo una primera aproximación al problema de la peligrosidad de la zona, pero con ellos se sienta una base sobre la que definir los objetivos para los trabajos futuros que permitan

realizar estudios más sofisticados de peligrosidad. Proporcionan además una herramienta útil para obtener información sobre los posibles efectos que eventos de particular relevancia tendrían en la zona de trabajo si se repitiesen en nuestros días.

En un nivel de complejidad superior se encuentran aquellos estudios que utilizan aproximaciones estadísticas al estudio de la peligrosidad analizando los depósitos de eventos del registro histórico o geológico, para generar *zonificaciones de peligros*.

Hoy en día, los estudios de zonificación de peligros aplican comúnmente los recursos que aporta la simulación numérica para identificar aquellas áreas que podrían verse afectadas por los el fenómeno analizado.

Mediante la aplicación métodos de simulación se obtiene como resultado un mapa de zonificación de peligros específico que se denomina *mapa de susceptibilidad*, el cual representa la *probabilidad de distribución de los efectos derivados de la ocurrencia de un escenario específico o de un conjunto de escenarios posibles*, en el que se han preestablecido las hipótesis que determinan el comportamiento del fenómeno que se estudia, por lo que puede ocurrir que no tenga en cuenta la variabilidad que éste pueda experimentar a lo largo del espacio o del tiempo. La aplicación de métodos de análisis multicriterio en los que se identifican el conjunto de factores que condicionan la peligrosidad de un área y se ponderan, conduce también a la generación de mapas de susceptibilidad.

Los mapas de susceptibilidad presentan limitaciones para el estudio de la peligrosidad, aunque sí han demostrado su utilidad para el apoyo en la toma de decisiones en el transcurso de crisis o para identificar aquellas zonas que pueden ser más vulnerables frente a la los fenómenos analizados, con lo que aportan una información complementaria a la que se obtiene por los métodos convencionales de cartografía de escenarios.

2.1.4. Medidas de mitigación del riesgo

Aunque resulta imposible prevenir la ocurrencia de los desastres naturales (no así los tecnológicos), se dispone sin embargo de toda una serie de medios para reducir sus consecuencias adversas. Mediante la gestión y ordenación del territorio se puede llegar a mitigar muchos de los efectos negativos de un evento siempre y cuando esta gestión se realice con anterioridad y con la adecuada planificación.

Evidentemente, las medidas específicas de anticipación, determinación, gestión y reducción de riesgos que se adopten van a depender, ante todo, del riesgo de que se trate. En el caso de los peligros de origen humano, es posible casi siempre adoptar medidas para impedir el accidente, pero frente a algunos peligros naturales las medidas preventivas que se adoptan suelen ser medidas de mitigación de las consecuencias del accidente o medidas de preparación ante la eventualidad de que ocurra.

La gestión del riesgo es un enfoque ampliamente utilizado a nivel global para tratar con la imposibilidad de evitar la ocurrencia y manifestación de los peligros naturales y su potencial para causar desastres. Los componentes de un sistema eficiente de gestión del riesgo incluyen (CDERA, USAID, UN):

- Medidas Preventivas, que a su vez pueden ser de dos tipos:
 - Estructurales, cuando implican acciones destinadas a prepararse para hacer frente a un determinado evento a corto plazo.
 - No estructurales, cuando implican acciones destinadas a minimizar el daño potencial a la propiedad y los individuos. Entre éstas se encuentran el desarrollo de planes de Evacuación y Respuesta, la instalación de Sistemas de Alerta, la realización de simulacros y el entrenamiento y formación de personal de gestión de emergencias. El desarrollo de este tipo de acciones es competencia principal de los organismos de protección civil.
- Medidas de Emergencia, que están destinadas a su puesta en marcha durante o inmediatamente después de la ocurrencia del desastre e incluyen acciones que requieren una muy rápida respuesta, como operaciones de búsqueda y rescate, la evacuación, tratamiento médico de emergencias o los programas de cobijo y abastecimiento. Este tipo

de medidas se diseñan para adaptarse a las necesidades de las víctimas de un desastre.

