



Universidad Politécnica de Madrid



Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía,  
Geodesia y Cartografía

Titulación de Ingeniero en Geodesia y Cartografía

**Proyecto fin de Carrera**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO  
MEDIANTE TÉCNICAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.  
APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD  
FORAL DE NAVARRA**

**Julio de 2009**

**Alumna:** Alicia Rivas Medina

**Tutor:** Dr. Francisco Javier García Lázaro

**Tutora:** Dra. M<sup>a</sup> Belén Benito Oterino

# Índice General

MEMORIA .....	3
ANEXOS .....	160
PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	210
EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	223
NORMATIVA DE RIESGOS LABORALES.....	232
IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....	238

**MEMORIA**



# Índice de la Memoria

<b>1</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS Y ALCANCE .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>CARÁCTER INNOVADOR DEL PROYECTO.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>NORMAS Y REFERENCIAS.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>MARCO DE ACTUACIÓN .....</b>	<b>16</b>
7.1	RIESGOS NATURALES .....	16
7.2	PELIGROSIDAD Y RIESGO SÍSMICO .....	17
7.3	PELIGROSIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN ESPAÑA .....	19
7.3.1	<i>Sismicidad en España .....</i>	<i>19</i>
7.3.2	<i>Medidas de prevención.....</i>	<i>21</i>
<b>8</b>	<b>ESTUDIO RISNA.....</b>	<b>25</b>
8.1	PELIGROSIDAD SÍSMICA EN ROCA .....	26
8.2	CLASIFICACIÓN SISMO-GEOTÉCNICA: CUANTIFICACIÓN DE LA AMPLIFICACIÓN DEL SUELO.....	31
8.3	VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	34
8.4	EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO.....	37
8.4.1	<i>Peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local.....</i>	<i>37</i>
8.4.2	<i>Daño esperado .....</i>	<i>38</i>
<b>9</b>	<b>SIG-RISNA.....</b>	<b>40</b>
9.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SIR-RISNA .....	40
9.2	DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL.....	42
9.2.1	<i>Requisitos y características.....</i>	<i>42</i>
9.2.1.1	<i>Información de Partida .....</i>	<i>42</i>
9.2.1.2	<i>Escala de trabajo.....</i>	<i>42</i>
9.2.1.3	<i>Sistema de Referencia .....</i>	<i>43</i>
9.2.1.4	<i>Herramientas de trabajo.....</i>	<i>43</i>
9.2.1.5	<i>Unidad de trabajo.....</i>	<i>44</i>
9.2.2	<i>Conceptualización.....</i>	<i>45</i>
9.2.2.1	<i>Paso del esquema descriptivo al esquema conceptual.....</i>	<i>45</i>
9.2.2.2	<i>Modelo Conceptual de UML.....</i>	<i>46</i>
9.2.2.3	<i>Diagramas de clases.....</i>	<i>52</i>
9.2.2.4	<i>Diagrama de clases UML del proyecto.....</i>	<i>53</i>
9.3	CARGA Y TRATAMIENTO DE DATOS. METADATOS .....	56
9.3.1	<i>Carga de datos .....</i>	<i>56</i>
9.3.2	<i>Tratamiento de datos .....</i>	<i>57</i>
9.3.2.1	<i>Selección de información geométrica .....</i>	<i>58</i>
9.3.2.2	<i>Edición geométrica.....</i>	<i>58</i>
9.3.2.3	<i>Edición de la base de datos.....</i>	<i>61</i>
9.3.3	<i>Base de datos de entrada .....</i>	<i>70</i>





**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

9.3.4	Metadatos.....	75
9.3.4.1	Necesidad de incorporar Metadatos en este proyecto .....	76
9.3.4.2	Estándar utilizado en la edición de Metadatos .....	77
9.3.4.3	Metodología para la creación de Metadatos con la herramienta ArcCatalog .....	80
9.4	PROCESOS Y ANÁLISIS.....	84
9.4.1	Procesos del módulo de cartografía.....	85
9.4.2	Procesos del módulo de peligrosidad sísmica en roca .....	85
9.4.3	Procesos del módulo geotécnico .....	87
9.4.4	Procesos del módulo de peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local.....	88
9.4.5	Procesos del módulo de vulnerabilidad.....	92
9.4.6	Procesos del módulo de riesgo (daño).....	93
9.4.7	Esquema general de proceso .....	100
9.5	AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS.....	101
<b>10</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>103</b>
10.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	103
10.1.1	Peligrosidad sísmica en roca.....	103
10.1.2	Clasificación geotécnica: cuantificación de la amplificación del suelo .....	104
10.1.3	Peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local.....	106
10.1.4	Vulnerabilidad sísmica .....	108
10.1.5	Daño esperado.....	112
10.1.5.1	Daño total .....	112
10.1.5.2	Daño leve, moderado y grave .....	112
10.1.5.3	Daño más probable o daño medio .....	113
10.1.5.4	Número de viviendas inhabitables.....	115
10.1.6	Combinación de parámetros.....	122
<b>11</b>	<b>VISOR-RISNA.....</b>	<b>128</b>
11.1	SERVICIOS OGC.....	128
11.1.1	WFS - Web Feature Service.....	129
11.1.2	WCS - Web Coverage Service .....	129
11.1.3	WMS - Web Map Service .....	129
11.2	SOFTWARE.....	130
11.2.1	ArcGIS Server (Servidor de aplicaciones GIS).....	130
11.3	DISEÑO CARTOGRÁFICO .....	131
11.3.1	Objetivo y requisitos.....	131
11.3.1.1	Territorio que se desea visualizar.....	132
11.3.1.2	Escala de visualización. ....	132
11.3.1.3	Sistema de referencia y proyección cartográfica.....	132
11.3.1.4	Tipo de datos.....	132
11.3.2	Procesos de información cartográfica.....	133
11.3.2.1	Identificación de la información necesaria.....	133
11.3.2.2	Obtención de información.....	134
11.3.2.3	Adecuación de la información .....	134
11.3.3	Diseño del entorno de visualización .....	134
11.3.4	Redacción Cartográfica.....	137
11.3.5	Definición de consultas.....	140
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

---

<b>13 DIFUSIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>145</b>
VII JORNADAS INTERNACIONALES DE APLICACIONES GEOMÁTICAS EN INGENIERÍA.....	145
EUROPEAN GEOSCIENCES UNION GENERAL ASSEMBLY 2009 .....	146
<b>14 DESARROLLOS FUTUROS .....</b>	<b>147</b>
<b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>149</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES.....</b>	<b>152</b>
ÍNDICE DE FIGURAS .....	153
ÍNDICE DE TABLAS.....	157
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	158
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>160</b>



# **1 RESUMEN**

El presente trabajo fin de carrera tiene como objetivo exponer, de una forma detallada, la importancia que tiene la utilización de aplicaciones geomáticas en la evaluación del riesgo sísmico, entendiendo la geomática como “un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica”<sup>1</sup>.

En este sentido, se quiere hacer una mención especial al empleo de sistemas de información geográfica (SIG) como una herramienta que, no solo facilita la integración de las diferentes variables que intervienen en la estimación del riesgo sísmico, sino que también participa activamente en el cálculo y análisis del mismo.

De la misma manera, también se quiere resaltar la importancia de la utilización de servidores de mapas Web como herramienta de comunicación de resultados, permitiendo un acceso fácil e intuitivo a los mismos a un usuario no experto en la materia.

El objetivo central de este trabajo ha sido el desarrollo de dos herramientas geomáticas, el SIG-RISNA y el VISOR-RISNA enmarcado en el estudio de riesgo sísmico de la comunidad Foral de Navarra. En la memoria se detallan los procesos necesarios para su diseño e implementación, haciendo una descripción pormenorizada de las características y particularidades que se han tenido en cuenta para constituir estas dos herramientas tan específicas.

---

<sup>1</sup> Dr. Miguel Estrada, Universidad Nacional de Ingeniería de Perú



## **2 INTRODUCCIÓN**

Este trabajo está enmarcado dentro del estudio RISNA (Estudio de Riesgo Sísmico en Navarra) fruto de un convenio de colaboración entre Protección Civil de Navarra y la Universidad Politécnica de Madrid. El objetivo global del convenio ha sido la obtención de mapas de riesgo sísmico que sirvan de base para la elaboración de planes de emergencia en la Comunidad Foral de Navarra, siguiendo la directriz básica que Protección Civil tiene encomendada en materia de Riesgo Sísmico.

Un estudio del riesgo sísmico a nivel regional como este, requiere del análisis y estimación de un conjunto de factores que intervienen directamente en este riesgo, tales como la peligrosidad sísmica, las características geotécnicas del suelo y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de la región. En estos estudios o subfases del proyecto general se necesita la intervención de diferentes especialistas en la materia, tal y como se presenta en el Capítulo 8. Frecuentemente, estos especialistas pertenecen a campos distintos de la ciencia e ingeniería (sismólogos, geólogos, arquitectos). Esto da un carácter al estudio altamente multidisciplinar. Pero, precisamente por ello, los resultados de estos estudios presentan con frecuencia una clara heterogeneidad, siendo necesario un trabajo de homogeneización e integración de los mismos, adaptando los diferentes formatos y escalas de trabajo para la consecución del fin último, la estimación del riesgo sísmico. En este apartado es donde cobra gran importancia la utilización de sistemas de información geográfica, ya que, constituyen una herramienta óptima para la integración de información, tal y como se detalla en el Capítulo 9.

En este trabajo también se ha diseñado un diagrama de flujo de cada una de las fases del estudio. Para lo que se requirió de la colaboración de los diferentes especialistas que intervinieron en cada etapa. Estos diagramas constituyen una información de especial importancia a la hora de integrar los resultados parciales



en un proyecto común. También son muy útiles en la gestión y coordinación del proyecto general.

Del mismo modo, cuando se estudia un fenómeno con una clara y manifiesta variación espacial, el hecho de dotar a todas las variables de una correcta representación geográfica facilita en gran medida los cálculos a desarrollar, entendiendo que incluir la representación geográfica en ellos ayuda al análisis y toma de decisiones de los diferentes especialistas, aportando una clara e intuitiva representación de cómo varía e interviene cada parámetro en el cálculo.

Dentro de los sistemas de información geográfica, actualmente, se tiende al desarrollo de programas con una fuerte componente de cálculo y análisis que, acompañada del gran desarrollo que ya se oferta en la parte de captura e integración de datos, hace que cada vez sea más fácil la utilización de un mismo entorno de trabajo en todo los procesos del estudio. En este sentido, también se quiere resaltar la utilización de estos entornos de trabajo para la fase final del estudio que conlleva el análisis e interpretación de resultados.

Este proyecto comprende una fase añadida debido a la naturaleza y finalidad del mismo, que tiene una fuerte componente científico-técnica, en la que diferentes científicos y especialistas hacen una valoración de un riesgo natural con una notable incertidumbre. Esto hace que el resultado y los procedimientos de cálculo no sean muy intuitivos para una persona no experta en la materia. A pesar de este hecho, son precisamente esas personas las que frecuentemente tienen que valerse de este tipo de estudios para tomar decisiones de carácter económico, político o social. Por este motivo, la fase de interpretación y análisis de resultados cobra un sentido especial, considerándose un objetivo propio del estudio en si, esta fase del estudio se detalla en el Capítulo 10.

Para facilitar el acceso a los resultados del estudio se ha diseñado una herramienta de visualización Web (VISOR-RISNA). Esta herramienta, se basará en el empleo de servicios de mapas en Internet, donde cada capa de información geográfica mostrará los resultados parciales y finales del estudio manteniendo una vinculación directa con la amplia base de datos que se ha generado a lo largo del estudio. Del mismo modo, se diseñarán y facilitarán diferentes consultas que ayuden a la búsqueda de información, añadiendo una consulta específica para identificar aquellas zonas del estudio con mayor riesgo sísmico. El diseño e implementación de esta herramienta se detalla en el Capítulo 11.

Por último, se quiere destacar que el proyecto de diseño e implementación sigue la filosofía y pautas de la Directiva INSPIRE, y está en conformidad con las especificaciones OGC y la familia de normas ISO 19000.



### 3 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este trabajo es dotar a Protección Civil de la Comunidad Foral de Navarra de una herramienta interactiva que le ayude a diseñar su Plan Autonómico para hacer frente al Riesgo Sísmico. La necesidad básica de Protección Civil es tener una cuantificación del daño esperado por terremotos para así poder hacer una valoración de las infraestructuras actuales de que dispone, así como poder identificar aquellas zonas o municipios con mayor riesgo sísmico y poder, de ese modo, evaluar la necesidad de proyectar un estudio más en detalle de esos municipios por medio de un plan de actuación de ámbito local.

En este sentido, como ya se viene anunciando, se han diseñado dos herramientas clave para su consecución:

- Un sistema de información geográfica (**SIG-RISNA**), cuyo objetivo general es integrar y homogeneizar todos los datos del proyecto, procesar esa información y calcular el daño esperado en la zona y, por último, dotar al proyecto de una infraestructura de datos espaciales donde se encuentra, por medio de una gran base de datos con representación geográfica, toda la información necesaria para conocer en detalle el riesgo sísmico de la región de Navarra.
- Una Aplicación Web (**VISOR-RISNA**), herramienta que se basa en los Servicios de Mapas Web (WMS- *Web Map Server*) y se alimentará de la infraestructura generada en el SIG-RISNA. Los objetivos generales del VISOR-RISNA serán mostrar los resultados del estudio de un modo intuitivo y facilitar, mediante una herramienta de consulta, la jerarquización de los municipios navarros atendiendo al riesgo sísmico resultante.



## **4 CARÁCTER INNOVADOR DEL PROYECTO**

El carácter innovador de este trabajo consiste en elaborar esa herramienta Web específica que ayuda a Protección Civil a interpretar los resultados de un proyecto de carácter científico-técnico, considerando la falta de conocimientos en la materia por parte del usuario final y la necesidad de invertir en la comunicación entre científicos y usuarios finales de los resultados de estos estudios, ya que, frecuentemente, los primeros suelen ser personas no expertas en la materia pero han de tomar decisiones de carácter económico y político a partir de ellas.

Esta línea, de transferencia de resultados, se está desarrollando profusamente a nivel internacional y está teniendo una gran aceptación en el ámbito científico, tal y como se demuestra en la nueva sesión abierta dentro de la EGU (European Geosciences Union) llamada: *"Natural Hazards Education and Communications to Students, Government Officials and to the Public"*, donde se establece la importancia de la comunicación entre los científicos y el público general y los organismos oficiales.

Esta sesión, centrada en la línea planteada, aborda la tarea de cómo comunicar y educar a los estudiantes, al público general y a las agencias gubernamentales acerca de los peligros naturales, haciendo un especial énfasis en dos aspectos importantes:

- La comunicación por parte de los científicos, los ingenieros, la prensa, Protección Civil, organismos gubernamentales y otros organismos, de los peligros y riesgos naturales y de la incertidumbre de estimación al público general y a otros organismos de gobierno.



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

---

- La enseñanza orientada a conceptos relativos a los peligros naturales en la Universidad y Centros de otro nivel, usando técnicas innovadoras para promover su comprensión.

Este trabajo aborda la primera línea, más específicamente la que comunica a los científicos e ingenieros con un organismo público como Protección Civil de Navarra. Considerando esta comunicación como uno de los objetivos principales del mismo.





## 5 *NORMAS Y REFERENCIAS*

En este capítulo se hace referencia a la legislación que se ha tenido presente, de manera directa o indirecta, en la realización de este trabajo.

### En materia de riesgo sísmico:

**Eurocódigo 8.** Los Eurocódigos estructurales constituyen un conjunto de normas europeas para la ingeniería de carácter voluntario, redactadas por el CEN<sup>2</sup>, y que pretenden unificar criterios y normativas en las materias de diseño, cálculo y dimensionado de estructuras y elementos prefabricados para edificación. El Eurocódigo 8 se centra en proyectos de estructuras frente a terremotos.

**NCE-02.** Normativa Sismorresistente Española. Aprobada el 27 de septiembre de 2002 en el REAL DECRETO 997/2002, donde se establecen unos criterios y recomendaciones para evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que puedan ocasionar los terremotos futuros.

**La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil** ante el Riesgo Sísmico por acuerdo del Consejo de Ministros el 7 de abril de 1995, según la cual el sistema de protección civil español ha de prepararse específicamente para hacer frente a este riesgo, considerando la posibilidad de movilizar recursos económicos, materiales y humanos de cualquier parte del territorio nacional ante la ocurrencia de una posible catástrofe.

**Ley 2/1985**, de 21 de enero, de Protección Civil, donde se establecen las competencias de la Comunidad Navarra en materia de protección civil.

---

<sup>2</sup> CEN. Comité Europeo de Normalización



**Norma Básica de Protección Civil.** Aprobadas en el Real Decreto 407/1992, de 24 de abril.

**Plan Territorial de Protección Civil de Navarra “PLATENA”**, aprobado en la resolución de 5 de mayo de 1995 de la Secretaria de Estado de Interior, por el que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros, de 7 de abril de 1995. En este plan se establece la necesidad de elaborar planes especiales y, en su caso, planes específicos, que tienen como finalidad el poder afrontar aquellos riesgos cuya naturaleza requiera la adopción de una metodología tanto científica como técnica, adecuada para cada riesgo, que permita prevenir y proteger a la población afectada, en su caso, de las consecuencias de la actualización de los riesgos.

En materia cartográfica:

**DIRECTIVA 2007/2/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de Marzo de 2007 por la que se establece una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE).

**REAL DECRETO 1071/2007**, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.

**REAL DECRETO 1545/2007**, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional.

**ORDEN FOM/956/2008**, de 31 de marzo, por la que se aprueba la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.



## 6 ANTECEDENTES

Para llevar a cabo cualquier estudio de riesgo sísmico, se requieren ciertos datos, localizados espacialmente, acerca del área de estudio: sismicidad, características del suelo y distribución urbanística. La gestión de esta información se suele realizar mediante sistemas de información geográfica, dado su potencial para combinar un gran volumen de datos de diferente tipo. Como consecuencia de ello, en la última década, los estudios de riesgo sísmico haciendo uso de estas técnicas se han incrementado notablemente. En especial, cabe destacar los estudios de riesgo sísmico a nivel regional utilizando SIG desarrollados para los planes autonómicos de emergencia España, tales como SISMOCAT en 2002, RISMUR en 2006 y SISMOSAN en 2008 entre otros. En todos ellos, se ha puesto de manifiesto la importancia de la utilización de este tipo de herramienta para la estimación de este riesgo.

A otras escalas de trabajo, más de detalle, dirigidas a la evaluación del riesgo a nivel urbano o local, también se está utilizando este tipo de herramientas tal y como se ve en Iglesias Asenjo (2006) o en Lantada Zarzosa (2007). En ellos se describe de manera detallada la importancia de estas técnicas para la evaluación del riesgo sísmico en entornos urbanos.

En cuanto al diseño de aplicaciones o herramientas basadas en servicios de mapas dinámicos para la evaluación del riesgo sísmico, cabe mencionar entre otros los programas SES2002 (DGPC, 2002; Barranco et al, 2001) cuyo objetivo es la simulación de daños producidos en España por terremotos y el programa Séneca, desarrollado por MAPFRE, cuyo objetivo se centra en simular los efectos de un terremoto en las carteras de seguros (Piserra y Bobadilla, 1994).



## 7 MARCO DE ACTUACIÓN

### 7.1 RIESGOS NATURALES

La sucesión de distintos desastres y catástrofes naturales provoca un gran número de víctimas en todo el mundo. Un ejemplo de estos son los incendios forestales acaecidos a lo largo del estado australiano de Victoria en febrero de 2009, que “causaron la muerte de al menos 189 personas dejando heridas a más de 500 personas, destruyendo al menos 1834 viviendas y dañando a miles”<sup>3</sup>. Otro ejemplo sería el último terremoto ocurrido el pasado 6 de abril en la zona central de la península Itálica, donde el terremoto de L’Aquila “dejó 294 muertos, 1.500 heridos y unas 50.000 personas perdieron sus casas a causa de la destrucción total o parcial de miles de edificaciones”<sup>4</sup>.

Estos riesgos naturales se identifican como la como la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002), esto proporciona una idea del fenómeno al que se enfrenta la sociedad, considerando que el riesgo natural engloba no solo la peligrosidad de que ocurra un cierto evento, sino también la exposición humana y vulnerabilidad de la zona en cuestión.

Los riesgos naturales se pueden clasificar de diferente manera atendiendo a diferentes criterios. En todas ellas se distingue los riesgos geológicos, dentro de los cuales se incluye los riesgos sísmicos.

---

<sup>3</sup> Incendios Australia dejan 183 muertos, desaparecidos. Reuters América Latina. 9 de febrero de 2009. Revisado el 9 de febrero de 2009.

<sup>4</sup> La Repubblica. «Terremoto in Abruzzo - Cinquanta morti, 50.000 sfollati» (en italiano). Consultado el 7 de abril de 2009. «Fuerte terremoto sacudió a Italia» (en español). Univision (6 de abril de 2009). Consultado el 6 de abril de 2009. El País. «Un fuerte terremoto causa más de una veintena de muertos en el centro de Italia» (en español). Consultado el 7 de abril de 2009.



## 7.2 PELIGROSIDAD Y RIESGO SÍSMICO

La peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. La definición comúnmente aceptada fue dada por la UNDRO (1980), según la cual la peligrosidad  $H$  (de Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento,  $x$ , en un emplazamiento  $s$ , mediante la siguiente expresión:

$$H = P [x(s) \geq x_0; t]$$

Ecuación 7.1

$P$  representa entonces la probabilidad de superación de un valor umbral  $x_0$  del parámetro elegido durante un tiempo  $t$ .

La peligrosidad sísmica es una característica innata del terreno, no siendo posible evitarla o reducirla, sino solo estimarla.

El riesgo sísmico se define, siguiendo un planteamiento probabilista, como el grado de pérdidas humanas y materiales ante la acción sísmica esperada en cada punto del territorio con una determinada probabilidad de excedencia o periodo de retorno dado. Según la definición de UNDRO (1979) oficialmente aceptada, el Riesgo Sísmico,  $R$ , en una determinada población se define como:

$$R = H * V * E * C$$

Ecuación 7.2

siendo:

$H$ , Peligrosidad sísmica que determina el movimiento esperado en la población.

$V$ , Vulnerabilidad de las estructuras.

$E$ , Exposición o densidad de estructuras y habitantes.

$C$ , Coste de reparación o de pérdidas.

Para poder prevenir la ocurrencia de un terremoto antes ha de responderse a dos preguntas:

### ¿Dónde puede ocurrir un terremoto?

Esta cuestión encuentra una respuesta satisfactoria en el marco de la Tectónica de Placas. La mayor parte de los epicentros de terremotos en todo el mundo están distribuidos en los márgenes de placas tectónicas (**Figura 7.1**), donde se tienden a concentrar los esfuerzos generados por el movimiento de las mismas, y donde se localizan la mayor parte de fallas geológicas activas. Éstas son el origen de los terremotos que conocemos como tectónicos.



**Figura 7.1.** Principales placas tectónicas de la tierra. Imagen obtenida de kalipedia

### ¿Cuándo ocurren los terremotos?

Esta cuestión es una de las más difíciles de responder. En la mayor parte de las fallas los movimientos se producen siguiendo un cierto ciclo sísmico, pero éste no responde a un intervalo de tiempo exacto y es difícil de precisar. Además, hay muchas fallas ciegas que no rompen en superficie y no se conocen. Con todo ello, hoy por hoy, no es posible determinar cuál será el momento de ocurrencia ni el tamaño del próximo evento en una cierta zona.

Existen sucesos premonitores de un terremoto, como emisiones de gas radón, deformación del suelo, modificaciones en los campos eléctricos y magnéticos, comportamiento anómalo de los animales, cambio del nivel del agua en los pozos, etc. Sin embargo, no son indicadores fiables porque no hay una relación causa-efecto directa entre ellos denominados premonitores y la ocurrencia del terremoto.



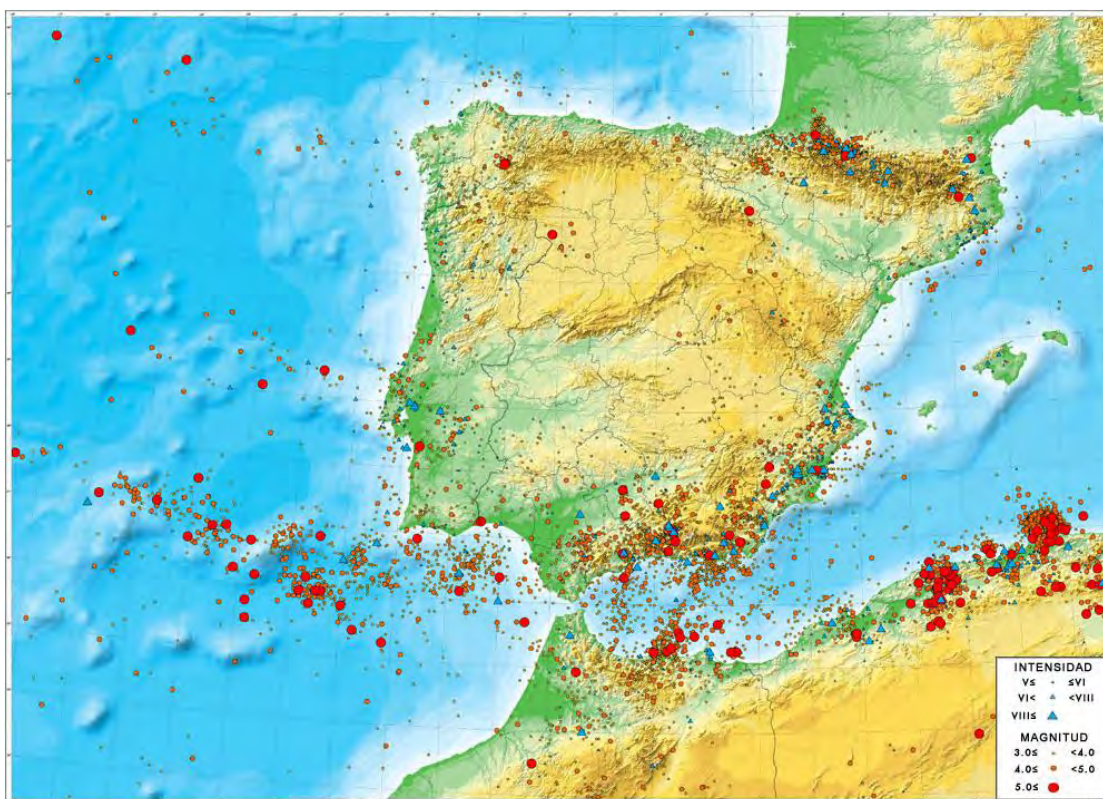
La única medida eficaz de prevención, hoy por hoy, es el diseño sismorresistente unido a un planificación urbanística acorde con el riesgo de la zona. Para adapta estas medidas de prevención es necesario conocer la peligrosidad que interviene en el movimiento esperado y el riesgo que establece el daño ante dicho peligro.

A diferencia de la peligrosidad, que solo se puede cuantificar, el riesgo se puede reducir disminuyendo la vulnerabilidad y la exposición. Este es precisamente el fin último de esta línea de trabajo en la que se enmarca el presente proyecto.

## 7.3 PELIGROSIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN ESPAÑA

### 7.3.1 Sismicidad en España

La sismicidad de España (**Figura 7.2**) se concentra fundamentalmente en el Sur-Sureste y está asociada al contacto de las placas tectónicas euroasiática y africana, destacando también una importante actividad sísmica intraplaca en Cataluña-Pirineos y en Galicia.



**Figura 7.2.** Los epicentros del periodo histórico entre los años 1048 y 1919 están representados mediante valores de intensidad sísmica, mientras que los correspondientes al periodo instrumental 1920-2003, se representan por valores de magnitud. (Original a escala 1:2.250.000). La información sísmica proviene de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional actualizada al año 2003



Antes de ahondar más en la sismicidad es menester hacer una distinción entre los dos parámetros que se utilizan para medir el tamaño del terremoto: la intensidad y la magnitud. Para ello, se emplearán las definiciones que facilita el Servicio Sismológico de Chile por su claridad:

*Intensidad. Es la violencia con que se siente un terremoto en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza observando los efectos o daños producidos por el temblor en las construcciones, objetos, terreno y el impacto que provoca en las personas. Su valor depende de la distancia del epicentro, tipo de construcción, calidad del suelo o roca de la localidad y del lugar que ocupan las personas.*<sup>5</sup>

*Magnitud. Es la energía real liberada en el foco o hipocentro del sismo. Se trata de una medida absoluta de la energía del terremoto expresada en movimiento o aceleración de las partículas del suelo.*<sup>6</sup>

*Puede decirse entonces, que un terremoto tiene una sola magnitud y muchas intensidades; estas últimas normalmente decrecen al alejarse del epicentro sísmico. Se pueden considerar sismos destructores, en general, aquellos que tienen una magnitud mayor que 6.5 (dependiendo de la calidad de la construcción y del suelo).*

La mayoría de los terremotos destructores que han ocurrido en nuestro país lo han hecho en época histórica, pudiendo considerar esta época la anterior a 1920 y denominada así por no tener registro instrumental de los mismos. En esta época se han llegado a producir algunos sismos de intensidad X.

Durante el siglo XX y lo que ha transcurrido del siglo XXI ningún terremoto ha sido estimado con una intensidad mayor que VII. En este periodo, ya instrumental, se ha podido medir la magnitud del terremoto, cuyo valor máximo ha sido de 7 en el terremoto ocurrido en Durcal (Granada) el 29 de marzo de 1954. La profundidad del hipocentro fue de 650 km, por lo que a pesar de su gran magnitud apenas hubo daños.

Los terremotos que han producido mayores daños en época histórica han sido los siguientes:

Sentido con Intensidad X

- 1755 En el SW cabo de San Vicente, conocido como “sismo de Lisboa”, sentido con intensidad X en Cádiz, donde se produjo un tsunami.

Sentidos con Intensidad IX-X:

- 1428 En Queralbs (Gerona)  
1829 En Torrevieja (Alicante).

<sup>5</sup> Definición de intensidad del Servicio sismológico de Chile

<sup>6</sup> Definición de magnitud del Servicio sismológico de Chile





1884 En Arenas del Rey (Granada). Este ha sido el último sismo destructor en España.

Sentido con Intensidad IX

1748 En Estubeny (Valencia)

Los últimos terremotos que han causado daños, aunque considerablemente menores que los anteriores son:

1997 En Becerreá (Lugo), con magnitud de 5.1 e Intensidad VI.

1999 En Mula (Murcia), magnitud 4.7 e Intensidad VI.

2002 En Bullas (Murcia), magnitud 5.0 e intensidad V.

2005 En La Peca (Murcia), magnitud 4.8 e intensidad VII .

Cabe resaltar también que algunos terremotos con epicentro en el mar han producido *tsunamis* en las costas españolas:

1680 En el mar de Alborán, produjo un tsunami de 5 m.

1755 En el SW cabo de San Vicente, con tsunami en el suroeste de España, Portugal y Marruecos.

1790 En el mar de Alborán, con inundaciones en África y costas españolas.

1969 En el SW cabo de San Vicente, tsunami registrado por mareógrafos.

2003 En Argelia, tsunami sentido en menoría, con daño en puerto y embarcaciones.

(En el Anexo 1 se incluye una lista de terremotos más importantes de España con mayor detalle.)

Como se puede comprobar, España ha tenido terremotos en el pasado de considerable intensidad, por lo que puede considerarse que está situada en un área de una actividad sísmica de relativa importancia.

### 7.3.2 Medidas de prevención

La prevención sísmica se puede definir como “el conjunto de medidas adoptadas con el objetivo de reducir el riesgo sísmico” (ISARD, 2006). Cualquier medida de prevención exige primeramente conocer con precisión la peligrosidad y el riesgo sísmico de la zona.

En España las primeras medidas adoptadas en esta línea ha sido la ordenación del territorio en función del riesgo, y la elaboración y cumplimiento de las normas sismorresistentes.

En este sentido se aprobó La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico (5 de mayo de 1995), donde se contempla la elaboración de

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

tres tipos de Planes de Protección Civil ante el Riesgo sísmico: El Plan Estatal, los de las Comunidades Autónomas y los locales, estableciendo los requisitos mínimos que deben reunir cada uno de ellos.

El Plan Estatal, organiza el Sistema de Información y Seguimiento de Fenómenos Sísmicos (**Figura 7.3**), fundamentado en la Red Sísmica Nacional y dependiente del Instituto Geográfico Nacional, y prevé la organización de todos los medios y recursos disponibles que puedan ser empleados en apoyo de la operatividad de los Planes de las Comunidades Autónomas.



**Figura 7.3** Mapa de Estaciones de la Red Sísmica Nacional del Instituto Geográfico Nacional

Los Planes autonómicos deben elaborarse, de acuerdo con la Directriz Básica, en aquellas Comunidades Autónomas en las que son previsibles terremotos de intensidad igual o superior a grado VI (**Figura 7.4**). en estas comunidades, los planes deben establecer la organización y los procedimientos de actuación de los medios y recursos disponibles en su ámbito territorial.

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria



**Figura 7.4** Mapa de peligrosidad sísmica de España (en valores de intensidad, escala EMS-98).  
*Instituto Geográfico Nacional*

Los Planes de Actuación de Ámbito Local deben elaborarse en aquellos municipios que establezcan los planes autonómicos y, en todo caso, en los que sean previsibles sismos de intensidad igual o superior a VII, para un periodo de retorno de quinientos años, según el mapa de peligrosidad Sísmica en España.

Este trabajo queda enmarcado en el contexto de definición de planes autonómicos, concretamente en el correspondiente a la Comunidad Foral de Navarra. Esta Comunidad, tal y como se refleja en la **Figura 7.4**, tiene asignada en la parte norte de su territorio, una intensidad macrosísmica de grado VI, por lo que esta obligada a elaborar su propio Plan.

Teniendo en cuenta que la Norma Básica de Protección Civil incluye entre los riesgos susceptibles de originar una situación catastrófica el concerniente a los movimientos sísmicos y considerando que el Plan Territorial de Protección Civil de Navarra (PLATENA) y La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil antes citada, plantea específicamente la necesidad de elaborar un plan autonómico para hacer frente al riesgo derivado de los terremotos dentro del territorio de Navarra, se hace necesario desarrollar un plan que dé una repuesta rápida y eficaz dirigida a minimizar los posibles daños a las personas, bienes y medio ambiente, y que



permita restablecer los servicios básicos para la población en el menor tiempo posible.

Para la elaboración de este Plan, ha sido fundamental la elaboración de un estudio de carácter científico-técnico, que hiciese una evaluación detallada del Riesgo Sísmico de la región (Estudio RISNA) y basándose en sus resultados, establecer que municipios son más susceptibles a este riesgo y que recursos sería necesario disponer para hacer frente a una futura catástrofe.

El “Estudio de Riesgo Sísmico en Navarra” (RISNA), se ha desarrollado en el marco de un convenio de colaboración entre Protección Civil de Navarra y la Universidad Politécnica de Madrid, donde el Grupo de Ingeniería Sísmica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía, dirigido por la Dra. Belén Benito Oterino, ha sido el encargado de la coordinación global y la evaluación de la peligrosidad y el riesgo sísmico en la Comunidad Foral de Navarra. En el grupo de trabajo han intervenido además, el Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid y el arquitecto Patrick Murphy Corella, que han desarrollado los trabajos referentes al estudio de la geología local, caracterización geotécnica y asignación de la vulnerabilidad al parque inmobiliario de Navarra. El objetivo global del convenio ha sido la obtención de mapas de riesgo sísmico que sirvan de base para la elaboración de planes de emergencia en la Comunidad Foral de Navarra, siguiendo la directriz básica que Protección Civil tiene encomendada en materia de Riesgo Sísmico.



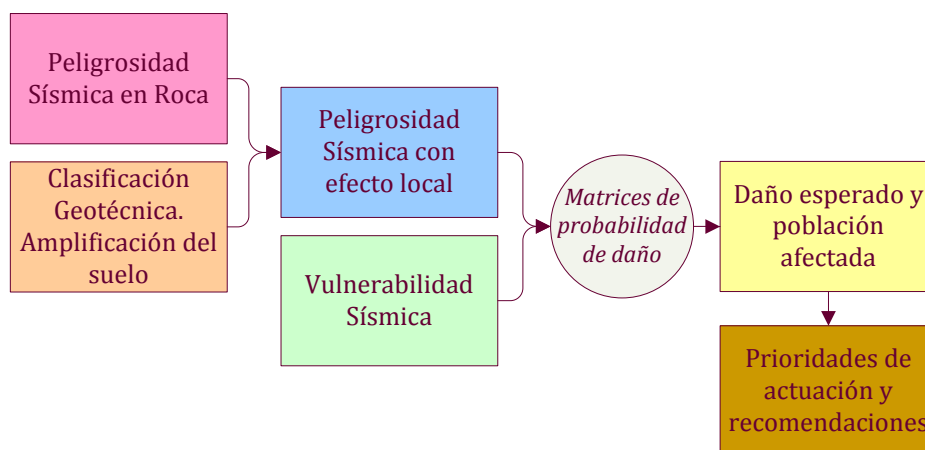


## 8 *ESTUDIO RISNA*

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el objetivo general del Proyecto RISNA es hacer una evaluación del riesgo sísmico de la Comunidad Foral de Navarra que sirva de base para el desarrollo e implantación del Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico a escala regional primero y municipal después. El riesgo se evalúa, de acuerdo con un planteamiento probabilista, como el grado de pérdidas causadas por las acciones sísmicas esperables en cada punto del territorio con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, que corresponde a un periodo de retorno de 475 años. Este es el periodo de retorno para el que se elaboró el mapa de intensidades de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil, usado para delimitar los territorios que deben acometer planes específicos ante el riesgo sísmico, y es también el periodo de retorno adoptado en la Normativa Sismorresistente Española NCSE-02 para el diseño de estructuras de importancia normal (como edificios de viviendas o comerciales). Al tratarse de un enfoque probabilista, la acción sísmica considerada en cada punto, y por tanto la estimación del daño esperado, no corresponde a un determinado terremoto, sino al movimiento resultante de integrar la contribución de todas las zonas que pueden afectar al emplazamiento en el periodo de tiempo considerado. La definición de escenarios particulares de peligrosidad y daños ante el movimiento causado por un terremoto específico (con cierta magnitud y localización) debería efectuarse en una fase posterior en aquellas localidades que se identifiquen con mayor riesgo como resultado del presente estudio.

La metodología, desarrollo y resultados del proyecto se presentan de forma pormenorizada en un Informe Final de dicho proyecto compuesto por un total de 8 volúmenes. El presente capítulo constituye un resumen del mismo que describe brevemente la metodología empleada. En este capítulo también se incluyen los diagrama de flujo diseñados en cada una de las fases del estudio, y que se considera pueden facilitar la comprensión de los procesos efectuados en los mismos.

El organigrama de la **Figura 8.1** muestra las fases del estudio realizado que se describen a continuación.



**Figura 8.1** Organigrama de trabajo del Proyecto RISNA

En el proyecto RISNA el riesgo sísmico se estima en términos de daño esperado, integrando distintos aspectos determinantes del mismo: peligrosidad o movimiento esperado en roca, amplificación por efecto local, vulnerabilidad sísmica de estructuras y exposición de la población. El marco metodológico desarrollado para la estimación de cada uno de estos elementos se resume a continuación.

## 8.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA EN ROCA

Esta fase fue llevada a cabo por el Grupo de Ingeniería Sísmica de la Escuela Técnica Superior en Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía en colaboración directa con el Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid. Los autores de dicho trabajo son:

María Belén Benito Oterino<sup>1</sup>  
Jorge M. Gaspar Escribano<sup>1</sup>  
José J. Martínez Díaz<sup>2</sup>  
Raquel Gómez Hernández<sup>1</sup>  
Carolina Canora Catalán<sup>2</sup>  
José A. Álvarez Gómez<sup>3</sup>  
Marta Béjar Pizarro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía (ETSITGC), Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

<sup>2</sup>Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid

<sup>3</sup>Instituto Geográfico Nacional

<sup>4</sup>Institute de Physique du Globe de Paris



El trabajo completo se presentó en el Volumen 1 (EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA - EMPLAZAMIENTOS EN ROCA-) del Informe Final del Proyecto RISNA.

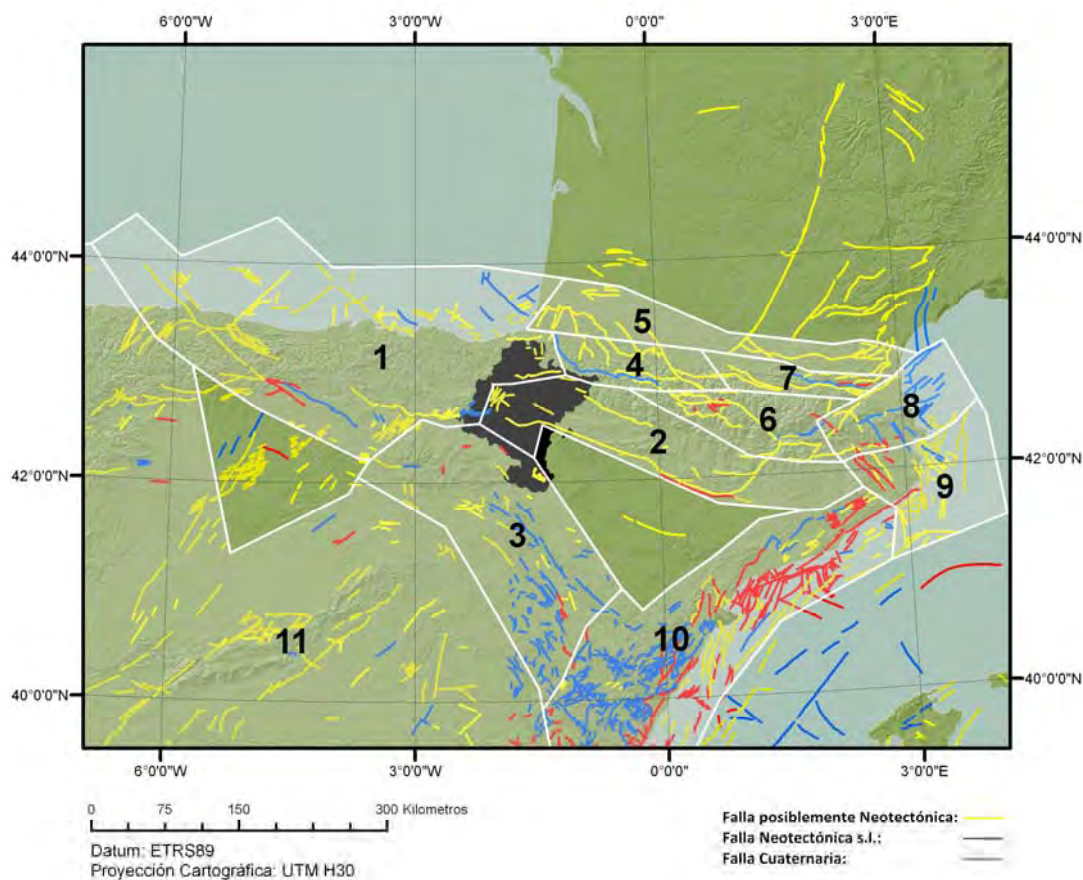
A continuación se expone un resumen de la metodología empleada en el mismo.

*Para evaluar la peligrosidad sísmica, se aplica un método probabilista zonificado acorde al estado actual del arte en esta materia, que es particularmente adecuado y empleado en zonas que, como Navarra, presentan baja o moderada actividad sísmica. Un método de este tipo ha sido seguido en la evaluación del mapa de peligrosidad del código sísmico español NCSE-02. En la presente aplicación, consta de las siguientes fases:*

- *Construcción de un catálogo sísmico homogéneo, completo y depurado, que contenga todos los terremotos que potencialmente puedan generar movimientos significativos en cualquier punto de Navarra. Para ello se revisan los distintos catálogos disponibles (principalmente españoles y franceses) y se elabora un catálogo unificado. Se realizan análisis específicos para encontrar fórmulas de correlación entre diferentes escalas de magnitud y de intensidad a la escala Mw. De este modo, el catálogo resultante presenta un parámetro de tamaño homogéneo (Mw). Además, se lleva a cabo un análisis de completitud para definir los periodos de tiempo en los que se puede asumir que el catálogo es completo para cada intervalo de magnitud, y se depura el catálogo de réplicas y premonitores para satisfacer la hipótesis de que la sismicidad se ajusta a un modelo de Poisson (véase el punto siguiente).*
- *Definición de un modelo de sismicidad, con las siguientes consideraciones:*
  - *La sismicidad sigue un proceso de Poisson (independencia temporal entre distintos terremotos). Esto exige eliminar del catálogo aquellos eventos identificados como enjambres, réplicas o premonitores.*
  - *La sismicidad se considera distribuida en zonas sismogénicas donde la actividad sísmica se supone uniforme y se asume que la tasa de ocurrencia de terremotos es constante en el tiempo. En RISNA se consideran varias zonificaciones ya publicadas y además se desarrolla una zonificación específica para el proyecto que se presenta en la **Figura 8.2***
- *Configuración del árbol lógico. Dada la incertidumbre asociada a los modelos de zonificación sísmica y de atenuación, se configura un árbol lógico con dos nodos que reflejan la incertidumbre epistémica inherente a ambos modelos, con cuatro ramas el primero y dos ramas el segundo, correspondientes a las opciones de cálculo contempladas en el estudio y ponderando con mayor peso aquellas que se consideran más verosímiles. El conjunto de resultados se analiza estadísticamente, obteniendo los valores medios y el coeficiente de variación COV, como medida de la dispersión de los resultados.*

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria



**Figura 8.2.** Zonas sísmicas definidas particularmente en el proyecto RISNA tras un estudio sismotectónico específico para la región.

- *Cálculo de la peligrosidad en roca. Se estima la probabilidad anual de excedencia de diversos niveles de movimiento del suelo en cada punto de una malla equiespaciada en  $0.1^\circ$  (en latitud y longitud) que cubre toda la provincia de Navarra. Se obtienen dos tipos de resultados:*
  - *Espectros de peligrosidad uniforme, que caracterizan el movimiento para todas las frecuencias de interés para obras de ingeniería, en diecisiete poblaciones navarras representativas por su población o localización geográfica.*
  - *Mapas de aceleración pico (PGA) y de aceleraciones espectrales  $SA(T)$  para periodos vibración de 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1 y 2 segundos, correspondientes al periodo de retorno de 475 años. Estos mapas representan distintos parámetros característicos del movimiento esperado para todo el territorio navarro, con probabilidad de excedencia del 10 % en 50 años.*

La





**Figura 8.3** muestra el diagrama de flujo diseñado en este trabajo para entender mejor los procesos anteriores.

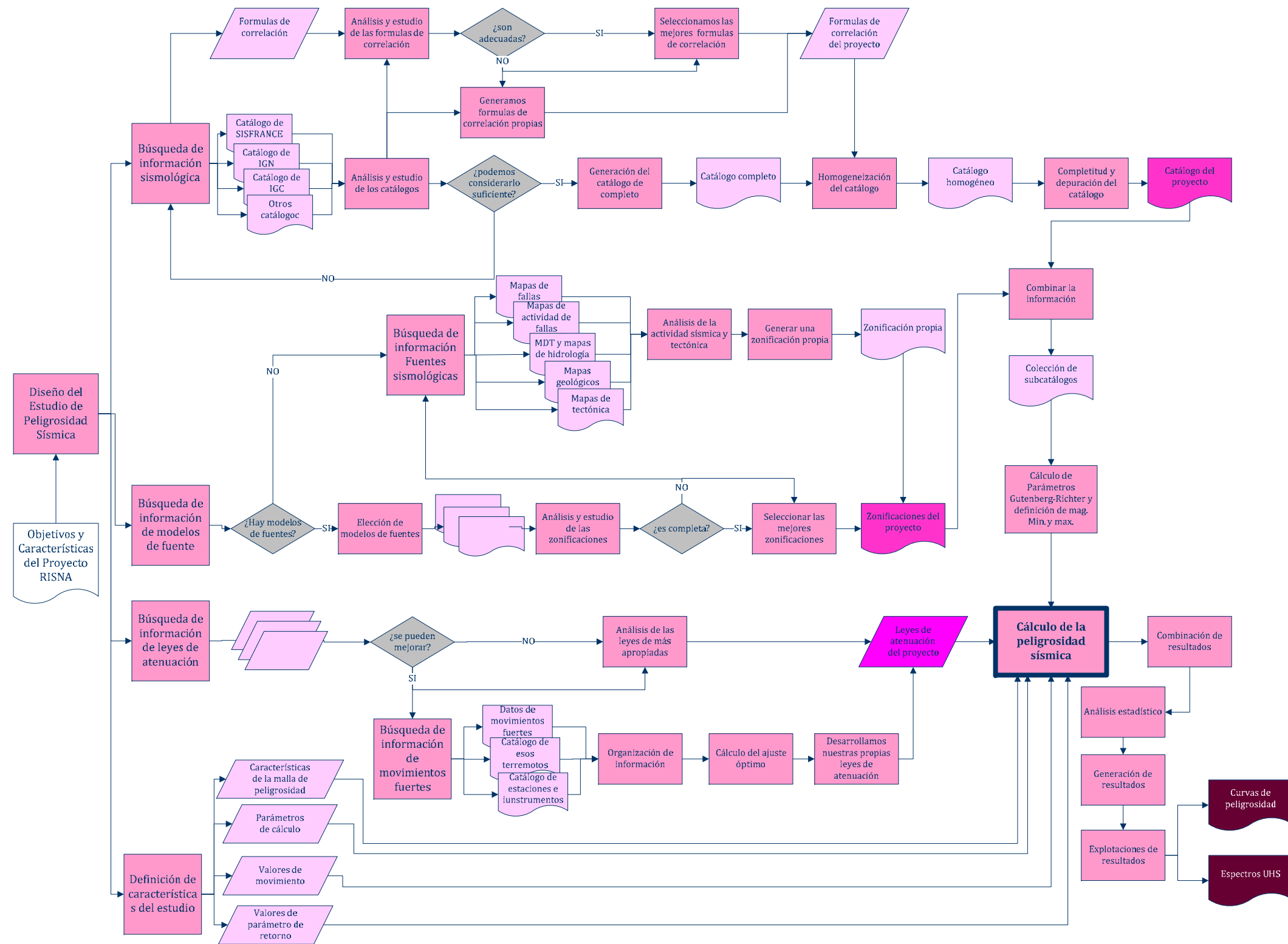


Figura 8.3. Diagrama de Flujo del estudio de peligrosidad sísmica en roca.



## 8.2 CLASIFICACIÓN SISMO-GEOTÉCNICA: CUANTIFICACIÓN DE LA AMPLIFICACIÓN DEL SUELO

Esta fase fue llevada a cabo por el Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid. Los autores de dicho trabajo son:

Meaza Tsige Aga  
Juan Miguel Insua Arévalo  
Ignacio García Flórez

El trabajo completo se presentó en el Volumen 2 (CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA) del Informe Final del Proyecto RISNA.

A continuación se expone un resumen de la metodología empleada en el mismo:

*Las condiciones locales del terreno producen una modificación de la señal sísmica comprobada instrumentalmente y constatada por el grado y la distribución del daño en zonas próximas pero de diferentes características geológicas. Es bien conocido que existe una amplificación del movimiento sísmico en terrenos blandos, sobre todo en caso de gran potencia, en relación al movimiento registrado en roca o suelo firme. Este fenómeno se conoce como efecto local o de sitio.*

*Con el fin de incluir los efectos locales en el movimiento esperado en todo el territorio, se realiza una clasificación sismo-geotécnica de los terrenos de Navarra en cinco categorías a efectos de su comportamiento sísmico (Tabla 8.1). Esta clasificación se basa en la geología superficial, en el comportamiento dinámico de suelos y en resultados de estudios detallados realizados en algunas localidades navarras. Además, se tienen en cuenta los criterios seguidos por las clasificaciones del suelo recogidas en diferentes normativas sismorresistentes y actualmente vigentes (NCSE-02, IBC 2006, Eurocode 8).*

*Asimismo, se determinan los factores de amplificación sísmica correspondientes a cada clase de terreno. Dichos factores dependen tanto del periodo de vibración como de la amplitud del movimiento que llega a la base rocosa (el input sísmico), si bien este segundo factor es irrelevante para los rangos de aceleraciones esperadas en Navarra (para un periodo de retorno de 475 años).*



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 8.1** Estimación de la amplificación relativa en cada una de las categorías definidas anteriormente

ESTIMACIÓN RELATIVA DEL EFECTO DE SUELO			
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN MAPA GEOLÓGICO	AMPLIFICACIÓN RELATIVA
<b>A</b>	Rocas duras y competentes	Rocas volcánicas, plutónicas y sedimentarias: Cuarcitas, cuarcitas y esquistos, dolomías y areniscas rojas	Nula
<b>B</b>	Roca media	Pizarras, calizas flysh calcáreo, calcarenitas masivas o alternancias de calcarenitas y margas y conglomerados	Baja
<b>C1</b>	Roca blanda-suelo duro	Margas y margo calizas con yeso, yesos masivos y Flysh margoso	Moderada
<b>C2</b>	Suelos cohesivos duros y suelos del cuaternario con abundantes materiales granulares	Arcillas rojas, grises y yeso, limos del Plioceno y terrazas altas del Cuaternario: gravas, arenas limosas y limos	Moderada
<b>D</b>	Suelos cohesivos blandos y suelos granulares sueltos	Depósitos de llanuras de inundación, rellenos de fondos de valle, y canales abandonados, depósitos endorreicos así como las terrazas bajas: Arcillas y limos y arenas sueltas	Alta

La **Figura 8.4** muestra el diagrama de flujo diseñado en este trabajo para facilitar la comprensión de los procesos anteriores.

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**  
Documento 1: Memoria

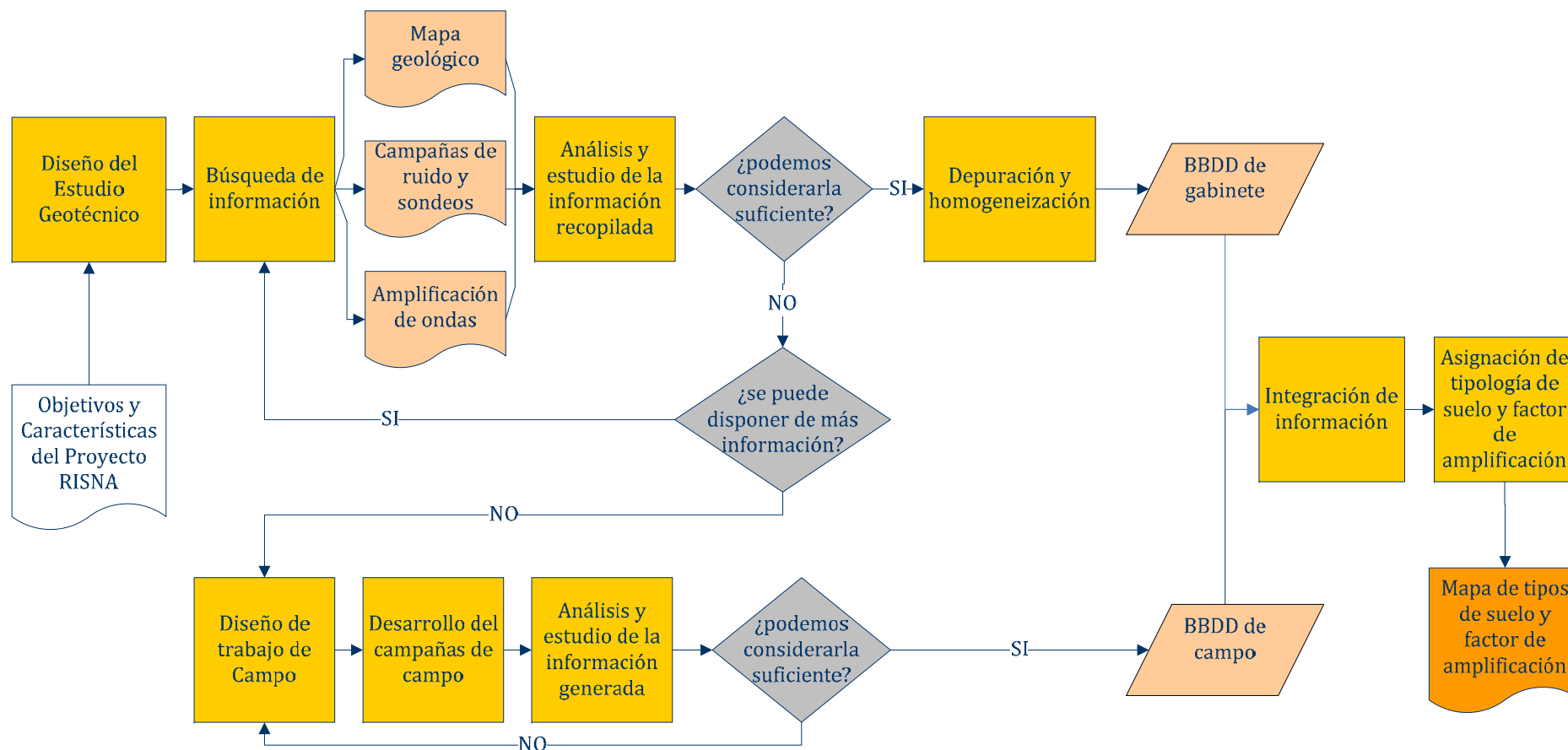


Figura 8.4. Diagrama de Flujo del estudio de caracterización geotécnica



## 8.3 VULNERABILIDAD SÍSMICA

Esta fase fue llevada a cabo por el Arquitecto Patrick Murphy. El trabajo completo se presentó en el Volumen 3 (VULNERABILIDAD SÍSMICA) del Informe Final del Proyecto RISNA.

A continuación se expone un resumen de la metodología empleada en el mismo.

*La vulnerabilidad sísmica de una edificación, entendida como la fragilidad de ésta frente a una acción sísmica determinada, depende de sus características constructivas. En este trabajo, se clasifican las principales tipologías constructivas reconocidas en Navarra de acuerdo con los criterios empleados en la escala EMS 98, en el FEMA y con el método de Índice de Vulnerabilidad (RISK UE). La metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica del parque inmobiliario de Navarra comprende las siguientes tareas:*

- *Reconocimiento “in situ” de las tipologías constructivas predominantes, para lo que se realizan trabajos de campo en varios municipios de Navarra donde se muestrean varios emplazamientos urbanos y rurales, seleccionados por ser representativos de un periodo constructivo determinado, o bien de un área geográfica dada. Se constata la repercusión que a lo largo de los siglos suponen las diferencias climatológicas en las características arquitectónicas de las edificaciones de la Iberia húmeda (comarcas del Pirineo) y de la Iberia seca (comarcas del valle del Ebro). Para las edificaciones tradicionales, el trabajo de campo permite determinar el ámbito geográfico donde predomina la construcción de ladrillo, de mampostería de piedra y las zonas de transición, además de realizar su caracterización según las tipologías de la Escala Macrosísmica Europea EMS 98.*
- *Estudio del desarrollo histórico de las normas de construcción sismorresistente (1962-2005) y su aplicación geográfica, concretando las zonas y periodos donde el diseño sismorresistente ha sido y es obligatorio. El resultado de este trabajo sirve para acotar, tanto en el espacio como en el tiempo, la incidencia en Navarra de la construcción con base tecnológica.*
- *Análisis de la base de datos de edificios destinados principalmente a vivienda, con el fin de conocer el desarrollo temporal del parque inmobiliario navarro. Con la base de datos, actualizada hasta 2006, se obtiene el número de edificios pertenecientes a cada unidad geográfica mínima de trabajo agrupados por su uso, año de construcción y número de plantas.*



- *Asignación de una clase de vulnerabilidad a cada una de las edificaciones navarras, mediante la combinación de los resultados de distribución geográfica de la edificación tradicional y tecnológica con la base de datos estadística RISNA, utilizando varias matrices de transferencia, obtenidas sobre el análisis del trabajo de campo y la ordenación temporal de las principales tipologías constructivas en Navarra. La aplicación de las matrices de transferencia sobre la base de datos estadística RISNA se traduce en la asignación de un grado de vulnerabilidad a cada una de las edificaciones navarras según las tres clasificaciones antes mencionadas.*

*Si bien este análisis se realiza para las tres clasificaciones de vulnerabilidad citadas, los cálculos estadísticos por unidad geográfica de trabajo presentados en los resultados solo se refieren a la escala EMS 98. Una generalización de la distribución de vulnerabilidad en Navarra, que facilita su comprensión, es la que distingue entre vulnerabilidad alta, media y baja, resultantes de sumar las vulnerabilidades A más B, C más D y E más F, respectivamente.*

La **Figura 8.5** muestra el diagrama de flujo diseñado en este trabajo para entender mejor los procesos anteriores.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.  
Documento 1: Memoria

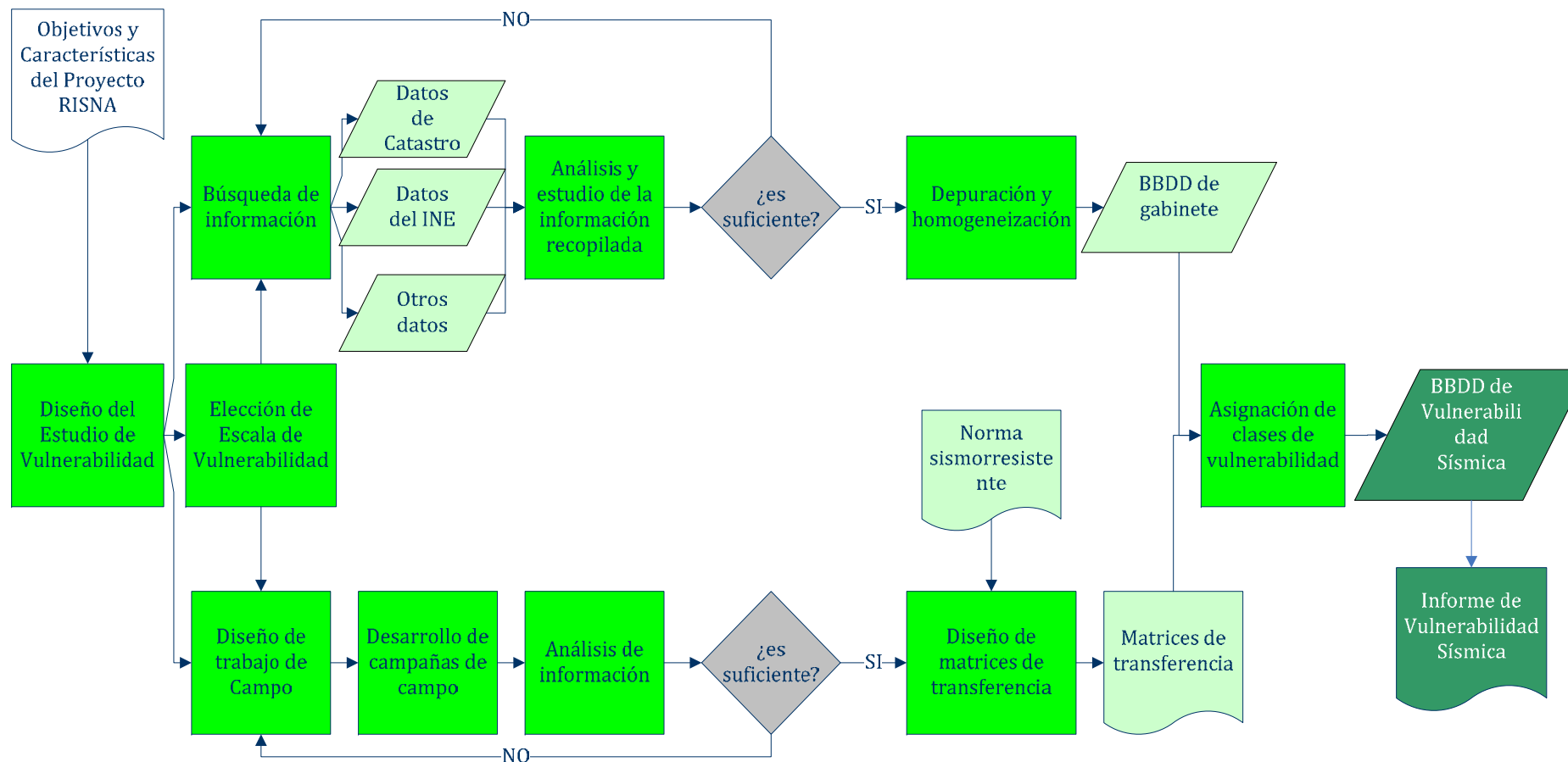


Figura 8.5. Diagrama de Flujo del estudio de vulnerabilidad sísmica





## 8.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

Esta fase fue llevada a cabo por el Grupo de Ingeniería Sísmica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía, considerando los resultados de las fases anteriores. Los principales autores de dicho trabajo son:

María Belén Benito Oterino  
Jorge M. Gaspar Escribano  
Alicia Rivas Medina

El trabajo completo se presentó en el Volumen 4 (EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO) del Informe Final del Proyecto RISNA.

A continuación se expone un resumen de la metodología empleada en el mismo.

### 8.4.1 Peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local

El cálculo de la peligrosidad sísmica incluyendo el efecto de amplificación del suelo en un emplazamiento se realiza multiplicando el valor de peligrosidad sísmica en roca (dado por la aceleración esperada para un determinado periodo de retorno) por el factor de amplificación correspondiente al suelo representativo del emplazamiento. Así, se obtienen mapas de peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local en términos de aceleración pico (PGA) y de aceleraciones espectrales SA(T) de periodos de 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1 y 2 segundos, para un periodo de retorno de 475 años.

La alta variabilidad espacial encontrada en el mapa de la clasificación sismo-geotécnica de Navarra se traslada al mapa de peligrosidad incluyendo el efecto local (peligrosidad en suelo), el cual presenta gran variabilidad espacial de la aceleración, siendo el correspondiente mapa mucho más heterogéneo que el de peligrosidad en roca.

Además, para facilitar el cálculo posterior del daño esperado, se expresa el movimiento del suelo en términos de intensidad. Este es un parámetro que mide la severidad de la sacudida sísmica en un lugar y que sintetiza el potencial destructor de la misma, además de ser un indicador del nivel de movimiento. La intensidad macrosísmica se estima por medio de una ecuación que la correlaciona con la PGA y con las aceleraciones espectrales SA de bajo periodo. Por tanto, la peligrosidad sísmica de Navarra se expresa también en mapas de intensidades esperadas para el periodo de retorno de 475 años.



## 8.4.2 Daño esperado

El riesgo sísmico se estima en términos de daño por medio de matrices de probabilidad de daño, que dan la distribución de los grados de daño esperados (porcentajes de cada grado de daño) para cada clase de vulnerabilidad y ante una cierta intensidad de movimiento. En este caso el movimiento esperado es la intensidad macrosísmica estimada para el periodo de retorno de 475 años representativa de cada unidad geográfica de trabajo (calculada como promedio de la intensidad macrosísmica estimada en las superficies edificadas pertenecientes a dicha unidad). El daño se estima inicialmente para cada clase de vulnerabilidad, y después para el parque inmobiliario completo (daño total).

Para representar el daño esperado se utilizan tanto parámetros absolutos (en términos de número total de edificios) como relativos (en términos de porcentaje), desglosados por tipos de vulnerabilidad y grado de daño (éste se expresa en 5 grados según la escala EMS 98, además del daño nulo) o agrupados en niveles de daño grave (Daño 4 + Daño 5) moderado (Daño 3+Daño 2) y leve (Daño 0 + Daño 1).

Los índices de daño más utilizados porque son fáciles de entender e interpretar son:

- Daño total medio esperado de cada unidad de trabajo,  $D_m$ , definido como:

$$D_m = (N1+2 \cdot N2+ 3 \cdot N3+ 4 \cdot N4+ 5 \cdot N5)/N \quad \text{Ecuación 8.1}$$

donde  $N1$ ,  $N2$ ,  $N3$ ,  $N4$  y  $N5$  indican respectivamente el número de edificaciones que sufren daño de grado 1, 2, 3, 4 y 5 en una unidad de trabajo de  $N$  edificios, dando idea del daño promedio sufrido. Su valor puede oscilar entre 0 (no hay daño) y 5 (destrucción total).

- Porcentaje ponderado de daño total medio esperado en cada unidad de trabajo,  $D_{mw}$ , definido mediante la expresión:

$$D_{mw} = (P1+2 \cdot P2+ 3 \cdot P3+ 4 \cdot P4+ 5 \cdot P5) \cdot W \quad \text{Ecuación 8.2}$$

$$\text{Siendo } W = (N - N_{\min}) / (N_{\max} - N_{\min}) \quad \text{Ecuación 8.3}$$

donde  $P1$ ,  $P2$ ,  $P3$ ,  $P4$  y  $P5$  representan respectivamente los porcentajes de edificios que sufren daño 1, 2, 3, 4 y 5 en la unidad de trabajo y  $W$  un factor de ponderación que relaciona el número total de edificios  $N$  de la unidad con los números de edificios máximo  $N_{\max}$  y mínimo  $N_{\min}$  de todas las unidades de trabajo del estudio. Este índice permite comparar el daño de una unidad de trabajo con el daño de las demás de la región, al ponderar el daño medio de la



unidad por un factor indicativo del número de edificios normalizado en el contexto geográfico de la aplicación.

- Número esperado de edificios inhabitables de cada unidad de trabajo, se define como la suma del número esperado de edificios que registran daño 5 más el número esperado de edificios que registran daño 4 más la mitad del número esperado de edificios que registran daño 3. Este es por tanto un índice de daño absoluto, que puede considerarse también un índice de riesgo neto de cada unidad de trabajo.



## 9 SIG-RISNA

Para la realización de un estudio en el que se analizan e interactúan diferentes variables espaciales, como es el caso que nos ocupa, es imprescindible dar a todas ellas una correcta ubicación geográfica, complementada con las características que las identifican. Por este motivo, el SIG utilizado en este estudio se considera como la herramienta óptima para la elaboración, análisis y presentación de resultados. Aporta, además, una base cartográfica precisa donde situar los resultados de las diferentes fases -peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo- y así facilitar su interpretación e interrelación.

El SIG en este trabajo se plantea como una herramienta para calcular el riesgo sísmico y para mostrar los resultados por medio de un Visualizador Web que permita a Protección Civil definir los niveles de emergencia que requiere cada municipio teniendo en cuenta la distribución de daños estimada y los recursos de que dispone.

### 9.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SIR-RISNA

Los objetivos específicos del SIR-RISNA se establecen partiendo de las preguntas que se pretende plantear al SIG. Estas preguntas son:

- En lo referente a los resultados del estudio de peligrosidad en roca:

*¿Qué aceleración se espera en roca, para el periodo de retorno de 475 años, en diferentes frecuencias espectrales?*

- En lo referente a los resultados del estudio geotécnico:



*¿A qué tipo de material geológico y zonación geotécnica pertenece el suelo de cada una de las partes que configuran Navarra?*

*¿Qué factor de amplificación tiene el suelo en cada una de esas partes?*

- En lo referente a los resultados del estudio de peligrosidad en suelo:

*¿Qué movimiento se espera en el suelo, considerando el efecto local, para el periodo de retorno de 475 años, en diferentes frecuencias espectrales?*

*¿Qué peligrosidad sísmica, para el periodo de retorno de 475 años, hay en cada punto del territorio navarro y en cada una de sus unidades de trabajo?*

*¿Qué intensidad macrosísmica puede estimarse para cada punto del territorio navarro?*

- En lo referente a los resultados del estudio de vulnerabilidad:

*¿Cuántos edificios y qué porcentaje, frente al total, tiene cada una de las unidades de trabajo, pertenecientes a cada una de las clases de vulnerabilidad?*

*¿Qué vulnerabilidad hay en cada una de las unidades de trabajo?*

- En lo referente a los resultados del estudio de riesgo sísmico:

*¿Qué porcentaje de edificios con daño (leve, moderado, grave y medio), con y sin ponderar, tiene cada una de las unidades de trabajo, para el periodo de retorno de 475 años, pertenecientes a cada una de las clases de vulnerabilidad?*

*¿Qué número total de edificios inhabitables hay para un periodo de retorno de 475 años, pertenecientes a cada una de las clases de vulnerabilidad y en total?*

*¿Qué población aproximada puede verse afectada por este tipo de daño?*

Otros objetivos que deben tenerse en cuenta en el diseño del SIG-RISNA es que esta infraestructura y la BBDD georreferenciada final pueden utilizarse con datos de entrada para otros estudios posteriores, tales como los estudios de riesgo a nivel municipal y posibles aportaciones a otros estudios más globales. Para ello se estableció que el diseño de la estructura general o modelo conceptual y los metadatos de toda la información generada deben ser claramente comprendidos por cualquier usuario externo; por ello se emplearon lenguajes y formatos estándar recomendados por la familia de normas ISO 19000.



## 9.2 DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

El modelado conceptual constituye la primera fase del desarrollo de las bases de datos, y puede subdividirse en dos etapas claramente diferenciadas: análisis de requisitos y conceptualización.

### 9.2.1 *Requisitos y características*

En base a los objetivos generales y específicos desarrollados en el Capítulo 4 para el SIG-RISNA, es importante determinar los requisitos necesarios para su construcción, así como las características de los mismos. Para ello se identificarán:

#### 9.2.1.1 *Información de Partida*

Para la realización del SIG se tomarán como datos de partida:

- Mapa digital de Navarra a escala 1:100.000 de la Consejería de Obras Públicas. En formato *MicroStation* (DGN)
- Dos ficheros en formato *shapefile* ®(SHP) de ESRI Inc. Uno de ellos contiene los recintos de código postales por municipios; el otro es el resultado de procesar el anterior, uniendo en un solo recinto los que, siendo espacialmente contiguos, tienen el mismo código postal.
- Datos alfanuméricos:
  - Tabla que contiene el parque inmobiliario de Navarra.
  - Tabla que contiene una lista de las entidades poblacionales navarras y los nombres de los municipios a las que pertenecen.

Teniendo en cuenta el ámbito de actuación del estudio y las características de las variables del mismo, se fijan los siguientes requisitos:

#### 9.2.1.2 *Escala de trabajo*

Considerando la base cartográfica de partida facilitada por Protección Civil de Navarra (1:100.000) y teniendo en cuenta que la cartografía geológica para el estudio Geotécnico tiene una escala 1:200.000, se determina la escala 1:200.000 como la escala adecuada para realizar el cálculo y análisis del proyecto.



### 9.2.1.3 Sistema de Referencia

Para la realización de este estudio, se fija como sistema de referencia el ETRS89 (Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989) coincidiendo con el sistema de referencia oficial de España, tal como aparece publicado en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el 29 de agosto de 2007.

*“CAPÍTULO I. Artículo 3. Sistema de Referencia Geodésico.*

*Se adopta el sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares. En el caso de las Islas Canarias, se adopta el sistema REGCAN95. Ambos sistemas tienen asociado el elipsoide GRS80 y están materializados por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones.”*

Dado que los datos de partida están en el sistema de referencia ED-50 (*European Datum 1950*), se procederá a la correspondiente transformación de su sistema de referencia.

### 9.2.1.4 Herramientas de trabajo

El *software* que se utilizará para la elaboración del Sistema de Información Geográfica, será *ArcGIS v 9.3*

*ArcGIS* es un producto de la empresa ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Este conjunto de programas permite realizar todos los procesos del Sistema de Información Geográfica en un mismo entorno, desde la captura de datos, edición de datos y análisis de variables hasta la producción cartográfica. Las aplicaciones que se emplearán, serán las siguientes:



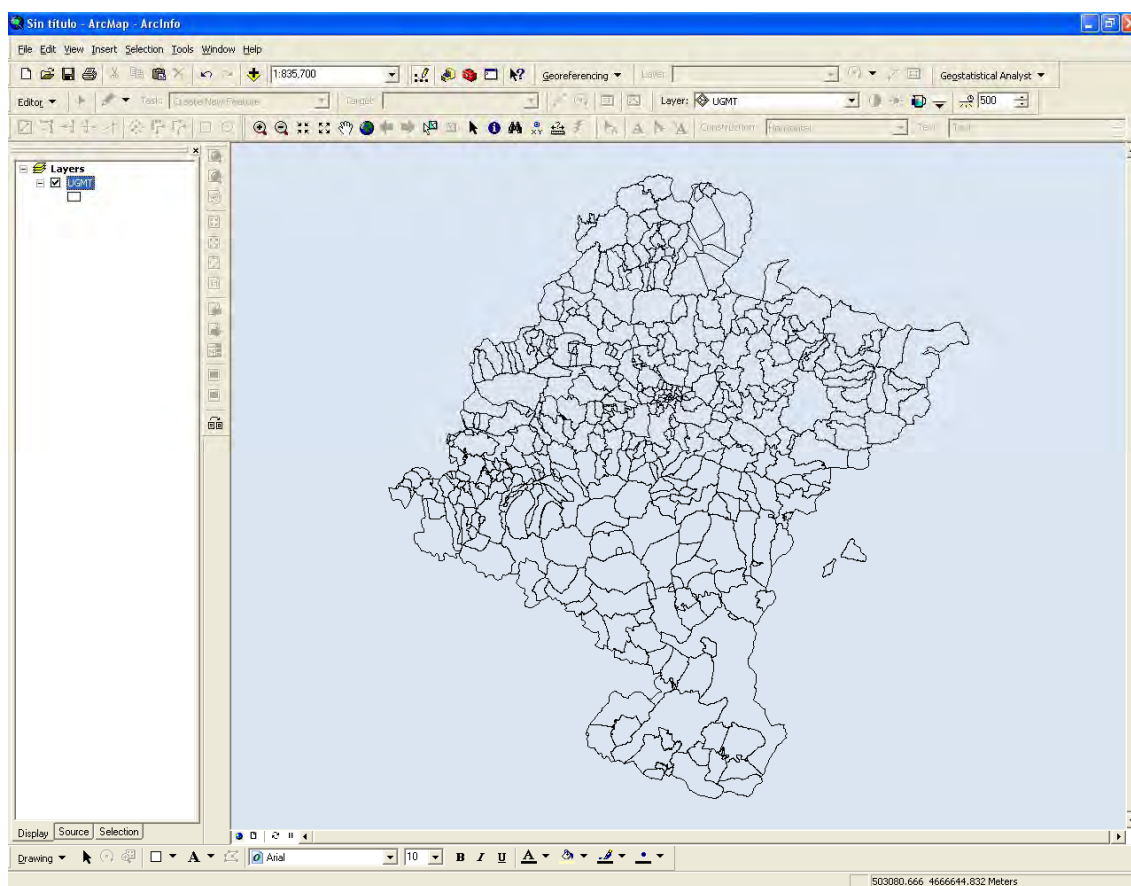
- *ArcCatalog*: Aplicación compartida de ArcGIS que permite organizar y acceder a toda la información de un SIG, como mapas, datasets, modelos, metadatos y servicios.
- *ArcMap*: Aplicación de *ArcGIS Desktop* (*ArcInfo*) que permite crear mapas. Es la aplicación central para todas las tareas relacionadas con mapas, incluyendo cartografía, análisis de mapas y edición.





### 9.2.1.5 Unidad de trabajo

Para poder diseñar la base de datos, lo primero que se debe fijar es la unidad geográfica mínima de trabajo como centro de toda su estructura, que debe estar acorde con el rango espacial del estudio y con la temática del mismo. Puesto que el estudio de riesgo abarca todo el territorio de Navarra, y teniendo en cuenta los objetivos, propósitos y escala de trabajo, en primera instancia se decide elegir como unidad de trabajo el código postal. No obstante, se comprueba que en algunos casos existen varias áreas separadas geográficamente y varios municipios que tienen el mismo código postal. Para tener en cuenta estos casos singulares (y numerosos), se considera como unidad geográfica mínima de trabajo en general el código postal, y en el caso en el que este abarque a dos ó más áreas separadas geográficamente o dos o más municipios, se tomará cada una de ellas como unidad independiente. Quedan así en total 473 unidades geográficas mínimas de trabajo.



**Figura 9.1.** Muestra las unidades geográficas mínimas de trabajo que se considerarán en el estudio



## 9.2.2 Conceptualización

Esta fase responde a la pregunta “¿Cómo representar?”. En esta etapa de conceptualización será necesario buscar una representación normalizada que se apoye en un modelo de datos que cumpla determinadas propiedades, como: coherencia, abstracción de lo esencial de los fenómenos, no redundancia, simplicidad y fidelidad, para llegar así al denominado “esquema conceptual”.

Como técnica de representación del esquema conceptual para este proyecto, se ha elegido el lenguaje UML (*Unified Modeling Language*) y en concreto se emplearán los diagramas de clases propios de esta notación. El lenguaje UML es una notación, no una metodología; es decir, es un conjunto de diagramas normalizados que posibilita al analista de SIG, describir el comportamiento del sistema (análisis) y los detalles de una arquitectura (diseño) de forma no ambigua. Una notación no es un fin por si misma; la notación tiene el mismo papel que los planos para un arquitecto o un ingeniero.

Las metodologías clásicas de modelado, como los Diagramas Entidad-Relación, EXPRESS, MÉTRICA, etc., se están actualizando o sustituyendo por los diagramas de clases UML, ya que el lenguaje UML ha sido adoptado como lenguaje estándar de modelado de Información Geográfica en la familia de normas ISO 19100. Por otro lado, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ya emplea este lenguaje en sus modelos más importantes, tales como el Modelo de Nomenclátor de España y la Base Topográfica Armonizada. Por esta razón se ha decidido utilizar este lenguaje para el diseño del modelo conceptual del SIG-RISNA.

Para realizar el esquema conceptual, en primer lugar se analizaron los datos suministrados, seleccionando todos aquellos que fueran útiles para el objetivo del proyecto. Posteriormente se elaboró un esquema descriptivo con todos ellos, para facilitar la obtención del esquema conceptual; es decir, se definieron las entidades (objetos), atributos y relaciones que se consideraron.

### 9.2.2.1 Paso del esquema descriptivo al esquema conceptual

El esquema descriptivo, que representa los requisitos del sistema a diseñar, describe lo que se desea almacenar y resulta del análisis de la documentación existente y de los objetivos plantados en el SIG. Más tarde, este esquema se irá refinando sucesivamente y normalizando hasta obtener un esquema en el modelo UML.



Será preciso interpretar este esquema descriptivo y convertir todos sus componentes en elementos del modelo UML, como son las clases, los atributos y las relaciones.

### 9.2.2.2 Modelo Conceptual de UML.

Para comprender el lenguaje UML, se necesita conocer un modelo conceptual del mismo, y esto requiere aprender tres elementos principales: los bloques básicos de construcción de UML, las reglas que dictan cómo se pueden combinar estos bloques básicos y algunos mecanismos comunes que se aplican a través de UML. Una vez comprendidos estos conceptos, se pueden leer y crear algunos modelos básicos.

El vocabulario de este lenguaje incluye tres clases de bloques básicos:

1. Elementos
2. Relaciones
3. Diagramas

Los elementos son abstracciones que definen los diseñadores en un modelo; las relaciones ligam estos elementos entre sí, y los diagramas agrupan colecciones interesantes de elementos.

#### 9.2.2.2.1 Elementos en UML.

Hay cuatro tipos de elementos en UML: estructurales, de comportamiento, de agrupación y de anotación. Dentro de los estructurales se encuentran las clases. Las clases son los bloques de construcción más importantes de cualquier sistema orientado a objetos y por ello, se expondrán con más detalle.

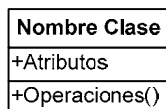
#### Clases

Una clase es una descripción de un conjunto de objetos que comparten los mismos atributos, operaciones, relaciones y semántica. Gráficamente, una clase se representa como un rectángulo.

El modelado de un sistema implica identificar los objetos que son importantes desde un punto de vista particular. Estos objetos forman el vocabulario del sistema que se está modelando.

En UML, todos estos objetos se modelan como clases. Una clase es una abstracción de los objetos que forman parte del vocabulario. Una clase no es un objeto individual, sino que representa un conjunto de objetos.

UML también proporciona una representación gráfica de las clases, como muestra la **Figura 9.2**. Esta notación permite visualizar una abstracción de forma que se resalten sus partes más importantes: su nombre, sus atributos y sus operaciones.



**Figura 9.2** Ejemplo de una Clases y las partes que la comprenden

Cada clase ha de tener un **nombre** que la distinga de otras clases, uno o varios **atributos** que se identifica como una propiedad de la clase y describe un rango de valores que pueden tomar las instancias de la propiedad y una o varias **operaciones** que representan la implementación de un servicio que puede ser requerido a cualquier objeto de la clase para que muestre un comportamiento.

Para organizar mejor las listas largas de atributos y operaciones, se pueden utilizar estereotipos para anteponer a cada grupo una categoría descriptiva. UML proporciona tres mecanismos para extender las posibilidades de su notación: estereotipos, restricciones y comentarios o valores etiquetados.

#### 9.2.2.2.2 Relaciones en UML

Al realizar abstracciones, se advierte que muy pocas clases se encuentran aisladas; la mayoría colaboran con otras de varias maneras. Por tanto, al modelar un sistema, no sólo hay que identificar los elementos que conforman el vocabulario del sistema, sino también hay que modelar cómo se relacionan estos elementos entre sí.

En UML, los vínculos que conectan entre sí a los elementos, bien lógica o físicamente, se modelan como relaciones. En el modelado orientado a objetos hay tres tipos de relaciones especialmente importantes:

1. Dependencia
2. Generalización
3. Asociación

#### Dependencia

Una dependencia es una relación de uso que declara que un elemento utiliza la información y los servicios de otro elemento, pero no necesariamente a la inversa. Una dependencia se representa como una línea discontinua dirigida hacia el elemento del cual se depende. Las dependencias se usarán cuando se quiera indicar que un elemento utiliza a otro.



**Figura 9.3** Relación de dependencia entre dos clases

La mayoría de las veces, las dependencias se utilizarán en el contexto de las clases, para indicar que una clase utiliza las operaciones de otra o que utiliza variables o parámetros cuyo tipo viene dado por la otra clase. Esto es una relación de uso, la clase utilizada cambia, la operación de la otra clase puede verse también afectada.

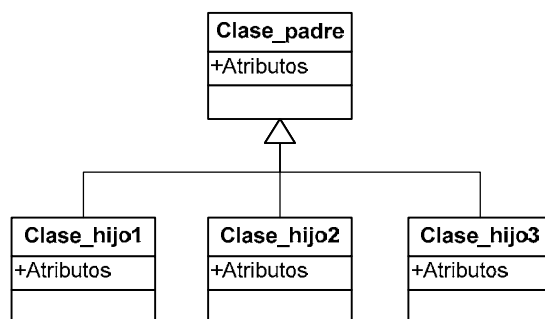
### Generalización

Una generalización es una relación entre un elemento general (llamado superclase o padre) y un caso más específico de ese elemento (llamado subclase o hijo). La generalización se llama a veces relación “es-un-tipo-de”: un elemento es un tipo de un elemento más general. Un hijo hereda las propiedades de sus padres, especialmente sus atributos y operaciones. A menudo, el hijo añade atributos y operaciones a los heredados de sus padres.

Una relación de generalización siempre lleva implícitas dos principios:

- El principio de herencia: la clase hija hereda de la clase padre todos sus atributos, operaciones y relaciones.
- El principio de inclusión: todo objeto de la clase hija pertenece a la clase padre; es decir, la extensión de la subclase es un subconjunto de la extensión de la superclase.

Gráficamente, la generalización se representa como una línea continua, con una gran punta de flecha vacía, apuntando al padre. En el caso de subclases múltiples, las flechas pueden agregarse en una sola flecha.

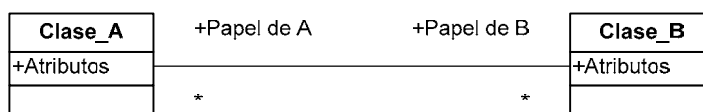


**Figura 9.4** Relación de Generalización entre dos clases



## Asociación

Una asociación es una relación estructural que especifica que los objetos de un elemento están conectados con los objetos de otro. Dada una asociación entre dos clases, se puede establecer una relación desde un objeto de una clase hasta algunos objetos de la otra. También es válido que ambos extremos de una asociación estén conectados a la misma clase. La forma de representar una asociación es una línea continua que conecta la misma o diferentes clases.



**Figura 9.5** *Relación de Asociación entre dos clases*

Aunque las asociaciones suelen ser bidireccionales (se pueden recorrer en ambos sentidos), en ocasiones es deseable hacerlas unidireccionales (restringir su navegación en un único sentido).

**Nombre.** Una asociación puede tener un nombre, que se utiliza para describir la naturaleza de la relación. Para que no haya ambigüedad en su significado, se puede dar una dirección al nombre por medio de una flecha que apunte en la dirección en la que se pretende que se lea el nombre.

**Rol.** Cuando una clase participa en una asociación, tiene un rol específico que juega en esa relación; un rol es simplemente el papel que la clase de un extremo de la asociación tiene respecto a la clase del otro extremo. Se puede dar un nombre explícito al rol que juega una clase en una asociación.

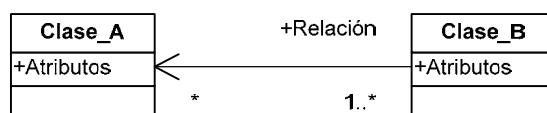
**Multiplicidad.** Una asociación representa una relación estructural entre objetos. En muchas situaciones de modelado, es importante señalar cuántos objetos pueden conectarse a través de una instancia de una asociación. Este “cuántos” se denomina multiplicidad (o cardinalidad) del rol de la asociación, y representa un rango de enteros que especifican el tamaño posible del conjunto de objetos relacionados. La multiplicidad se escribe como una expresión con un valor mínimo y un valor máximo. Cuando se indica una multiplicidad en un extremo de una asociación, se está especificando cuántos objetos de la clase de ese extremo se relaciona con cada objeto de la clase en el otro extremo. En la **Tabla 9.1** se pueden ver las distintas multiplicidades que se pueden indicar.

**Tabla 9.1. Tabla con las posibles multiplicidades.**

Multiplicidad	Significado
1	Uno y sólo uno
0..1	Cero o uno
m..n	Desde m hasta n (especificado numéricamente)
*	Muchos (cero o varios)
0..*	Cero o varios
1..*	Uno o varios (al menos 1)

Incluso se puede indicar un número exacto (por ejemplo 3, lo que equivale a 3..3).

Cuando la multiplicidad mínima es 0, la relación es opcional, mientras que una multiplicidad mínima mayor o igual que 1 establece una relación obligatoria.



**Figura 9.6 Ejemplo de asociación entre dos clases**

Cada clase lleva asociada la multiplicidad con la que participa en la asociación. Una asociación en la que una clase se relaciona consigo misma se denomina asociación reflexiva y su representación es equivalente a la de asociaciones binarias.

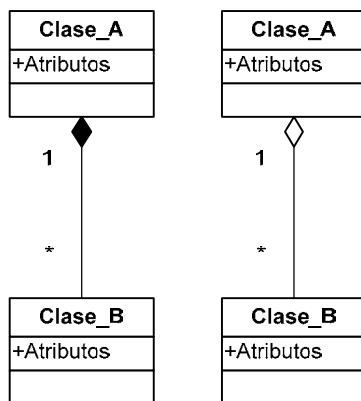
**Agregación.** Una asociación normal entre dos clases representa una relación estructural entre iguales, pero a veces se desea modelar una relación “todo/parte”, en la cual una clase representa una cosa grande (el “todo”), que consta de elementos más pequeños (las “partes”). Este tipo de relación se denomina agregación, la cual representa una relación del tipo “tiene un”, o sea, un objeto de todo tiene objetos de la parte.

En una asociación de agregación, un “todo” se compone de varias “partes”, por lo que la cardinalidad en este sentido siempre será 1..\*. UML distingue entre agregación simple y agregación compuesta o composición:

- **Agregación simple:** es una agregación en la que una “parte” puede pertenecer a varios “todos”. Representa el concepto de agregación lógica. En realidad, la agregación simple es sólo un tipo especial de asociación y se especifica añadiendo a una asociación normal un rombo vacío en la parte del todo.



- **Composición o Agregación Compuesta:** representa una forma de agregación en la que la “parte” se considera físicamente incluida en el “todo”, de forma que no tiene existencia propia, es decir, la “parte” depende completamente del “todo” y se accederá a ella a través del “todo”. Al tratarse de una agregación física, una “parte” sólo puede pertenecer a un “todo”. En este caso el rombo adyacente al “todo” es un rombo relleno.



**Figura 9.7** Tipos de agregaciones

#### 9.2.2.2.3 Diagramas en UML

Cuando se modela algo, se crea una simplificación de la realidad para comprender mejor el sistema que se está desarrollando. Con UML, se construyen modelos a partir de bloques de construcción básicos, tales como clases, dependencias, generalizaciones y asociaciones. Los diagramas son los medios para ver estos bloques de construcción.

Un diagrama es la representación gráfica de un conjunto de elementos, visualizado la mayoría de las veces como un grafo conexo de elementos y relaciones. Los diagramas se dibujan para visualizar un sistema desde diferentes perspectivas, de forma que un diagrama es una proyección de un sistema. En todos los sistemas, excepto en los más triviales, un diagrama representa una vista resumida de los elementos que constituyen el sistema.

Como ningún sistema complejo puede ser comprendido completamente desde una única perspectiva, las partes estáticas de un sistema se simbolizarán mediante uno de los diagramas siguientes: de clases, de componentes, de objetos, de despliegue o de artefactos. El resto de tipos de diagramas se emplearán para realizar el modelado de comportamiento (modelado de cosas dinámicas). En el presente proyecto se tratará el modelado estructural (modelado de cosas estáticas) y en concreto se utilizarán los diagramas de clases para su representación.



### 9.2.2.3 Diagramas de clases

Los diagramas de clases son los más utilizados en el modelado de sistemas orientados a objetos y como ya se ha mencionado anteriormente, se utilizan para modelar la vista de diseño estática de un sistema.

Un diagrama de clases es un tipo especial de diagrama y comparte las propiedades comunes al resto de los diagramas (un nombre y un contenido gráfico que es una proyección de un modelo). Lo que distingue a un diagrama de clases de los otros tipos de diagramas es su contenido particular. Los diagramas de clases contienen normalmente los siguientes elementos: clases, interfaces y relaciones de dependencia, generalización y asociación. Al igual que los demás diagramas, los diagramas de clases pueden contener notas y restricciones.

En este caso se utilizará el diagrama de clases para modelar el esquema lógico de la base de datos. Sabiendo que muchos de los sistemas que se modelen tendrán objetos persistentes, lo que significa que estos objetos podrán ser almacenados en una base de datos con el fin de poder recuperarlos posteriormente. La mayoría de las veces se empleará una base de datos relacional, una base de datos orientada a objetos o una base de datos híbrida objeto-relacional para el almacenamiento pertinente.

Para modelar un esquema lógico de base de datos es necesario:

- Identificar aquellas clases del modelo cuyo estado debe trascender el tiempo de vida de las aplicaciones.
- Construir un diagrama de clases que contenga estas clases. Se puede definir un conjunto propio de valores etiquetados para cubrir detalles específicos de bases de datos.
- Expandir los detalles estructurales de estas clases. En general, esto significa especificar los detalles de sus atributos y centrar la atención en las asociaciones que estructuran estas clases y en sus respectivas cardinalidades.
- Donde sea necesario, deben construirse abstracciones intermedias para simplificar la estructura lógica.

Para realizar un diagrama de clases bien estructurado se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- El diagrama se centrará en comunicar un aspecto de la vista de diseño estática del sistema.