- Medidas de Reconstrucción, que son acciones de gestión de emergencia que comienzan después de la ocurrencia de un desastre y una vez que ya se han cubierto las necesidades básicas. Este tipo de acciones están destinadas a poner de nuevo en funcionamiento la comunidad afectada, incluyendo reparaciones a las infraestructuras y servicios básicos.
- Medidas de Mitigación, destinadas a reducir o eliminar los daños derivados de posibles eventos peligrosos. Este tipo de medidas pueden ponerse en marcha antes, durante y después de un desastre y se superponen a todas las fases de gestión del riesgo. Se distinguen a su vez dos tipos de medidas de mitigación:
 - Estructurales, como por ejemplo la construcción de estructuras resistentes a los eventos (ej. norma sismorresistente).
 - No estructurales, fundamentalmente el desarrollo de planes de ordenación del territorio, normativas, medidas legislativas y económicas, que en conjunto desalienten a la población de instalarse en zonas consideradas de alto riesgo. Dentro de este tipo de medidas se incluyen las de tipo informativo

destinadas a educar a los miembros de la comunidad sobre las características de los peligros por los que se ven afectados y la importancia de la mitigación. La realización de cartografía de riesgos se incorpora en esta categoría.

La Mitigación es por tanto el único componente de la gestión del riesgo que tiene el potencial de romper el ciclo de daños y reconstrucción que suele tener lugar cuando una comunidad está sometida a la ocurrencia repetida de peligros naturales. Para que sea eficaz, una Estrategia de Mitigación debe estar lista para su implementación en el momento en el que exista una ventana de oportunidad.

Sobre esta base, las Estrategias de Mitigación del Riesgo que se pongan en marcha, con independencia de que sean de tipo estructural o no estructural, pueden seguir cuatro enfoques diferentes:

- Mitigar la peligrosidad, es decir, reducir los efectos potenciales del fenómeno sobre el medio (ej. presas de laminación de avenidas). Este tipo de medidas suelen ser estructurales y su aplicación limitada.
- Mitigar la exposición, mediante el uso y aprovechamiento del territorio en consonancia con su vocación y teniendo en cuenta los riesgos a los que está sometido. Este tipo de estrategia es la que se sigue mediante el desarrollo de planes y normativas de ordenación del territorio y suele estar asociada a medidas no estructurales.

- Mitigar la vulnerabilidad, mediante la aplicación de medidas generalmente de tipo estructural destinadas a reforzar la resistencia de la estructuras a los eventos.
- Estrategias Integradas, que combinen elementos de las anteriores de forma óptima.

La estrategia a seguir va a depender directamente del plazo de implantación que se desee imponer para la puesta en marcha de las medidas de mitigación. Básicamente, el diseño de medidas dependerá de que se trate de imponer *Acciones a Corto o Largo Plazo*.

En esta línea de trabajos se incluye el **Informe de la Comisión Especial sobre la Prevención y Asistencia en Situaciones de Catástrofe del Senado**, de fecha 3 de Diciembre de 1998, que identifica, para cada uno de los riesgos naturales mayores que se presentan en el territorio nacional la serie de acciones a corto y largo plazo, estructurales y no estructurales a desarrollar para mitigar sus efectos.

A continuación se presenta un resumen de las principales acciones identificadas por esta Comisión para cada uno de los riesgos:

Riesgo Volcánico: Propuestas y Recomendaciones (sin plazos)

- Perfeccionamiento del actual sistema de seguimiento e información sobre fenómenos volcánicos.

- Confección de la Cartografía Temática del Riesgo Volcánico en Canarias, de acuerdo con los criterios que acerca de la zonificación del territorio en función de la peligrosidad volcánica, se expresan en la correspondiente Directriz Básica de Planificación de Protección Civil, con el fin de que puedan servir de fundamento para los planes de ordenación del territorio y de los usos del suelo que se elaboren y aprueben por los órganos competentes.
- Fomento de las actividades tendentes a mejorar el nivel de conocimiento de la población, particularmente de los residentes en el archipiélago canario, acerca del riesgo volcánico. Es particularmente necesario que tales conocimientos se introduzcan en los diversos niveles de la enseñanza.

Riesgo Sísmico: Propuestas y Recomendaciones (sin plazos)

- Realización de estudios de peligrosidad con mucho mayor nivel de detalle que los del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a desarrollar por las administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo. Se propone por tanto realizar, por los órganos competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo, estudios de microzonación que complementen los mapas de peligrosidad sísmica existentes, en aquellos ámbitos territoriales donde sean previsibles sismos de intensidad igual o superior a grado VI.