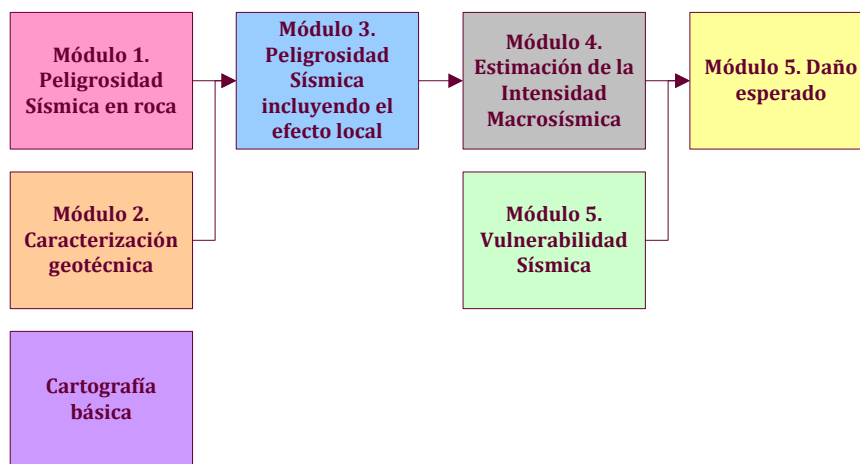


- Contendrá sólo los elementos que sean esenciales para comprender ese aspecto.
- Proporcionará detalles según el nivel de abstracción, mostrando sólo aquellos complementos que sean esenciales para su comprensión.
- No habrá que reducir tanto sus contenidos que el lector pierda información sobre la semántica importante.

#### 9.2.2.4 Diagrama de clases UML del proyecto

Par poder comprender el diagrama de clases que se ha desarrollado en el proyecto, se debe saber que:

Los cuadros de colores engloban las clases del diagrama que forman parte del mismo módulo del proyecto. Estos módulos representan diferentes fases del estudio y pueden entenderse como hitos del cálculo que cierran etapas del estudio. En la **Figura 9.8** aparece un esquema general de todos los módulos con el color asociado a ellos.



**Figura 9.8.** Esquema en el que se muestra los módulos del estudio.

- En la parte superior del modelo aparece la geometría de las clases que intervienen; en la parte de la derecha las capas ráster y en la de la izquierda las geometrías y capas vectoriales.
- Las clases correspondientes a una capa ráster se han mostrado en un color gris claro y las capas vectoriales con un degradado vertical de color, dejando el color liso para las clases abstractas del modelo (tablas sin representación geográfica).



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

---

- Por ultimo, las enumeraciones y “type” se han colocado en la esquina inferior derecha y se has coloreado de azul claro y de un verde claro respectivamente.

En el Anexo 4. Se presenta el diccionario de datos del modelo conceptual

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.  
Documento 1: Memoria

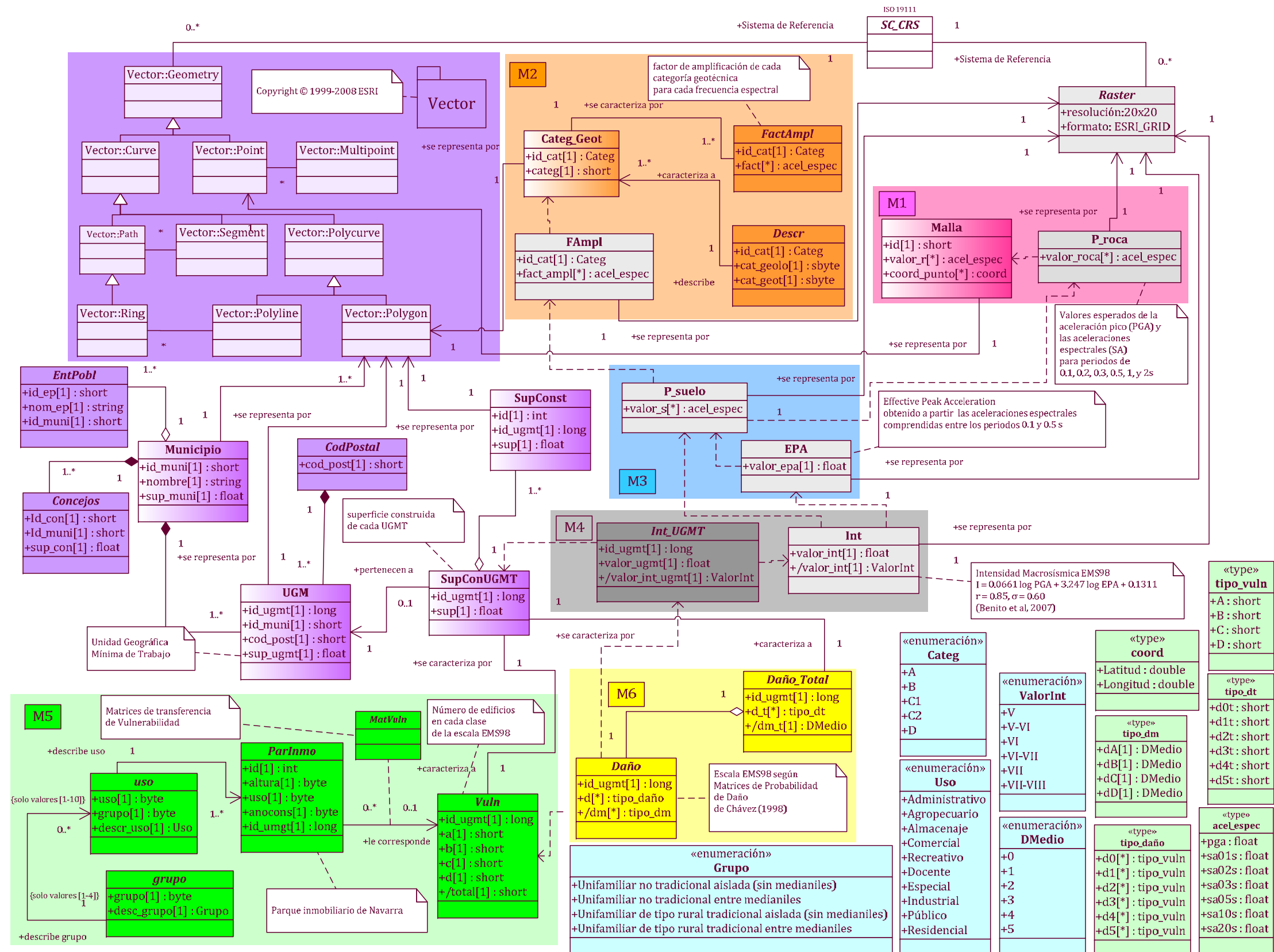


Figura 9.9. Diagrama de clases UML del proyecto



## 9.3 CARGA Y TRATAMIENTO DE DATOS. METADATOS

### 9.3.1 Carga de datos

Los datos que representan la realidad de un área de estudio pueden proceder de diversas fuentes; cuando se dispone de todos ellos en forma de archivos digitales, puede comenzar su proceso con la aplicación de SIG que vaya a utilizarse (ArcGIS en este caso). Las primeras operaciones se encaminarán a la aplicación y transformación de los datos de modo que cumplan los requisitos de ArcGIS.

Se utilizará la estructura de ArcGIS para la carga de los datos del proyecto. Esta estructura se basa en los siguientes elementos:

- *Geodatabase*, se refiere a la base de datos que utiliza ArcGIS y en ella se guardan tanto datos geográficos como alfanuméricos (por ejemplo: tablas)
  - *Feature Data Set*, ArcGIS permite agrupar distintas clases vectoriales del estudio con diferente geometría en un mismo espacio. Todas las clases deben tener el mismo sistema de referencia y el mismo marco espacial.
  - *Feature Class*, representa a cada clase vectorial que interviene en el estudio, es una colección de objetos geográficos con el mismo tipo de geometría: punto, línea o polígono. Estas clases pueden depender directamente de la *Geodatabase*.
  - *Table*, corresponden con las clases abstractas del diagrama y se caracterizan por no tener representación geográfica.
  - *Raster Catalog*, ArcGIS permite agrupar un conjunto de capas ráster con las mismas propiedades, en ella se define el sistema de referencia, la resolución y el marco espacial de las clases que lo componen.
  - *Raster Data Set*, representa a cada clase ráster que interviene en el estudio.

Además de estos formatos, ArcGIS dispone de algunos formatos propios que pueden ser aceptados por otros programas de SIG o CAD, como son el formato *shapefile* en las capas vectoriales y GRID para las capas ráster.

Para el estudio se han ido generando todas las *Geodatabases*, *Feature Datasets* y *Feature Class*, *Table* y *Raster Data Set* convenientes para formar la estructura de datos en el árbol de *ArcCatalog*, identificando claramente cada módulo de trabajo y

estableciendo una agrupación extra en la que se distinguen tres tipo de dato dentro de cada módulo:

- Datos de Entrada: con la información de partida de todos los estudios.
- Datos Intermedios: con todas las capas y tablas que se generan en el estudio para poder obtener los resultados finales.
- Datos de Salida: todos los resultados de cada estudio y que, a su vez, sirven de datos de entrada para los estudios posteriores.

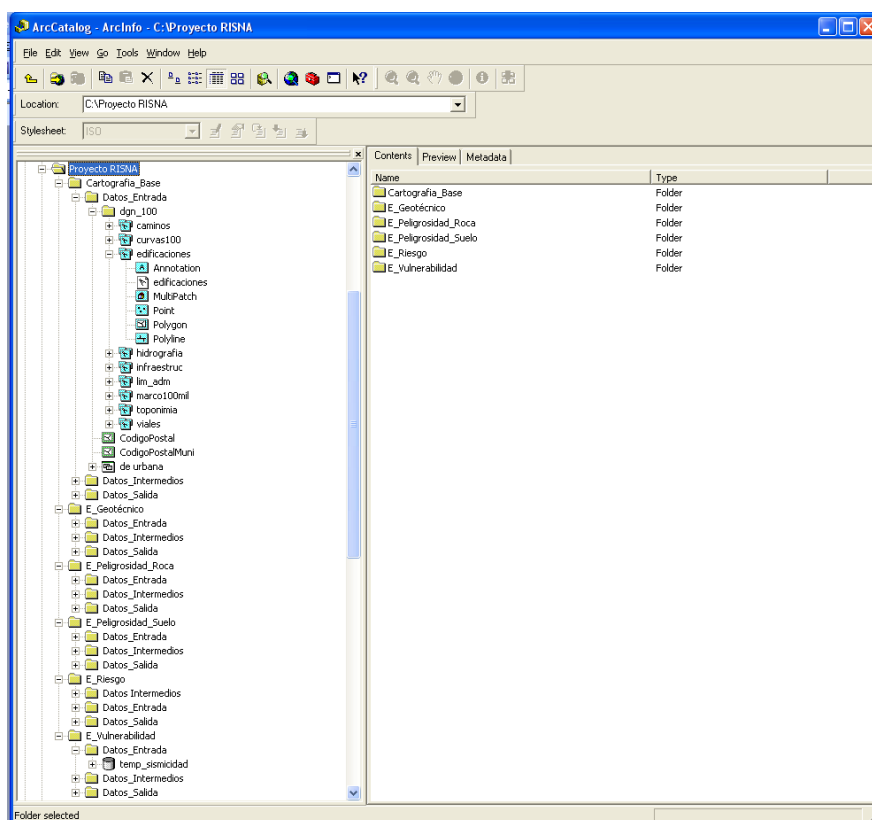


Figura 9.10. Carga de datos en el entorno del programa (ArcGIS v.93)

### 9.3.2 Tratamiento de datos

Una vez incorporados todos los datos en la estructura que maneja el programa ArcGIS, se debe seleccionar la información de interés y editar la geometría y la base de datos. Las etapas serán las siguientes:

- Selección de información geométrica
- Edición geométrica
- Edición de la base de datos





### 9.3.2.1 Selección de información geométrica

Como se ha dicho anteriormente, la información geográfica de partida consta de:

- El Mapa Digital de Navarra a escala 1:100.000. De esta cartografía se extraerá información para el estudio de riesgo y para la representación cartográfica.
- Dos ficheros en formato ESRI *shapefile* (SHP): que contienen la unidad geográfica mínima de trabajo.

De estas fuentes se extraerá la información necesaria tal y como aparece en la **Tabla 9.2**.

**Tabla 9.2** Selección de la información geográfica utilizada en el proyecto

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA				
CONTENIDO	REPRESENTACIÓN	SELECCIÓN	NOMBRE	USO
Edificaciones (Cartografía Digital 1:100.000)	lineal	---		
	superficial	Superficies edificadas	<b>Edif_100</b>	Estudio/Cartografía
CodigoPostalMuni.zip	superficial	Unidad geográfica mínima de trabajo	<b>UGMT_100</b>	Estudio/Cartografía
CodigoPostal.zip	superficial			

### 9.3.2.2 Edición geométrica

En esta etapa se distinguen dos fases:

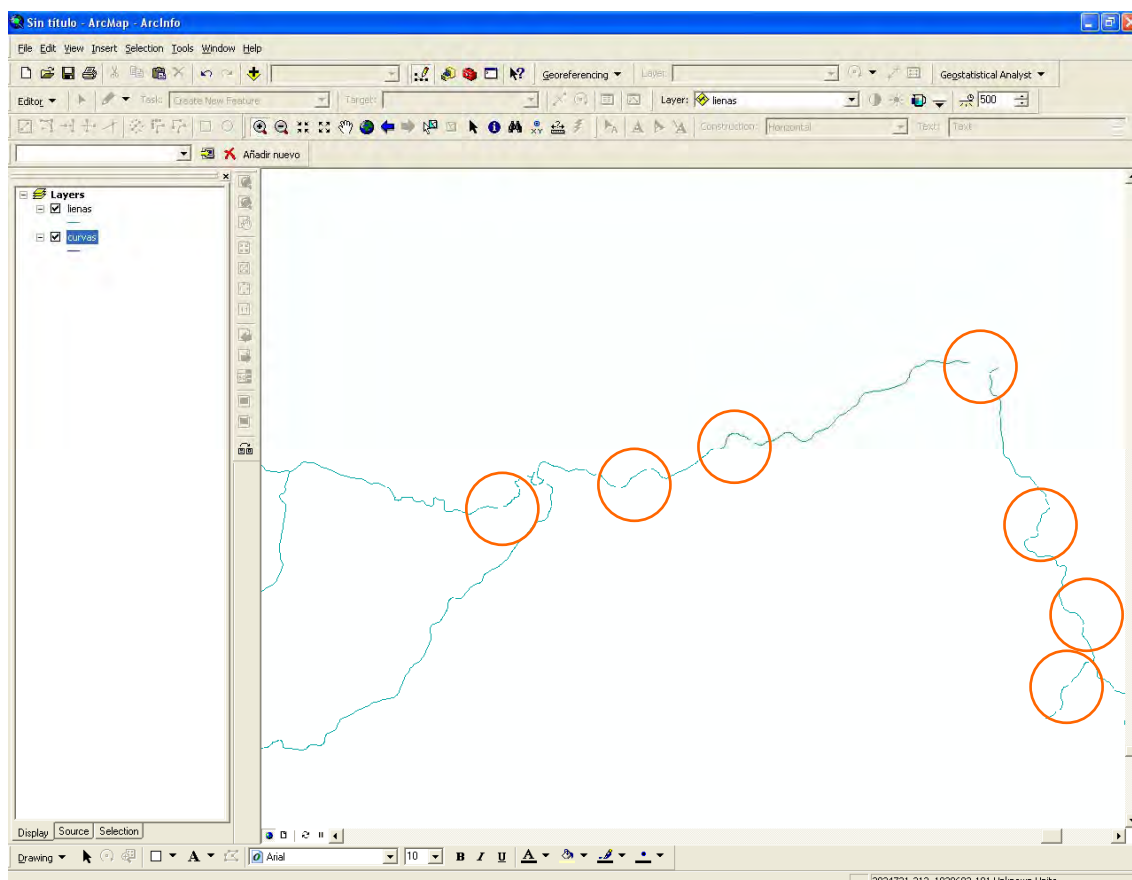
- Corrección geométrica
- Homogeneización

#### 9.3.2.2.1 Corrección geométrica

En esta fase se debe comprobar que la geometría de todas las capas es correcta, las líneas están perfectamente conectadas (**Figura 9.11**), toda la información representada pertenece a la clase a la que corresponde y que la información está completa.

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

**Documento 1: Memoria**



**Figura 9.11.** Ejemplo de corrección geométrica por falta de conexión entre líneas.

### 9.3.2.2.2 Homogeneización

En esta fase se homogeneizará toda la información para proceder posteriormente al análisis y combinación de la misma, destacando dos procesos: la transformación de coordenadas y la generalización de la geometría.

#### Transformación de coordenadas

La información de partida tiene como sistema de referencia ED – 50. Proyección UTM Huso30, estando éste definido por:

- Elipsoide Hayford
- Marco geodésico de referencia ED - 50
- Latitudes referidas al Ecuador
- Longitudes referidas al meridiano de Greenwich
- Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante



- La proyección cartográfica es Universal Transversa Mercator, UTM para el huso 30 y el hemisferio Norte.

Para la realización del estudio se empleará el sistema ETRS89 (Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989), cuyas características son:

- Elipsoide ITRS89
- Marco geodésico de referencia ETRS89
- Latitudes referidas al Ecuador
- Longitudes referidas al meridiano de Greenwich
- Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante

Por lo que se procederá a la correspondiente transformación (**Tabla 9.3**)

**Tabla 9.3** *Sistemas de referencia de la información geográfica*

TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS			
NOMBRE INICIAL	SISTEMA DE REF. INICIAL	SISTEMA DE REF. FINAL	NOMBRE FINAL
Edif_100	ED - 50	ETRS89	Edif_ETRS89_100
UGMT_100	ED - 50	ETRS89	UGMT_ETRS89_100

### Generalización

En este proceso se generalizará la geometría de todas las capas para adaptarla a las necesidades del proyecto. Para ello es muy importante considerar las escalas de trabajo y la precisión necesaria en cada una de ellas, teniendo en cuenta la agudeza visual del ojo humano (**Tabla 9.4**).

**Tabla 9.4** *Precisión necesaria de las capas*

ESTUDIO DE PRECISIONES			
USO	ESCALA DE TRBAJO	AGUDEZA VISUAL	PRECISIÓN
Estudio	1:200.000	0.2 mm	40 m

Considerando lo anterior, se procede a la generación de las capas necesarias (**Tabla 9.5**):



**Tabla 9.5** *Generalización de las capas del proyecto*

GENERALIZACIÓN				
NOMBRE INICIAL	USO	PROCESO	ESCALA FINAL	NOMBRE FINAL
Edif_ETRS89_100	Estudio	simplificación y agrupación de polígonos	1:200.000	SupCont
UGMT_ETRS89_100	Estudio	simplificación y agrupación de polígonos	1:200.000	UGMT

### 9.3.2.3 Edición de la base de datos

Lo primero que se debe hacer es establecer la clave primaria que identificará todas las unidades geográficas mínimas de trabajo de modo unívoco.

Dado que las capas de Código Postal proporcionadas no tienen un código único, que identifique cada una de las unidades de trabajo, es decir, no existe un identificador para cada Código Postal, independiente del municipio y separado geográficamente, se procederá a la correspondiente creación y tratamiento en la base de datos. Para ello se desarrollarán los siguientes procesos:

- Generación de la clave primaria
- Agrupación de elementos

#### 9.3.2.3.1 Creación de la clave primaria

Como se ha comentado anteriormente, no disponer de un atributo único plantea un primer problema. Para su resolución se opta por la generación de un código identificador de cada una de las unidades de trabajo, para lo que se tiene en cuenta la combinación del código postal y el código municipal.

Se definieron como unidades de trabajo independientes aquellas que, aun teniendo el mismo código postal y código municipal, estaban separadas geográficamente.

Por ello, se identificaron los casos donde existe duplicidad de código, encontrándose los mismos en los municipios que figuran en la **Tabla 9.6**.

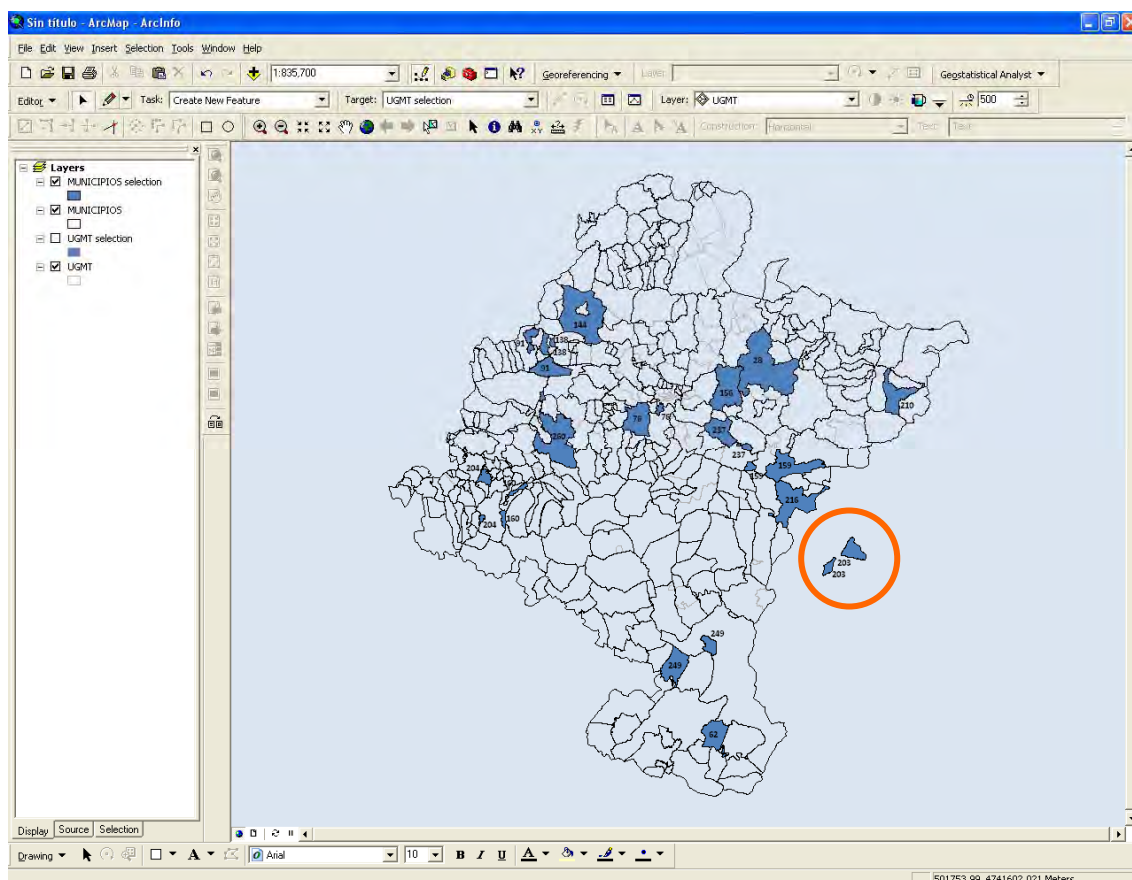


EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.6** Municipios con unidades geográficas de trabajo independientes que tienen el mismo código postal y código municipal pero están formados por varios polígonos.

MUNICIPIOS CON ANÁLISIS ESPECIAL			
NOMBRE	CÓDIGO MUNICIPAL	CÓDIGO POSTAL	NÚMERO DE POLÍGONOS
Cabanillas	62	31511	3
Cizur	76	31190	2
Ergoiena	91	31829	2
Lakuntza	138	31830	2
Lumbier	159	31440	2
Luquin	160	31243	2
Petilla de Aragón	203	50686	2
Piedramillera	204	31219	2
Roncal	210	31415	2
Unciti	237	31422	2
Valtierra	249	31514	2
Yerri	260	31179	2
Arce	28	31438	2
Larraun	144	31877	2
Lizoáin	156	31482	2
Sangüesa	216	31409	2



**Figura 9.12.** Posición geográfica de los municipios con unidades mínimas de trabajo independientes que tienen el mismo código postal y código municipal pero están separadas geográficamente.



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

Otro problema a resolver ha sido la identificación de estos elementos en la base de datos de vulnerabilidad. Para ello, la forma de distinguir estos elementos con igual código municipal y postal fue identificar los polígonos catastrales que contiene cada polígono geográfico. De este modo, era posible establecer una correspondencia entre la unidad mínima de trabajo y la tabla del parque inmobiliario.

Una vez identificados los casos de la **Tabla 9.6** (duplicados) con sus correspondientes polígonos catastrales, para poder diferenciar unos de otros, se introdujo un atributo nuevo, tanto en la capa vectorial que contiene la unidad de trabajo como en la tabla de vulnerabilidad, llamado “subcódigo”. Los valores de este campo fueron, en los elementos con conflicto, los valores 1, 2 ó 3 considerando de mayos a menos respectivamente la superficie de cada elemento y, en los elementos sin conflicto, el valor 0 (**Tabla 9.7**).

**Tabla 9.7.** *Modo de asignación del subcódigo a elementos con el mismo código postal pero separados geográficamente.*

UNIDAD GEOGRÁFICA MÍNIMA DE TRABAJO ESPECIALES			
MUNICIPIO	CÓDIGO POSTAL	POLÍGONOS CATASTRALES	SUBCÓDIGO
Cabanillas (62)	31511	1, 2, 5-9	1
Cabanillas (62)	31511	3	2
Cabanillas (62)	31511	4	3
Cizur (76)	31190	2-7, 5-12, 14	1
Cizur (76)	31190	1	2
Ergoiena (91)	31829	1-10	1
Ergoiena (91)	31829	11-13	2
Lakuntza (138)	31830	1, 2	1
Lakuntza (138)	31830	3	2
Lumbier (159)	31440	1-9	1
Lumbier (159)	31440	10	2
Luquin (160)	31243	3	1
Luquin (160)	31243	1, 2	2
Petilla de Aragón (203)	50686	3-7	1
Petilla de Aragón (203)	50686	1, 2	2
Piedramillera (204)	31219	1, 2	1
Piedramillera (204)	31219	3	2
Roncal (210)	31415	1-8	1
Roncal (210)	31415	9	2
Unciti (237)	31472	4	1
Unciti (237)	31472	5	2
Valtierra (249)	31514	1-11	1
Valtierra (249)	31514	12	2
Yerri (260)	31177	5, 13, 18, 25-31, 33-36	1
Yerri (260)	31177	24	2
Arce (28)	31438	1-7, 22-29, 31-35	1
Arce (28)	31438	13, 14	2
Larraun (144)	31877	1-3, 14, 15	1
Larraun (144)	31877	6	2
Lizoáin (156)	31482	4-6	1
Lizoáin (156)	31482	16	2
Sangüesa (216)	31409	1	1
Sangüesa (216)	31409	9, 10	2



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

Al realizar este proceso, y consultando otras fuentes de información geográficas de acceso libre, de nuevo se planteó otro problema. En el municipio de Berrioplano (902): dos territorios no coinciden con ninguna división administrativa, tal y como se muestra en la siguiente figura:

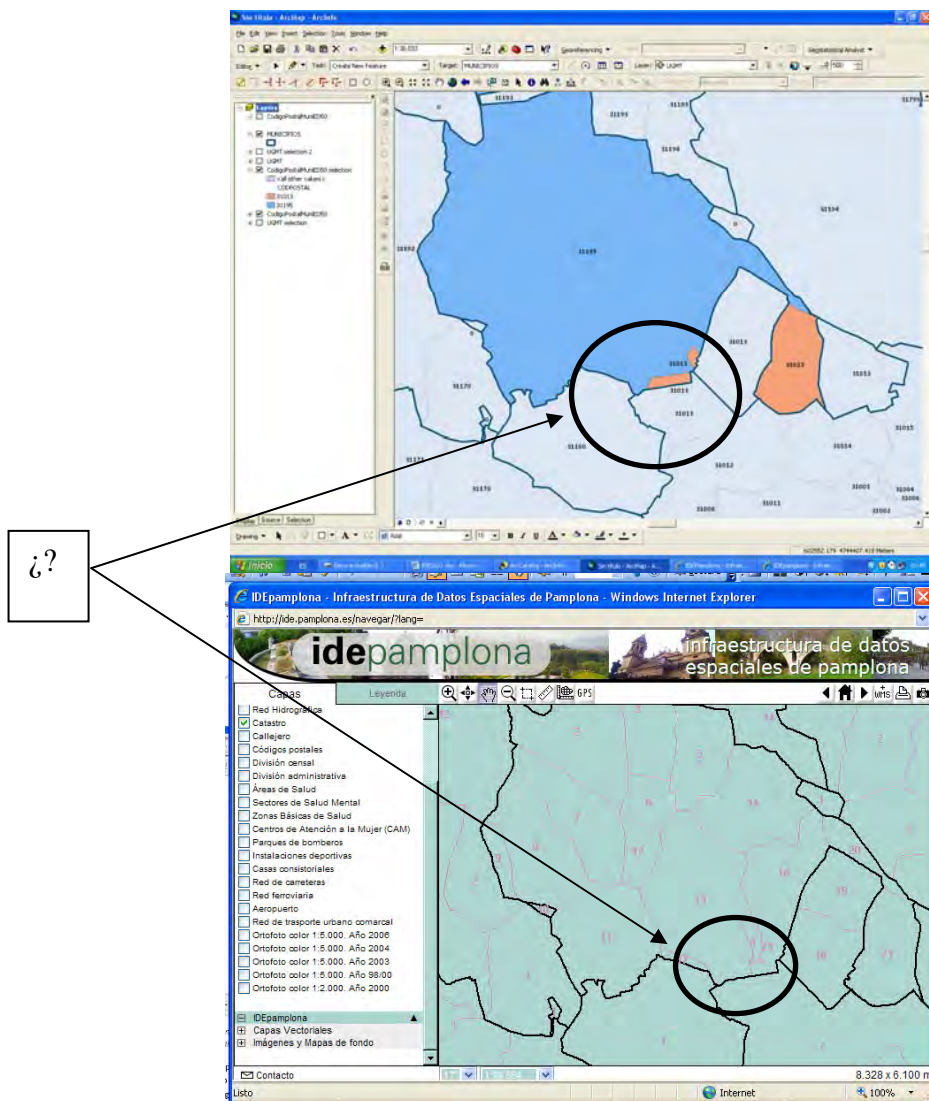


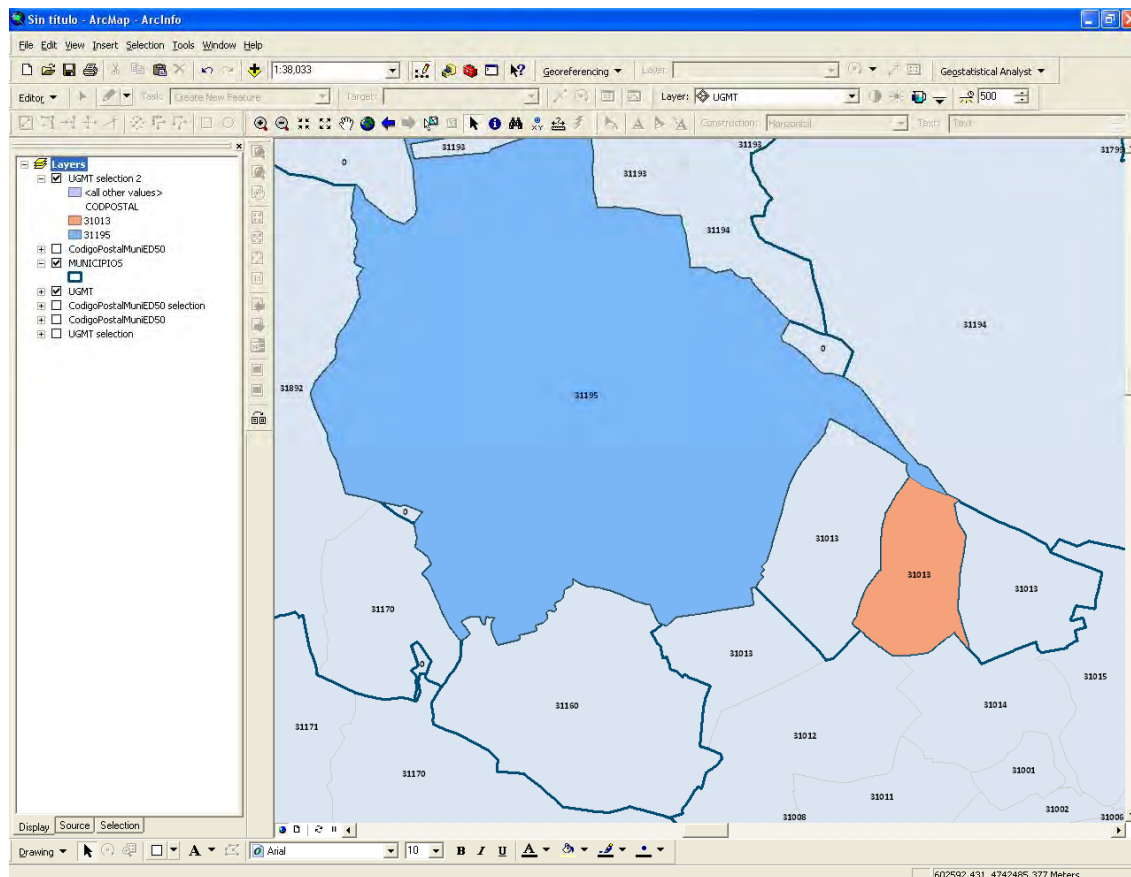
Figura 9.13. Caso especial de territorio sin identificar.

Por este motivo, y teniendo en cuenta la imposibilidad de identificar estos territorios en la tabla de vulnerabilidad, se tomó la decisión de integrar este municipio en la unidad de trabajo 902- 31195, quedando del siguiente modo:



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

**Documento 1: Memoria**



**Figura 9.14.** Solución tomada para el caso especial del municipio de Berrioplano.

Una vez solucionado el problema e identificadas todas las unidades de trabajo en los datos de partida, se procedió a la generación de la clave primaria, es decir, se procedió a generar un identificador único para cada unidad de trabajo. Para ello, en primer lugar se añadieron todos los atributos necesarios, tanto en la tabla de vulnerabilidad, como en los ficheros vectoriales de partida:

- subcod: Código para distinguir zonas con código municipal y postal igual pero separado geográficamente (Número).
- ID: Código identidad, clave primaria de unidad de medida del proyecto (Texto).
- codnav: Código de Navarra (Número).

Posteriormente, se combinaron estos atributos para generar el identificador (clave primaria), un número de 11 dígitos, repartidos de izquierda a derecha, de la siguiente manera:

- Los 2 primeros corresponden al identificador de Navarra.
- Los 3 siguientes corresponden al identificador municipal.



- Los 5 siguientes corresponden al Código Postal.
- El último al “subcódigo” generado.

La **Tabla 9.8** muestra un ejemplo de identificador:

**Tabla 9.8.** *Ejemplo de identificador de cada unidad de trabajo*

IDENTIFICADOR										
COD_NAVARRA		COD_MUNICIPAL			CÓDIGO POSTAL					SUBCÓDIGO
3	1	0	0	1	3	1	1	2	8	0

Obteniendo un total de 473 unidades geográficas de trabajo.

#### 9.3.2.3.2 Agrupación de elementos

En este punto se ha de valorar el parque inmobiliario completo de Navarra en términos de vulnerabilidad, abarcando desde la edificación tradicional antigua hasta la edificación actual. Para ello se requiere información sobre la tipología constructiva de los edificios, pues sobre ella se basará la asignación de intensidad de acuerdo a lo establecido en la escala EMS-98. Hay que recurrir entonces a alguna base de datos con información estadística del parque inmobiliario de la Región Navarra. Dicha información se encuentra esencialmente en la base de datos del parque inmobiliario anteriormente citada y facilitada para el estudio.

Lo primero que se hizo fue incorporar el identificador de cada unidad geográfica de trabajo en esta tabla. De este modo, puede saberse a qué unidad de trabajo corresponde cada una de las edificaciones detallada.

Una vez incluido el identificador en la tabla de vulnerabilidad, es necesario agrupar los elementos de ésta, ya que se tiene una tabla cuya unidad de medida es la sub-área y se necesita una tabla cuya unidad de medida sea la unidad de trabajo, tal como se ha establecido. Por lo tanto, se debe pasar de una tabla con 158.557 elementos, a una tabla con 473 elementos. Para ello, y dado que esta tabla no recoge información sobre la tipología estructural de las edificaciones, se partió de unas normas de agrupamiento facilitadas por Patrick Murphy Corella, responsable del trabajo detallado en el Volumen 3. Dichas normas se indican en las tablas en función del uso de los edificios (**Tabla 9.9**) y el año de construcción (**Tabla 9.10**).



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.9.** Agrupamiento de tipologías estructurales según el uso de los edificios.

CATEGORÍA POR USO DEL EDIFICIO			
CÓDIGO	NUEVA ETIQUETA	USO SEGÚN LA TABLA ORIGINAL	NÚMERO DE GRUPO
<b>C1</b>	Públicos, sanitario, docente y especiales	públicos	
		Sanitarios	
		Docentes	
		Especiales	
<b>C2</b>	Comercial y administrativo	Administrativo	
		Comercial	
		Espectáculos	
		Hostelería	
<b>C3</b>	Industrial y deportivo	Industrial	
		Almacenaje	
		Deportivo	
<b>C4</b>	Residencial 1	Residencial rural aislada	3
		Residencial rural medianeras	4
<b>C5</b>	Residencial 2	Residencial aislada	1
		Residencial medianeras	2
<b>C6</b>	Residencial 3	Residencial colectiva	5 y 0

**Tabla 9.10.** Agrupamiento de tipologías estructurales según el año de construcción.

CATEGORÍA POR AÑO DE CONSTRUCCIÓN	
CÓDIGO	AÑO
<b>T1</b>	2005-2006
<b>T2</b>	1997-2004
<b>T3</b>	1977-1996
<b>T4</b>	1965-1976
<b>T5</b>	1941-1964
<b>T6</b>	1921-1940
<b>T7</b>	<1920

Con estas directrices, se elaboró un plan de trabajo haciendo consultas a la base de datos mediante operaciones lógicas y el empleo de código binario, que facilitó la identificación y la agrupación de distintos atributos necesarios para el estudio de vulnerabilidad, tales como usos del edificio y año de construcción.



Para la realización de las consultas se han tenido en cuenta los criterios mostrados, procediéndose a la modificación de las tablas de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Se incluyeron 6 atributos, uno para cada grupo, teniendo en cuenta el **uso del edificio**.
2. Se asignaron los valores 0 y 1 dependiendo de si el elemento pertenecía o no a ese grupo.
3. Se incluyeron 7 atributos, uno para cada grupo, teniendo en cuenta el **año de construcción**.
4. Se asignaron los valores 0 y 1 dependiendo de si el elemento pertenecía o no a ese grupo.
5. Se incluyeron 42 atributos, uno para cada combinación **uso del edificio - año de construcción**.
6. Se asignaron los valores 0 y 1 dependiendo de si el elemento pertenecía o no a ese grupo.
7. Se aislaron y agruparon los elementos pertenecientes a una misma unidad geográfica mínima de medida, y se sumó el número de edificios de cada clase.

Finalmente, tras la asignación de las nuevas columnas en la tabla, se ha obtenido una tabla modificada con 381 elementos en los que se determinó el número de edificios que hay por cada clase, teniendo en cuenta: los usos del edificio (6), el año de construcción (7) y la combinación uso del edificio – año de construcción (42). En total se añadieron 55 atributos. Esta tabla recibió la denominación de EDIFICIOS.

Después de realizar este proceso, como se mencionó con anterioridad, se obtuvieron 381 elementos con asignación de vulnerabilidad. Los 92 elementos restantes, hasta completar los 473 esperados, corresponden a elementos de la unidad de trabajo que carecen de clase de vulnerabilidad. De estos elementos sin vulnerabilidad, 72 corresponden a los territorios denominados “facierías”, e identificadas como lugares de pasto de ganado o, en menor medida, explotación maderera. El resto son unidades de trabajo de las que no hay constancia en la tabla de vulnerabilidad. Todos estos territorios se tendrán en cuenta en el estudio, sabiendo que, aunque está afectados de cierta peligrosidad sísmica, el riesgo será nulo al ser nula su vulnerabilidad.

Estos elementos, sin incluir las facerías, se indican en la **Tabla 9.11** y se representan en la **Figura 9.15**



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

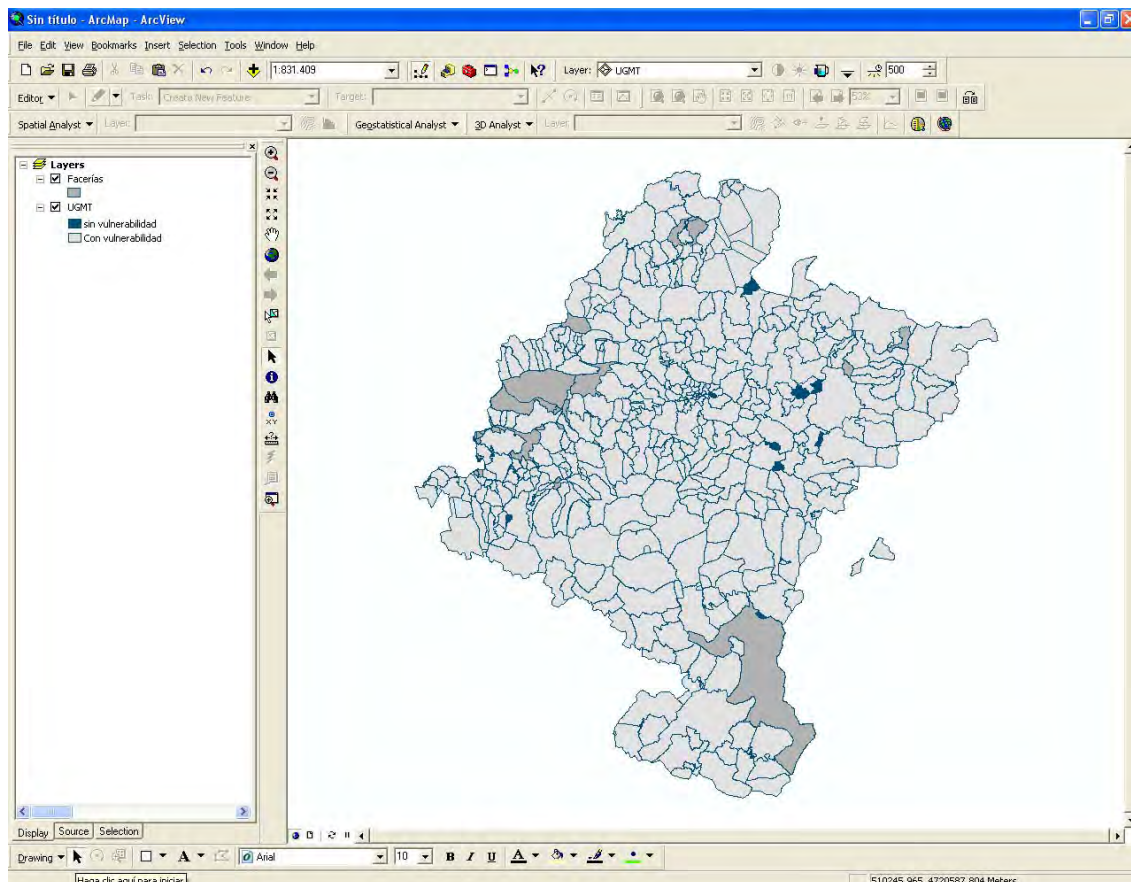
Documento 1: Memoria

Tabla 9.11. *Unidades de trabajo que carecen de asignación de vulnerabilidad.*

UNIDADES GEOGRÁFICAS DE TRABAJO SIN VULNERABILIDAD				
ID	CÓDIGO MUNICIPAL	CÓDIGO POSTAL	SUBCÓDIGO	NOMBRE DEL MUNICIPIO
31028314382	28	31438	2	ARCE
31028314810	28	31481	0	ARCE
31050316390	50	31639	0	BAZTAN
31062315113	62	31511	3	CABANILLAS
31062315112	62	31511	2	CABANILLAS
31086316210	86	31621	0	EGUES
31103314910	103	31491	0	EZPROGUI
31120311750	120	31175	0	GUESALAZ
31120311760	120	31176	0	GUESALAZ
31121311740	121	31174	0	GUIRGUILLANO
31131311700	131	31170	0	IZA
31156314822	156	31482	2	LIZOAIN
31158314390	158	31439	0	LONGUIDA
31159314402	159	31440	2	LUMBIER
31088311190	88	31119	0	NOAIN (VALLE DE ELORZ)
31088311800	88	31180	0	NOAIN (VALLE DE ELORZ)
31204312192	204	31219	2	PIEDRAMILLERA
31210314152	210	31415	2	RONCAL
31237314722	237	31472	2	UNCITI
31241314540	241	31454	0	URRAÚL ALTO

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria



**Figura 9.15.** Posición geográfica de las unidades mínimas de trabajo independientes que no tienen asignación de vulnerabilidad.

### 9.3.3 Base de datos de entrada

En este apartado se hace una descripción de toda la base de datos que forma el sistema de información geográfica del proyecto RISNA, identificando las características de todas las capas y tablas de entrada, así como los atributos que contienen a éstas.


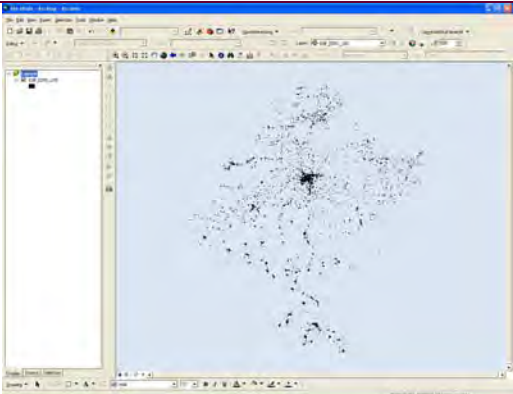





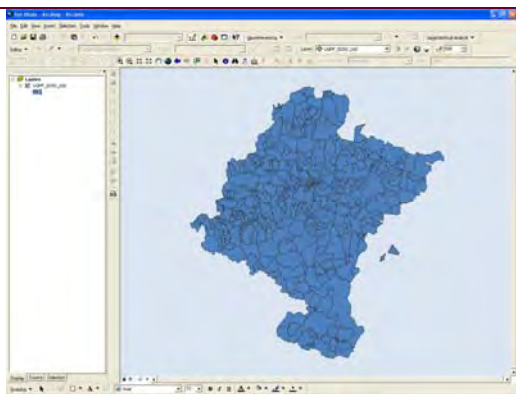
EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.12. Tabla con la descripción de la capa que representa las superficies construidas.**

TABLAS CON REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA		
 <b>SupConst</b>		
Descripción	Capa con la superficie construida de Navarra a escala 1:200.000	
Tipo de representación	Superficial	
Vista previa		
Número de elementos	78257	
Atributos	ID	Número generado automáticamente para identificar cada elemento
	Perímetro	Perímetro de cada polígono
	Área	Área de cada polígono

**Tabla 9.13. Tabla con la descripción de la capa que representa la unidad mínima de trabajo.**

TABLAS CON REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA		
 <b>UGMT</b>		
Descripción	Capa con las unidades geográficas mínimas de medida	
Tipo de representación	Superficial	
Vista previa		
Número de elementos	473	
Atributos (5)	ID	Identificador único creado para cada unidad de trabajo
	ID_MUN	Identificador de municipios
	COD_POSTAL	Código postal de cada unidad geográfica mínima de trabajo
	PERÍMETRO	Perímetro de cada polígono
	ÁREA	Área de cada polígono







EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.14.** Tabla con la descripción de las tablas que contienen los nombres de los municipios y las entidades poblacionales.