- Elaboración de estudios sistemáticos de vulnerabilidad, en los ámbitos territoriales anteriormente señalados, que comprendan las construcciones, instalaciones e infraestructuras, cuya destrucción, con probabilidad razonable, pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio imprescindible para la comunidad o aumentar los daños por efectos catastróficos.
- En base a los estudios anteriores, debería elaborarse una Cartografía Temática del Riesgo Sísmico en España, suficientemente precisa para fundamentar a su vez los planes de ordenación urbana correspondientes en los mencionados ámbitos territoriales y los Planes Especiales de Protección Civil frente a Riesgo Sísmico.
- Se recomienda la definición de las redes de infraestructuras básicas sismorresistentes que deberían reforzarse de acuerdo con la nueva Normativa sismorresistente, a los fines de los Planes Especiales de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico.
- Resulta prioritaria la información y divulgación sobre medidas de autoprotección ciudadana frente a los fenómenos sísmicos y el tratamiento de estas cuestiones en los diversos niveles de la enseñanza, fundamentalmente en las zonas del territorio de mayor peligrosidad.

Riesgo Hidrológico: Propuestas y Recomendaciones

- Actuaciones a corto plazo no estructurales:
 - Puesta en marcha del Programa Nacional de Cartografía Temática de Zonas Potencialmente Inundables y su Nivel de Riesgo Asociado, que contenga tanto la evaluación económica de su ejecución, como la priorización de acciones para su realización.

La cartografía temática resultante debería orientar de la propia planificación hidrológica, la planificación territorial y urbana y debería constituir la base para la elaboración de los Planes Especiales de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones.
 - El BOCE identifica toda otra serie de acciones relacionadas con la puesta en marcha o mejora de programas de vigilancia tanto meteorológica (PN de Vigilancia y Previsión de Fenómenos Meteorológicos Adversos) como hidrológica (SAIH) y de definición del Dominio Público Hidráulico (Programa LINDE).
- Acciones a medio y largo plazo no estructurales (una vez completado el programa de cartografía temática):

- Revisión de los Planes Autonómicos de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones y elevación a definitivos conforme a lo dispuesto en la legislación de Protección Civil.
 - El Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos deberá revisarse en profundidad en lo que proceda, de tal forma que constituya un sistema de alerta meteorológica para los Planes de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones.
 - La Administración Hidráulica, en coordinación con la Comisión Nacional de Protección Civil, deberá revisar el Sistema Automático de Información Hidrológica con el mismo propósito.
 - La Administración Hidráulica, con la disposición de la cartografía temática del riesgo de inundaciones, deberá revisar en lo que proceda sus políticas, planes, programas y proyectos, incorporando con intensidad la variable "riesgo de inundación".
- Acciones a medio y largo plazo estructurales. Comprende fundamentalmente la revisión o puesta en marcha de programas destinados a:

- Infraestructuras y obras para prevenir el riesgo de inundaciones en áreas vulnerables.
- Restauración hidrológico-forestal para reducir y retardar el caudal punta de las avenidas, la erosión y la pérdida de capacidad de los embalses que afecten a las zonas de máximo riesgo potencial de inundaciones.
- La puesta en marcha de medidas de intervención urbanística para evitar o minimizar los posibles efectos catastróficos de avenidas e inundaciones.

Dinámica de vertientes: Propuestas y Recomendaciones (sin plazo)

- Se recomienda que los órganos competentes de las distintas administraciones públicas establezcan procedimientos sistemáticos para que los planes de ordenación territorial y urbanística, así como los proyectos de determinadas infraestructuras, tanto de iniciativa pública como privada, incluyan preceptivamente una evaluación del riesgo por movimientos del terreno.
- Se recomienda asimismo profundizar en la definición y normalización de los mecanismos para la coordinación y cooperación entre la administración local, autonómica y estatal, de forma que redunde en una resolución más rápida y eficaz de los problemas asociados a estos fenómenos.

El resto de los riesgos naturales o antrópicos que afectan el territorio español no quedan contemplados por esta Comisión. Sin embargo, la **Comisión Europea**, en su Documento de trabajo sobre Protección Civil: "*Sensibilización pública y refuerzo de la seguridad frente a peligros naturales y de origen humano*", de fecha 05.02.2003, se propone, en primer lugar, analizar el problema y examinar las medidas existentes en la actualidad para, a continuación, proponer soluciones adecuadas.

El objeto de este documento es preparar una estrategia compuesta por una serie de medidas a corto y medio plazo. Esa estrategia se refiere a los peligros naturales y tecnológicos, así como a los aspectos relativos a la prevención de riesgos y a la mitigación de las consecuencias de las catástrofes.

De entre las medidas a corto plazo que propone la Comisión, algunas son "horizontales" porque, en teoría, pueden aplicarse a todos los tipos de peligros; otras son de carácter más "sectorial", es decir, se refieren a riesgos más específicos. Entre éstas destacan:

- La elaboración de legislación horizontal sobre el cartografiado de riesgos, que incorpora entre las medidas a poner en marcha, la obligación por parte de los Estados Miembros de elaborar, publicar y actualizar mapas de riesgos.
- La evaluación del impacto sobre la seguridad, destinado a garantizar que ningún proyecto o programa aumente indebidamente los riesgos

para las personas o el medio ambiente. Por esa razón, debe idearse un instrumento flexible para tener adecuadamente en cuenta el riesgo.

- El desarrollo de instrumentos específicos que, además de analizar el impacto sobre la seguridad, garanticen que el "nivel de riesgo" y la "vulnerabilidad del ciudadano" sean tenidos efectivamente en cuenta en el desarrollo de todas las políticas comunitarias.

Las propuestas de medidas a medio plazo que identifica el documento de trabajo de la Comisión son las siguientes:

- "Medidas legislativas" a medio plazo:
 - Iniciativa de imponer la obligación de informar a la Comisión de catástrofes naturales o de origen humano que superen una magnitud por determinar.
 - Identificación de enclaves que suponen un riesgo, en particular en relación con el transporte de mercancías peligrosas y con las instalaciones de almacenamiento provisional.
 - Conexión de los servicios meteorológicos, los modelos de previsión y la información de los ciudadanos.
 - Normalización (Armonización de los mecanismos de alarma, Normas de construcción adaptadas a los tipos de peligros,

Interoperabilidad del material de los servicios de urgencia, etc.).

2.2. SISTEMAS DE INFORMACION PARA EL ANALISIS Y GESTION DEL RIESGO

La enorme importancia de la información espacial en las distintas fases de la gestión de los riesgos naturales ha motivado que la irrupción de las nuevas tecnologías en el mundo de la cartografía haya encontrado en este campo uno de los ámbitos que con más interés ha ido demandando e incorporando los nuevos avances e innovaciones.

La evaluación y asesoramiento del riesgo parte del análisis y caracterización de los posibles patrones de comportamiento del fenómeno estudiado (ej. inundaciones, terremotos) que cabría esperar en el área de interés, así como de los efectos potenciales sobre el medio que se podrían desencadenar en el futuro.

De forma clásica, la realización de estos estudios se ha basado en la generación de mapas de peligrosidad o amenaza, de tipo determinista o probabilístico, o bien en zonificaciones de peligros. Una vez elaborados los mapas de peligrosidad, se analiza el contexto territorial, social y económico que caracteriza a las zonas potencialmente afectadas por el fenómeno y se valora la vulnerabilidad de cada uno de estos elementos frente al mismo, con el fin de obtener una estimación del riesgo al que la población de la zona se ve sometida.

Con la introducción progresiva de los Sistemas de Información Geográfica en la disciplina de análisis del riesgo se ha alcanzado una mayor eficacia en la integración, gestión, visualización y actualización de los datos que representan cada uno de los factores y variables que intervienen en el cálculo del riesgo. Un nivel superior de sofisticación lo están proporcionando en los últimos años los Sistemas de Información, a través de los cuales se ha hecho posible también desarrollar procedimientos de cálculo automático e incluir en el cálculo modelos físicos capaces de simular escenarios específicos de riesgo.