TABLAS SIN REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA		
 <b>MUNICIPIOS</b>		
Descripción	Tabla con el nombre de los municipios	
Tipo de representación	Sin representación geográfica	
Número de elementos	272	
Atributos (2)	ID_MUN	<i>Identificador de municipios</i>
	NOMBRE	<i>Nombre de cada municipio</i>
 <b>ENTIDADES_POBL</b>		
Descripción	Tabla con el nombre de los núcleos de población	
Tipo de representación	Sin representación geográfica	
Número de elementos	2.266	
Atributos (3)	ID	<i>Número generado automáticamente para identificar cada elemento</i>
	NOMBRE	<i>Nombre de cada núcleo de población</i>
	ID_UGMT	<i>Identificador único creado para cada unidad de trabajo</i>



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.15.** Tabla con la descripción de la tabla con las características de los edificios de Navarra.

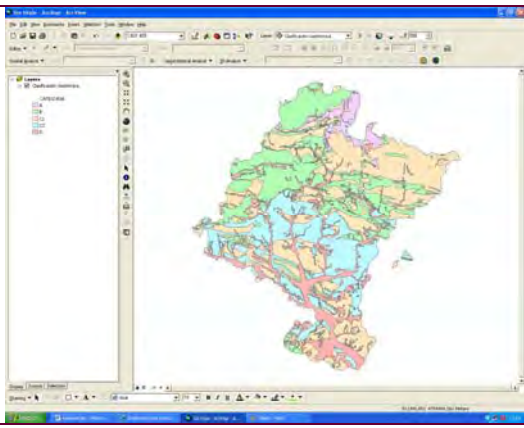
TABLAS SIN REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA		
EDIFICIOS		
Descripción	Tabla con el número de edificios de cada unidad geográfica de trabajo dividido en categorías.	
Tipo de representación	Sin representación geográfica	
Número de elementos	381	
Atributos (56)	ID	Identificador único creado para cada unidad de trabajo
	C1_ T1	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.:2005-2006
	C1_ T2	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.:1997-2004
	C1_ T3	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.:1977-1996
	C1_ T4	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.: 1965-1976
	C1_ T5	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.:1941-1964
	C1_ T6	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.:1921-1940
	C1_ T7	Núm. de edificios de clase 1, año de constr.:<1920
	C2_ T1	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.:2005-2006
	C2_ T2	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.:1997-2004
	C2_ T3	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.:1977-1996
	C2_ T4	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.: 1965-1976
	C2_ T5	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.:1941-1964
	C2_ T6	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.:1921-1940
	C2_ T7	Núm. de edificios de clase 2, año de constr.:<1920
	...	...
	...	...
	...	...
	C6_ T1	Núm. de edificios de clase 6, año de constr.:2005-2006
	C3 T2	Núm. de edificios de clase 6, año de constr.:1997-2004
	C6_ T3	Núm. de edificios de clase 6, año de constr.:1977-1996
	C6_ T4	Núm. de edificios de clase 6, año de constr.: 1965-1976
	C6_ T5	Núm. de edificios de clase 6 año de constr.:1941-1964
	C6_ T6	Núm. de edificios de clase 6, año de constr.:1921-1940
	C6_ T7	Núm. de edificios de clase 6, año de constr.:<1920

También se ha incluido la información procedente de los resultados parciales del proyecto (Peligrosidad sísmica, Geotécnico y Vulnerabilidad), describiendo, de forma análoga a la explicada, las capas y tablas, así como los atributos que las caracterizan.

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.16.** *Tabla con la descripción de la información del estudio geotécnico.*

ESTUDIO GEOTÉCNICO		
<b>GEOTÉCNICO</b>		
Descripción	Capa con la clasificación geotécnica del suelo navarro	
Tipo de representación	Superficial	
Vista previa		
Número de elementos	4	
Atributos (2)	ID	Número generado automáticamente para identificar cada elemento
	CATEGORÍA	(A, B, C1, C2 y D)
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Descripción	Tabla con la descripción de cada categoría geotécnica	
Tipo de representación	Sin representación geográfica	
Número de elementos	4	
Atributos (6)	CATEGORÍA	(A, B, C1, C2 y D)
	DES_GEOLÓG	Descripción geológica de la categoría
	DES_GEOTÉC	Descripción geotécnica de la categoría
	Vs	Valor aproximado de la Vs (m/s)
	AMPL_REL	Amplificación relativa de cada categoría
	CLAS_FEMA	Clasificación FEMA
<b>AMPLIFICACIÓN</b>		
Descripción	Tabla con la amplificación correspondiente a cada categoría geotécnica	
Tipo de representación	Sin representación geográfica	
Número de elementos	4	
Atributos (2)	CATEGORÍA	(A, B, C1, C2 y D)
	FAC_AMPL	Factor de amplificación



**Tabla 9.17.** *Tabla con la descripción de la tabla con la peligrosidad sísmica de la región.*

ESTUDIO DE PELIGROSIDAD SÍSMICA		
TABLA DE PELIGROSIDAD		
Descripción	Tabla con las coordenadas e información de peligrosidad sísmica de una malla de puntos que cubre la zona de estudio	
Tipo de representación	Sin representación geográfica	
Número de elementos	437	
Atributos (10)	ID	Número generado automáticamente para identificar cada elemento
	LATITUD	Latitud geográfica en ED-50
	LONGITUD	Longitud geográfica en ED-50
	PGA	Valor de PGA en gales
	SA01s	Valor de la aceleración espectral de 0.1s en gales
	SA02s	Valor de la aceleración espectral de 0.2s en gales
	SA03s	Valor de la aceleración espectral de 0.3s en gales
	SA05s	Valor de la aceleración espectral de 0.5s en gales
	SA10s	Valor de la aceleración espectral de 1.0s en gales
	SA10s	Valor de la aceleración espectral de 2.0s en gales

**Tabla 9.18.** *Tabla con la descripción de la tabla con la vulnerabilidad de la región.*

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD	
MATRICES DE TRANSFERENCIA	
Descripción	Tabla con las clases de vulnerabilidad a que pertenece cada categoría creada en la tabla EDIFICIOS
Tipo de representación	Sin representación geográfica

### 9.3.4 Metadatos

Un metadato contiene toda aquella información descriptiva sobre el contexto, calidad, condición o características de un recurso, dato u objeto, y tiene la finalidad de facilitar su recuperación, autenticación, evaluación, preservación e interoperabilidad de los datos.

El empleo de los metadatos está en constante desarrollo y es inevitable su aplicación y dominio para lograr mejores resultados en la recuperación de una información más precisa, independientemente del formato con el que se trabaje.



Los metadatos son fundamentales para compartir herramientas, datos, mapas, y para comprobar si los recursos requeridos para la aplicación ya existen. Una vez hallado un recurso, sus metadatos ayudarán a decidir si es adecuado o no para los propósitos que se persiguen. Para tomar esta decisión se necesita, a menudo, más información que las propiedades y su geometría. Puede ser conveniente conocer cuán preciso o actual es un recurso y si hay restricciones sobre su uso.

Dada la naturaleza dinámica de los datos geoespaciales, los metadatos son, por consiguiente, un requisito esencial para localizar y estimar el valor de los datos disponibles.

#### 9.3.4.1 Necesidad de incorporar Metadatos en este proyecto

Se observa un creciente reconocimiento de los beneficios y la necesidad de metadatos para clasificar los datos, conforme se aumenta la utilización de éstos. Ahora que las organizaciones comienzan a reconocer el valor de esta información auxiliar, con frecuencia consideran necesaria la incorporación de una colección de metadatos al proceso de gestión de los mismos.

Algunos de los propósitos que se persiguen con la elaboración de metadatos dentro de este proyecto son: lograr que los usuarios de los datos tengan un conocimiento más rico de los mismos, además de mayor interoperabilidad y documentación suficiente para derivar más de un objetivo o proyectos futuros, así como facilitar búsquedas precisas de datos.

Algunas ventajas que proporcionan los metadatos, son las siguientes:

- Los metadatos ayudan a organizar y mantener la inversión en datos de una organización y a proveer información sobre la posesión de datos de esa organización en forma de catálogo.
- El desarrollo de metadatos evita la duplicación de esfuerzos, asegurando que la organización es consciente de la existencia de conjuntos de datos.
- Los usuarios pueden localizar todos los datos geoespaciales disponibles, como también los datos asociados relevantes para su área de interés.
- La recogida de metadatos se construye sobre los procedimientos de gestión de datos de la comunidad geoespacial y refuerza esos procedimientos.
- La relación de metadatos descriptivos fomenta la disponibilidad de datos geoespaciales más allá de la comunidad geoespacial tradicional.
- Los proveedores de datos pueden anunciar y promover la disponibilidad de sus datos y potencialmente enlazar con servicios online, que tienen relación con sus conjuntos de datos específicos.



Los metadatos pueden ayudar al planificador urbano, al estudiante o a cualquier ciudadano interesado, a localizar y utilizar los datos geoespaciales, pero los metadatos también benefician al creador originario de los datos, al mantener el valor de los mismos y poder asegurar su continuo uso a lo largo de un período de varios años. Hoy en día se siguen usando datos de épocas pasadas, y es racional admitir que los datos geoespaciales de hoy puedan utilizarse en el mañana, para estudiar otros riesgos o procesos naturales.

Los metadatos también beneficiarán a la organización que los emplee, evitando que cuando una organización cambie de personal, los datos no documentados pierdan su valor. Por otra parte, la falta de conocimiento sobre los datos de otro organismo puede conducir a duplicación de esfuerzos. Por todo ello, aunque parezca inicialmente grande el coste de generar metadatos, añadido al coste de la colección de datos, a largo plazo resulta rentable, ya que el valor de los éstos depende de su documentación.

Los estándares para metadatos harán incrementar el valor de tales datos al facilitar su participación a través del tiempo y del espacio. Así, cuando un gestor lance un nuevo proyecto, la inversión de una pequeña cantidad de recursos y tiempo al principio, será beneficioso en el futuro.

Por todas las razones expuestas, se decidió elaborar los metadatos de la información más importante con la que se trabaja en el Proyecto RISNA.

#### 9.3.4.2 Estándar utilizado en la edición de Metadatos

Los organismos y organizaciones que gestionan información geográfica necesitan elaborar metadatos de sus datos cartográficos, para poder construir sus catálogos. El catálogo es la componente inicial de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), y la más importante, que permite a los usuarios la búsqueda, localización y comparación de los conjuntos de datos geográficos y de todo tipo de servicios y recursos. Para que los catálogos procedentes de distintas organizaciones puedan relacionarse entre sí, es decir, sean interoperables y admitan búsquedas distribuidas, es necesario que cumplan las especificaciones de interoperabilidad de *Open Geospatial Consortium* (OGC) y que estén constituidos a partir de normas de metadatos que sean comunes para todos ellos.

La evolución de esta cuestión en los últimos años en Europa ha sufrido un cambio radical a partir de la publicación de la Directiva Europea INSPIRE<sup>7</sup> que establece una infraestructura de información espacial para el ámbito de la Unión Europea, la elección del estándar ISO-19115 y la consiguiente multiplicación de iniciativas IDE en todos los ámbitos.

---

<sup>7</sup> INSPIRE – *Infraestructure for Spatial Information in Europe*. <http://www.ec-gis.org/inspire/>



Los estándares y acuerdos constituyen un aspecto imprescindible que hace posible la coherencia, compatibilidad e interoperabilidad necesarias para que los datos, servicios y recursos de cualquier infraestructura de datos espaciales, puedan ser utilizados, combinados y compartidos. Es necesario distinguir entre normas, estándares y recomendaciones:

- **Normas:** las definidas por la ISO<sup>8</sup> (*International Organization for Standardization*) a nivel internacional, CEN<sup>9</sup> (*European Committee for Standardization*) a nivel europeo y AENOR<sup>10</sup> (Asociación Española de Normalización y Certificación) a nivel español. Como por ejemplo:

ISO 19115:2003- *Geographic information – Metadata*

- **Estándares:** Son los establecidos por empresas y organizaciones como OGC. Un ejemplo relacionado con los metadatos sería el *Catalog Service for Web* (OGC-CS W).
- **Recomendaciones:** En España el Consejo Superior Geográfico es el órgano responsable de su aprobación.

La estructura y el contenido de los metadatos deben estar basados en una norma aceptada y ampliamente utilizada. Uno de los beneficios de las normas es que son fruto de la experiencia y del consenso, ya que han sido desarrolladas y revisadas por un grupo internacional de expertos que han aportado una considerable diversidad cultural y social. En particular, las normas ISO19100 relativas a Información Geográfica proporcionan una base desde la que pueden desarrollarse perfiles, o particularizaciones de la norma, nacionales y sectoriales. El estándar más importante y sobre el que todos los demás convergen es el ISO 19115, realizado por el *Technical Committee 211* (TC211) de la ISO.

#### 9.3.4.2.1 Norma ISO 19115

En el presente proyecto se ha utilizado para la descripción de los datos geográficos mediante metadatos la norma ISO 19115. Para la elaboración de esta norma ha sido necesaria la colaboración de 33 países miembros de ISO/TC211 y la contribución de expertos de 16 países dentro del Grupo de Trabajo (WG) correspondiente. En el año 2003 se aprobó como Norma Internacional de metadatos y fue adoptada como Norma Europea por CEN/TC 287 ese mismo año en la reunión plenaria celebrada en Delft. El CTN148 “Información Geográfica Digital” de AENOR ha decidido también su adopción como Norma Española, y consecuentemente se ha realizado su traducción al castellano [CSG 2003].

<sup>8</sup> ISO – *International Organization for Standardization* - <http://www.iso.org/>

<sup>9</sup> CEN - Comité Europeo de Normalización - <http://www.cen.eu/>

<sup>10</sup> AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación - <http://www.aenor.es/>





Para concretar más, ISO 19115 - *Geographic information - Metadata*, es una Norma Internacional de metadatos perteneciente a la familia ISO 19100 desarrollada por el Comité Técnico 211, perteneciente a la Organización de Estandarización Internacional (ISO) que proporciona un modelo de metadatos y establece un conjunto común de terminología, definiciones y procedimientos de ampliación para metadatos.

El estándar ISO 19115 tiene como principal objetivo proporcionar una estructura única para describir datos geográficos digitales. Esta norma define los elementos de los metadatos, proporciona un esquema y establece un conjunto común de terminología de metadatos y definiciones. La implementación de este estándar:

- proporcionará a los productores de los datos la información necesaria para describir correctamente sus datos.
- facilitará la organización y el mantenimiento de los metadatos de datos geográficos.
- permitirá a los usuarios utilizar los datos geográficos de una forma más eficiente, porque conocerán sus características básicas.
- facilitará la localización, la recuperación y la reutilización de los datos. A los usuarios les será más fácil localizar, acceder, evaluar, adquirir y utilizar los datos.
- permitirá a los usuarios determinar si los datos geográficos son útiles para ellos.

La norma regula el modo en que se proporciona información sobre la identificación, la calidad, la extensión geográfica y temporal, el sistema de referencia y la distribución de los datos espaciales. Se aplica a la catalogación de conjuntos de datos, de series de conjuntos de datos, de subconjuntos de datos y a las entidades geográficas individuales así como a sus atributos.

Por otro lado, hay que mencionar también la importancia del estándar ISO19139: "*Geographic Information –Metadata- XML schema implementation*", aprobado como norma internacional en septiembre del 2006, que como se dijo anteriormente, define cómo se deben codificar los metadatos ISO19115 en XML (formato de exportación de metadatos).

Debido a la dificultad en la aplicación de la norma ISO 19115, por su complejidad y extensión se ha creado el ISO *Core* que comprende un conjunto de metadatos con sólo 22 elementos del estándar, que son considerados los en la documentación de los datos espaciales. Se trata con ello de permitir la posibilidad de acortar la tarea de catalogación de metadatos, que sería muy amplia si se atiende a los 409 ítems



del estándar, muchos de los cuales son demasiado específicos o difíciles de conocer.

La estructura y el contenido de los metadatos deben estar basados en una norma aceptada y ampliamente utilizada. El estándar más importante y sobre el que todos los demás convergen es el ISO 19115, y será el que se empleará para la descripción de los datos geográficos del SIG-RISNA.

#### 9.3.4.3 Metodología para la creación de Metadatos con la herramienta *ArcCatalog*

El ciclo de vida de los metadatos comprende las fases de creación, manipulación y actualización. Este proyecto desarrollará la fase de creación.

Para la elaboración de los metadatos de este proyecto se ha elegido el editor ISO de *ArcCatalog*. Se utilizará esta herramienta ya que el desarrollo del SIG se realizará con este programa. De esta manera los metadatos irán unidos directamente a los datos sobre los que se está trabajando.

*ArcCatalog* ofrece un potente sistema para el trabajo con metadatos, en el que se puede definir qué información espacial acompañará a los documentos (fechas de la última revisión, precisión, número de elementos, etc.) y cómo serán mostrados al usuario. Esta aplicación es capaz de generar metadatos que contemplen el estándar ISO 19115, permitiendo su edición, actualización, importación, exportación y con la posibilidad de añadir ficheros adjuntos. Los metadatos creados seguirán integrados en la funcionalidad de búsqueda de metadatos de *ArcCatalog*, para los casos de metadatos almacenados en *ArcSDE (Catalog)*, Sistema de Archivos (*File System*) y Servicio de Metadatos de *ArcIMS*, de manera que en un futuro puedan ser incluidos en un catálogo.

*ArcCatalog* está preparado para documentar cualquier archivo, no solamente aquellos en formato ESRI. Los metadatos son guardados por *ArcCatalog* en formato XML.

##### 9.3.4.3.1 Presentación de la interfaz

Al iniciarse el programa para generar los metadatos, se obtendrá una pantalla como la que se representa en la **Figura 9.16**.

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria



Figura 9.16 Interfaz de ArcCatalog para los metadatos

En ella se pueden distinguir tres áreas diferenciadas:

1. Árbol del Catálogo: En esta ventana se presentan las conexiones a unidades de disco duro, carpetas, unidades de red o servidores que contienen datos espaciales.
2. Área de Visualización y Contenidos: En este espacio se pueden visualizar los metadatos de las carpetas seleccionadas en el Árbol del Catálogo.
3. Herramienta de generación y gestión de metadatos.

#### 9.3.4.3.2 Contenido de un archivo de metadatos

En su forma estándar un archivo de metadatos contendrá la siguiente información:

##### Identificación:

Nombre y título del conjunto de datos

Descripción del productor(es)

Propósito

Actualización o periodo de tiempo que representa



Estado de terminación (si está completo o qué áreas faltan)

Dominio geográfico

Restricciones de uso y de acceso

Punto de contacto, persona o entidad de contacto

### Calidad de la información

Consistencia lógica (ausencia o presencia de contradicciones en la base de datos)

- Consistencia geométrica: fidelidad a la estructura de datos geométricos:  
errores topológicos
- Consistencia en atributos: integridad en la información descriptiva

Informe de terminación.

Exactitud posicional: horizontal y vertical

Linaje (cuáles son las fuentes de información: de dónde proviene)

Denominador de la escala que sirvió como fuente de datos

Pasos del proceso llevado a cabo para la producción de los datos

Fechas de estos procesos

Autores de los procesos

### Organización de los datos geográficos

Geometría de los datos en términos del estándar: (*Spatial Data Transfer Standard*)

Sistema de referencia espacial (parámetros)

Proyección cartográfica (parámetros)

### Descripción de objetos (entidades), y atributos

Tipo de entidad (nombre del archivo)

Atributos: nombres y significado de cada atributo de la tabla asociada, dominios de valores.

### Información sobre el distribuidor

Nombre y dirección del distribuidor de los datos

Responsabilidades del distribuidor

Procedimiento para acceder a los datos

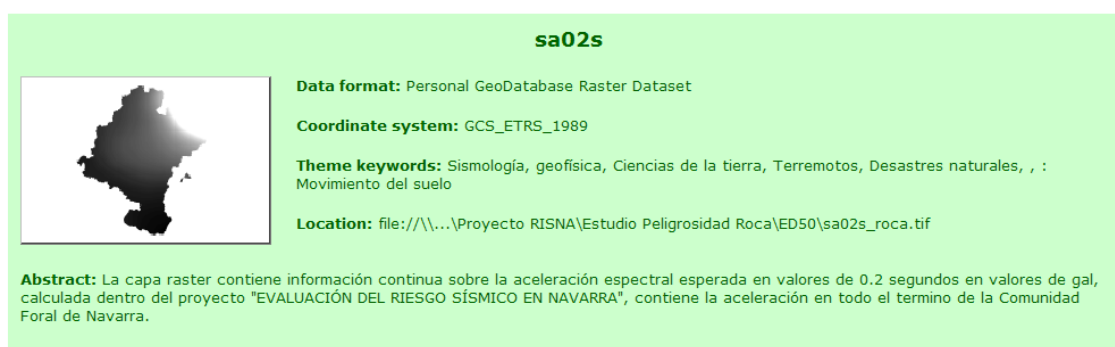
## Información sobre los propios metadatos

Quién cumplimento los formularios

Cuál es el estándar utilizado

Cuándo se cumplimentaron

A continuación se muestra un ejemplo de uno de los productos catalogados, tal y como se visualiza en *ArcCatalog* **Figura 9.17**



**Figura 9.17.** Ejemplo de metadato, de un producto cartográfico, tal como se visualiza en *ArcCatalog*

En el Anexo 5 se muestra un ejemplo completo de metadatos.

### *9.3.4.3.3 Estilos de visualización de metadatos*

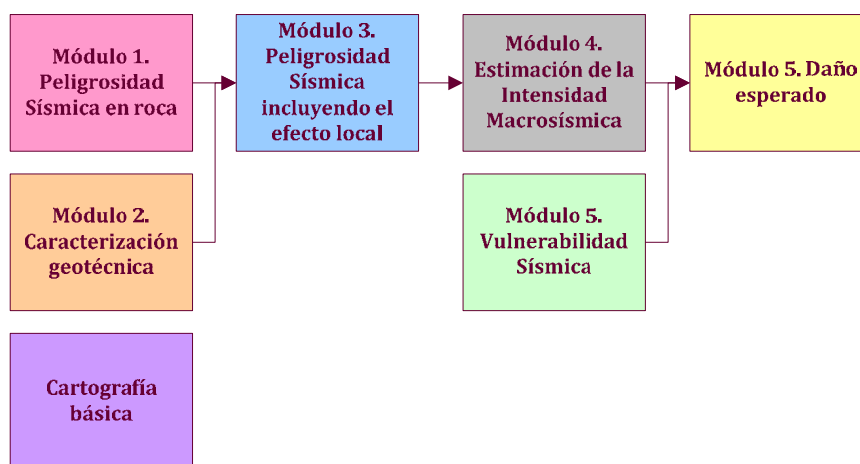
*ArcCatalog* permite visualizar la información aportada por los metadatos a través de diferentes formatos. Como se apuntaba anteriormente, cada uno de los estilos de presentación facilitados por el programa muestra el documento siguiendo los estándares del FGDC o los suministrados por la ISO.

Las hojas de estilos de metadatos disponibles son los siguientes: FGDC, FGDC *Classic*, FGDC ESRI, FGDC FAQ, FGDC *Geography Network*, ISO, ISO *Geography Network* y XML. Aunque cada uno de ellos presenta los metadatos siguiendo criterios visuales diferentes, la información que suministran es básicamente la misma.



## 9.4 PROCESOS Y ANÁLISIS

En este apartado, se explicará el análisis realizado en el estudio, por medio de diagramas de procesos. Cada módulo se identifica con colores, para facilitar la comprensión, tal y como se explicó en la **Figura 9.8**, que se reproduce ahora para entender mejor la distribución del diagrama de procesos (**Figura 9.18**):



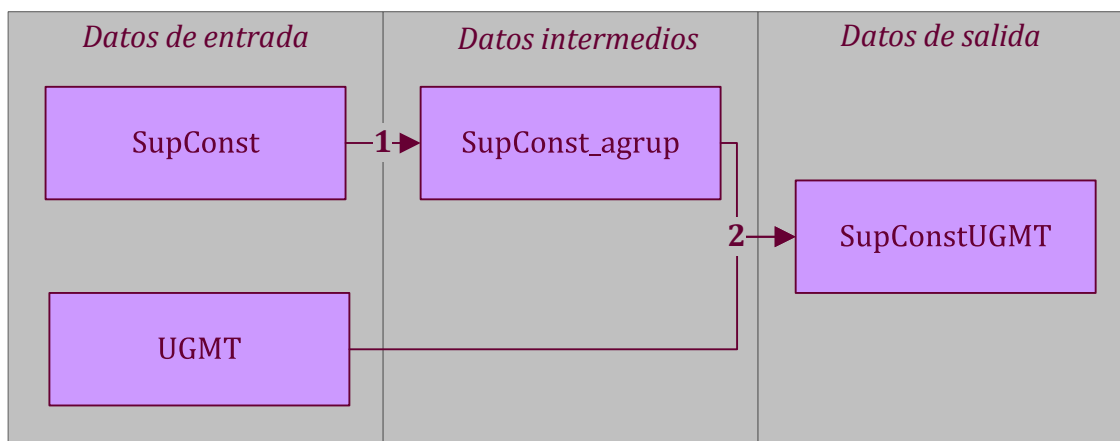
**Figura 9.18.** Esquema en el que se muestra los módulos del estudio.

Las operaciones entre capas se enumeran y explican fuera de la figura.

### 9.4.1 Procesos del módulo de cartografía

En esta fase el objetivo es obtener una capa con la superficie construida que hay en cada unidad de trabajo. Para ello se partirá de la capa de edificaciones (SupConst) y la de unidades de trabajo (UGMT). En la **Figura 9.19** se muestra un diagrama de los procesos necesarios:

- 1 Unión de todos los polígonos. Se agruparan los edificios en un solo elemento.
- 2 Disolución de la agrupación de polígonos según las unidades geográficas mínimas de trabajo, conservando el atributo ID de la capa UGMT.



**Figura 9.19** Diagrama de procesos realizados en el módulo de Cartografía

La capa de salida que se obtendrá es una capa poligonal con 381 elementos que representan la superficie construida en cada UGMT.

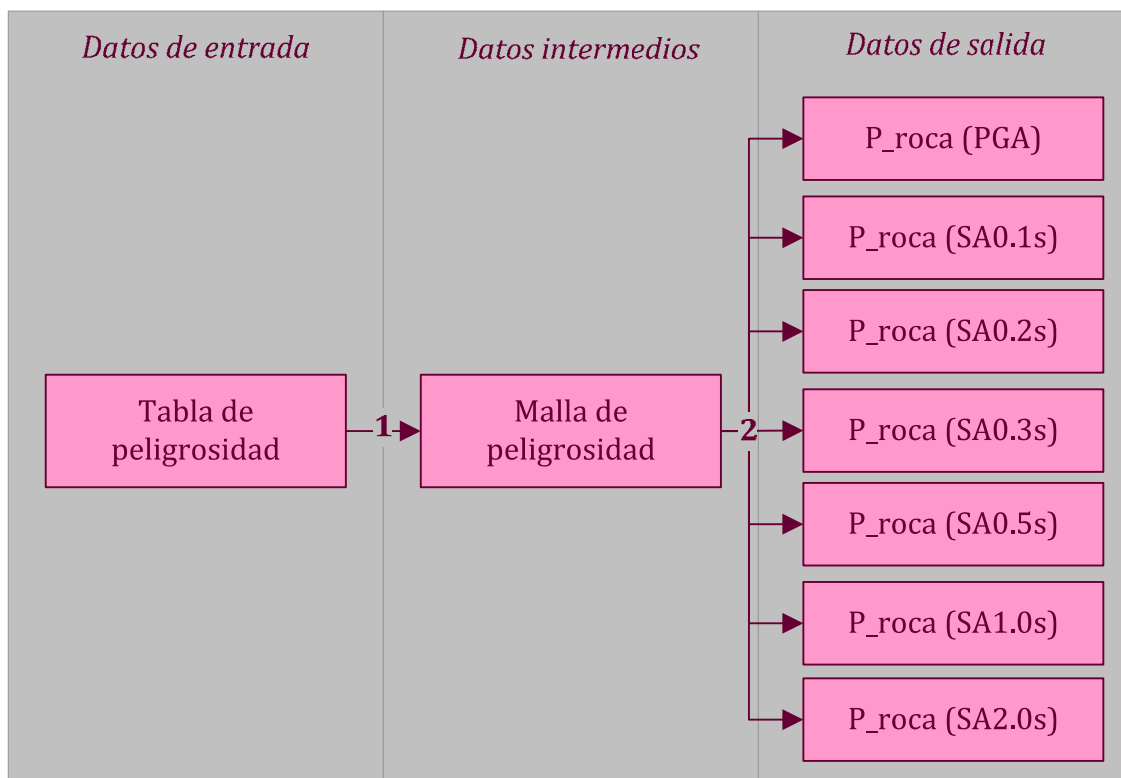
### 9.4.2 Procesos del módulo de peligrosidad sísmica en roca

En esta fase el objetivo es obtener una capa ráster con la representación geográfica de la peligrosidad esperada en cada punto de Navarra; esta vendrá representada por diferentes parámetros (valor de PGA y de las aceleración espectral de 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0 y 2.0 segundos). Todos ellos representan el movimiento esperado en cada emplazamiento considerando que todos están en roca. Para ello se dispone una tabla, facilitada por los especialistas en peligrosidad sísmica, con el movimiento esperado en una serie de nodos que componen una malla que abarca toda la región de estudio. En la **Figura 9.20** se muestra un diagrama de los siguientes procesos necesarios:

- 1 Representación geográfica de los elementos de la tabla. Estos se identifican con los nodos de la malla de peligrosidad, Para ello utilizamos los atributos de posición (Latitud y Longitud) de cada elemento.



**2 Aplicación de un método geoestadístico de interpolación (Kriging), para estimar las aceleraciones espectrales y la aceleración pico PGA, de forma continua, en todo el territorio de estudio.**



**Figura 9.20** Diagrama de procesos realizados en el módulo de peligrosidad sísmica

El resultado de estos procesos fue un conjunto de capas ráster, con el movimiento esperado en cada una de las frecuencias espectrales de estudio. Las propiedades de todas las capas ráster se presentan en la **Tabla 9.19**.

**Tabla 9.19.** Propiedades de las capas ráster del estudio

UNIDADES GEOGRÁFICAS DE TRABAJO SIN VULNERABILIDAD	
Número de filas y columnas:	6687,8433
Número de bandas	1
Resolución	0°,0002129 ~ 20m
Tamaño de la imagen	215.10 MB
Formato	IMAGINE
Tipo de píxel:	Floating point
Tamaño del píxel:	32 Bit
Coordenadas de las esquinas:	43°.3225 -2°.5064      -0°.7407 41°.8986
Sistema de referencia	ETRS-89

### 9.4.3 Procesos del módulo geotécnico

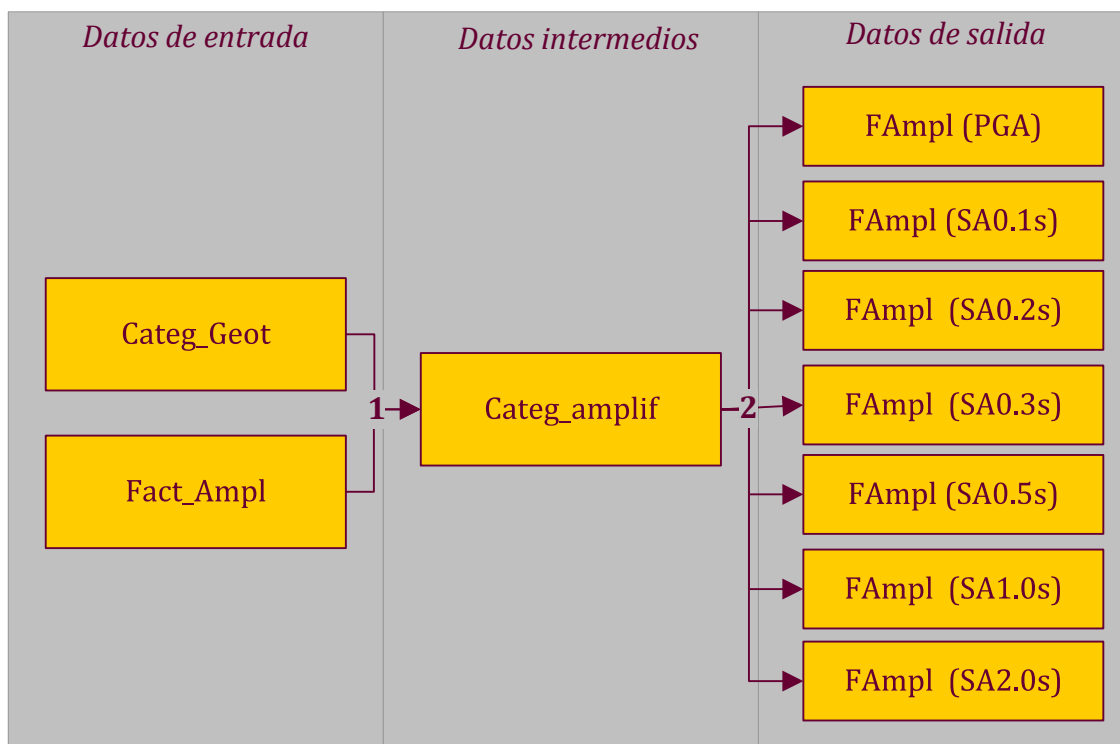
En esta fase el objetivo es obtener una capa ráster con los factores de amplificación del suelo. Esta amplificación, como se ve la **Tabla 9.20**, es diferente para cada frecuencia espectral, por lo necesitaremos una capa con la amplificación para cada SA(T). Para ello, se parte de la capa vectorial con las categorías geotécnicas del suelo de la región y de la tabla donde se asigna un factor de amplificación a cada categoría para cada frecuencia.

**Tabla 9.20.** Factor de amplificación de cada tipo de suelo

CATEGORÍA	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN						
	A [PGA]	A [SA 0.1 s]	A [SA 0.2 s]	A [SA 0.3 s]	A [SA 0.5 s]	A [SA 1.0 s]	A [SA 2.0 s]
A	1	1	1	1	1	1	1
B	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
C1	1.5	1.5	1.5	1.58	1.75	2.125	2.125
C2	1.6	1.7	1.7	1.8	2	2.48	2.48
D	1.64	1.85	1.85	1.96	2.19	2.74	2.74

En la **Figura 9.19** se muestra un diagrama de los procesos necesarios:

- 1 *Asignación del factor de amplificación a cada categoría geotécnica.*
- 2 *Conversión de una capa vectorial a una capa ráster. En cada caso el valor que toma la capa ráster corresponde con una frecuencia espectral distinta.*



**Figura 9.21** Diagrama de procesos realizados en el módulo geotécnico



El resultado de estos procesos fue un conjunto de capas ráster, con el factor de amplificación estimado en el suelo para cada frecuencia espectral. Las propiedades de estas capas se exponen en la **Tabla 9.19**.

#### ***9.4.4 Procesos del módulo de peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local***

En esta fase, el objetivo es obtener una capa ráster con los parámetros que identifican el movimiento esperado incluyendo el efecto local.

La primera tarea será combinar el movimiento esperado en roca con el factor de amplificación determinado para cada tipo de suelo. El resultado será un conjunto de capas ráster con el movimiento esperado en el suelo considerando las particularidades geotécnicas de éste (P\_suelo).

Además de las capas de información expresadas en términos de aceleración, la posterior estimación del daño requiere conocer, como paso intermedio, la intensidad macrosísmica que pueda estar asociada ese movimiento. En realidad, la intensidad es un parámetro que se mide a partir de los daños, pero también representa el movimiento, por lo que se emplea tradicionalmente en estimación del riesgo como parámetro intermedio para relacionar el movimiento con el daño relacionado con la vulnerabilidad.

La escala de intensidad macrosísmica utilizada es la EMS-98, esta escala contempla 12 grados distintos de intensidad (**Anexo 2- Grados de Intensidad Macrosísmica según EMS-98**).

Para poder hacer el paso de aceleraciones estimadas a intensidad requiere de una ecuación de correlación. La primera dificultad encontrada al respecto es la carencia de los datos necesarios para deducir una relación de este tipo en la zona de estudio. Apenas existe una veintena de registros de movimiento fuerte en estaciones navarras, correspondientes a una docena de eventos, de los cuales los únicos significativos (es decir, que superan la magnitud 4) son el principal y la réplica mayor de la serie iniciada el 18 de septiembre de 2004 en las proximidades de Aoiz. Por lo tanto, se hace necesario recurrir a datos de otros lugares para los que sí sea posible obtener una relación entre parámetros de movimiento fuerte y de daño, o bien utilizar una relación ya propuesta por otros autores.

Teniendo en cuenta los resultados de peligrosidad disponible en este trabajo, la relación buscada deberá incluir, como parámetro del movimiento, la aceleración pico del suelo PGA o alguna de las aceleraciones espectrales SA calculadas, o bien alguna combinación entre ellas.



El análisis de diversas correlaciones entre la intensidad y la aceleración encontradas en la literatura especializada muestra la variedad de rangos de aceleración que pueden adscribirse a un grado de Intensidad dado, dependiendo de la correlación Intensidad-aceleración empleada. Utilizando el SIG como herramienta de cálculo y representación se aplicaron diferentes tipos de correlaciones, analizando las diferencias entre las mismas.

Finalmente, en este trabajo se adoptó la relación entre intensidad y aceleración deducida originalmente en el proyecto de riesgo sísmico de Murcia y publicada en Benito et al. (2008). Esta relación, también basada en datos de países europeos, presenta el interés de mostrar no solo dependencia de la intensidad  $I$  con el valor de PGA sino también de otras aceleraciones espectrales de corto periodo que tienen gran incidencia en el daño causado a estructuras convencionales. Concretamente, se introduce una nueva variable, la aceleración pico efectiva (EPA, del inglés *Effective Peak Acceleration*) que se define como el promedio de las aceleraciones espectrales comprendidas entre los periodos 0.1 y 0.5 segundos dividido por un factor 2.5. Esta variable es comúnmente empleada en correlaciones con la intensidad, ya que refleja la amplitud del movimiento de corto periodo susceptible de causar daño a estructuras convencionales. Así pues, la relación obtenida mediante ajuste lineal de los datos a las variables PGA y EPA es la siguiente:

$$I = 0.0661 \log PGA + 3.247 \log EPA + 0.1311 \quad r = 0.85, \sigma = 0.60 \quad \text{Ecuación 9.1}$$

donde la PGA y la EPA se expresan en  $\text{cm/s}^2$ .

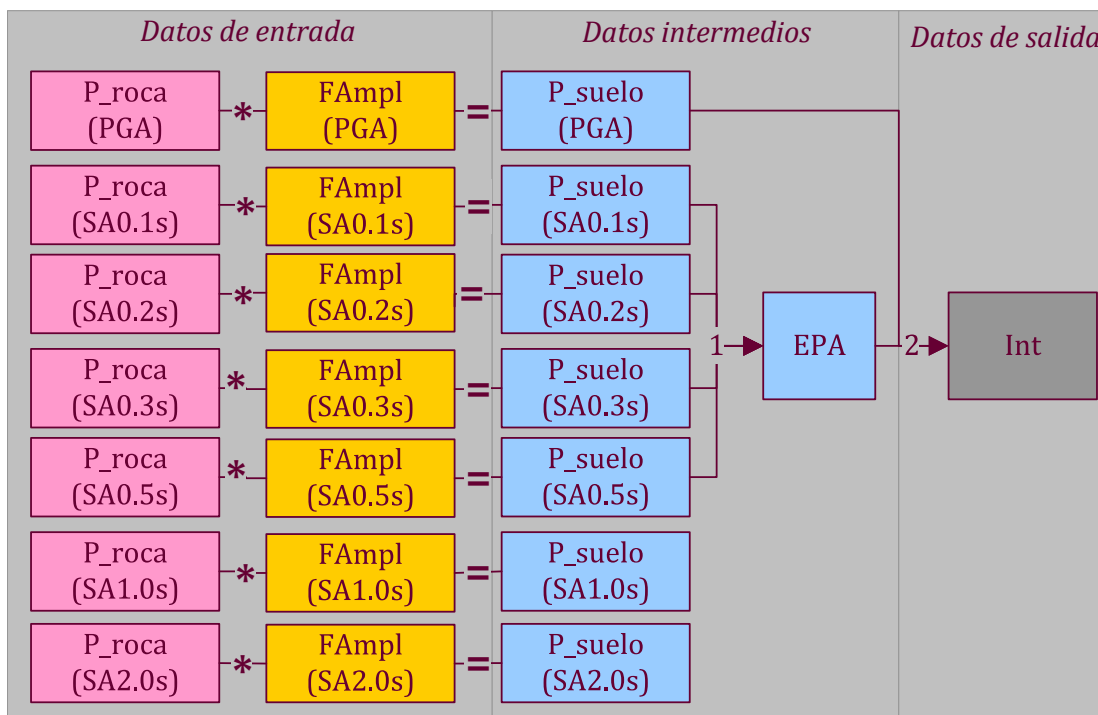
En la **Figura 9.22** se muestra un diagrama de los siguientes procesos:

**1** *Cálculo del parámetro EPA como promedio de las aceleraciones espectrales de 0.1 a 0.5 segundos y dividido entre el factor 2.5*

**2** *Empleo de la formula de correlación. Ecuación 9.1.*

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria



**Figura 9.22** Diagrama de procesos realizados en el módulo de peligrosidad sísmica con efecto local y cálculo de intensidad macrosísmica

El objetivo final de esta fase es identificar la intensidad macrosísmica estimada para la superficie que esta construida en cada unidad de trabajo (

**Figura 9.23).**

Como la intensidad es un parámetro de medida discreto (se mide de grado en grado), se calculará el porcentaje de suelo edificado, de cada grado de intensidad, que se espera en cada unidad de trabajo.

A continuación se describen los pasos necesarios para obtener esta información.

**1** *Discretización del parámetro intensidad. Como en este caso, este parámetro se ha estimado por correlación, los valores inicialmente obtenidos están en una escala continua. Sin embargo, por su definición solo tienen sentido hablar de grados enteros (grado V, grado VI, grado VII...), por ello, se realiza una reclasificación. En este estudio se ha considerado la intensidad de medio en medio grado para poder observar mejor la variación da la misma.*

**2** *Por medio de una reclasificación condicional se van separando en distintas capas ráster los suelos con distintas intensidades, de tal modo que, por cada medio grado de intensidad se tendrá una capa ráster con un código binario, las celdas con el valor de la intensidad que se considera tendrá valor 1 y el resto valor 0. Ejemplo:*

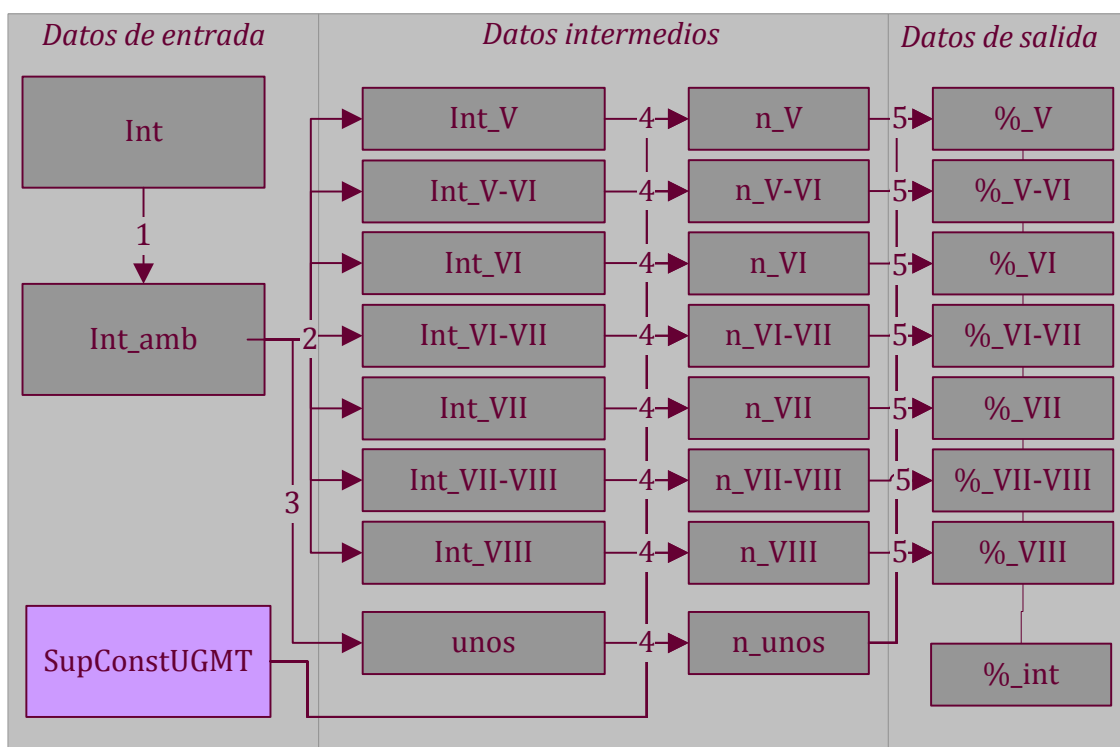
Por ejemplo, para obtener el suelo edificado con un grado de intensidad estimada de VII, se realiza la siguiente consulta:

Si *Int\_Disc* (valor=7), entonces (valor=1), si no valor (valor=0).

3 Al mismo tiempo se crea otra capa en la que todas las celdas valgan 1 (por medio de una reclasificación simple).

4 En este proceso se realiza una consulta estadística zonal. Esta consulta permite estudiar como varía un parámetro (representado por las capas ráster) en una superficie determinada (en este caso la superficie construida de cada unidad de trabajo materializada por la capa vectorial *SupConstUGMT*). El resultado de esta consulta proporciona el cálculo de la media, moda, mediana, máximo, mínimo, rango, desviación típica y la suma. De todos ellos, el valor que se considera será el de la suma este dará el número de celdas con la intensidad de estudio en cada caso. Aplicando esta consulta a la capa unos, se obtendrá el número de celdas total que compone cada unidad de trabajo.

5 Se dividirá la suma de las celdas de cada intensidad por el número total de celdas que componen cada superficie construida de cada unidad de trabajo, obteniendo la proporción de suelo edificado con una intensidad estimada frente al total.



**Figura 9.23** Estimación del porcentaje de intensidad de la superficie construida en cada unidad de trabajo.

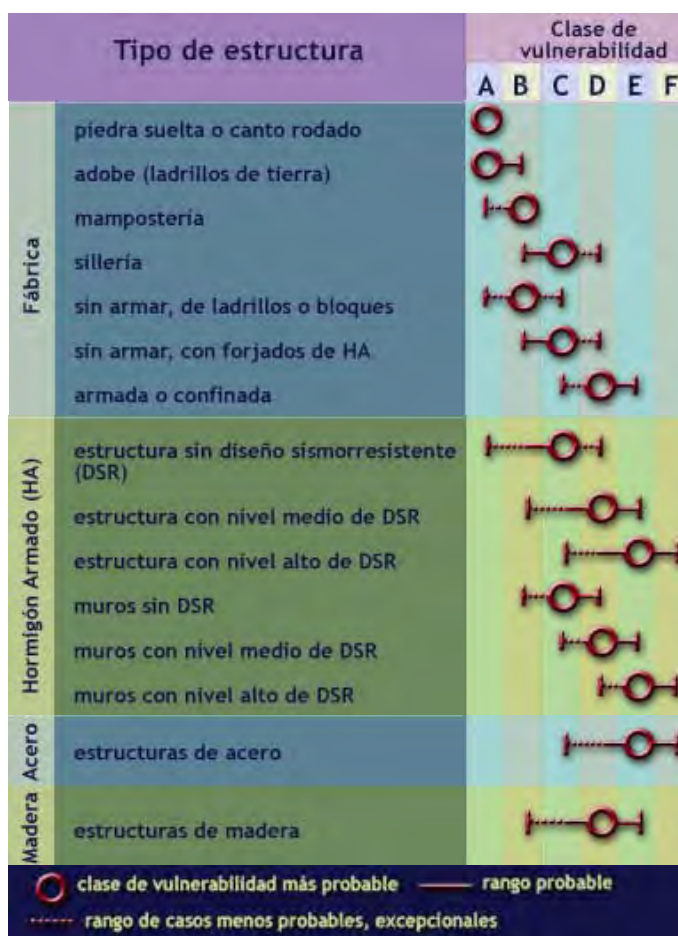
Un ejemplo de la información de la que se dispone al terminar este proceso (*%\_int*) se muestra en la **Tabla 9.21**.

**Tabla 9.21.** Ejemplo de resultados de los procesos del módulo de peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local

CÓDIGO	INTENSIDAD					
	%_V - VI	%_VI	%_VI - VII	%_VII	%_VII - VIII	%_VIII
31009314600	0.00%	19.13%	4.98%	75.88%	0.00%	0.00%
31010318000	0.00%	84.87%	15.13%	0.00%	0.00%	0.00%
31012312620	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
31013312720	0.00%	79.75%	20.25%	0.00%	0.00%	0.00%
31014312810	0.00%	23.81%	76.19%	0.00%	0.00%	0.00%

### 9.4.5 Procesos del módulo de vulnerabilidad

En esta fase el objetivo es obtener una tabla con el número de edificios de cada unidad de trabajo perteneciente a cada clase de vulnerabilidad. La escala de vulnerabilidad empleada corresponde a la de la escala EMS-98. Esta escala diferencia 6 clases de vulnerabilidad (A, B, C, D, E, F) que identifican diferentes tipos de edificios por sus características estructurales, tal y como se indica en la Figura 9.24.

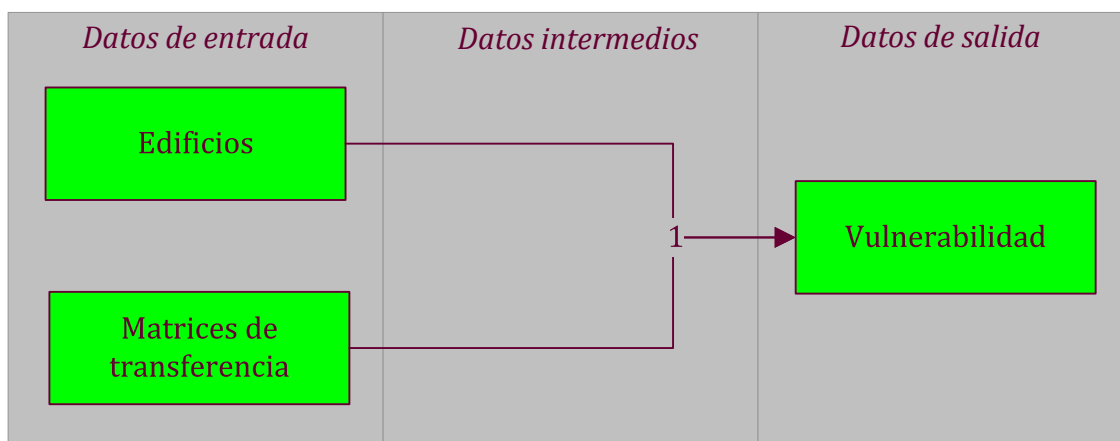


**Figura 9.24** Escala de vulnerabilidad según EMS98



En fases anteriores ya se había calculado el número de edificios de cada unidad de trabajo según el año de construcción y el uso del mismo, ahora se agruparán según la pertenencia a cada tipo de vulnerabilidad tal y como se indica en las matrices de transferencia de vulnerabilidad (**Anexo 3- Matrices de transferencia de vulnerabilidad**). En la **Figura 9.25** se muestra un diagrama de los siguientes procesos:

**1 Agrupación de atributos según las matrices de transferencia de vulnerabilidad.**



**Figura 9.25** Diagrama de procesos realizados en el módulo de Vulnerabilidad

#### **9.4.6 Procesos del módulo de riesgo (daño)**

En esta fase el objetivo es obtener unas capas vectoriales con el número de edificios de cada unidad de trabajo que se estima tengan un tipo de daño determinado; para ello se partirá de la vulnerabilidad y la intensidad esperada en cada unidad de trabajo.

El cálculo del porcentaje de daños para una determinada clase de vulnerabilidad, ante un cierto nivel de movimiento del suelo, requiere el uso de curvas de fragilidad o Matrices de Probabilidad de Daño (MPD).

La elección de curvas de fragilidad o de MPD es un aspecto clave para continuar con el estudio de riesgo, ya que permiten “traducir” el movimiento esperado a porcentajes de daño. A tal fin, es deseable disponer de datos locales tanto de intensidad de movimiento como de daños causados en terremotos previos. Sin embargo, no se cuenta con estos datos para los sismos más fuertes ocurridos en Navarra y los pocos datos de los que se dispone corresponden a eventos de magnitud pequeña y bajo nivel de movimiento registrado. Esos datos configuran una muestra que ni es completa en todo el rango de valores esperados de PGA o intensidad para los periodos de retorno de 475 años, ni tampoco es estadísticamente significativa. Por ello, se debe acudir a otras curvas y matrices propuestas en la literatura, imponiendo para la elección un criterio de afinidad,



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

tanto en lo referente a la tectónica que determina el movimiento, como a la tipología constructiva, entre la zona origen de los datos y la zona de aplicación. Se ha realizado una revisión de la literatura especializada a fin de identificar las relaciones que mejor se ajusten al caso de Navarra. Las matrices de Chávez (1998), derivadas a partir de datos del terremoto de Irpinia de 1980 y completadas con datos locales de Cataluña y Lazio Abruzzo, parecen las más adecuadas para el presente trabajo. Las MPD que se aplican se incluyen en las **Tabla 9.22**, **Tabla 9.23**, **Tabla 9.24** y **Tabla 9.25**

**Tabla 9.22.** *Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo A, según Chávez 1998. Cada celda de la matriz representa el porcentaje de edificaciones que previsiblemente experimentarán cada grado de daño para cada nivel de intensidad*

CLASE DE VULNERABILIDAD A						
	GRADO DE DAÑO					
	D0	D1	D2	D3	D4	D5
V	0.441	0.392	0.14	0.025	0.002	0
V-VI	0.325	0.388	0.2115	0.0645	0.0105	0.0005
VI	0.209	0.384	0.283	0.104	0.019	0.001
VI-VII	0.145	0.324	0.314	0.165	0.047	0.005
VII	0.08	0.263	0.346	0.227	0.074	0.01
VII-VIII	0.045	0.169	0.287	0.286	0.168	0.045
VIII	0.01	0.075	0.227	0.346	0.262	0.08
VIII-IX	0.005	0.04	0.136	0.268	0.336	0.215
IX	0	0.005	0.044	0.191	0.409	0.351
IX-X	0	0.003	0.023	0.103	0.296	0.575
X	0	0	0.001	0.017	0.184	0.798

**Tabla 9.23.** *Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo B, según Chávez 1998.*

CLASE DE VULNERABILIDAD B						
	GRADO DE DAÑO					
	D0	D1	D2	D3	D4	D5
V	0.67	0.279	0.047	0.004	0	0
V-VI	0.5555	0.3355	0.0935	0.0145	0.001	0
VI	0.441	0.392	0.14	0.025	0.002	0
VI-VII	0.325	0.388	0.211	0.064	0.011	0.001
VII	0.209	0.384	0.283	0.104	0.019	0.001
VII-VIII	0.145	0.323	0.314	0.165	0.047	0.006
VIII	0.08	0.263	0.346	0.227	0.074	0.01
VIII-IX	0.045	0.169	0.287	0.286	0.168	0.045
IX	0.01	0.075	0.227	0.346	0.262	0.08
IX-X	0.005	0.04	0.136	0.268	0.336	0.215
X	0	0.005	0.044	0.191	0.409	0.351



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

**Tabla 9.24.** *Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo C, según Chávez 1998.*

CLASE DE VULNERABILIDAD C						
	GRADO DE DAÑO					
	D0	D1	D2	D3	D4	D5
V	0.755	0.218	0.025	0.001	0	0
V-VI	0.7125	0.02485	0.036	0.0025	0	0
VI	0.67	0.279	0.047	0.004	0	0
VI-VII	0.556	0.336	0.093	0.014	0.001	0
VII	0.441	0.392	0.14	0.025	0.002	0
VII-VIII	0.325	0.388	0.211	0.064	0.011	0.001
VIII	0.209	0.384	0.283	0.104	0.019	0.001
VIII-IX	0.144	0.324	0.314	0.165	0.047	0.006
IX	0.08	0.263	0.346	0.227	0.074	0.01
IX-X	0.045	0.169	0.287	0.286	0.168	0.045
X	0.01	0.075	0.227	0.346	0.262	0.08

**Tabla 9.25.** *Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo D, según Chávez 1998.*

CLASE DE VULNERABILIDAD D						
	GRADO DE DAÑO					
	D0	D1	D2	D3	D4	D5
V	0.859	0.133	0.008	0	0	0
V-VI	0.807	0.1755	0.0165	0.001	0	0
VI	0.755	0.218	0.025	0.002	0	0
VI-VII	0.712	0.249	0.036	0.003	0	0
VII	0.67	0.279	0.047	0.004	0	0
VII-VIII	0.556	0.336	0.093	0.014	0.001	0
VIII	0.441	0.392	0.14	0.025	0.002	0
VIII-IX	0.325	0.388	0.211	0.064	0.011	0.001
IX	0.209	0.384	0.283	0.104	0.019	0.001
IX-X	0.144	0.324	0.314	0.165	0.047	0.006
X	0.08	0.263	0.346	0.227	0.074	0.01

Como se ve en la **Tabla 9.22**, **Tabla 9.23**, **Tabla 9.24** y **Tabla 9.25**, la escala de daño contempla 5 grados de daño diferente, al que se le añade el grado 0, que representa la ausencia de daño.

El la **Figura 9.26** y **Figura 9.27** se muestra una representación de daño correspondiente a cada grado, según la escala EMS-98 dependiendo del tipo de construcción (se contemplan edificios de fabrica y hormigón armado). Para ello se hace uso de las definiciones e ilustraciones publicadas en la página Web del IGN.

## Clasificación de daños

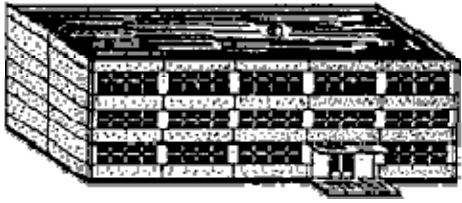




*Nota: el modo en que un edificio se deforma bajo la carga de un terremoto depende del tipo de edificio. En una clasificación genérica se pueden distinguir los tipos de edificios de fábrica y los de hormigón armado.*

### Clasificación de daños en edificios de fábrica (EMS-98)

<p><b>Grado 1: Daños de despreciables a ligeros</b> (ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)</p> <p>Fisuras en muy pocos muros. Caída sólo de pequeños trozos de revestimiento. Caída de piedras sueltas de las partes altas de los edificios en muy pocos casos.</p>	
<p><b>Grado 2: Daños moderados</b> (daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)</p> <p>Grietas en muchos muros. Caída de trozos bastante grandes de revestimiento. Colapso parcial de chimeneas.</p>	
<p><b>Grado 3: Daños de importantes a graves</b> (daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)</p> <p>Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros. Se sueltan tejas del tejado. Rotura de chimeneas por la línea del tejado. Se dañan elementos individuales no-estructurales (tabiques, hastiales y tejados).</p>	
<p><b>Grado 4: Daños muy graves</b> (daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)</p> <p>Se dañan seriamente los muros. Se dañan parcialmente los tejados y forjados.</p>	
<p><b>Grado 5: Destrucción</b> (daños estructurales muy graves)</p> <p>Colapso total o casi total.</p>	

**Figura 9.26** Definiciones e ilustraciones publicadas en la página Web del IGN. Muestran el daño esperado para edificios de fábrica([www.ign.es](http://www.ign.es))

### ***Clasificación de daños en edificios de hormigón armado (EMS-98)***

<p><b><i>Grado 1: Daños de despreciables a ligeros</i></b> <i>(ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)</i></p> <p>Fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros. Fisuras en tabiques y particiones.</p>	
<p><b><i>Grado 2: Daños moderados</i></b> <i>(daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)</i></p> <p>Grietas en vigas y pilares de pórticos y en muros estructurales. Grietas en tabiques y particiones; caída de enlucidos y revestimientos frágiles. Caída de mortero de las juntas de paneles prefabricados.</p>	
<p><b><i>Grado 3: Daños de importantes a graves</i></b> <i>(daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)</i></p> <p>Grietas en pilares y en juntas viga/pilar en la base de los pórticos y en las juntas de los muros acoplados. Desprendimiento de revocos de hormigón, pandeo de la armadura de refuerzo. Grandes grietas en tabiques y particiones; se dañan paneles de particiones aislados.</p>	
<p><b><i>Grado 4: Daños muy graves</i></b> <i>(daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)</i></p> <p>Grandes grietas en elementos estructurales con daños en el hormigón por compresión y rotura de armaduras; fallos en la trabazón de la armadura de las vigas; ladeo de pilares. Colapso de algunos pilares o de una planta alta.</p>	
<p><b><i>Grado 5: Destrucción</i></b> <i>(daños estructurales muy graves)</i></p> <p>Colapso de la planta baja o de partes (por ejemplo alas) del edificio.</p>	

**Figura 9.27** Definiciones e ilustraciones publicadas en la página Web del IGN. Muestran el daño esperado para edificios de hormigón armado ([www.ign.es](http://www.ign.es))



La formulación del método seguido se expone a continuación:

Si se denomina  $V_i$  a cada clase de vulnerabilidad,  $D_j$  a cada grado de daño y  $k$  al subíndice representativo de cada población, el número de edificaciones de la clase  $V_i$  que experimentan daño  $D_j$  en la población  $k$ , será  $N_{ijk}$  y vendrá dado por la expresión:

$$N_{ijk} = P(D_j / V_i, I_k) * N_{ik} \quad \text{Ecuación 9.2}$$

donde:

$P(D_j / V_i, I_k)$  es la probabilidad de daño  $D_j$  condicionada a la clase  $V_i$  y para una intensidad de movimiento  $I_k$ . Su valor es el correspondiente coeficiente de las matrices de daño adoptadas.

$N_{ik}$  es el número de edificaciones de la clase  $V_i$  en la población  $k$ .

Los intervalos de variación de los subíndices son:

$i = 1...5$  (para las 4 clases de vulnerabilidad existentes: A, B, C y D)

$j = 1...6$  (para los 6 grados de daño en la escala EMS-98, incluyendo daño nulo)

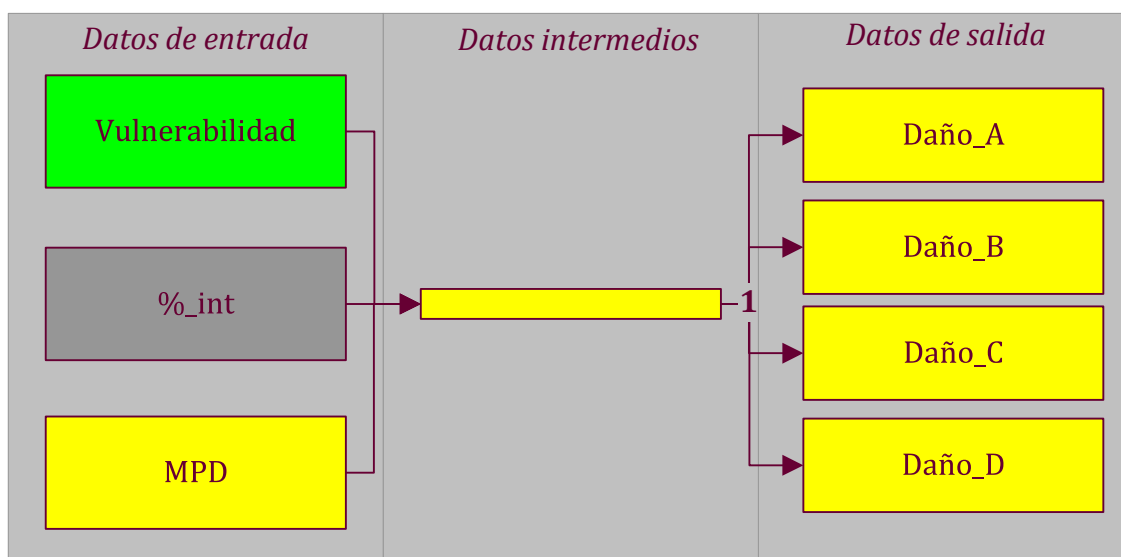
$k = 1...473$  ( $N^\circ$  total de unidad geográfica mínima de trabajo)

Se calcula entonces, para cada clase de vulnerabilidad  $V_i$  y en cada unidad geográfica mínima de trabajo, el número de edificaciones  $N_{ijk}$  que se espera experimenten cada grado de daño,  $D_j$ , dada la intensidad  $I_k$  de la unidad geográfica mínima de trabajo. Estos datos se expresan también en porcentaje, referidos al total de edificaciones de la unidad geográfica mínima de trabajo, que coinciden con el correspondiente valor de  $P(D_j / V_i, I_k)$ .

Para determinar la intensidad de cada unidad geográfica de trabajo se ha tomado solo la superficie construida, identificando las distintas intensidades que aparecen en ese suelo y el grado de las mismas, y asignando en esa medida la intensidad correspondiente.

En la **Figura 9.28** se muestra un diagrama de los siguientes procesos necesarios:

**1** *Asignación de grado de daño considerando el movimiento estimado y la vulnerabilidad asignada, según la formulación anterior.*



**Figura 9.28** Diagrama de procesos realizados en el módulo de Riesgo (Daño)



### 9.4.7 Esquema general de proceso

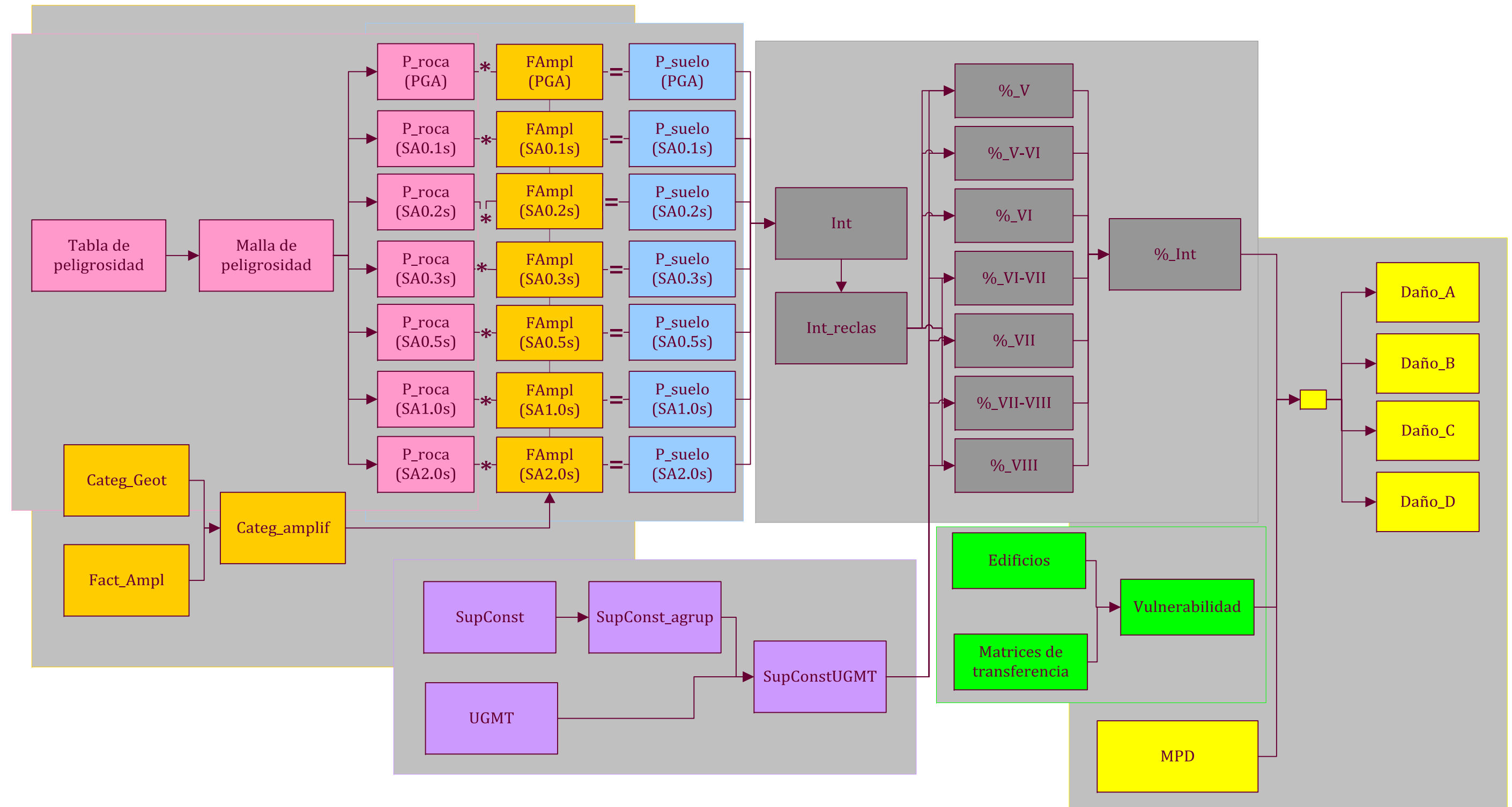


Figura 9.29 Esquema general de procesos

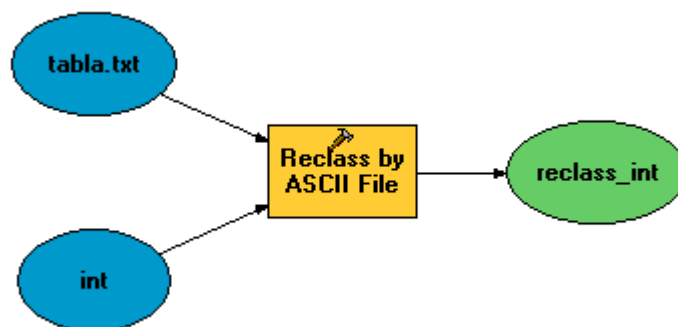
## 9.5 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Actualmente, una línea de trabajo muy importante dentro de la utilización de sistemas de información geográfica en el cálculo de este tipo de riesgos es la automatización de los procesos para extrapolar el cálculo a otras posibles zonas de estudio. Esto permite, no solo diseñar un modo de cálculo sino facilitar la utilización del mismo en otros estudios similares.

Para realizar este trabajo *ArcGIS* cuenta con la herramienta *Model Builder*, una herramienta de análisis que se incluye con *ArcGIS Desktop* y que permite automatizar y estandarizar flujos de trabajo repetitivos. Esta aplicación permite generar herramientas propias de cálculo y guardarlas en el *toolbox* (caja de herramientas de *ArcGIS*), de tal modo que si hubiese que repetir el cálculo para actualizarlo con información nueva o extrapolarlo a otra zona de estudio, solo habría que introducir las capas de entrada nuevas y activar la herramienta de cálculo diseñada.

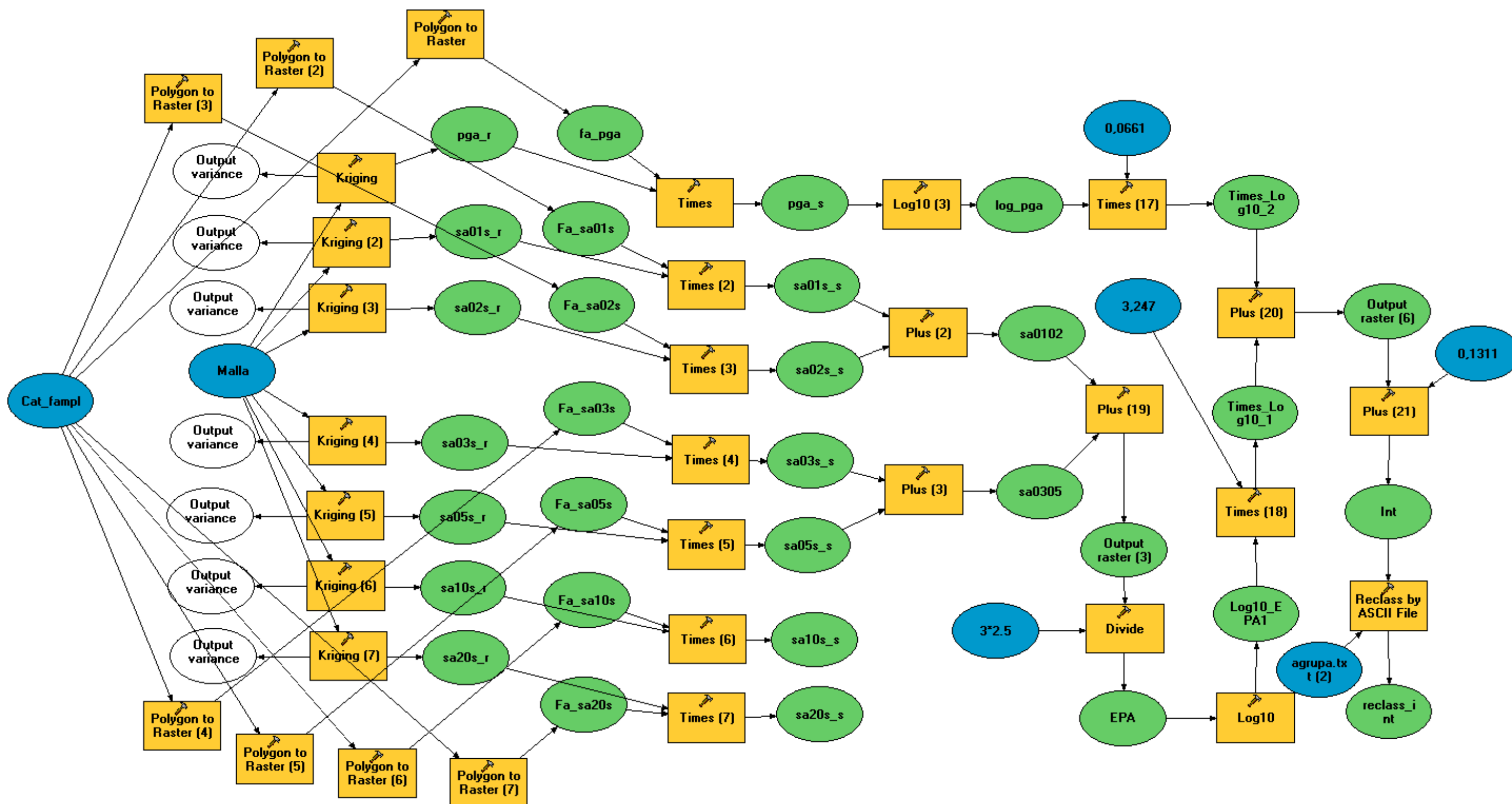
En este trabajo, como ya se han identificado todos los procesos necesarios para el cálculo (**Apartado 9.4**), solo sería necesario exportarlos a la herramienta *Model Builder*, empleando la nomenclatura de la misma. Esta operación puede llevar algún tiempo ya que se deben introducir todos y cada uno de los procesos necesarios, especificando en cada caso las particularidades de los mismos, así como los directorios de entrada y salida de información.

Un ejemplo de este proceso se muestra en la **Figura 9.30** donde aparecen las capas de entrada, el proceso que se realiza y la capa de salida.



**Figura 9.30.** Proceso de Model Builder, muestra la reclasificación de una capa ráster según las especificaciones de una tabla en formato ASCII

En la **Figura 9.31** aparece un esquema de los procesos automáticos necesarios para realizar el estudio de peligrosidad sísmica. (Desde aceleraciones en roca hasta intensidades macrosísmicas).





# ***10 RESULTADOS***

## **10.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### ***10.1.1 Peligrosidad sísmica en roca***

A tenor de los resultados, se puede considerar la peligrosidad sísmica en Navarra como moderada en un contexto nacional y baja en un contexto mundial.

Para todas las aceleraciones espectrales estimadas se observa un patrón de variación similar, decreciendo progresivamente desde la zona noreste hacia la zona sur. Este patrón indica que la fuente sísmica activa de Arudy-Lourdes, localizada en el Pirineo francés, tiene gran influencia en la peligrosidad sísmica de Navarra.

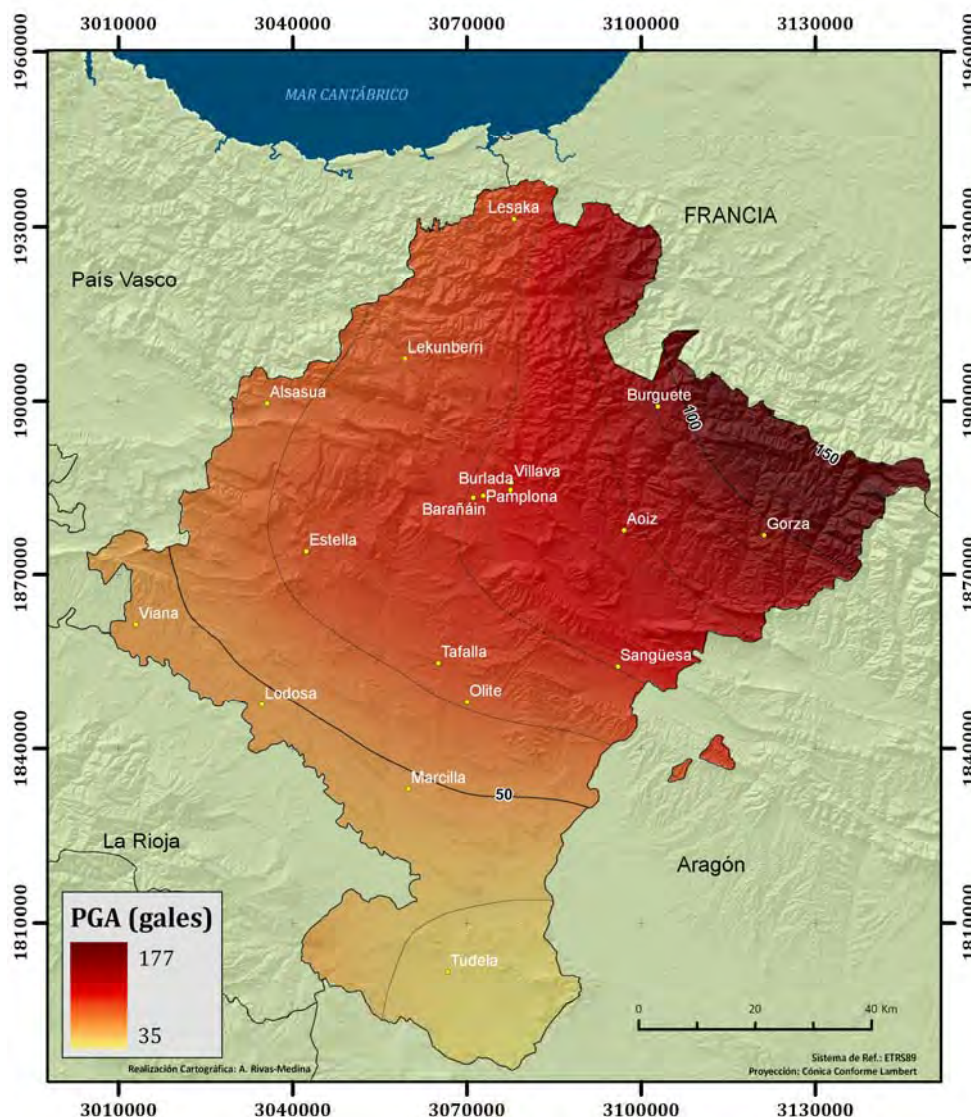
En términos absolutos, los máximos valores de aceleración espectral se registran en el intervalo de los bajos periodos (en torno a 0.1-0.2 segundos), siendo éstos los que más pueden afectar a estructuras bajas, de 1 o dos plantas.

Los valores de aceleración obtenidos superan claramente a los de la Norma NCSE-02.

El mapa de peligrosidad sísmica en roca, expresado como aceleración pico del suelo para un periodo de retorno de 475 años se muestra en la **Figura 10.1**

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria



**Figura 10.1** Mapa de peligrosidad sísmica en roca, expresado como aceleración máxima del terreno (PGA) esperada para un periodo de retorno de 475 años, obtenido en el marco del Proyecto RISNA

### 10.1.2 Clasificación geotécnica: cuantificación de la amplificación del suelo

La Figura 10.2 representa la distribución geográfica de suelos de Navarra según la clasificación Sismo-Geotécnica del proyecto RISNA, que da una indicación de la respuesta del terreno al movimiento sísmico. Según esta clasificación, aproximadamente la mitad norte de Navarra está caracterizada por suelos que producen nula o baja amplificación (suelos tipo A y B) y la mitad sur por suelos que producen amplificación moderada o alta (suelos tipo C2 y D).

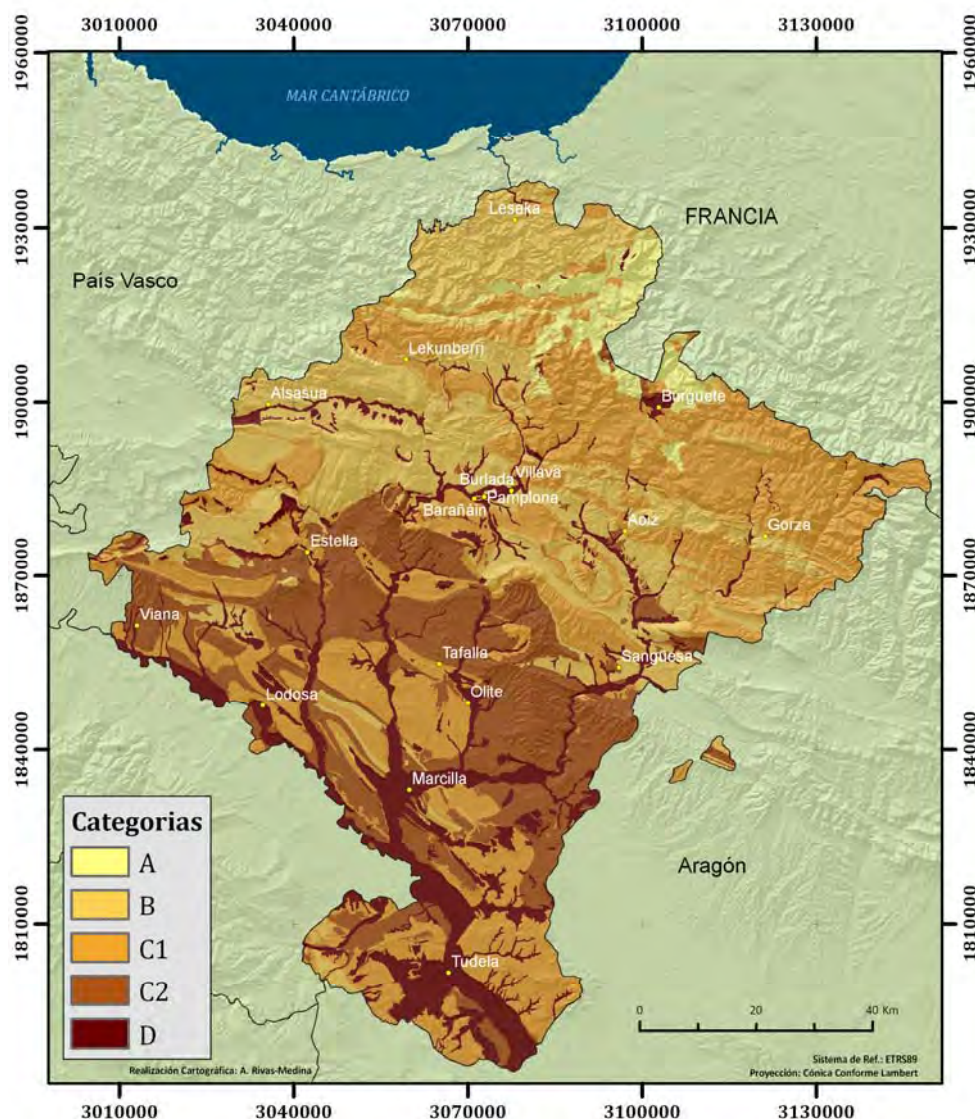


EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

La mayor amplificación se produce en los terrenos blandos de los cauces fluviales, distinguiéndose entre terrazas fluviales (categoría C2) y fondos de valle (categoría D), que son los suelos más blandos de Navarra. La menor amplificación (amplificación nula) se registra en los afloramientos paleozoicos del extremo norte de la región (Macizo de Quinto Real).

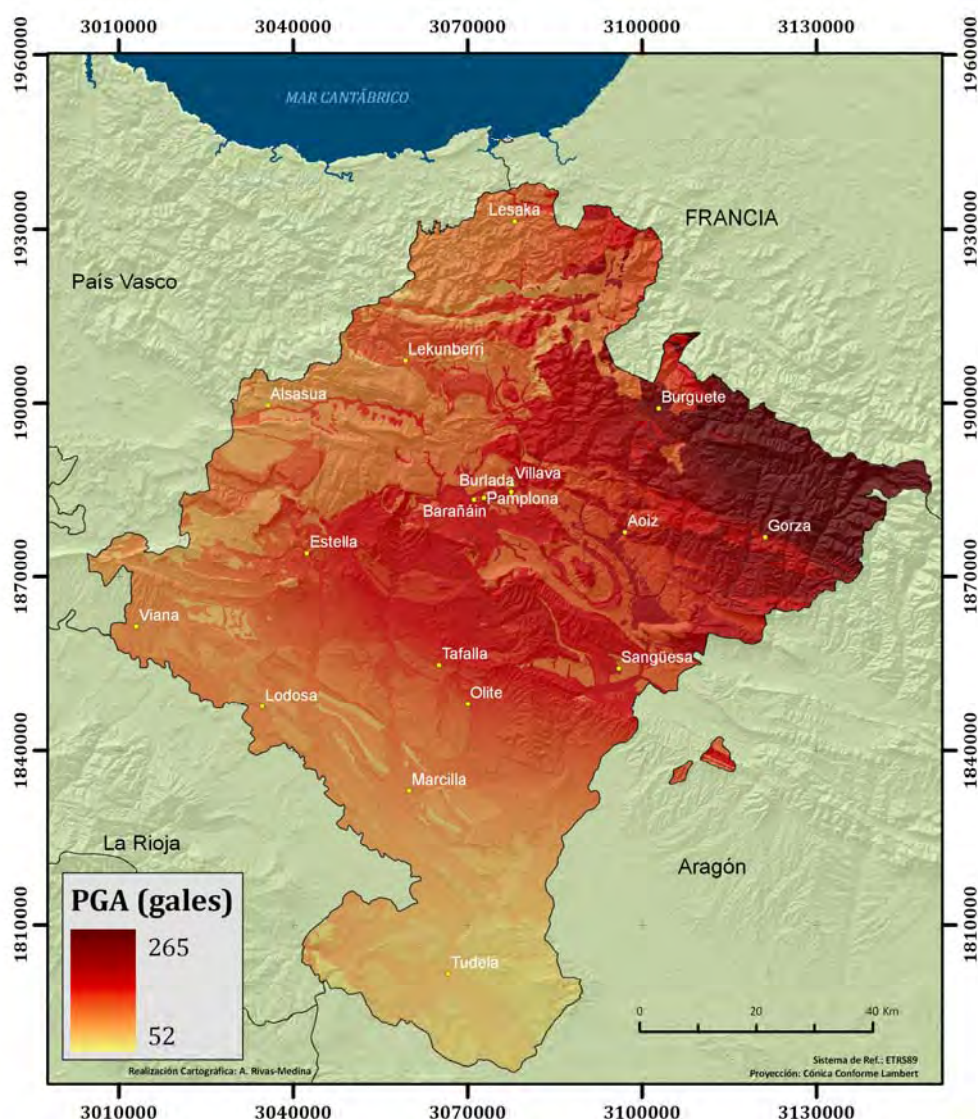
Los valores de factores de amplificación estimados oscilan entre 1 y 1.68 para PGA y entre 1 y 2.75 para SA (2s).



**Figura 10.2** Mapa de la *clasificación Sismo-Geotécnica de los suelos de Navarra* obtenida en el marco del Proyecto RISNA

### 10.1.3 Peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local

El mapa de peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local, expresado como aceleración pico del terreno para un periodo de retorno de 475 años, se muestra en la **Figura 10.3**. Nótese como las mayores aceleraciones siguen encontrándose en el sector nororiental de la región, si bien se aprecian variaciones laterales significativas causadas por la presencia de suelos caracterizados por propiedades sismogeotécnicas muy contrastadas.



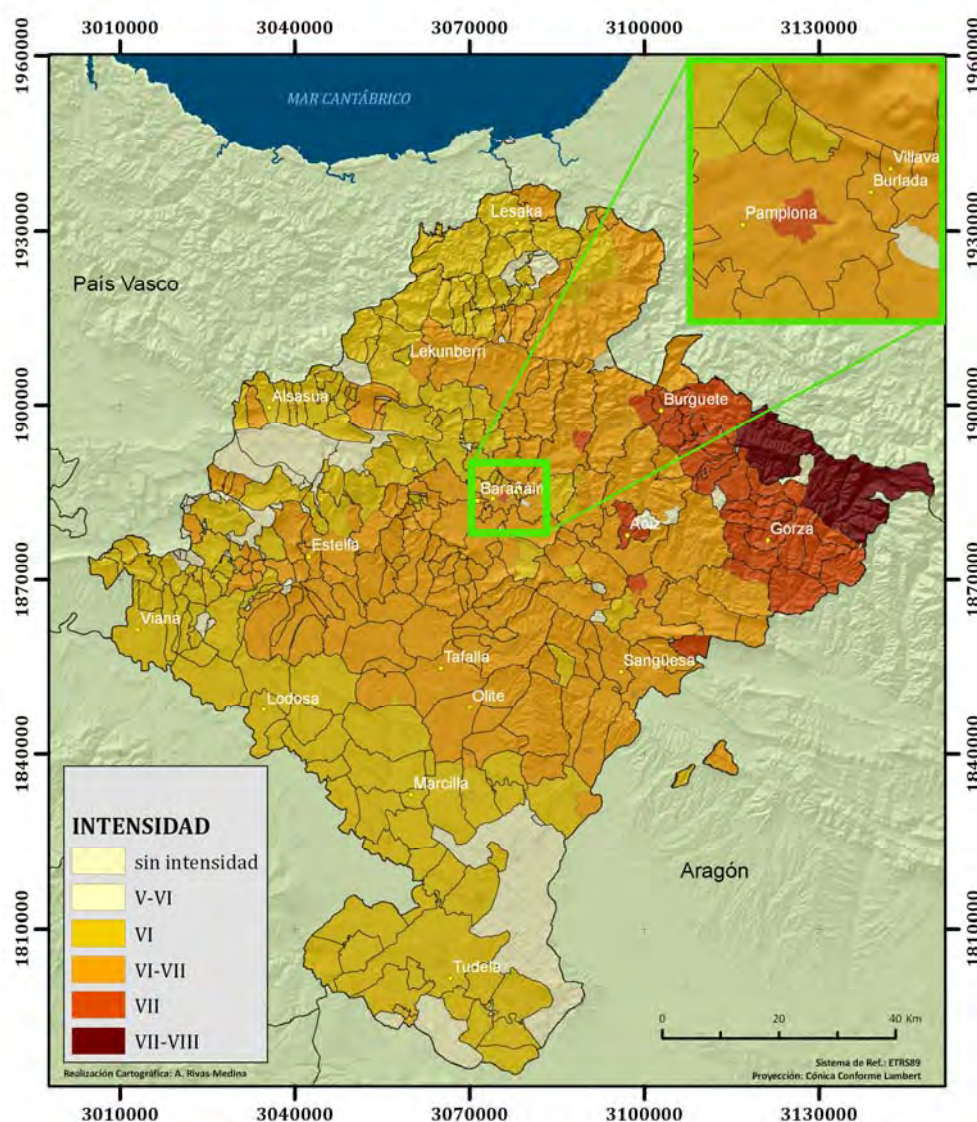
**Figura 10.3.** Movimiento esperado para periodo de retorno de 475 años, considerando el efecto del suelo, expresado en términos de PGA (gal). Resulta de combinar los valores de PGA en roca, estimados en el estudio de peligrosidad, con los factores de amplificación y la clasificación geotécnica propuesta en este estudio. Este mapa ha sido obtenido en el marco del Proyecto RISNA



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

Asimismo se presenta el mapa de intensidad macrosísmica esperada para el periodo de retorno de 475 años en Navarra (**Figura 10.4**), deducido a partir de los valores de aceleración pico y espectrales de corto periodo para dicho periodo de retorno. Los valores obtenidos suponen un aumento aproximado de un grado de intensidad con respecto a los valores de intensidad del mapa de intensidad (periodo de retorno de 500 años) contenido en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico.



**Figura 10.4** Mapa de Peligrosidad Sísmica para un periodo de retorno de 475 años, en términos de Intensidad macrosísmica (EMS-98) en los municipios de Navarra. Este mapa ha sido obtenido en el marco del Proyecto RISNA



### **10.1.4 Vulnerabilidad sísmica**

El estudio de vulnerabilidad sísmica clasifica, por una parte, las edificaciones tradicionales de acuerdo a sus características constructivas y su distribución geográfica y por otra parte, las edificaciones tecnológicas de acuerdo a su tipología constructiva y a las prestaciones sismorresistentes exigidas por las sucesivas normas españolas en vigor desde 1962.

En las figuras siguientes se muestran los resultados de vulnerabilidad sísmica de los edificios de la Comunidad Foral de Navarra.

El análisis de estas figuras permite extraer como conclusión general que en la estimación de la vulnerabilidad de las estructuras de Navarra prevalecen las vulnerabilidades medias y altas. Las unidades geográficas de trabajo en las que prevalecen las estructuras de alta vulnerabilidad se sitúan en la mitad norte de la región, especialmente en las zonas de montaña. El parque inmobiliario de las zonas de la ribera del Ebro y del centro de la provincia (cuenca de Pamplona) presenta en conjunto una vulnerabilidad media. La vulnerabilidad baja es característica de las edificaciones de algunas unidades geográficas de trabajo de Pamplona y su entorno residencial, como es de suponer de una zona de reciente expansión con prevalencia de estructuras modernas.

El análisis de la distribución de tipos de vulnerabilidad desglosado por clases de vulnerabilidad conduce a las siguientes conclusiones generales:

Estructuras de vulnerabilidad A: la distribución varía mucho si se considera el mapa de porcentajes o el de cantidades absolutas de este tipo de vulnerabilidad. Así, mientras que el mayor número de estructuras de vulnerabilidad A se encuentra en la mitad sur de la provincia, el mayor porcentaje de edificaciones de vulnerabilidad A se localiza en la mitad norte de Navarra (**Figura 10.5**).

Estructuras de vulnerabilidad B: el mayor número de estructuras de esta clase de vulnerabilidad se encuentra el sector suroeste de la provincia y en unidades geográficas de trabajo del centro de la región. El porcentaje de estructuras de vulnerabilidad B se sitúa entre el 26% y el 50% en la mayoría de unidades geográficas de trabajo navarras, con la excepción destacable de los distritos menos antiguos de Pamplona, donde dicho porcentaje es del 25% o inferior (**Figura 10.6**).

Estructuras de vulnerabilidad C: el mayor número de este tipo de estructuras se ubica en las localidades de gran población de la ribera del Ebro y en los sobre todo en los barrios más modernos del municipio de Pamplona y otros aledaños. En términos porcentuales, se aprecia el mismo patrón, acentuado quizás en la zona de Pamplona y atemperado en la zona de la ribera del Ebro (**Figura 10.7**).



El mismo patrón descrito para la distribución de estructuras de vulnerabilidad C se aprecia en el caso de estructuras de vulnerabilidad D, observándose ahora un mayor número de estructuras de estas características en los desarrollos recientes del extrarradio pamplonico [que son mucho más frecuentes en los barrios consolidados de la capital o en poblaciones aisladas, como Tudela]. En términos porcentuales, la práctica totalidad de las unidades geográficas de trabajo navarras posee menos de un 25% de estructuras de vulnerabilidad D, a excepción de algunos municipios cercanos a Pamplona (**Figura 10.8**).