En la actualidad, existen ya numerosos ejemplos de estudios de peligrosidad y riesgo realizados utilizando como base los SIG. Sin embargo, salvo excepciones, aún se está lejos de alcanzar el nivel de desarrollo suficiente que permita la implantación de aplicaciones y sistemas independientes, capaces de proporcionar todos los datos que los usuarios requieren para diseñar y desarrollar medidas eficaces de gestión del riesgo.

La utilización de un SIG en la planificación, ordenación y gestión de los recursos territoriales en general y de los riesgos en particular agiliza los procesos de integración de la información, tanto gráfica como alfanumérica, procedente de distintas fuentes, permitiendo actualizar y analizar la información de manera casi inmediata y generar informes periódicos del estado de los mismos y de sus interacciones mutuas. Esto permite a la administración y los sectores responsables de su explotación puedan disponer de una información

especializada y permanentemente actualizada, para gestionar los riesgos con criterios racionales y territoriales.

2.2.1. Sistemas de información de carácter sectorial

Desde el punto de vista sectorial, los Sistemas de Información en Riesgos se han desarrollado principalmente en torno a tres campos de actuación: la protección civil, la ordenación del territorio y el campo del seguro y reaseguro. En general, los desarrollos que han tenido lugar en cada uno de estos campos se caracterizan por su singularidad, lo que ha dado lugar a que exista un escaso nivel de coordinación entre aplicaciones que desde el punto de vista de la gestión del territorio serían complementarias. Por otra parte, otra característica común de los sistemas desarrollados es su elevado grado de generalización, derivado principalmente del limitado volumen y calidad de los datos incorporados en los mismos, así como de la simplicidad de los métodos de cálculo aplicados en la evaluación de la peligrosidad y el riesgo.

El campo en el que en la actualidad se ha producido una mayor proliferación de aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica en Riesgos es el de la **Protección Civil**. Los desarrollos se han centrado principalmente en la generación de aplicaciones destinadas a apoyar a las organizaciones responsables de la misma en uno o más de los tres aspectos fundamentales de

la gestión de emergencias: la prevención del riesgo a corto plazo (alertas, avisos), la gestión de crisis y la mitigación de daños.

Son numerosas las aplicaciones en funcionamiento dedicadas a la gestión de emergencias. La práctica totalidad de los organismos de protección civil en las distintas CC.AA., en paralelo a la instauración de los centros de coordinación de emergencias (112), han optado por desarrollar alguna aplicación de este tipo. En el caso concreto de la Dirección General de Protección Civil (DGPC), cabe destacar la puesta en marcha en el año 2001 del Sistema Informático de Gestión de Emergencias (SIGE).

La **Ordenación del Territorio** debe tener como objeto la definición de un modelo que resulte del encuentro de unas estrategias de desarrollo y de una distribución de actividades que vendrán condicionadas por la capacidad de acogida del territorio en función de sus riesgos y características medioambientales. Desde esta perspectiva, los riesgos naturales son tratados en los documentos de ordenación como procesos ambientales que deben limitar el modo en el que determinadas actividades pueden desarrollarse sobre los ámbitos afectados, por lo que su análisis debería constituir un elemento clave para la ordenación.

Son muy escasos los desarrollos en los que los Sistemas de Información Geográfica en Riesgos aparecen en España, pese al requerimiento que la Ley 6/98 sobre Régimen del Suelo y Valoraciones, hace una referencia explícita a los suelos sometidos a riesgos naturales en el Art. 9, los cuales podrán declararse especialmente protegidos siempre que su caracterización de riesgo este incluida

en un planeamiento sectorial. Lo que pretende con ello la ley es declararlos exentos de urbanización y edificación e incluso desprovistos de usos o actividades que puedan presentar riesgo a las personas o bienes a través de figuras específicas de suelo rústico de especial protección. Este modelo se repite en muchas legislaciones regionales de urbanismo y ordenación del territorio. Sin ir más lejos, en Canarias las Directrices de Ordenación General ya obligan a tener en cuenta el análisis de determinados riesgos naturales (geológicos, incendios forestales, etc.) en los diferentes niveles de planeamiento; sin embargo hasta el momento la aplicación de esta directriz ha sido anecdótica debido en gran parte a la ausencia de una cartografía fiable sobre estos fenómenos –en cuya elaboración la utilización de los SIG es crucial- y a la falta de modelos de referencia que marquen la pauta de cómo debe ser integrada esta variable en el planeamiento.