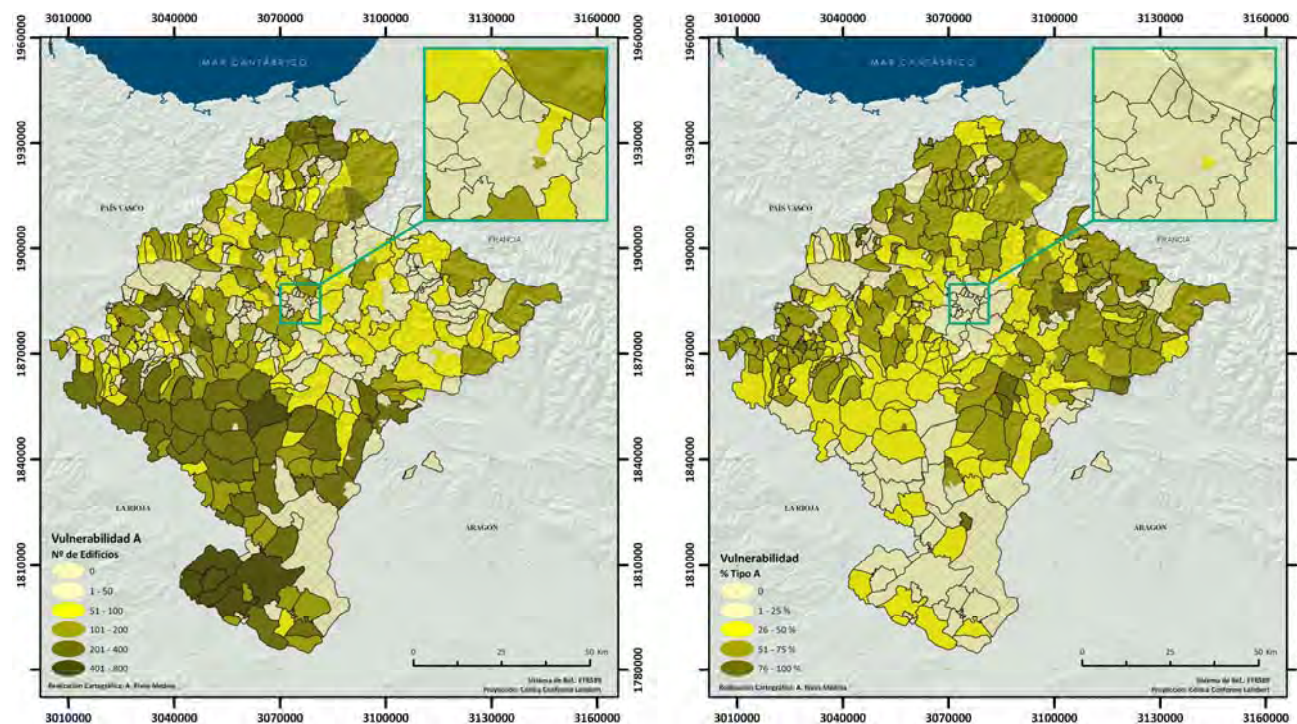


Figura 10.5. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad A. **Izda:** N° total de viviendas de clase A de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** Porcentaje de clase A frente al total

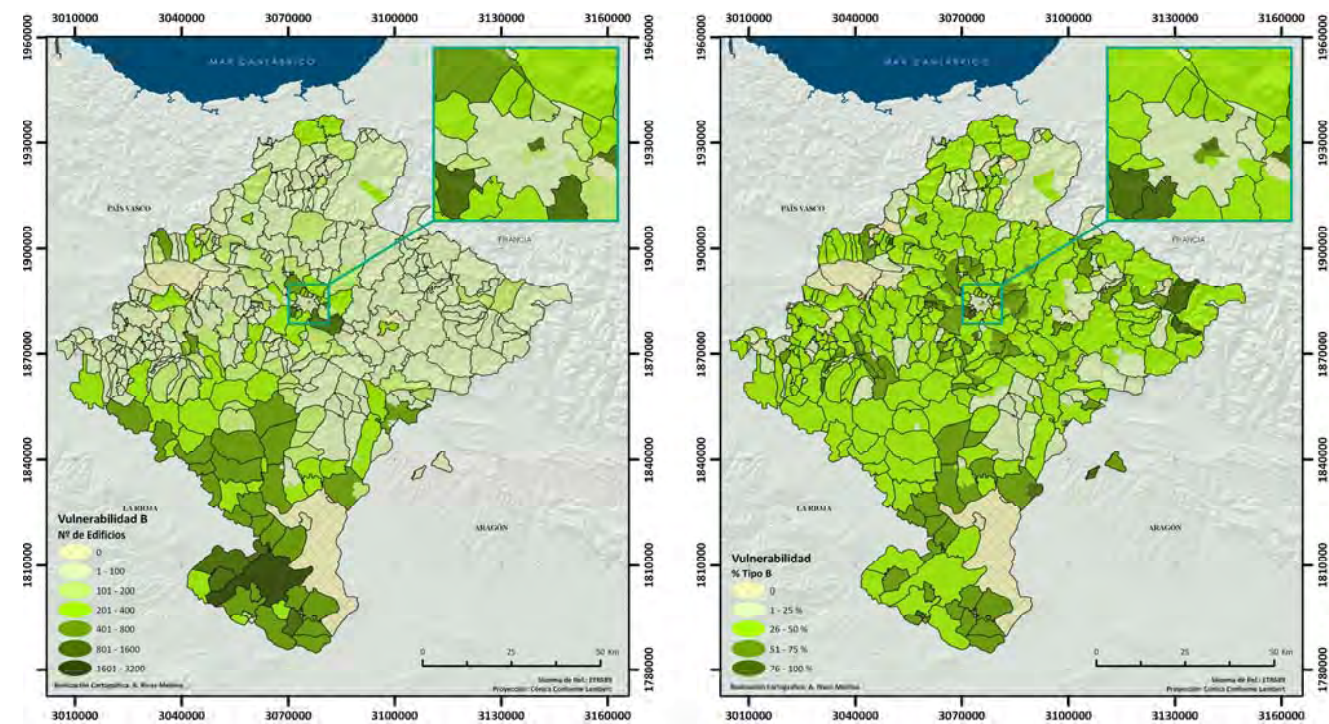


Figura 10.6. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad B. **Izda:** N° total de viviendas de clase B de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** Porcentaje de clase B frente al total

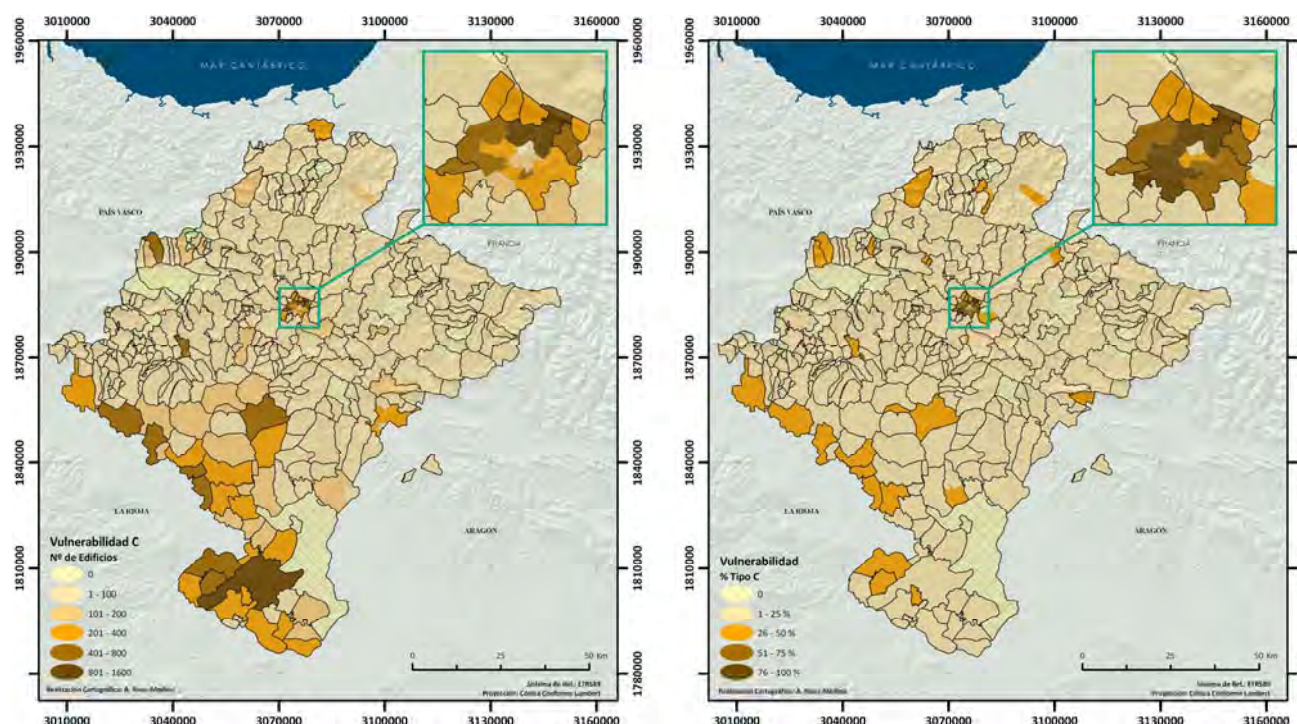


Figura 10.7. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad C. **Izda:** N° total de viviendas de clase C de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** Porcentaje de clase C frente al total

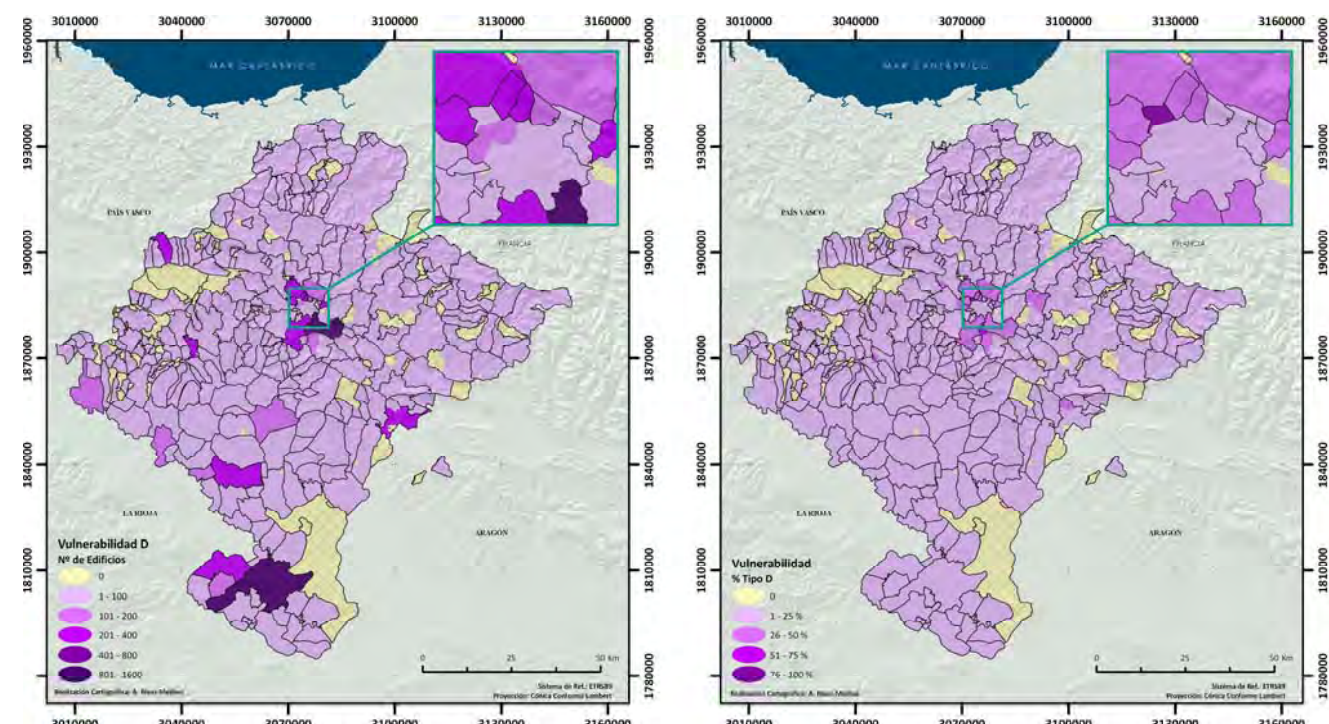


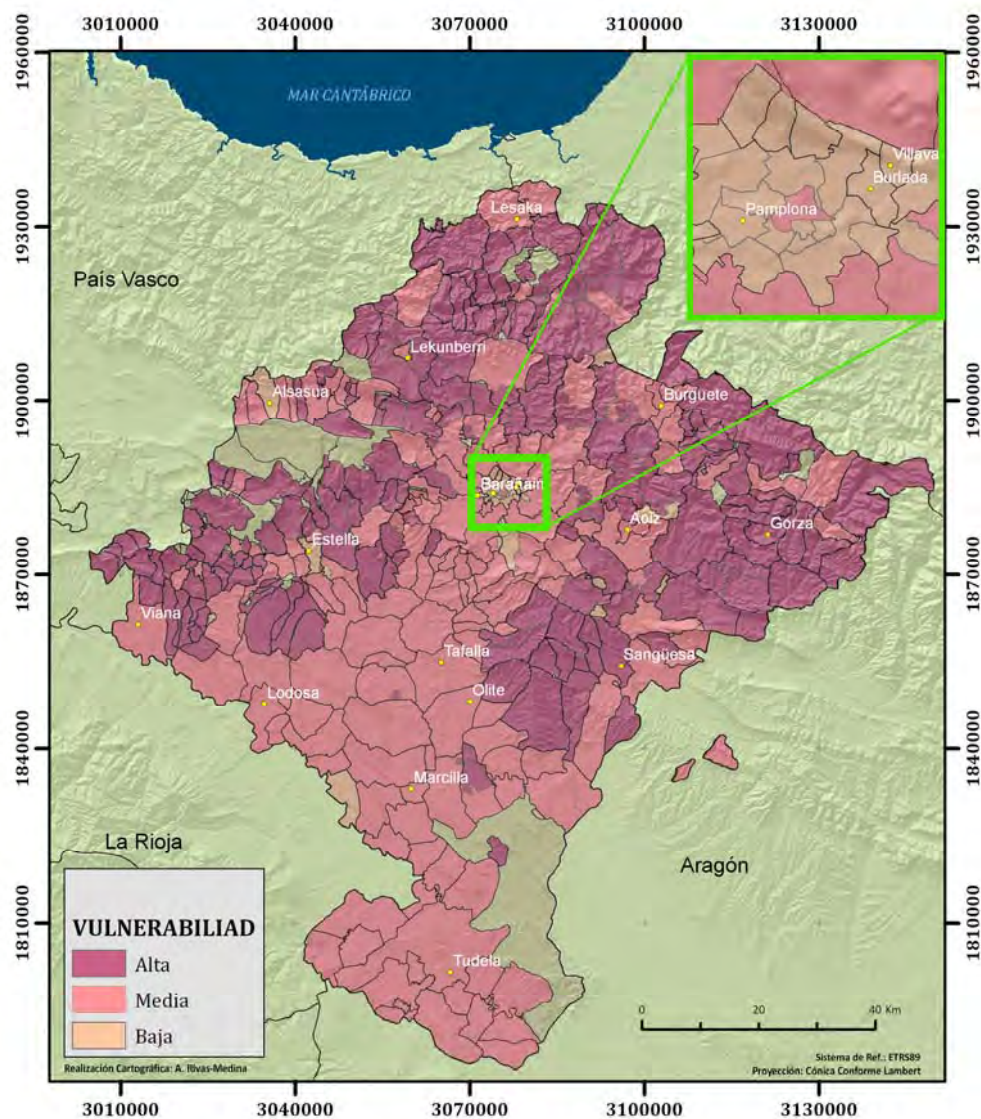
Figura 10.8. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad D. **Izda:** N° total de viviendas de clase D de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** Porcentaje de clase D frente al total.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

La Figura 10.9 representa la distribución global de vulnerabilidad agrupada en tres niveles: alta, media y baja.



**Figura 10.9** Clasificación de la vulnerabilidad por unidades de trabajo, siguiendo el criterio: ALTA: porcentaje de vulnerabilidad A  $\geq$  45%; MEDIA: porcentaje de vulnerabilidad A + porcentaje de vulnerabilidad B  $\geq$  50% (y no pertenecen al tipo anterior); BAJA: el resto



### 10.1.5 Daño esperado

El riesgo sísmico de Navarra, expresado en términos de daño esperado para un periodo de retorno de 475 años, se representa por medio de un conjunto de mapas indicativos del número y porcentaje de edificios que experimentan cada grado de daño en cada clase de vulnerabilidad, así como de otros mapas de daño total independiente de la clase de vulnerabilidad.

Estos resultados se pueden agrupar y sintetizar por medio de otros parámetros de daño que facilita la comprensión de la distribución del mismo, para ello se han calculado los parámetros denominados daño total, daño leve, daño moderado, daño grave, daño medio y número de edificios inhabitables.

#### 10.1.5.1 Daño total

Calculado como suma de los daños de cada tipo de vulnerabilidad, de acuerdo con las **Ecuaciones 10.1 a 10.6**.

$$D_{0T} = D_{0A} + D_{0B} + D_{0C} + D_{0D}$$

**Ecuación 10.1**

$$D_{1T} = D_{1A} + D_{1B} + D_{1C} + D_{1D}$$

**Ecuación 10.2**

$$D_{2T} = D_{2A} + D_{2B} + D_{2C} + D_{2D}$$

**Ecuación 10.3**

$$D_{3T} = D_{3A} + D_{3B} + D_{3C} + D_{3D}$$

**Ecuación 10.4**

$$D_{4T} = D_{4A} + D_{4B} + D_{4C} + D_{4D}$$

**Ecuación 10.5**

$$D_{5T} = D_{5A} + D_{5B} + D_{5C} + D_{5D}$$

**Ecuación 10.6**

#### 10.1.5.2 Daño leve, moderado y grave

Se calcula para cada unidad geográfica mínima de trabajo el número de edificios con daño leve, moderado y grave, sumando los números de edificaciones correspondientes según la agrupación realizada. Para cada unidad geográfica mínima de trabajo  $k$  y clase de vulnerabilidad  $V_i$  resulta entonces un número de viviendas con daño Leve  $NL_{ik}$ , otro con daño Moderado  $NM_{ik}$  y otro con daño Grave  $NG_{ik}$ , calculado mediante las **Ecuaciones 10.7, 10.8 y 10.9**.

$$NL_{ik} = N0_{ik} + N1_{ik}$$

**Ecuación 10.7**

$$NM_{ik} = N2_{ik} + N3_{ik}$$

**Ecuación 10.8**

$$NG_{ik} = N4_{ik} + N5_{ik}$$

**Ecuación 10.9**



Donde:

$N0_{ik}, N1_{ik}, N2_{ik}, N3_{ik}, N4_{ik}, N5_{ik}$  son los números de edificaciones de la clase  $V_i$  en la unidad geográfica mínima de trabajo  $k$  que experimentan cada grado de daño.

La representación de los resultados en mapas de porcentajes de daño, proporciona una idea de las unidades geográficas mínimas de trabajo que experimentan mayor o menor daño relativo al total de estructuras de cada unidad geográfica mínima de trabajo. Pero esta representación no permite visualizar el daño relativo entre diferentes unidades. Por ejemplo, si la población 1 tiene 20 viviendas de vulnerabilidad A y 10 de ellas experimentan daño moderado, el porcentaje de este nivel de daño para esa vulnerabilidad es  $10/20$ , es decir 50%. Si la población 2 tiene 60 viviendas de vulnerabilidad A y 20 experimentan daño moderado, el porcentaje de este nivel es ahora  $20/60$ , es decir 33%. La población 1 tiene mayor porcentaje de daño moderado que la población 2 para vulnerabilidad A, sin embargo netamente este daño se produce más veces en la población 2.

Por esta razón se calculará también el porcentaje de viviendas perteneciente a cada una de esas agrupaciones. Los porcentajes de cada nivel para la clase  $V_i$  se definen como:

$$PL_{ik} = P0_{ik} + P1_{ik} \quad \text{Ecuación 10.10}$$

$$PM_{ik} = P2_{ik} + P3_{ik} \quad \text{Ecuación 10.11}$$

$$PG_{ik} = P4_{ik} + P5_{ik} \quad \text{Ecuación 10.12}$$

siendo:

$PL_{ik}$ ,  $PM_{ik}$  y  $PG_{ik}$  los porcentajes de daño leve, moderado y grave respectivamente para  $V_i$  en el término municipal  $k$ .

$P0_{ik}$ ,  $P1_{ik}$ ,  $P2_{ik}$ ,  $P3_{ik}$ ,  $P4_{ik}$ ,  $P5_{ik}$  son porcentajes de los 6 grados de daño diferenciados para  $V_i$  en el término municipal  $k$ .

### 10.1.5.3 Daño más probable o daño medio

Se calcula el daño más probable o daño medio  $Dm_{ik}$ , para cada clase  $V_i$  y el término municipal  $k$ , así como el año medio normalizado,  $Dmn$ , definidos ambos según las expresiones:

$$Dm_{ik} = \sum_{j=1}^6 P_{ij} \times D_j \quad \text{Ecuación 10.13}$$

$$Dmn_{ik} = Dm_{ik} / n \quad \text{Ecuación 10.14}$$





Para tener una idea del daño relativo entre unidad geográfica mínima de trabajo, que incluya de alguna forma el número neto, se propone un factor de ponderación  $W_{ik}$ , en cada unidad geográfica  $k$  para cada clase de vulnerabilidad  $V_i$ , definido como:

$$W_{ik} = \frac{N_{ik} - N_{i,min}}{N_{i,max} - N_{i,min}}$$

**Ecuación 10.15**

donde:

$N_{ik}$  es el número de viviendas de la clase  $V_i$  en el término municipal  $k$ .

$N_{i,min}$  es el número de viviendas mínimo de la clase  $i$  en toda el área de estudio.

$N_{i,max}$  es el número máximo de viviendas de la clase  $i$  en toda el área.

Por su definición, el factor  $W_{ik}$  varía entre 0 (para el término municipal cuyo  $N_{ik} = N_{i,min}$ ) y 1, (en aquella unidad geográfica donde  $N_{ik} = N_{i,max}$ ). De esta forma,  $W_{ik}$  es un factor de ponderación, que relativiza el porcentaje de daño para viviendas de clase  $V_i$  dependiendo de la densidad de esa clase de estructuras de la población.

Se propone entonces un nuevo parámetro,  $PP_{ik}$ , que viene a ser un porcentaje ponderado, para cada nivel de daño en cada unidad geográfica  $k$  y para cada clase  $V_i$ , multiplicando el porcentaje de ese nivel por el factor de ponderación previo.

$$PPL_{ik} = PL_{ik} * W_{ik}$$

**Ecuación 10.16**

$$PPM_{ik} = PM_{ik} * W_{ik}$$

**Ecuación 10.17**

$$PPG_{ik} = PG_{ik} * W_{ik}$$

**Ecuación 10.18**

Siendo:

$PPL_{ik}$ ,  $PPM_{ik}$ ,  $PPG_{ik}$  los porcentajes ponderados de daño ligero, moderado y grave, respectivamente, de la clase  $V_i$  en la unidad geográfica  $k$ .

Estos porcentajes ponderados son proporcionales al número absoluto de viviendas de cada nivel de daño en cada término municipal. Su representación permite tener una idea de la variabilidad relativa del daño de unos municipios a otros, y en definitiva, establecer un indicativo de dónde hay mayor o menor daño neto.

Finalmente, interesa conocer el daño absoluto y el porcentaje de cada grado de daño, referido al total de edificaciones de esa unidad geográfica, con independencia de la clase de vulnerabilidad, lo que da una medida del daño global, necesaria para planes de emergencia. Se ha estimado el número total de edificaciones que experimentan cada grado de daño  $D_j$  en cada unidad geográfica  $k$ ,  $N_{jk}$ , como:



$$N_{jk} = \sum_{i=1}^5 \frac{N_{ijk}}{N_k}$$

**Ecuación 10.19**

Así como el porcentaje:

$$P_{jk} = \frac{N_{jk}}{N_k}$$

**Ecuación 10.20**

Donde:

$P_{jk}$  porcentaje de daño  $j$  en la unidad geográfica  $k$ .

$N_k$  es el número total de edificaciones en la unidad geográfica  $k$ . es el

Se define también un daño medio absoluto  $Dma$ , independiente de la clase de vulnerabilidad en la unidad geográfica  $k$  como:

$$Dma_k = \sum_{j=1}^6 P_{jk} \times D_j$$

**Ecuación 10.21**

Y un índice normalizado de daño medio absoluto:

$$Dman_k = \frac{Dma_k}{n}$$

**Ecuación 10.22**

Siendo  $n = 6$ , el número de grados de daño.

#### 10.1.5.4 Número de viviendas inhabitables

Finalmente, se ha calculado, como índice global del riesgo, el número de viviendas inhabitables en cada término municipal, siguiendo la metodología de Coburn y Spence (1992), que considera que dicho número se aproxima por:

$$N^{\circ} \text{ Inhabitables} = N^{\circ} \text{ edificaciones de D4} + N^{\circ} \text{ Daño 5} + 50 \% \text{ Daño 3}$$

**Ecuación 10.23**

Todos estos índices y parámetros han sido estimados en cada unidad geográfica a fin de caracterizar el riesgo, en términos de distribución de daños.

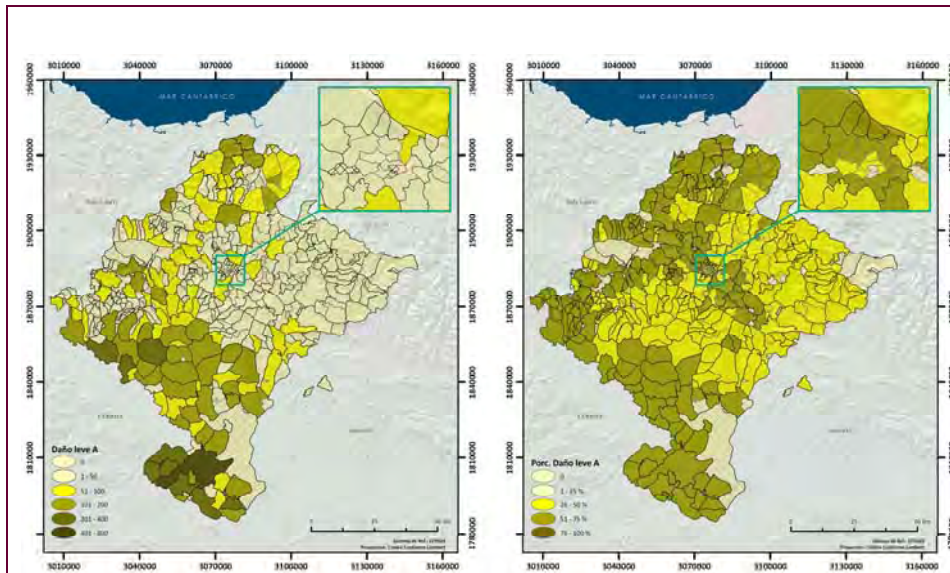
En la **Tabla 10.1** se muestra un extracto del proceso de generación de estos índices y parámetros.



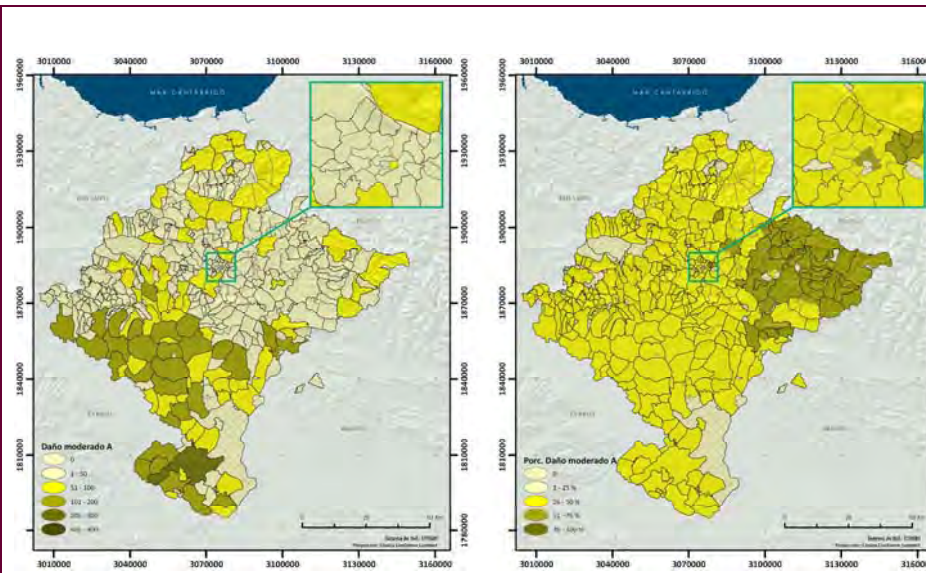
**Tabla 10.1.** Daños estimados para vulnerabilidad TOTAL.

VULNERABILIDAD TOTAL																				
Código INE	Nº Total Edif	Nº edificios con Daño						Nº edificios con Daño			Porcentaje edificios con Daño			Dm	Dmn	W <sub>T</sub>	Porcentaje Ponderado (PP)			Nº Inhabitables
		D0	D1	D2	D3	D4	D5	L	M	G	PL	PM	PG				L	M	G	
31001312800	67	15	23	18	8	2	0	38	26	2	57	39	4	1.4	0.2	0.01	0.69	0.47	0.04	6
31002311780	229	83	82	45	15	3	0	165	60	3	72	26	1	1.0	0.2	0.04	3.01	1.10	0.06	11
31003316920	81	20	29	21	9	2	0	49	30	2	61	37	3	1.3	0.2	0.01	0.89	0.54	0.04	7
31004316920	20	3	6	6	3	1	0	9	9	1	47	47	6	1.7	0.3	0.00	0.16	0.17	0.02	3
31005312640	194	65	70	40	15	3	0	135	55	4	70	28	2	1.1	0.2	0.04	2.47	1.00	0.06	11
31005312920	5	2	2	1	0	0	0	4	1	0	71	26	2	1.0	0.2	0.00	0.05	0.02	0.00	0
31006315230	1298	654	437	163	40	6	0	1091	202	6	84	16	0	0.7	0.1	0.24	19.93	3.69	0.11	26
31007311530	77	22	27	18	8	2	0	49	26	2	64	33	3	1.2	0.2	0.01	0.89	0.47	0.04	6
31008312280	143	43	54	33	11	2	0	97	44	2	68	31	1	1.1	0.2	0.03	1.76	0.80	0.04	8
31009314600	488	109	164	132	64	17	2	273	196	19	56	40	4	1.4	0.2	0.09	4.98	3.58	0.35	51
31010318000	1303	696	422	145	35	5	0	1118	180	6	86	14	0	0.6	0.1	0.24	20.44	3.28	0.10	23
31011312410	162	51	57	36	14	3	0	108	50	4	67	31	2	1.2	0.2	0.03	1.96	0.92	0.07	10
31011312900	385	139	138	76	26	5	0	277	102	5	72	27	1	1.0	0.2	0.07	5.06	1.86	0.10	18
31012312620	629	174	213	153	69	18	2	386	222	20	61	35	3	1.3	0.2	0.11	7.06	4.06	0.37	55
31013312720	497	169	183	103	35	7	0	352	138	7	71	28	1	1.1	0.2	0.09	6.43	2.51	0.13	25
31014312800	15	4	5	4	2	0	0	9	5	0	62	35	3	1.3	0.2	0.00	0.16	0.09	0.01	1
31014312810	205	72	72	41	15	3	0	145	57	4	71	28	2	1.1	0.2	0.04	2.63	1.03	0.07	11
31015312610	1097	514	381	156	41	6	0	895	196	6	82	18	1	0.8	0.1	0.20	16.36	3.59	0.11	27
31016310130	624	383	188	46	7	1	0	571	53	1	91	8	0	0.5	0.1	0.11	10.43	0.96	0.01	5
31017317980	218	58	75	54	24	6	1	133	78	7	61	36	3	1.3	0.2	0.04	2.42	1.43	0.13	19
31018311540	290	92	103	64	25	6	1	195	88	7	67	31	2	1.1	0.2	0.05	3.56	1.61	0.12	20
31019314300	535	158	190	125	50	12	1	347	175	13	65	33	2	1.2	0.2	0.10	6.35	3.20	0.23	38

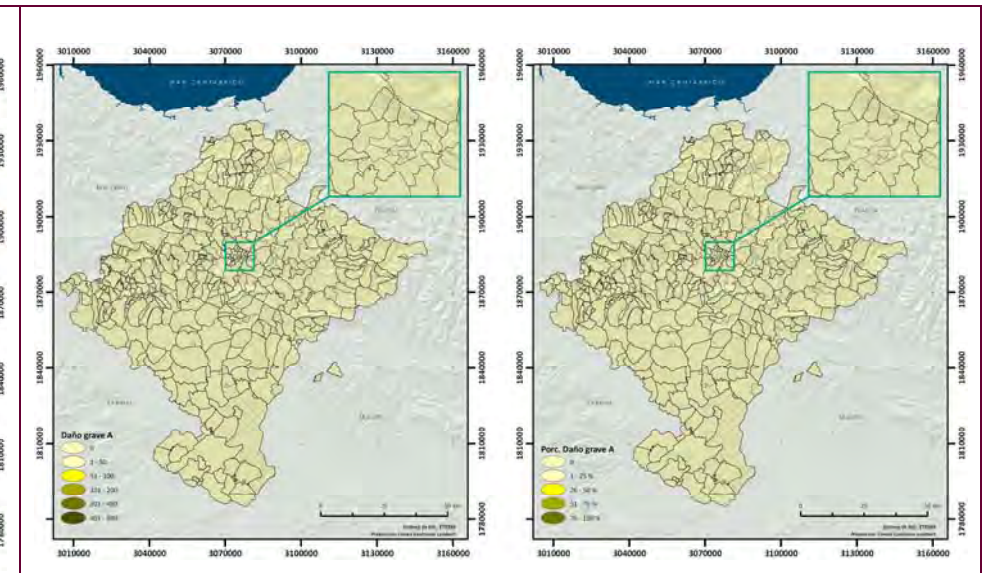




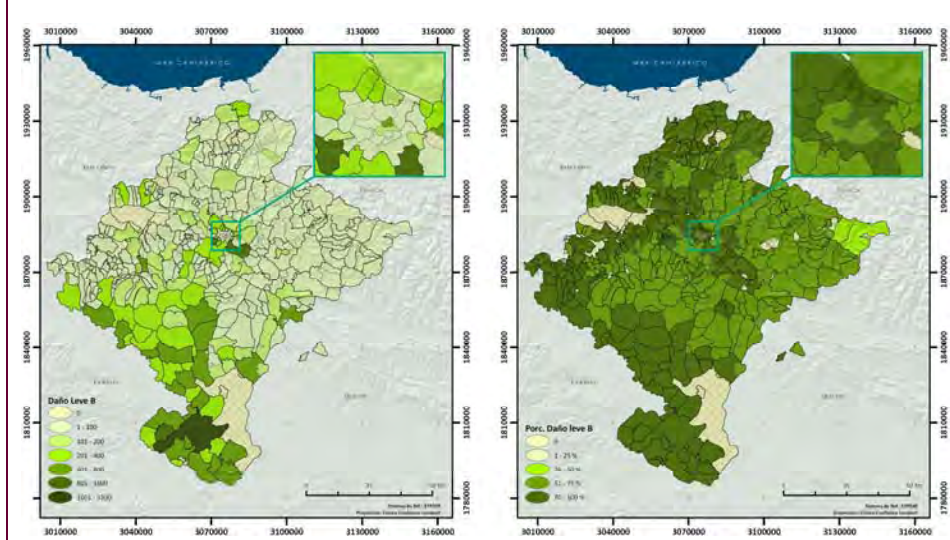
**Figura 10.10.** Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad A. **Izda:** N° total de viviendas de clase A con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase A con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



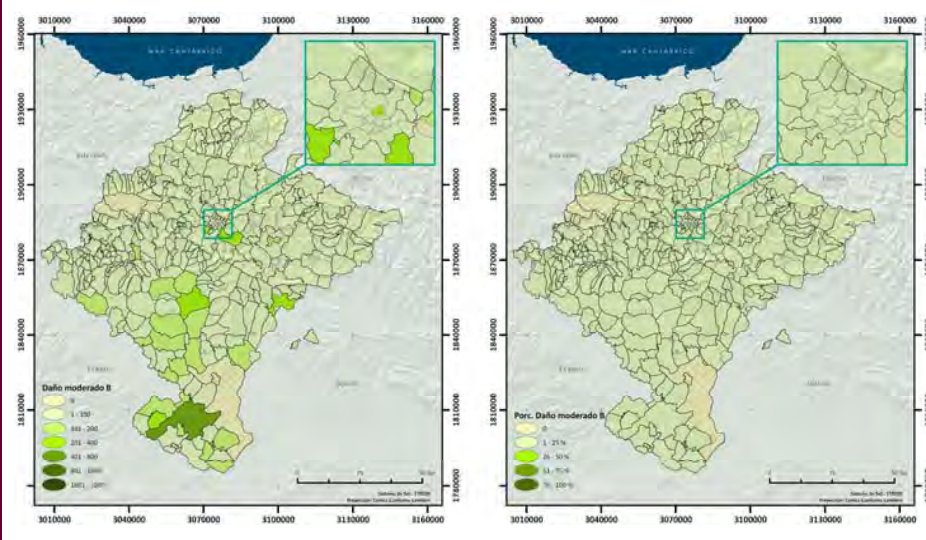
**Figura 10.11.** Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad A. **Izda:** N° total de viviendas de clase A con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase A con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



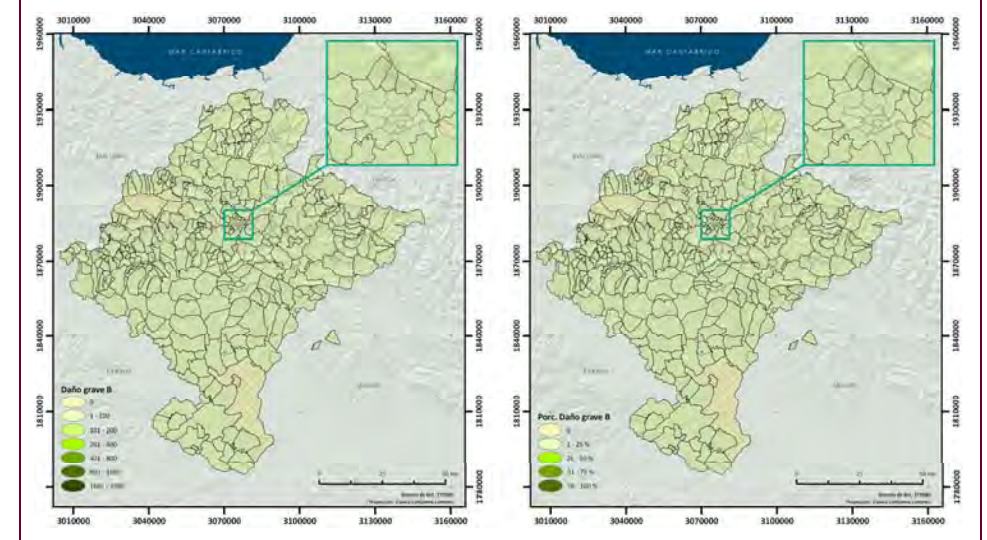
**Figura 10.12.** Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad A. **Izda:** N° total de viviendas de clase A con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase A con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



**Figura 10.13.** Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad B. **Izda:** N° total de viviendas de clase B con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase B con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total

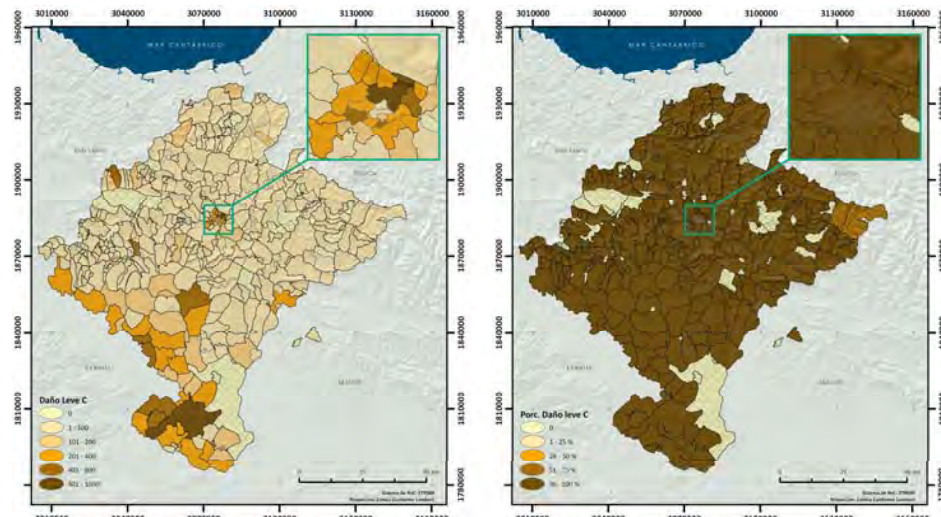


**Figura 10.14.** Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad B. **Izda:** N° total de viviendas de clase B con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase B con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total

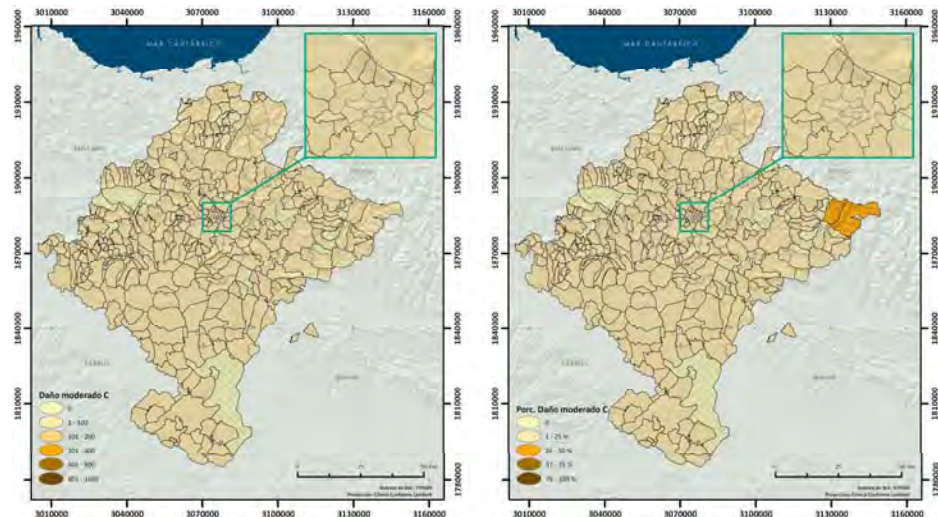


**Figura 10.15.** Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad B. **Izda:** N° total de viviendas de clase B con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase B con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total

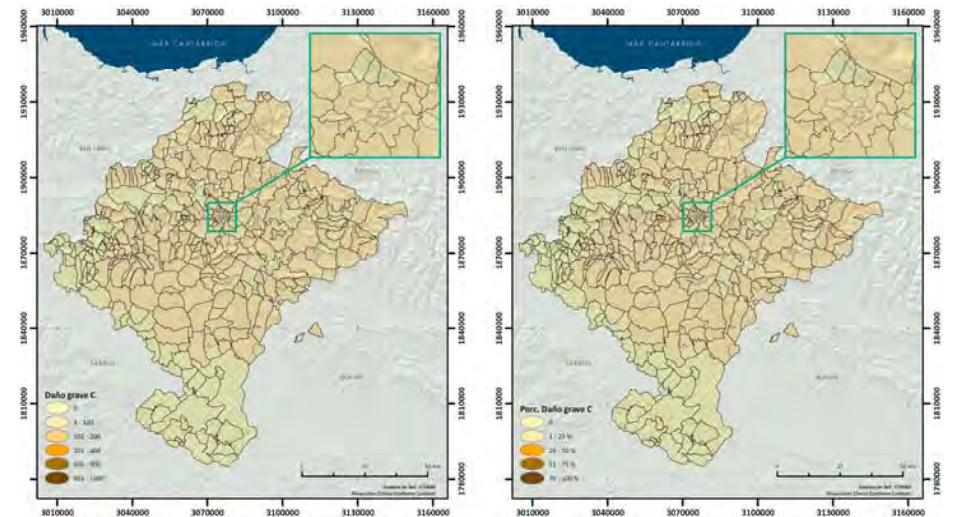




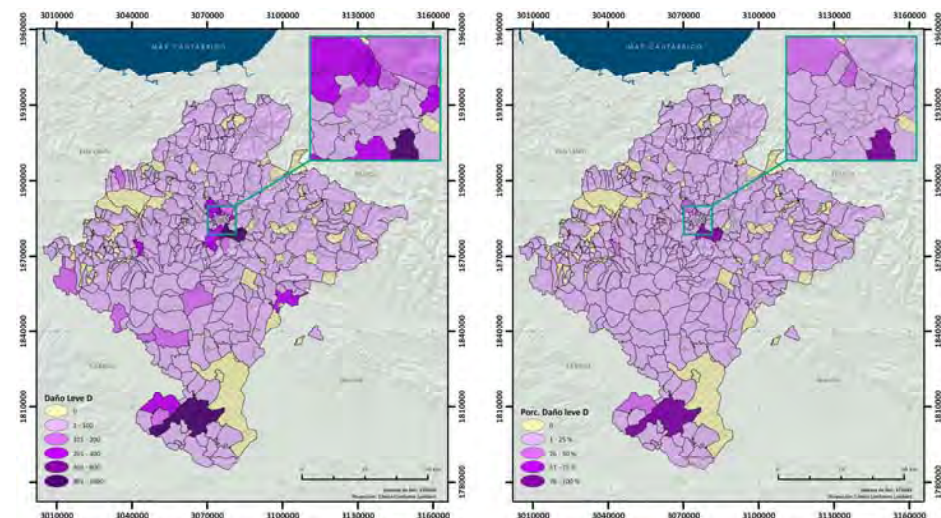
**Figura 10.16.** Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad C. **Izda:** Nº total de viviendas de clase C con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase C con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



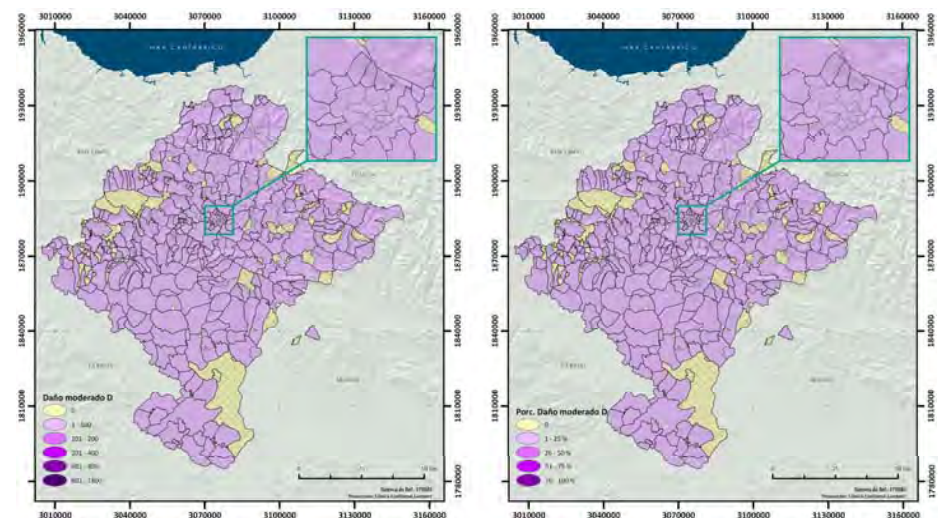
**Figura 10.17.** Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad C. **Izda:** Nº total de viviendas de clase C con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase C con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