Todavía es pronto para valorar si la entrada en vigor en 2008 del Texto Refundido de la Ley del Suelo de ámbito estatal, que obliga a incorporar cartografía de riesgos en el Informe de Sostenibilidad Ambiental, está teniendo los efectos deseados.

Entre las aplicaciones que se han desarrollado, destaca la denominada GISPLANA, del CEDEX, que presenta un modelo hidráulico de flujo bidimensional en régimen variable para el estudio de crecidas en llanuras de inundación, acoplado a un Sistema de Información Geográfica (SIG). El Sistema, que realiza una simulación probabilística del riesgo, ha servido de base para la

elaboración por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) del "Plan Global frente a Inundaciones en la Ribera del Júcar", que actualmente se encuentra en fase de ejecución.

Más frecuentemente, los Sistemas de Información Geográfica se utilizan como una herramienta en la que la peligrosidad, previamente calculada, se introduce como una capa más en el sistema para llevar a cabo los análisis necesarios para elaborar los planes de ordenación del territorio.

Los Sistemas de Información aplicados al campo del *Seguro y Reaseguro* constituyen la tercera vertiente de desarrollo de sistemas de gestión de riesgos y hoy por hoy son aquellos que han alcanzado un mayor grado de sofisticación y de especialización, representando la fuente más versátil de asesoramiento en riesgos tanto naturales como antrópicos.

Los modelos de asesoramiento en riesgos para seguros frecuentemente integran herramientas de gestión de la información geográfica con capacidades de simulación de modelos físicos, sofisticadas funciones de vulnerabilidad generadas a partir de un elevado volumen de datos empíricos y capacidades de modelización financiera. Generalmente incorporan los últimos desarrollos tecnológicos en el campo de la simulación de riesgos y son capaces de acceder, operar y gestionar de forma eficaz enormes volúmenes de datos (del orden de varios Gbytes).

Además, son el único tipo de sistemas con los que se cuenta de manera operativa con versiones on-line de las aplicaciones que incorporan (a través de Intranet o Internet), con lo que resulta posible llevar a cabo el análisis e incluso la previsión de escenarios futuros a tiempo casi real. Estas últimas aplicaciones se ocupan sobre todo del análisis de peligros meteorológicos (ej. huracán), que son los que actualmente han llegado a un mayor grado de sofisticación.

En función de que el sistema se encuentre orientado a la gestión del Seguro o del Reaseguro, la funcionalidad y el objeto del sistema cambia. Generalmente, para el campo del seguro, se trata de sistemas capaces de trabajar con riesgos simples o combinados y, aunque en algunos casos se puede trabajar con estudios de tipo probabilístico, es más frecuente trabajar sobre hipótesis de tipo determinista o con datos empíricos procedentes de la propia compañía. Salvo en casos determinados, suelen verse limitados por la precisión en la localización espacial de los datos necesarios para la evaluación económica.

En el campo de reaseguro, la complejidad de los análisis que generalmente llevan a cabo los sistemas aumenta. En este caso, se trata de aplicaciones sofisticadas capaces de realizar cálculos de tipo probabilístico tanto en lo que se refiere a la peligrosidad como al riesgo (entendido como riesgo financiero) y que proporcionan la base para determinar la posibilidad de pérdida de activos en el tiempo y el diseño de los programas de protección frente a catástrofes. Generalmente incorporan elaboradas bases de datos de tipo empírico y con un nivel de protección (procedente en general de grandes empresas de ingeniería

especializada en la materia) sobre las cuales se basa la evaluación de la vulnerabilidad, uno de los componentes menos precisos hasta la fecha en el cálculo del riesgo.

El desarrollo de este tipo de Sistemas se encuentra íntimamente asociado a la responsabilidad que las compañías de Seguros deban asumir frente a la ocurrencia de catástrofes naturales. Fundamentalmente, son los países anglosajones (o con un sistema de seguros similar al de Reino Unido o USA) en los que más han proliferado, debido a que son éstas las que en última instancia deben hacer frente a las pérdidas de sus asegurados. En España, este tipo de sistemas ha tenido escasa penetración debido a la asunción de los riesgos mayores en última instancia por el Estado, aunque existen sin embargo peligros los cuales deben de ser cubiertos por las compañías.