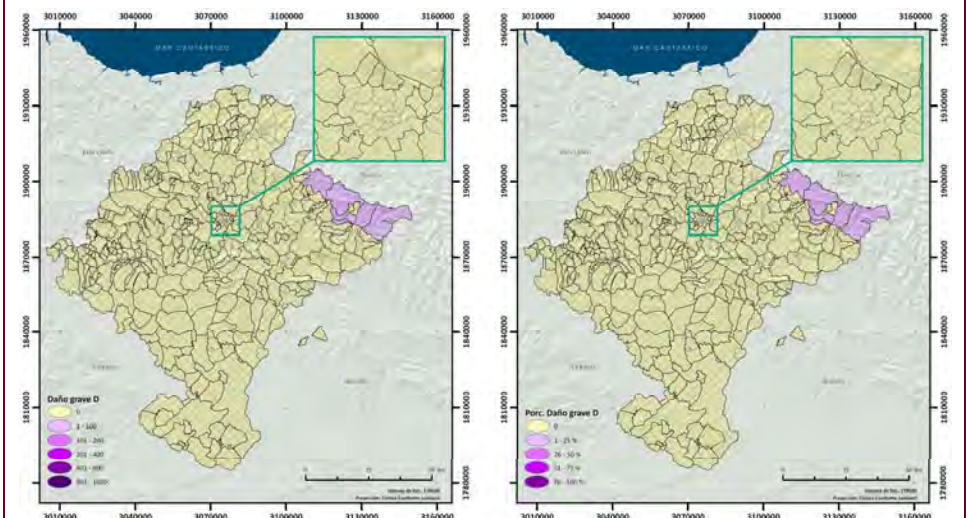
**Figura 10.18.** Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad C. **Izda:** Nº total de viviendas de clase C con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase C con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



**Figura 10.19.** Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad D. **Izda:** Nº total de viviendas de clase D con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase D con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total

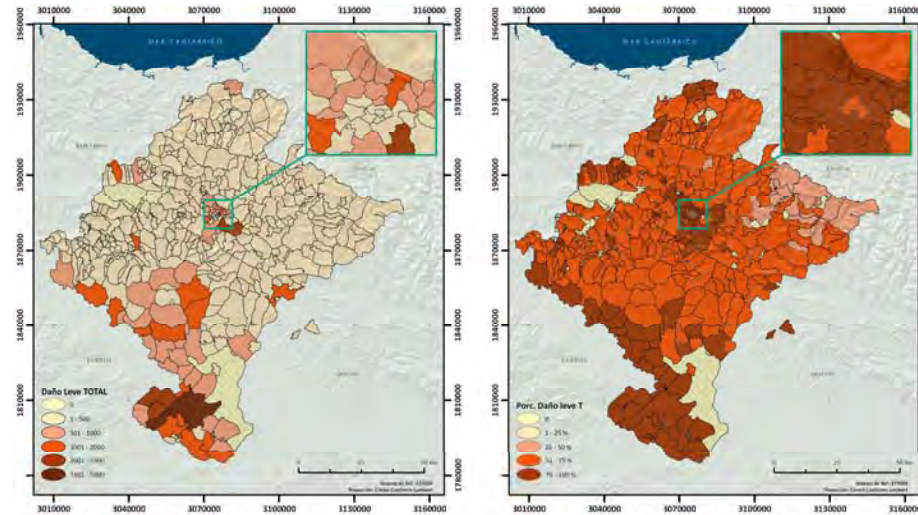


**Figura 10.20.** Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad D. **Izda:** Nº total de viviendas de clase D con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase D con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total

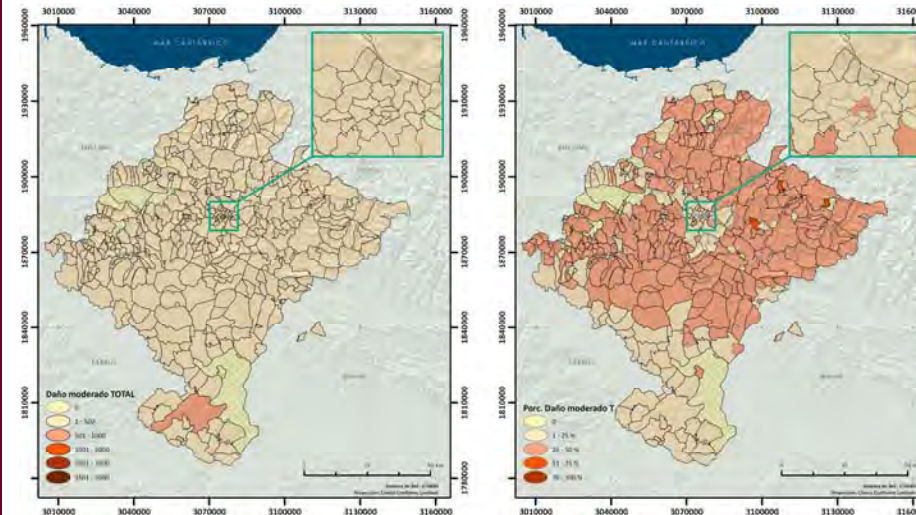


**Figura 10.21** Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad D. **Izda:** Nº total de viviendas de clase D con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de clase D con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total

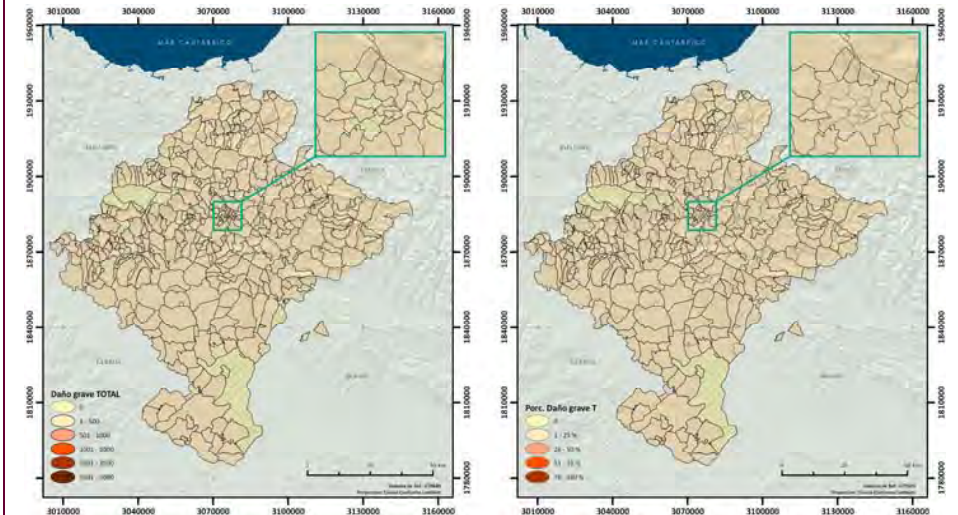




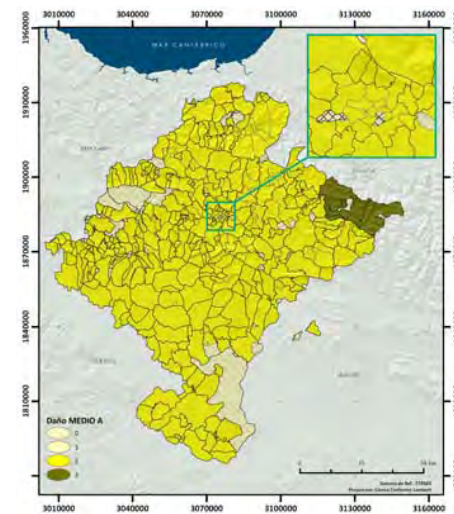
**Figura 10.22.** Representación del Daño Leve en el TOTAL de las viviendas. **Izda:** N° total de viviendas con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de viviendas con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



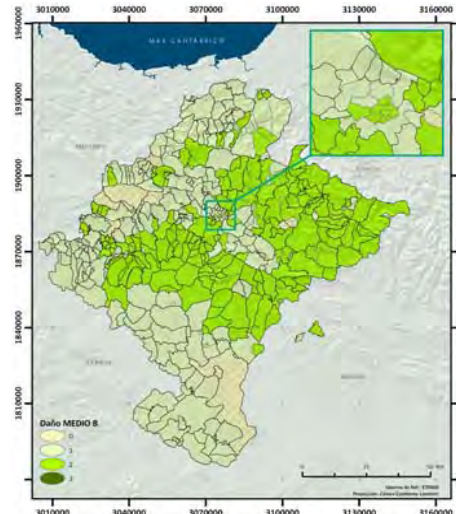
**Figura 10.23.** Representación del Daño Moderado en el TOTAL de las viviendas. **Izda:** N° total de viviendas con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de viviendas con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



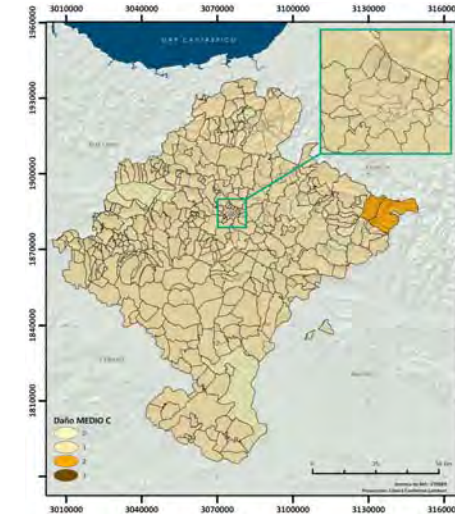
**Figura 10.24.** Representación del Daño Grave en el TOTAL de las viviendas. **Izda:** N° total de viviendas con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y **Drcha:** porcentaje de viviendas con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total



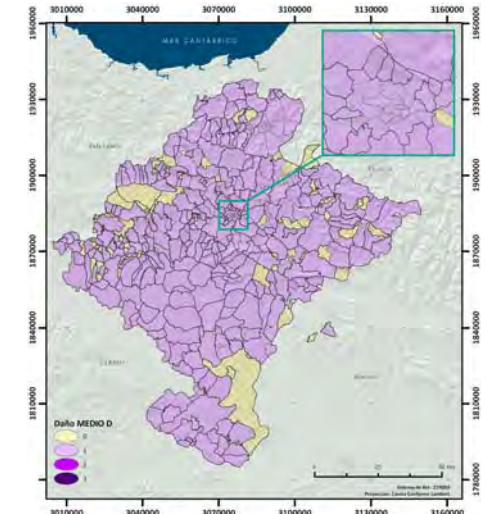
**Figura 10.25.** Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad A.



**Figura 10.26.** Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad B.



**Figura 10.27.** Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad C.



**Figura 10.28.** Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad D.



El daño medio esperado para un periodo de retorno de 475 años alcanza grado 1 o 2 en una amplia mayoría de unidades geográficas de trabajo de Navarra y se puede calificar de leve (Pamplona y alrededores, Ribera del Ebro) y moderado en el resto de Navarra.

El número de edificios inhabitables ante el movimiento dado por la intensidad esperada nunca supera la centena y se reparte entre las zonas con mayor daño medio y mayor intensidad y las zonas que, teniendo valores de daño medio e intensidad relativamente bajos, presentan un elevado número neto de edificaciones.

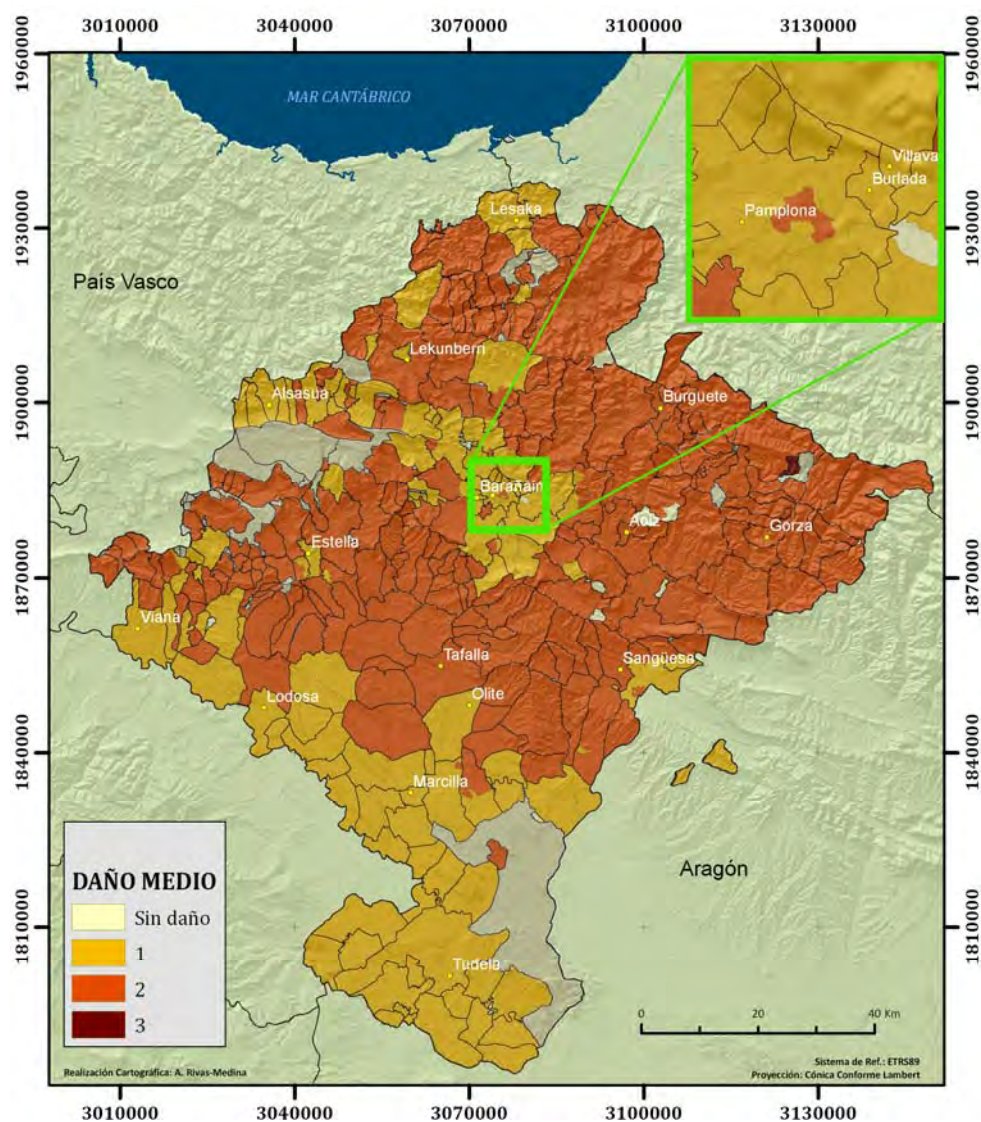
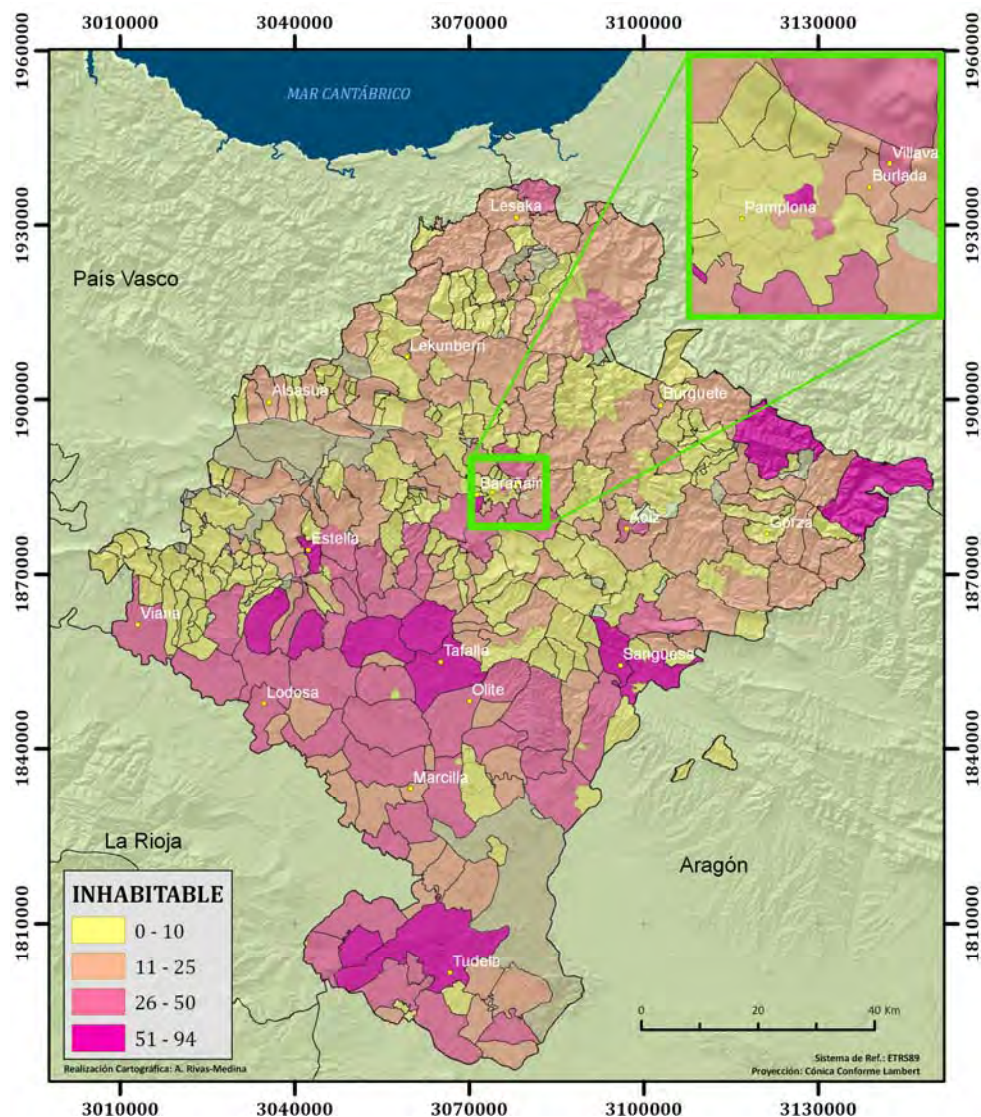


Figura 10.29 . Representación del daño medio total esperado



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria



**Figura 10.30.** Representación del número esperado de edificios que resultarían inhabitables



### ***10.1.6 Combinación de parámetros***

En el apartado precedente se han presentado los resultados de las diferentes fases en las que se ha estructurado el estudio de riesgo sísmico en Navarra. Esta expresión de resultados de forma pormenorizada, si bien da solidez al estudio y permite realizar consultas muy específicas en cada unidad, no resulta fácil de manejar ante acciones de planificación de emergencias y toma de decisiones. Por ello resulta conveniente, realizar un extracto de los principales resultados y facilitar su interpretación, con los siguientes objetivos: establecimiento de prioridades de actuación, identificación de poblaciones que requieren estudios de detalle y/o elaboración de planes de riesgo sísmico municipal, y dimensionamiento de los recursos necesarios para actuaciones post-evento.

Una primera medida al respecto es la presentación de resultados desglosados por municipios, ya que son precisamente las administraciones municipales las responsables de acometer y desarrollar los planes locales de emergencia ante el riesgo sísmico. Para ello se combinan los resultados de las diferentes unidades geográficas mínimas de trabajo de un mismo municipio, y se observan los diferentes parámetros de riesgo a este nivel municipal (**Figura 10.31**). Esto supone simplemente cambiar la escala de representación, sin perder resolución en el estudio, ya que la escala de trabajo ha sido la correspondiente a la unidad geográfica para la que se ha hecho el cálculo de peligrosidad, la caracterización geotécnica y la asignación de vulnerabilidad.

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

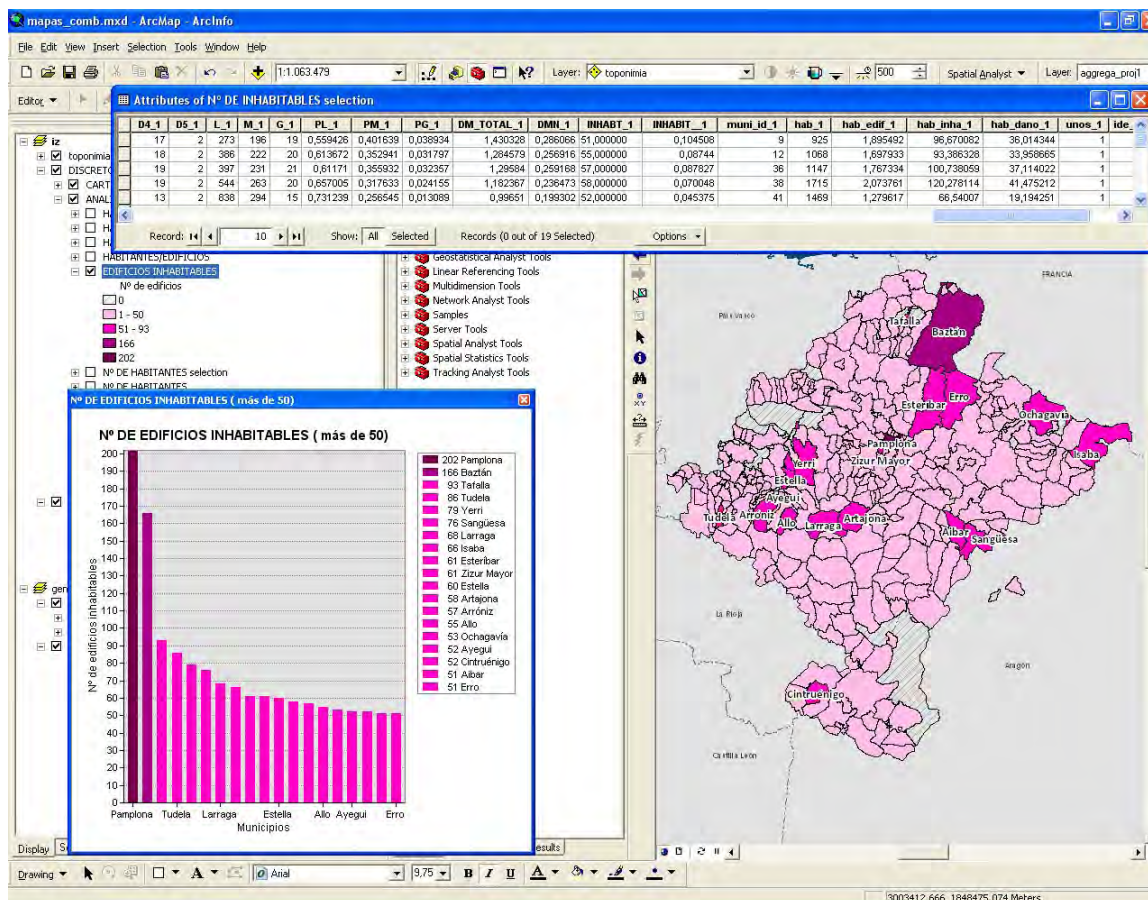


Figura 10.31. Distribución del número de edificios que se esperan inhabitables por cada municipio.

Después se ha procedido a analizar los resultados (ejemplo en la Figura 10.32), realizando agrupaciones de los valores que toman los parámetros de riesgo representados, tratando de facilitar la comprensión de su significado. Además, con el fin de obtener una mejor valoración del riesgo a escala local, se ha incorporado un *factor de población*, añadiendo a los parámetros de riesgo estimados datos complementarios en cuanto a la población afectada, que aportan una información necesaria a la hora de establecer prioridades de actuación.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

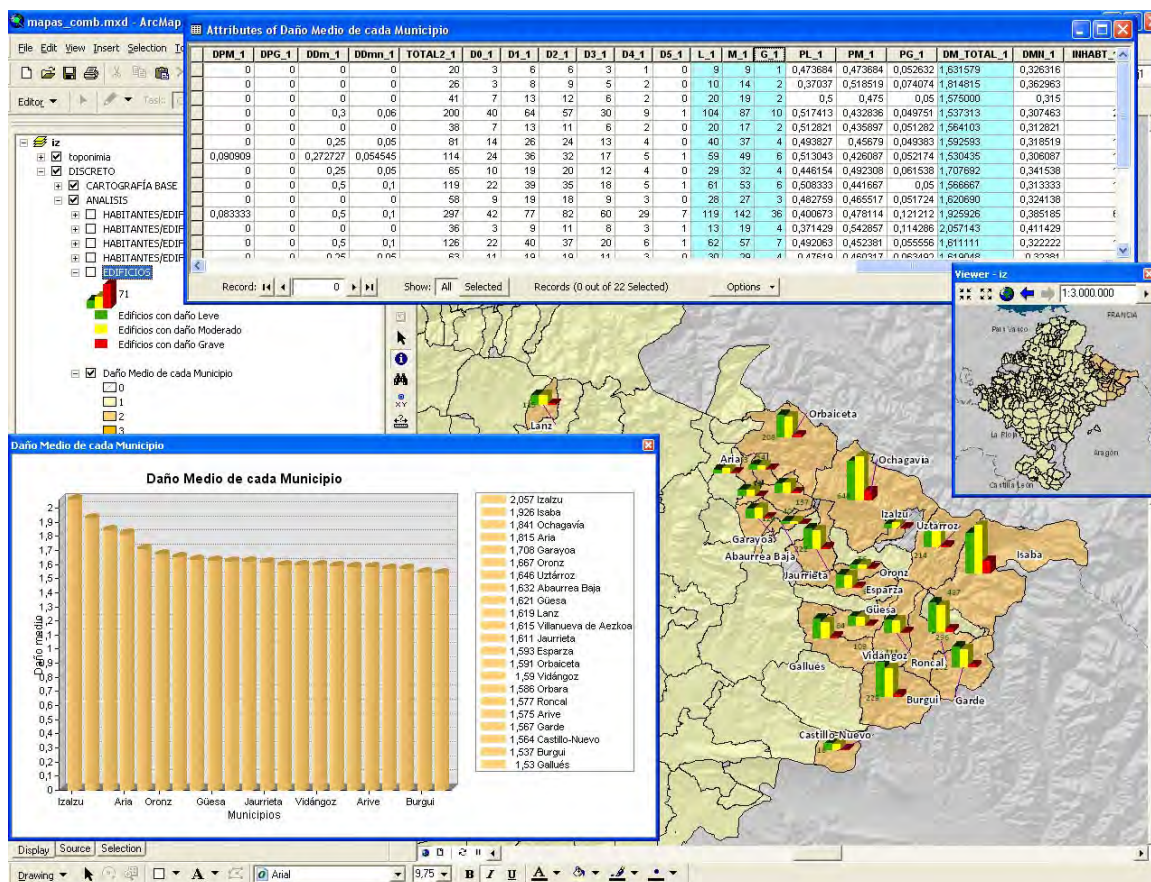
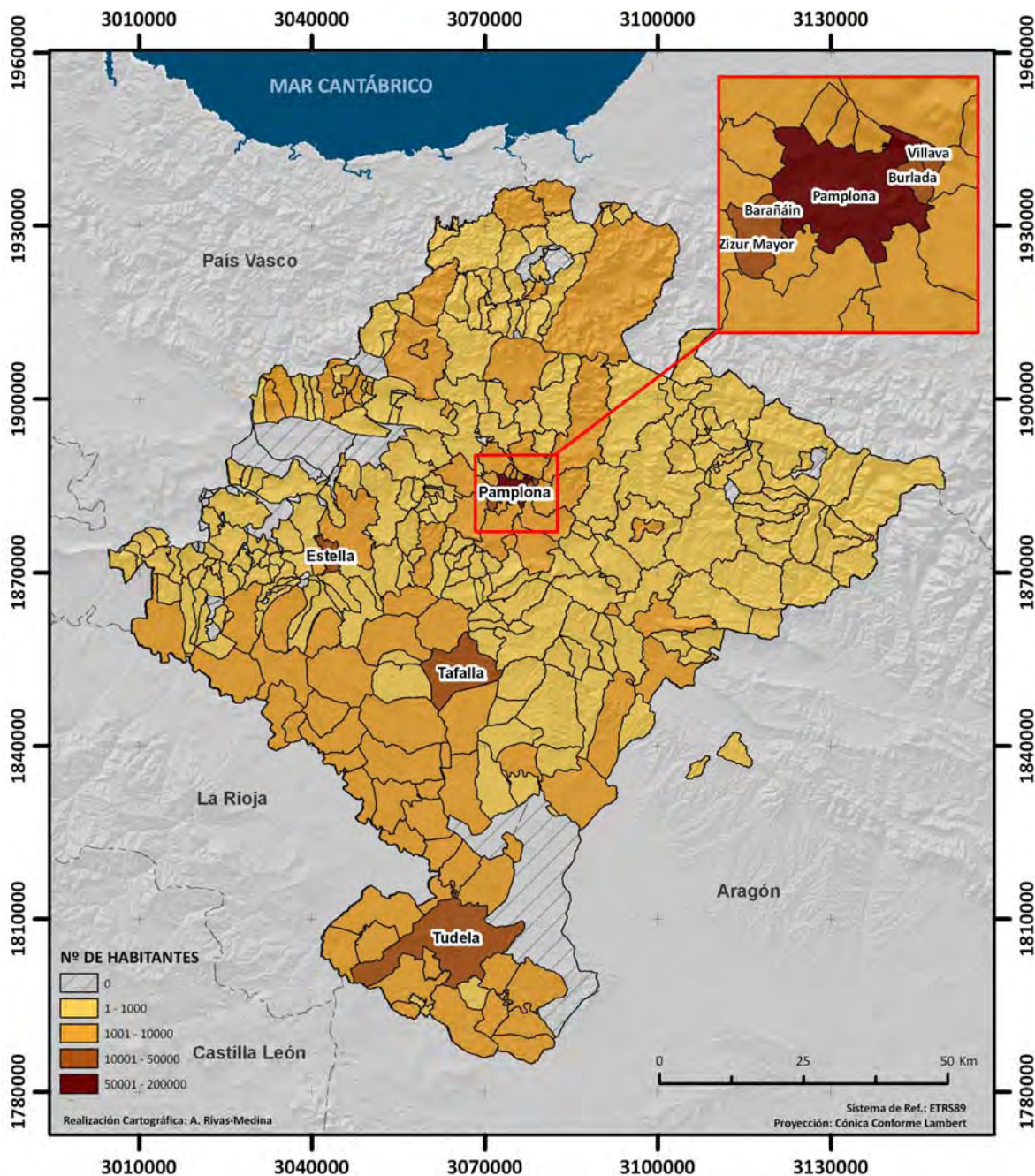


Figura 10.32. Análisis de la distribución del número de edificios con daño leve, moderado y grave en los municipios con daño medio igual a 2.

La población municipal que se ha incorporado al estudio corresponde con el censo de población del Instituto Nacional de Estadística actualizado a 1 de enero de 2006 para cada municipio de Navarra, esta información será de gran importancia para determinar la exposición real al riesgo sísmico. La ciudad más poblada es Pamplona, que aglutina aproximadamente a la mitad de la población de Navarra (casi 200.000 habitantes). A continuación figuran poblaciones como Tudela o Tafalla, junto con municipios próximos a la capital pamplonica (Barañáin, Burlada, Zizur Mayor y Villava), tal y como se muestra en la Figura 10.33.

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria



**Figura 10.33** Distribución de la población de la Comunidad Foral de Navarra por municipio.

Como complemento al mapa de población total, se presenta el número promedio de personas por edificio en cada municipio de Navarra (**Figura 10.34**; Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Este es un estimador aproximado de la densidad de población del municipio. Se aprecia que algunos municipios del extrarradio de Pamplona (Barañáin, Burlada) cuentan en promedio con más habitantes por edificio que la propia capital, lo cual incrementa la cantidad relativa de personas expuestas al riesgo sísmico.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

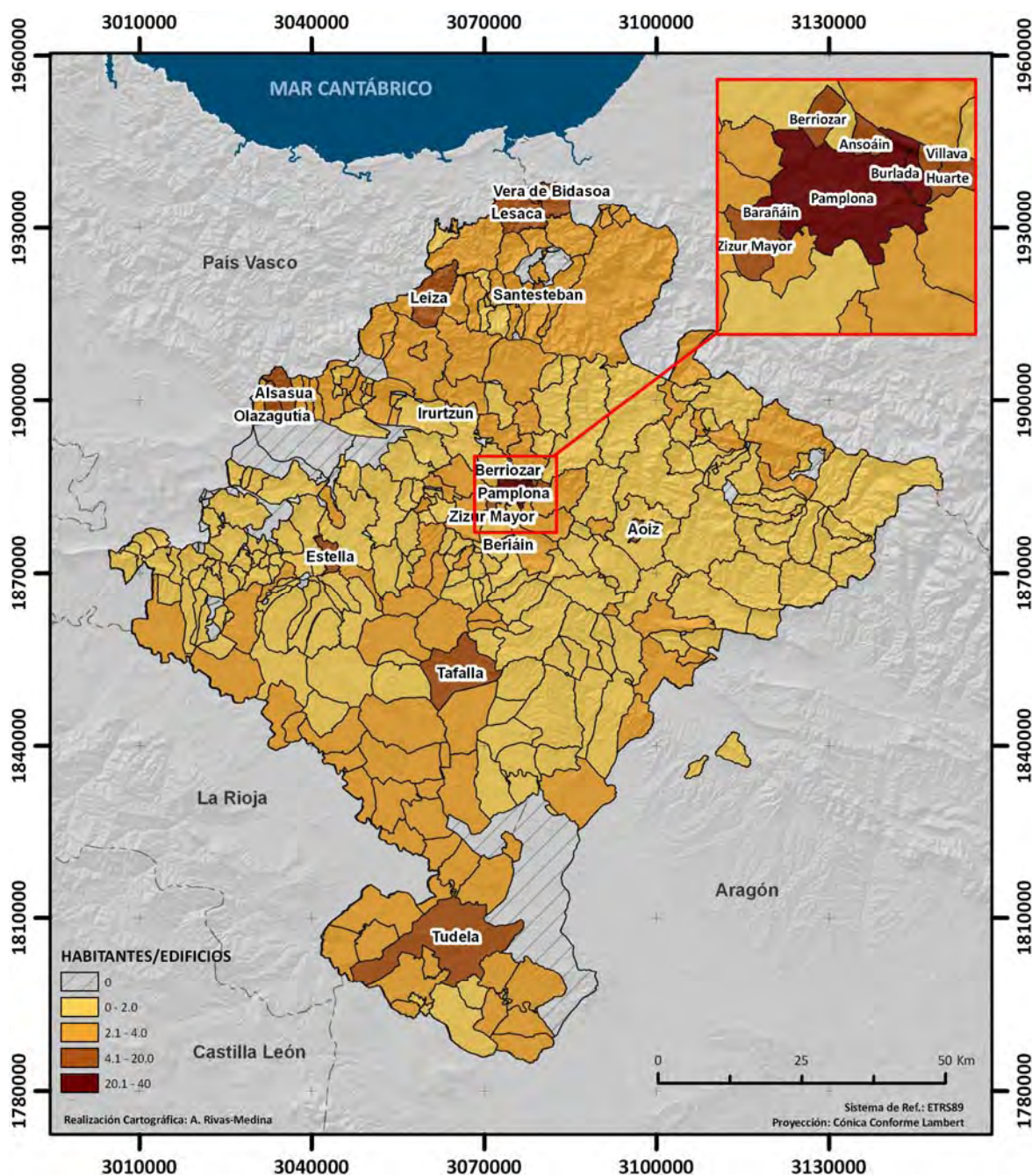


Figura 10.34 Mapa el número promedio de personas por edificio en cada municipio de Navarra

Por último se propone una serie de criterios para establecer diferentes niveles de actuación que se asocian a cuatro valoraciones de riesgo. Éstas se definen por combinación de valores de determinados parámetros indicativos del movimiento y del daño esperado. Siguiendo esos criterios, el usuario final podrá identificar los municipios que quedan englobados en cada clase o valoración de riesgo y que serían objeto de cada uno de los niveles de actuación.



Los parámetros seleccionados por su representatividad del riesgo sísmico son los siguientes:

- Intensidad macrosísmica para un periodo de retorno de 475 años, como parámetro característico del movimiento del suelo y relacionado a su vez con el daño esperado.
- Daño medio, número de edificios inhabitables y porcentaje de edificios inhabitables, como parámetros representativos del daño esperado para el movimiento sísmico indicado previamente.
- Número total de habitantes y densidad de población promedio, como indicadores de la población expuesta en cada municipio.
- Número promedio de personas que viven en edificios que quedarían inhabitables ante el movimiento sísmico esperado (número de personas que quedarías *sin hogar*), como indicador combinado de daño y personas afectadas.





## 11 VISOR-RISNA

Para poder mostrar los resultados de un modo sencillo e intuitivo se ha desarrollado una herramienta Web interactiva que permitirá a Protección Civil acceder a los resultados del estudio por medio de mapas y consultas guiadas a la base de datos. Del mismo modo, también se prevé desarrollar una aplicación que permita jerarquizar los municipios con mayor riesgo según los parámetros fijados en el apartado anterior.

Para diseñar la herramienta se parte de las especificaciones OGC<sup>11</sup>. que ofrecen un conjunto de servicios apropiados para esta finalidad.

### 11.1 SERVICIOS OGC

Los Servicios OGC consisten en un conjunto básico de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales, cuya finalidad es facilitar la disponibilidad y el acceso a la información espacial, tanto a las propias instituciones como al público general, fomentando su integración a través de Internet. Para ello, hace uso de un conjunto de estándares, protocolos y especificaciones, teniendo en cuenta que los estándares facilitan la comunicación y el acceso a la información, minimizan costes de actualización de nueva información, maximizan la utilidad y la estabilidad de los productos de información y permiten operar bajo condiciones conocidas a un número mayor de aplicaciones.

---

<sup>11</sup> Open Geospatial Consortium (OGC) fue creado en 1994 y agrupa a más de 250 organizaciones públicas y privadas. Su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios.



Los servicios más importantes que especifica OGC son:

### ***11.1.1 WFS - Web Feature Service***

Un servicio WFS permite consultar y recuperar libremente datos vectoriales, así como la información alfanumérica ligada a la misma. Habitualmente los datos proporcionados están en formato GML, pero cualquier otro formato vectorial puede ser válido. Este servicio permite también la manipulación de la propia geometría.

### ***11.1.2 WCS - Web Coverage Service***

Es el servicio análogo a un WFS para datos ráster. Permite no solo visualizar información ráster, sino además consultar el valor de los atributos o atributos almacenados en cada píxel.

### ***11.1.3 WMS - Web Map Service***

Un servicio WMS permite publicar mapas a partir de datos georreferenciados mediante el intercambio de peticiones y respuestas XML. Los datos de partida pueden ser datos vectoriales, mapas digitalizados, ortofotos o datos de otro tipo. La representación está organizada en una o más capas, que pueden visualizarse u ocultarse una a una. Se puede consultar cierta información disponible y las características de la imagen del mapa. Este estándar define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital adecuado para la exhibición en una pantalla de ordenador. Los mapas producidos por WMS, son imágenes digitales que se genera automáticamente en función de la orden o consulta que el usuario hace, en formatos como PNG, GIF o JPEG, y ocasionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile).

Considerando las diferentes opciones de servicio, finalmente se eligió el servicio WMS, por ser el único que permite la combinación de capas ráster y vectoriales, ya que los resultados de este trabajo comprenden ambos formatos. Del mismo modo, una de las máximas de la aplicación era dar acceso al usuario a la información que contienen las capas, tanto vectoriales como ráster, por lo que se hace necesario desarrollar una herramienta que facilite el acceso a las imágenes ráster (valor del píxel) y a los atributos de las capas vectoriales (incluyendo las tablas enlazadas a ellas).

## 11.2 SOFTWARE

Para diseñar el servicio WMS de esta aplicación se utilizó ArcGIS Server v9.3. Los motivos de esta elección fueron dos: total compatibilidad con los programas utilizados en el desarrollo del SIG-RISNA, y las ventajas que ofrece para la construcción de aplicaciones del tipo del VISOR-RISNA.

### 11.2.1 ArcGIS Server (Servidor de aplicaciones GIS)

ArcGIS Server es una plataforma diseñada para desarrollar aplicaciones y servicios GIS profesionales, capaces de gestionar, visualizar y analizar información geográfica de manera centralizada. ArcGIS Server ofrece las siguientes ventajas:

- Permite una administración centralizada de la información, así como construir aplicaciones Web y servicios desde los que acceder a todas las funcionalidades del SIG-RISNA, proporcionando las herramientas necesarias para diseñar una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA).
- Da soporte a servicios OGC: WMS, WFS, WCS, SLD SFS, SFS, SFS, GML
- Tiene capacidad para generar aplicaciones personalizadas en las plataformas Java o .NET, esta última será la utilizada para esta aplicación.
- Permite el acceso a la aplicación a múltiples usuarios sin que estos tengan necesidad de instalar ningún programa en el equipo, facilitando el acceso.

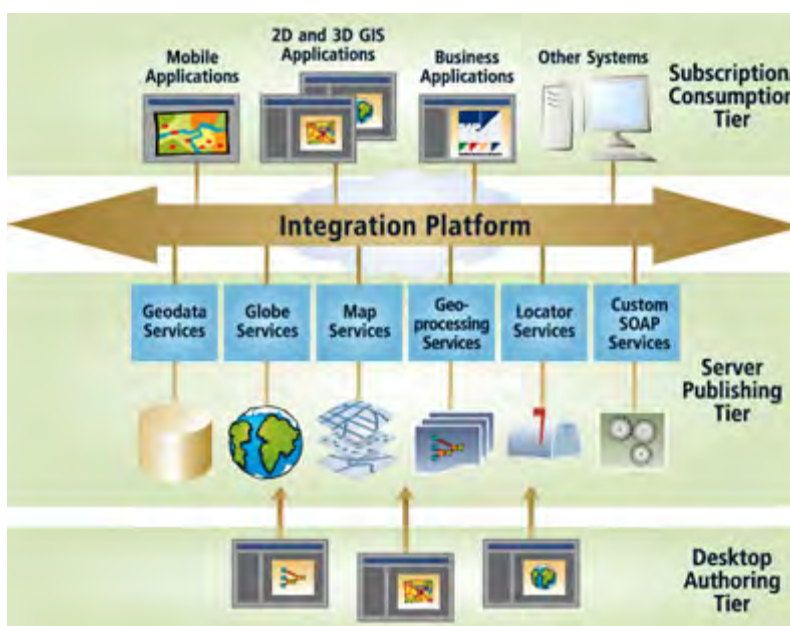


Figura 11.1. Diagrama de ArcGIS Server



Además, la versión 9.3 permite acceder a la información contenida en las capas ráster, lo que nos permite poder mostrar los resultados de peligrosidad sísmica en su formato original, tal y como ha sido almacenada en el SIG-RISNA.

## 11.3 DISEÑO CARTOGRÁFICO

El empleo de un servidor de mapas Web para mostrar la información geográfica requiere de un diseño cartográfico apropiado para la temática que se muestra. En este caso, será necesario componer una vista dinámica de la cartografía básica y temática que se quiere mostrar.

### 11.3.1 *Objetivo y requisitos*

Para poder diseñarlo, se deben considerar los objetivos específicos del VISOR-RISNA, donde se estableció que el objetivo general del visualizador Web era mostrar los resultados del estudio de un modo fácil e intuitivo y dotar a protección civil de una herramienta que le sirviese para la ordenación territorial atendiendo al riesgo sísmico de la región.

Los objetivos específicos del VISOR-RISNA se establecieron siguiendo los objetivos generales.

Mostrar los resultados parciales y finales del estudio por medio de un conjunto de capas de información temática. Para facilitar la comprensión éstas capas deben estar debidamente simbolizadas por medio de técnicas cartográficas apropiadas y clasificadas de un modo intuitivo agrupando aquellas que se consideren de la misma familia y generando un menú desplegable para su acceso.

Se diseñará una serie de consultas predeterminadas que faciliten al usuario final la búsqueda de información específica, tales como ¿Qué municipios de Navarra se estima tengan una intensidad macrosísmica mayor o igual a VII? ¿Qué municipios de Navarra tienen mayor número de edificios vulnerables o porcentaje? ¿Qué municipio de Navarra se espera tenga mayor número de edificios inhabitable y que porcentaje? ... etc.

Se desea que Protección civil pueda establecer una jerarquía de municipios con mayor riesgo; para ello, se diseñará una consulta donde se accederá automáticamente a una serie de parámetros previamente establecidos y que son representativos del riesgo, donde el usuario podrá establecer los umbrales o valores límite que considere suficientes para el análisis del riesgo.



Teniendo en cuenta los objetivos de VISOR-RISNA, se consideran los requisitos siguientes, para poder mostrar la información del modo más claro posible.

#### 11.3.1.1 Territorio que se desea visualizar.

El visualizador debe mostrar la totalidad de la Comunidad Foral de Navarra, permitiendo al usuario final tener una visión de conjunto de la variación de los parámetros que se muestran en toda la región y permitiéndole el acceso a una vista más cercana de las diferentes partes del territorio que la componen.

#### 11.3.1.2 Escala de visualización.

Se considera que la escala de visualización natural de los datos es aquella que permita tener una visión global de las variables. No obstante, para tener una visión más profunda de los datos, se permitirá la visualización de los mismos hasta una escala mayor.

#### 11.3.1.3 Sistema de referencia y proyección cartográfica

Se fija como sistema de referencia el ETRS89 (Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989) coincidiendo con el sistema de referencia oficial de España, tal como se ha tenido en cuenta en el estudio.

Para la presentación final de resultados por medio de cartografía temática a escalas pequeñas, se utilizará la proyección Cónica Conforme de Lambert, tal como aparece publicado en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el 29 de agosto de 2007.

*“CAPÍTULO II. Artículo 5. Representación planimétrica de cartografía oficial.*

*1. Para cartografía terrestre, básica y derivada, a escala igual o menor de 1:500.000, se adopta el sistema de referencia de coordenadas ETRS-Cónica Conforme de Lambert.*

*2. Para cartografía terrestre, básica y derivada, a escalas mayores de 1:500.000, se adopta el sistema de referencia de coordenadas ETRS-Transversa de Mercator.*

*3. Para cartografía náutica se adopta la proyección Mercator.”*

#### 11.3.1.4 Tipo de datos

El tipo de datos o formato de la información que se va a visualizar tiene un carácter mixto. La información se representará siguiendo el modelo vectorial o el modelo ráster, según la naturaleza (continua o discreta) de los datos mostrados. No obstante, los servicios WMS generan automáticamente imágenes dependientes de las consultas realizadas por el usuario.



### ***11.3.2 Procesos de información cartográfica.***

En esta etapa se desarrollan los procesos y actividades necesarios que debe tener la información geográfica para la correcta representación cartográfica.

#### **11.3.2.1 Identificación de la información necesaria**

Se distinguirá entre dos tipos de información geográfica: la que compone la cartografía básica de la zona y la que compone la cartografía temática que se ha estudiado.

##### Cartografía básica.

La cartografía base es una imagen sintética del territorio, cuyo objeto es la referenciación geográfica del contenido temático que se muestra, proporcionando un contexto espacial al contenido temático.

Para la correcta referenciación geográfica de las capas temáticas se considera que la cartografía base debe tener esta compuesta por la siguiente información:

- Límites administrativos de la zona de estudio y los alrededores:
  - Límites nacionales
  - Límites autonómicos
  - Límites municipales
- Hidrografía de la zona de estudio y los alrededores
  - Red hidrográfica
  - Hidrografía superficial (mar, embalses, lagos...)
- Núcleos de población de la zona de estudio
- Modelo digital del terreno (MDT)
- Toponimia apropiada

La información anterior tendrá formato vectorial excepto el MDT que se representará por medio de una capa ráster.



### Cartografía temática.

La cartografía temática, se utiliza para representar gráficamente sobre un plano uno o varios fenómenos que son el objeto de estudio. E en este caso, se utilizará para representar el riesgo sísmico de Navarra; para ello, se considera que la información que se debe mostrar es la siguiente:

- Peligrosidad sísmica de la zona.
- Amplificación local del suelo.
- Vulnerabilidad de las estructuras de la región.
- Daño estructural esperado.

#### 11.3.2.2 Obtención de información

La información geográfica necesaria para la cartografía básica se obtendrá del Mapa Digital de Navarra a escala 1:100.000 (MDN100) y la información temática se tomará de los resultados finales del SIG-RISNA.

#### 11.3.2.3 Adecuación de la información

Para adecuar la información a las necesidades de la aplicación se deberá realizar una serie de pasos:

1. Selección de la información necesaria para mostrar en el visualizador, incluyendo tanto la información geográfica que compone la cartográfica básica (obtenida del MDN100) como la información temática obtenida de los resultados del SIG-RISNA.
2. Transformación de coordenadas. Al tener dos fuentes de datos diferentes (MDN100 en ED50-UTM.H30 e información del SIG en ETRS89), hay que adaptar la información al sistema de referencia y proyección cartográfica elegidos para mostrar la información (ETRS89-UTM.H30).
3. Edición geométrica y homogeneización. Se debe comprobar y corregir la geometría de las capas de información (especialmente la que proviene del MDN100) y homogeneizarla para la escala de visualización.

### ***11.3.3 Diseño del entorno de visualización***

En esta fase se describirá y definirá el aspecto visual del entorno de visualización Web (**Figura 11.2**).



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

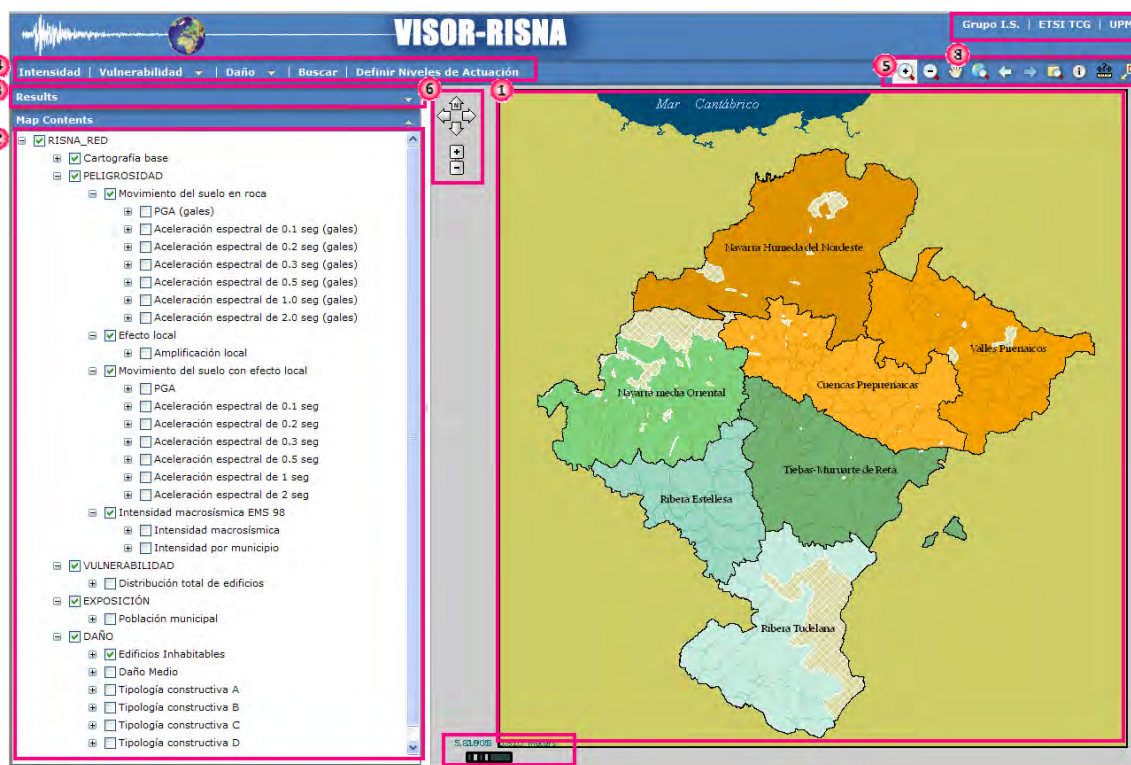


Figura 11.2. Entorno de visualización del VISOR-RISNA

Este entorno esta compuesto por:

1 Ventana de Visualización de Mapas:

Donde se representaran geográficamente los resultados del estudio.

2 Ventana de contenido:

Donde aparece, por medio de un menú desplegable, una lista de toda la información que se puede consultar. Esta información esta jerarquizada y agrupada según la temática, generando así cinco grupos: cartografía básica, peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, exposición y daño estructural.

Para mejorar la interpretación de los resultados que se muestran en la ventana de visualización, se añade a cada capa de información la leyenda correspondiente.

3 Ventana de Resultados

Donde aparecen los resultados de las consultas que el usuario desee almacenar para su posterior consulta.

#### 4 Barra de Consultas

Donde, por medio de un menú desplegable, se tendrá acceso a una serie de consultas a la base de datos que previamente se han programado. Dentro de estas consultas, cabe destacar la que permite definir los niveles de actuación.

#### 5 Barra de Herramientas

Donde aparece un conjunto de herramientas que permitirán al usuario moverse libremente en el espacio de visualización:



Ampliar los elementos (zoom más): Permite al usuario “acercarse” a los elementos del mapa. Debe seleccionarla y a continuación hacer un clic sobre la zona del mapa que se desea ampliar.



Reducir elementos (zoom menos): Permite al usuario “alejarse” de los elementos y obtener una visión más general del mapa. Debe seleccionarla y a continuación hacer clic sobre una zona del mapa.



Desplazamiento por la cartografía (pan, encuadre): Permite al usuario moverse por la cartografía, en cualquier dirección, sin modificar la escala de visualización. Debe seleccionarla y a continuación hacer clic sobre un punto del mapa y arrastrar el ratón en la dirección que desee desplazarse.



Ir a la extensión global: Permite al usuario visualizar toda España.



Ver extensión anterior: Permite visualizar la extensión anterior del mapa.



Ver extensión siguiente: Permite visualizar la extensión siguiente del mapa.



Ampliar los elementos de una ventana (zoom ventana): Permite al usuario “acercarse” a los elementos del mapa incluidos en una ventana. Debe seleccionarla, hacer un primer clic sobre el mapa y, manteniendo el ratón pulsado, definir el área que se quiere ampliar con una ventana.



Este botón te permite consultar información de la base de datos referente a un elemento del mapa que se desee.



Medidor de distancias, áreas y perímetros: Permite realizar mediciones sobre el mapa de distancias entre dos puntos, distancias acumuladas, y cálculo de superficies.



Mapa guía: Permite tener una referencia de la posición de nuestra vista actual sobre la totalidad de Navarra.



## **6** Señalización del Norte

Señalización del norte geográfico para ayudar a la orientación del usuario en la visualización de la cartografía.

## **7** Escala gráfica

Barra graduada según la escala de visualización de la cartografía.

## **8** Accesos a páginas de interés

Por ultimo se ha incluido un acceso a ciertas páginas Web de interés, este ellas la del Grupo de Ingeniería Sísmica de ETSITCG y página Web de ESTITCG.

### **11.3.4 Redacción Cartográfica**

El entorno de visualización de la información temática está compuesto por dos elementos fundamentales como ya se ha dicho anteriormente: una base geográfica (mapa base) y un conjunto de capas de contenido temático. El usuario habrá de ser, por tanto, capaz de integrarlas, visualizarlas e integrarlas.

La cartografía base proporciona información espacial sobre la que referenciar el contenido temático. Por ello, la simbolización que se debe utilizar debe tener un carácter claramente secundario frente a la información temática.

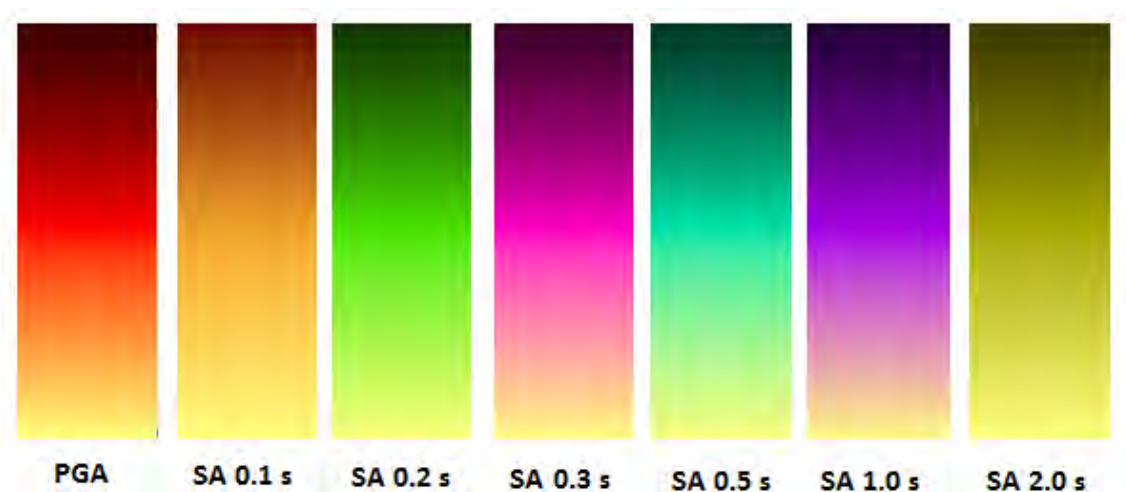
Las capas temáticas que se pretende mostrar en el visualizador corresponden con dos modalidades de representación claramente diferenciadas y para mostrarlas se empleará las técnicas de representación cartográfica que mejor las exponen.

#### Representación de parámetros que varían de forma continua en el terreno

Para los mapas de peligrosidad sísmica en roca (sin tener en cuenta la amplificación del suelo) se ha mostrado la variable tal y como se distribuye en el terreno, utilizando una gama de tonos continua para mostrar su variación en la zona de estudio. Esta simbolización da una idea aproximada del valor de la variable en cada punto del terreno y permite ver fácilmente la variación de la misma en éste.

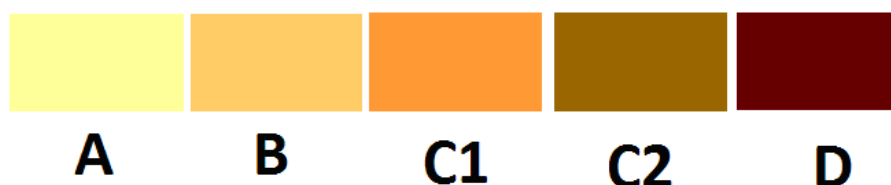
Cada variable tiene una gama de color propia que se conservará cuando se muestra esa misma variable, pero incluyendo el efecto del suelo.

Las gamas de colores para las distintas aceleraciones espectrales representadas se muestran en la **Figura 11.3**.



**Figura 11.3** Gama de colores para representar las aceleraciones espectrales de la peligrosidad sísmica en roca

El mapa geotécnico corresponde una variable de tipo cuantitativo, pero además, dentro de este estudio, a cada clase de suelo identificado le corresponde un factor de amplificación diferente, aumentando la amplificación de este modo:  $A < B < C1 < C2 < C2$ .



**Figura.11.4** Simbología utilizada en el mapa geotécnico

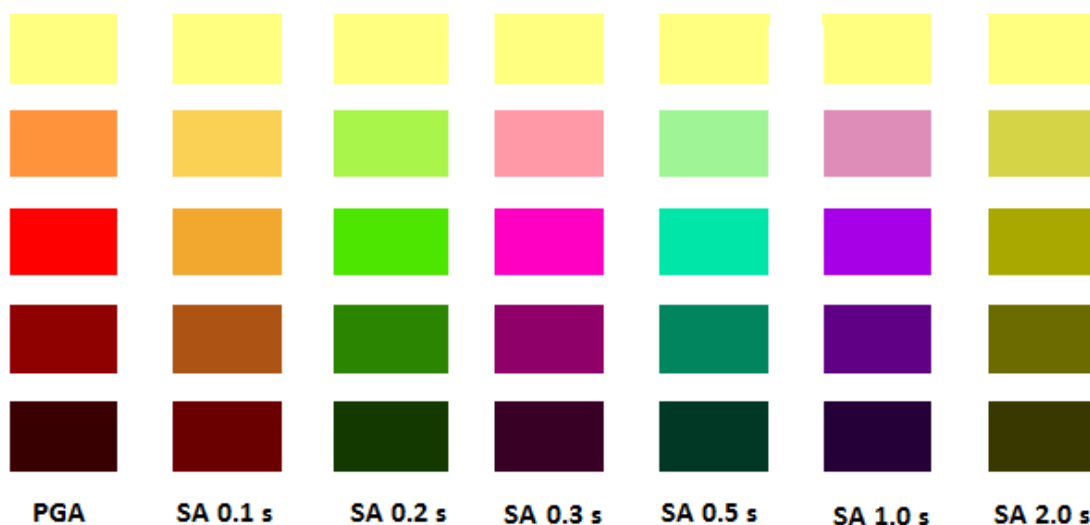
Para los mapas de peligrosidad sísmica con efecto local y para el mapa de intensidad macrosísmica se han utilizado, como técnica de representación, las isólinas. Un mapa de isólinas es la representación bidimensional de un volumen suavizado, o de una superficie estadística suavizada.

Este tipo de técnica es la más adecuada para la representación de distribuciones continuas, y es por tanto la herramienta fundamental para la creación de mapas relacionados con estas variables del proyecto.

La información numérica se simboliza mediante elementos lineales acotados, pero en este caso se han coloreado los espacios interlineales con una gama del tipo "a

valor más alto, tono más oscuro" cuya única misión es facilitar la comprensión del mapa. Se asumirá por tanto que el valor entre dos líneas varía progresivamente a pesar de que el color sea uniforme.

La gama de colores empleada en los mapas de peligrosidad sísmica con efecto local o de suelo es la misma que la empleada en los mapas de peligrosidad sísmica en roca, tal y como se muestra en la **Figura.11.4**.



**Figura 11.5** Gama de colores para representar las aceleraciones espectrales que representan la peligrosidad sísmica con efecto local

Siguiendo los criterios anteriores se definió la gama de colores para el mapa de intensidad:



**Figura 11.6** Simbología utilizada en el mapa de intensidad macrosísmica

### Representación de parámetros que varían de forma discreta en el terreno

Este tipo de cartografía corresponde a los mapas de intensidad macrosísmica de las unidades de trabajo, mapas de vulnerabilidad y mapas de daño. Para este tipo de mapas se utilizó la técnica de coropletas.

Los mapas de coropletas son una forma de cartografiado cuantitativo utilizada para la representación de fenómenos discretos asociados a unidades de enumeración, en este caso, los municipios de Navarra, a las que se aplican símbolos

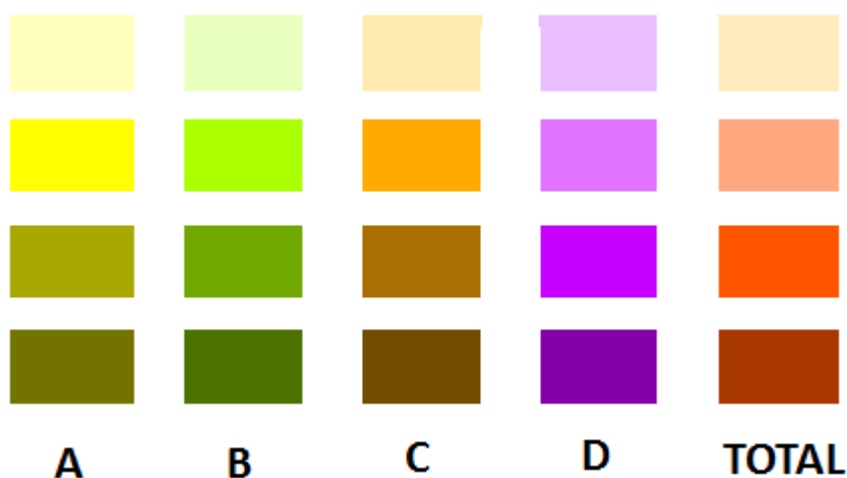


superficiales de acuerdo con su valor. Por lo tanto, y al contrario que en los mapas de isolíneas, se asume que el valor dentro de cada unidad de enumeración o corograma, se mantiene constante. Para ello se han utilizado colores diferentes aplicados a estas zonas siguiendo el criterio de 'cuanta más cantidad, más oscuro'.

Por este motivo, se puede decir que un mapa de coropletas es simplemente una representación planimétrica de un modelo de datos tridimensional, en el que se consideran superficies y no puntos.

La gama de colores empleada en el mapa de intensidad macrosísmica en cada municipio coincide con la empleada en el mapa de representación continua de la misma variable.

En el resto de mapas, como en los casos anteriores, se ha utilizado una gama de colores distinta para diferenciar las variables. Esta gama es común en los mapas de vulnerabilidad y daño, identificando ésta las diferentes tipologías estructurales de Navarra.



**Figura 11.7** Gama de colores para representar las diferentes tipologías estructurales de la zona de estudio en los mapas de vulnerabilidad y daño.

### 11.3.5 Definición de consultas

Para mejorar el acceso a la información de la base de datos por parte del usuario final, se ha diseñado una serie de consultas a la base de datos que pueden servir de ayuda a un usuario no experto y ampliar las funciones de la aplicación.

Estas consultas se presentan como una barra de menú ubicada en la esquina superior izquierda. Este menú se compone de los siguientes módulos:



- Intensidad. Donde se pueden consultar los municipios con intensidad igual o mayor que un cierto grado que se considere.
- Vulnerabilidad. Donde se pueden consultar los municipios con una vulnerabilidad estructural igual o mayor que un cierto número de edificios y con un cierto porcentaje de los mismos.
  - Vulnerabilidad A
  - Vulnerabilidad B
  - Vulnerabilidad C
  - Vulnerabilidad D
- Daño. Donde se pueden consultar los municipios que se espera tengan un número o porcentaje determinado de edificios con daño leve, moderado o grave.
  - En edificios tipo A
  - En edificios tipo B
  - En edificios tipo C
  - En edificios tipo D
  - Daño medio
  - Edificios inhabitables
- Buscar. Es una búsqueda de municipios por nombre.
- Niveles de actuación. Constituye la consulta más importante de la aplicación. En ella, mediante la fijación de valores límite a unos parámetros preestablecidos, se puede desarrollar una jerarquía de municipios en función del riesgo sísmico esperado. Estos parámetros son elegidos entre los muchos resultados del estudio por su representatividad del riesgo y son:

Intensidad macrosísmica para un periodo de retorno de 475 años, como parámetro característico del movimiento del suelo y relacionado a su vez con el daño esperado.

Daño medio, número de edificios inhabitables y porcentaje de edificios inhabitables, como parámetros representativos del daño esperado para el movimiento sísmico indicado previamente.



Número total y porcentaje de edificios que se espera queden inhabitables.

Número promedio de personas que viven en edificios que quedarían inhabitables ante el movimiento sísmico esperado (número de personas que quedarías *sin hogar*), como indicador combinado de daño y personas afectadas.

La fijación de los umbrales máximos o mínimos de estos parámetros se deja preparado para que sea el usuario final (Protección Civil), dependiendo de sus recursos e infraestructuras, los que estimen que número de los mismos es crítico para identificar con un grado de emergencia determinado.



## 12 CONCLUSIONES

Se describen a continuación las conclusiones más relevantes respecto a la herramienta SIG diseñada y utilizada en este trabajo.

- Los Sistemas de Información Geográfica son imprescindibles para depurar, homogeneizar y georreferenciar la información espacial y de riesgo sísmico disponibles.
- El análisis de riesgo sísmico requiere el desarrollo de una herramienta SIG específica y “a medida”. integrando y particularizando los datos y procesos propios de la evaluación de este riesgo.
- El Sistema de Información Geográfica implementado ha sido de gran utilidad a la hora de estimar el daño potencial de la región de estudio, ha facilitando la toma de decisiones de los expertos durante el proceso de cálculo y ha sido de gran ayuda para la interpretación de los resultados finales.
- La automatización de los procesos SIG diseñados a lo largo de estudio ha proporcionado una herramienta que facilitará futuras reevaluaciones del riesgo ante actualizaciones de vulnerabilidad o cambios de escenarios.
- Del mismo modo, el SIG proporciona una infraestructura de datos espaciales y de riesgo sísmico que constituye un conjunto de información de gran valor para sucesivos proyectos.

Algunas de las conclusiones más importantes sobre la aplicación de visualización Web desarrollada en el trabajo se exponen a continuación.



- Los servicios de mapas Web (WMS), proporcionan una herramienta de gran importancia para difundir información geográfica, permitiendo generar un entorno óptimo para la transmisión de resultados.
- Los software con ArcGIS Server, permiten generar aplicaciones Web de un modo fácil y sencillo, proporcionando una herramienta de gran ayuda para la difusión de resultados de estudios como el presentado en este trabajo.
- El hecho de facilitar el acceso a la base de datos del estudio de un modo interactivo y dinámico, como hace la aplicación Web, implica que los resultados de estudio sean mucho más accesibles a un número mayor de usuarios.
- Con esta herramienta se ha intentado dar un soporte a Protección Civil para desarrollar sus planes de emergencia regionales y diseñar las estrategias a seguir a nivel municipal.

El estudio realizado a través del SIG presentado en este proyecto ha servido de base para el desarrollo del plan de emergencias ante el riesgo sísmico de la Diputación Foral de Navarra, que se encuentra en curso de homologación. Este hecho avala la importancia y utilidad de la herramienta objeto de este proyecto.





## ***13 DIFUSIÓN DEL TRABAJO***

Hasta la fecha, este trabajo ha sido difundido a través de congresos y jornadas nacionales e internacionales. Este trabajo se ha presentado en los siguientes eventos:

### **VII JORNADAS INTERNACIONALES DE APLICACIONES GEOMÁTICAS EN INGENIERÍA**

Estas jornadas se celebraron en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid, del 25 al 28 de noviembre de 2008. Están destinadas a profesionales, investigadores, docentes y estudiantes del ámbito de la Geomática, siendo esta séptima edición un recorrido por los temas más actuales y aplicaciones más llamativas de la Geomática, considerándose como una de las convocatorias más prestigiosas y respetadas entre profesionales e investigadores de ámbito nacional.

La participación se realizó por medio de la siguiente presentación oral:

**Título: Los Sistemas de información Geográfica como herramienta para la evaluación del riesgo sísmico. Aplicación en Navarra.**

**Autores: A. Rivas, M<sup>a</sup>. J. García y B. Benito.**

En esta presentación se expusieron las particularidades del sistema de información geográfica que se ha descrito en este texto.



## EUROPEAN GEOSCIENCES UNION GENERAL ASSEMBLY 2009

Anualmente, la EGU (Unión Europea de Geociencias) celebra una asamblea general donde científicos de todo el mundo presentan sus últimos trabajos realizados en todas las disciplinas relacionadas con Ciencias de la Tierra, espaciales y planetarias. El pasado día 19 hasta el 24 de abril se celebró la asamblea de 2009 en Viena. En esta reunión se presentó en categoría de póster la utilidad del VISOR-RISNA como herramienta de ayuda a la comunicación y transmisión de resultados de un estudio de carácter científico-técnico a usuarios finales no familiarizados con la materia.

Sesión: *Natural Hazards Education and Communications to Students, Government Officials and to the Public*

Título: *Interactive web visualization tools to the results interpretation of a seismic risk study aimed at the emergency levels definition*

Autores: A. Rivas-Medina, V. Gutiérrez, J. M. Gaspar-Escribano, and B. Benito

En la misma categoría, se presentó también otro trabajo, fruto de un estudio más amplio, para el que se tuvieron en cuenta las lecciones aprendidas en este proyecto, referentes a la simbolización y técnicas cartográficas más apropiadas para representar el riesgo sísmico.

Sesión: *Natural Hazards Education and Communications to Students, Government Officials and to the Public*

Título: *On communicating earthquake risk in low-activity areas*

Autores: J. M. Gaspar-Escribano, M. J. García Rodríguez, A. Rivas-Medina, B. Benito, M. Wachowicz, M. A. Bernabé, and T. Iturrioz

Por último, se presentó otro trabajo en el que se exponía el estudio completo RISNA, para el que, como ya se ha visto, la utilización del SIG ha contribuido en gran medida:

Sesión: *Earthquake Risk and Loss Estimates: New Directions*

Título: *Seismic risk assessment of Navarre (Northern Spain)*

Autores: J. M. Gaspar-Escribano, A. Rivas-Medina, M. J. García Rodríguez, B. Benito, M. Tsige, J. J. Martínez-Díaz, and P. Murphy

Los *abstract* de los trabajos y una copia en A3 de los póster se presentan en el ANEXO 6



## ***14 DESARROLLOS FUTUROS***

Una vez concluido este trabajo y con la experiencia adquirida en el mismo, se plantean un conjunto de desarrollos y líneas futuras de trabajo que podrían contribuir a completar y mejorar el estado del arte en la materia.

En la actualidad son muchas las posibilidades que pueden ofrecer las técnicas de información geográfica en la evaluación de riesgos naturales, pero también hay que resaltar las posibilidades que presentan estas técnicas en la gestión de la emergencia ante eventuales futurmbiar as catástrofes, en relación con estos riesgos.

Dentro de la utilización de sistemas de información geográfica, se considera de especial importancia seguir apostando por la gestión y desarrollos de bases de datos completas, con información precisa y de calidad, y en formatos estándar que sirvan de punto de partida a proyectos futuros.

Otra línea que se considera muy importante en los SIG es la automatización de procesos, que puede ayuda a implementar de modo casi automático las metodologías diseñadas, así como adaptarlas a otras zonas de trabajo o a otros escenarios. La automatización facilita al mismo tiempo las actualizaciones sucesivas de los estudios que se realicen, sin más que cambiar las capas de información que requieran revisiones.

En este momento, en el que los planes regionales de las Comunidades Autónomas españolas se van completando, éstas deben decidir qué municipios tienen la obligación o la recomendación de incidir en un siguiente nivel y desarrollar el plan municipal ante el riesgo sísmico. Esto supone la realización de nuevos estudios a una escala de mayor detalle y con un planteamiento algo diferente al seguido en los estudios a nivel Autonómico, ya que si bien en estos se trataba de conocer los municipios con mayor riesgo de la Comunidad, ahora se pretende determinar el



grado de pérdidas esperadas ente determinados escenarios sísmicos que con cierta probabilidad puedan afectar al municipio.

Al cambiar la escala de trabajo, es necesario plantearse la inclusión de información más específica, como evaluaciones detalladas de la vulnerabilidad estructural de edificios que se puedan considerar de especial importancia por su afluencia de gente (escuelas, centros comerciales...) o por la importancia que adquirirían en una hipotética situación de crisis (hospitales, comedores públicos, pabellones, parques de bomberos...). Es necesario inventariar todos ellos y someterlos a un estudio en profundidad.

Apostando por la automatización de procesos e incorporándolos a una aplicación similar a la que se presenta en este trabajo puede incorporarse una herramienta de simulación de escenarios sísmicos. Esta herramienta podría proporcionar una estimación inicial aproximada del posible daño acaecido tras la ocurrencia de un terremoto, permitiendo una primera valoración de la situación de crisis y ayudando en las primeras tomas de decisiones, necesarias en esta circunstancia, por parte del equipo de emergencia.

En este sentido, también cabe destacar la importancia de estas herramientas en la gestión de la emergencia, cálculo de rutas de transporte, evacuación y emergencia, así como, un inventario completo de los recursos humanos y materiales disponibles en todo momento, incluyendo la posición geográfica exacta de todos ellos.



## ***DEFINICIONES Y ABREVIATURAS***

**Aceleración espectral (de periodo  $\tau$ ) ( $SA(\tau)$ ):** Es la aceleración máxima de respuesta de un oscilador libre de un grado de libertad, ante un movimiento de entrada en su base y de periodo  $\tau$ . La velocidad espectral y la aceleración espectral se pueden relacionar mediante la expresión  $SA(\tau) = 2 \cdot \pi \cdot SV(\tau) / \tau$

**Aceleración máxima del suelo:** véase *Aceleración pico del suelo*.

**Aceleración pico del suelo (PGA):** Valor máximo que toma la aceleración en el acelerograma. Normalmente se considera que la PGA es la *aceleración espectral* de periodo cero.

**Aceleración pico efectiva (EPA, del inglés, *Effective Peak Acceleration*).** Se define como el promedio de las aceleraciones espectrales en el intervalo de periodos de 0.1 a 0.5 s dividido por 2.5.

**Árbol lógico:** Herramienta lógica que se utiliza para incorporar distintas opciones en el cálculo de la peligrosidad sísmica, asignándoles pesos que representan la verosimilitud del analista de que la opción correspondiente reproduzca el caso real. El árbol lógico se compone de nodos, que representan elementos que intervienen en el cálculo, y ramas, que representan diferentes opciones alternativas para esos elementos.

**Base de datos de proyecto.** Es la base de datos que contiene la información de las unidades geográficas mínimas del Proyecto RISNA. Donde aparecen todos los valores que caracterizan la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo sísmico obtenidos en este estudio.

**Curva de fragilidad.** Es una expresión que da el grado de daño que sufre una estructura para diferentes niveles del movimiento del terreno. En principio, existirán tantas curvas de fragilidad como tipos diferentes de estructuras (o tipos diferentes de vulnerabilidad) se hayan definido. Una manera alternativa





de representar la información de las curvas de fragilidad es la definición de *matrices de probabilidad de daños*.

**Efecto local:** Efecto de amplificación ó atenuación del movimiento del suelo en relación con la topografía, tipo de suelo y estructura geológica subyacente al emplazamiento.

**Efecto de sitio.** Ver *Efecto local*.

**Escala EMS.** Escala Europea de Intensidad Macrosísmica (del inglés, *European Macroseismic Scale*).

**Escala MSK:** Escala de Intensidad Macrosísmica de Medvedev, Sponheuer y Karnik, ampliamente utilizada en Europa, sobre todo hasta la aparición de la escala EMS.

**EPA.** Ver *Aceleración pico efectiva*

**Intensidad macrosísmica:** Parámetro de tamaño del terremoto basado en sus efectos sobre estructuras y el terreno.

**Magnitud momento ( $M_w$ ):** Parámetro de tamaño del terremoto derivado del momento sísmico escalar, que se define como el producto de la superficie de ruptura en el plano de falla, el desplazamiento neto en la falla o dislocación y el coeficiente de rigidez. Es el parámetro de tamaño que mejor correlaciona con la energía liberada por el terremoto.

**Matrices de probabilidad de daños (MPD).** Es una matriz que da el grado relativo de daño que sufre una estructura en función del nivel del movimiento del terreno. En principio, existirán tantas MPDs como tipos diferentes de estructuras (o tipos diferentes de vulnerabilidad) se hayan definido. Una manera alternativa de representar la información de las MPDs es la definición de *Curvas de fragilidad* para diferentes tipos de edificación (diferentes clases de vulnerabilidad).

**Modelo del movimiento fuerte del suelo:** O simplemente, *modelo del movimiento*, es una expresión matemática que da el valor del parámetro del movimiento en un emplazamiento dado en función de su distancia a la fuente y de la magnitud del sismo y, frecuentemente, en función de otras variables como el tipo de suelo, el mecanismo focal, etc. También se denomina *ley de atenuación y relación de predicción del movimiento*. Frecuentemente se considera que el logaritmo del parámetro del movimiento predicho con el *modelo del movimiento* sigue una distribución normal.

**Parámetro del movimiento:** Término empleado para definir el tipo de movimiento del suelo empleado en el análisis. Los parámetros del movimiento más comunes son la aceleración pico del suelo, la aceleración espectral, la velocidad pico del suelo y la velocidad espectral.



**Peligrosidad sísmica:** La peligrosidad sísmica en un emplazamiento se define como la probabilidad de excedencia de un determinado nivel del movimiento del suelo a causa de los terremotos que afectan a dicho emplazamiento. Su inversa es el *periodo de retorno*.

**Periodo de recurrencia:** Es el intervalo de tiempo que transcurre entre la ocurrencia de un gran terremoto y otro en el *modelo del terremoto característico*.

**Periodo de retorno:** Es la inversa de la probabilidad de excedencia del movimiento del suelo.

**PGA:** véase *Aceleración pico del suelo*

**Probabilidad de excedencia:** Es la probabilidad de que un nivel del movimiento dado sea superado en un emplazamiento a causa de la acción de los terremotos del área de influencia.

**Riesgo sísmico.** Es el grado de pérdidas humanas y materiales ante la acción sísmica esperada en cada punto del territorio. Según el planteamiento probabilista, la acción sísmica se calcula con una determinada probabilidad de excedencia o periodo de retorno dados.

**SA( $\tau$ ):** véase *Aceleración espectral*

**Unidad geográfica mínima de trabajo.** Unidad mínima de trabajo utilizada en el SIG con información referente a la peligrosidad, a la clase de suelo, a la vulnerabilidad y al daño. En el Proyecto RISNA se asocia al Código Postal.

**Vs.** Velocidad de las ondas sísmicas S. Es un parámetro utilizado en la clasificación geotécnica de suelos.

**Vulnerabilidad.** La vulnerabilidad de una estructura es una medida cualitativa de su facilidad para ser dañada ante la acción de un terremoto.

**Zonificación:** Es una división del territorio en diferentes fuentes sismogénicas (zonas o fallas) de acuerdo con criterios sísmicos, tectónicos, geomorfológicos, etc.



# ***ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES***



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7.1. Principales placas tectónicas de la tierra. Imagen obtenida de kalipedia .....	18
Figura 7.2. Los epicentros del periodo histórico entre los años 1048 y 1919 están representados mediante valores de intensidad sísmica, mientras que los correspondientes al periodo instrumental 1920-2003, se representan por valores de magnitud. (Original a escala 1:2.250.000). La información sísmica proviene de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional actualizada al año 2003 .....	19
Figura 7.3 Mapa de Estaciones de la Red Sísmica Nacional del Instituto Geográfico Nacional .....	22
Figura 7.4 Mapa de peligrosidad sísmica de España (en valores de intensidad, escala EMS-98). Instituto Geográfico Nacional.....	23
Figura 8.1 Organigrama de trabajo del Proyecto RISNA .....	26
Figura 8.2. Zonas sismogénicas definidas particularmente en el proyecto RISNA tras un estudio sismotectónico específico para la región.....	28
Figura 8.3. Diagrama de Flujo del estudio de peligrosidad sísmica en roca. ....	30
Figura 8.4. Diagrama de Flujo del estudio de caracterización geotécnica.....	33
Figura 8.5. Diagrama de Flujo del estudio de vulnerabilidad sísmica.....	36
Figura 9.1. Muestra las unidades geográficas mínimas de trabajo que se considerarán en el estudio..	44
Figura 9.2 Ejemplo de una Clases y las partes que la comprenden.....	47
Figura 9.3 Relación de dependencia entre dos clases .....	48
Figura 9.4 Relación de Generalización entre dos clases.....	48
Figura 9.5 Relación de Asociación entre dos clases .....	49
Figura 9.6 Ejemplo de asociación entre dos clases.....	50
Figura 9.7 Tipos de agregaciones .....	51
Figura 9.8. Esquema en el que se muestra los módulos del estudio.....	53
Figura 9.9. Diagrama de clases UML del proyecto .....	55
Figura 9.10. Carga de datos en el entorno del programa (ArcGIS v.93).....	57
Figura 9.11. Ejemplo de corrección geométrica por falta de conexión entre líneas.....	59
Figura 9.12. Posición geográfica de los municipios con unidades mínimas de trabajo independientes que tienen el mismo código postal y código municipal pero están separadas geográficamente.....	62
Figura 9.13. Caso especial de territorio sin identificar.....	64
Figura 9.14. Solución tomada para el caso especial del municipio de Berrioplano.....	65
Figura 9.15. Posición geográfica de las unidades mínimas de trabajo independientes que no tienen asignación de vulnerabilidad. ....	70
Figura 9.16 Interfaz de ArcCatalog para los metadatos.....	81
Figura 9.17. Ejemplo de metadato, de un producto cartográfico, tal como se visualiza en ArcCatalog83	
Figura 9.18. Esquema en el que se muestra los módulos del estudio. ....	84
Figura 9.19 Diagrama de procesos realizados en el módulo de Cartografía.....	85



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

Figura 9.20 Diagrama de procesos realizados en el módulo de peligrosidad sísmica .....	86
Figura 9.21 Diagrama de procesos realizados en el módulo geotécnico .....	87
Figura 9.22 Diagrama de procesos realizados en el módulo de peligrosidad sísmica con efecto local y cálculo de intensidad macrosísmica.....	90
Figura 9.23 Estimación del porcentaje de intensidad de la superficie construida en cada unidad de trabajo.....	91
Figura 9.24 Escala de vulnerabilidad según EMS98.....	92
Figura 9.25 Diagrama de procesos realizados en el módulo de Vulnerabilidad .....	93
Figura 9.26 Definiciones e ilustraciones publicadas en la página Web del IGN. Muestran el daño esperado para edificios de fábrica( <a href="http://www.ign.es">www.ign.es</a> ) .....	96
Figura 9.27 Definiciones e ilustraciones publicadas en la página Web del IGN. Muestran el daño esperado para edificios de hormigón armado( <a href="http://www.ign.es">www.ign.es</a> ).....	97
Figura 9.28 Diagrama de procesos realizados en el módulo de Riesgo (Daño) .....	99
Figura 9.29 Esquema general de procesos .....	100
Figura 9.30. Proceso de Model Builder, muestra la reclasificación de una capa ráster según las especificaciones de una tabla en formato ASCII .....	101
Figura 9.31 Esquema general de proceso automático del estudio de peligrosidad sísmica. (desde aceleraciones en roca hasta intensidades macrosísmicas) .....	102
Figura 10.1 Mapa de peligrosidad sísmica en roca, expresado como aceleración máxima del terreno (PGA) esperada para un periodo de retorno de 475 años, obtenido en el marco del Proyecto RISNA	104
Figura 10.2 Mapa de la clasificación Sismo-Geotécnica de los suelos de Navarra obtenida en el marco del Proyecto RISNA.....	105
Figura 10.3. Movimiento esperado para periodo de retorno de 475 años, considerando el efecto del suelo, expresado en términos de PGA (gal). Resulta de combinar los valores de PGA en roca, estimados en el estudio de peligrosidad, con los factores de amplificación y la clasificación geotécnica propuesta en este estudio. Este mapa ha sido obtenido en el marco del Proyecto RISNA.....	106
Figura 10.4 Mapa de Peligrosidad Sísmica para un periodo de retorno de 475 años, en términos de Intensidad macrosísmica (EMS-98) en los municipios de Navarra. Este mapa ha sido obtenido en el marco del Proyecto RISNA .....	107
Figura 10.5. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad A. Izda: Nº total de viviendas de clase A de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: Porcentaje de clase A frente al total	110
Figura 10.6. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad B. Izda: Nº total de viviendas de clase B de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: Porcentaje de clase B frente al total	110
Figura 10.7. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad C. Izda: Nº total de viviendas de clase C de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: Porcentaje de clase C frente al total	110
Figura 10.8. Mapas de distribución de viviendas de vulnerabilidad D. Izda: Nº total de viviendas de clase D de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: Porcentaje de clase D frente al total. ....	110
Figura 10.9 Clasificación de la vulnerabilidad por unidades de trabajo, siguiendo el criterio: ALTA: porcentaje de vulnerabilidad A $\geq 45\%$ ; MEDIA: porcentaje de vulnerabilidad A+ porcentaje de vulnerabilidad B $\geq 50\%$ (y no pertenecen al tipo anterior); BAJA: el resto .....	111
Figura 10.10. Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad A. Izda: Nº total de viviendas de clase A con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase A con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	117





**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

Figura 10.11. Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad A. Izda: N° total de viviendas de clase A con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase A con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	117
Figura 10.12. Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad A. Izda: N° total de viviendas de clase A con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase A con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total .....	117
Figura 10.13. Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad B. Izda: N° total de viviendas de clase B con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase B con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	117
Figura 10.14. Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad B. Izda: N° total de viviendas de clase B con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase B con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	117
Figura 10.15. Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad B. Izda: N° total de viviendas de clase B con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase B con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total .....	117
Figura 10.16. Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad C. Izda: N° total de viviendas de clase C con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase C con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total .....	118
Figura 10.17. Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad C. Izda: N° total de viviendas de clase C con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase C con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	118
Figura 10.18. Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad C. Izda: N° total de viviendas de clase C con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase C con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total .....	118
Figura 10.19. Representación del Daño Leve en las viviendas de vulnerabilidad D. Izda: N° total de viviendas de clase D con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase D con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	118
Figura 10.20. Representación del Daño Moderado en las viviendas de vulnerabilidad D. Izda: N° total de viviendas de clase D con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase D con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	118
Figura 10.21. Representación del Daño Grave en las viviendas de vulnerabilidad D. Izda: N° total de viviendas de clase D con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de clase D con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total .....	118
Figura 10.22. Representación del Daño Leve en el TOTAL de las viviendas. Izda: N° total de viviendas con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de viviendas con daño leve de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total .....	119
Figura 10.23. Representación del Daño Moderado en el TOTAL de las viviendas. Izda: N° total de viviendas con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de viviendas con daño moderado de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	119
Figura 10.24. Representación del Daño Grave en el TOTAL de las viviendas. Izda: N° total de viviendas con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo y Drcha: porcentaje de viviendas con daño grave de cada unidad geográfica mínima de trabajo frente al total.....	119
Figura 10.25. Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad A. ....	119



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 1: Memoria

---

Figura 10.26. Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad B. ....	119
Figura 10.27. Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad C.....	119
Figura 10.28. Representación del Daño MEDIO en las viviendas de vulnerabilidad D. ....	119
Figura 10.29 . Representación del daño medio total esperado .....	120
Figura 10.30. Representación del número esperado de edificios que resultarían inhabitables.....	121
Figura 10.31. Distribución del número de edificios que se esperan inhabitables por cada municipio.	123
Figura 10.32. Análisis de la distribución del número de edificios con daño leve, moderado y grave en los municipios con daño medio igual a 2.....	124
Figura 10.33 Distribución de la población de la Comunidad Foral de Navarra por municipio. ....	125
Figura 10.34 Mapa el número promedio de personas por edificio en cada municipio de Navarra.....	126
Figura 11.1. Diagrama de ArcGIS Server .....	130
Figura 11.2. Entorno de visualización del VISOR-RISNA .....	135
Figura 11.3 Gama de colores para representar las aceleraciones espectrales de la peligrosidad sísmica en roca.....	138
Figura.11.4 Simbología utilizada en el mapa geotécnico.....	138
Figura 11.5 Gama de colores para representar las aceleraciones espectrales que representan la peligrosidad sísmica con efecto local.....	139
Figura 11.6 Simbología utilizada en el mapa de intensidad macrosísmica .....	139
Figura 11.7 Gama de colores para representar las diferentes tipologías estructurales de la zona de estudio en los mapas de vulnerabilidad y daño. ....	140



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 8.1 <i>Estimación de la amplificación relativa en cada una de las categorías definidas anteriormente</i> .....	32
Tabla 9.1. <i>Tabla con las posibles multiplicidades</i> .....	50
Tabla 9.2 <i>Selección de la información geográfica utilizada en el proyecto</i> .....	58
Tabla 9.3 <i>Sistemas de referencia de la información geográfica</i> .....	60
Tabla 9.4 <i>Precisión necesaria de las capas</i> .....	60
Tabla 9.5 <i>Generalización de las capas del proyecto</i> .....	61
Tabla 9.6 <i>Municipios con unidades geográficas de trabajo independientes que tienen el mismo código postal y código municipal pero están formados por varios polígonos</i> .....	62
Tabla 9.7. <i>Modo de asignación del subcódigo a elementos con el mismo código postal pero separados geográficamente</i> .....	63
Tabla 9.8. <i>Ejemplo de identificador de cada unidad de trabajo</i> .....	66
Tabla 9.9. <i>Agrupamiento de tipologías estructurales según el uso de los edificios</i> .....	67
Tabla 9.10. <i>Agrupamiento de tipologías estructurales según el año de construcción</i> .....	67
Tabla 9.11. <i>Unidades de trabajo que carecen de asignación de vulnerabilidad</i> .....	69
Tabla 9.12. <i>Tabla con la descripción de la capa que representa las superficies construidas</i> .....	71
Tabla 9.13. <i>Tabla con la descripción de la capa que representa la unidad mínima de trabajo</i> .....	71
Tabla 9.14. <i>Tabla con la descripción de las tablas que contienen los nombres de los municipios y las entidades poblacionales</i> .....	72
Tabla 9.15. <i>Tabla con la descripción de la tabla con las características de los edificios de Navarra</i> ....	73
Tabla 9.16. <i>Tabla con la descripción de la información del estudio geotécnico</i> .....	74
Tabla 9.17. <i>Tabla con la descripción de la tabla con la peligrosidad sísmica de la región</i> .....	75
Tabla 9.18. <i>Tabla con la descripción de la tabla con la vulnerabilidad de la región</i> .....	75
Tabla 9.19. <i>Propiedades de las capas ráster del estudio</i> .....	86
Tabla 9.20. <i>Factor de amplificación de cada tipo de suelo</i> .....	87
Tabla 9.21. <i>Ejemplo de resultados de los procesos del módulo de peligrosidad sísmica incluyendo el efecto local</i> .....	92
Tabla 9.22. <i>Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo A, según Chávez 1998. Cada celda de la matriz representa el porcentaje de edificaciones que previsiblemente experimentarán cada grado de daño para cada nivel de intensidad</i> .....	94
Tabla 9.23. <i>Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo B, según Chávez 1998</i> .....	94
Tabla 9.24. <i>Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo C, según Chávez 1998</i> .....	95
Tabla 9.25. <i>Matrices de Probabilidad de Daño para edificaciones tipo D, según Chávez 1998</i> .....	95
Tabla 10.1. <i>Daños estimados para vulnerabilidad TOTAL</i> .....	116



## ÍNDICE DE ECUACIONES

$H = P [x(s)^3 x_0; t]$	Ecuación 7.1.....	17
$R = H * V * E * C$	Ecuación 7.2.....	17
$D_m = (N_1 + 2 \cdot N_2 + 3 \cdot N_3 + 4 \cdot N_4 + 5 \cdot N_5) / N$	Ecuación 8.1.....	38
$D_{mw} = (P_1 + 2 \cdot P_2 + 3 \cdot P_3 + 4 \cdot P_4 + 5 \cdot P_5) \cdot W$	Ecuación 8.2.....	38
Siendo $W = (N - N_{min}) / (N_{max} - N_{min})$	Ecuación 8.3 .....	38
$I = 0.0661 \log PGA + 3.247 \log EPA + 0.1311$	$r = 0.85, \sigma = 0.60$ Ecuación 9.1 .....	89
$N_{ijk} = P(D_j / V_b, I_k) * N_{ik}$	Ecuación 9.2 .....	98
$D_{0T} = D_{0A} + D_{0B} + D_{0C} + D_{0D}$	Ecuación 10.1.....	112
$D_{1T} = D_{1A} + D_{1B} + D_{1C} + D_{1D}$	Ecuación 10.2.....	112
$D_{2T} = D_{2A} + D_{2B} + D_{2C} + D_{2D}$	Ecuación 10.3.....	112
$D_{3T} = D_{3A} + D_{3B} + D_{3C} + D_{3D}$	Ecuación 10.4.....	112
$D_{4T} = D_{4A} + D_{4B} + D_{4C} + D_{4D}$	Ecuación 10.5.....	112
$D_{5T} = D_{5A} + D_{5B} + D_{5C} + D_{5D}$	Ecuación 10.6.....	112
$NL_{ik} = N0_{ik} + N1_{ik}$	Ecuación 10.7 .....	112
$NM_{ik} = N2_{ik} + N3_{ik}$	Ecuación 10.8.....	112
$NG_{ik} = N4_{ik} + N5_{ik}$	Ecuación 10.9.....	112
$PL_{ik} = P0_{ik} + P1_{ik}$	Ecuación 10.10.....	113
$PM_{ik} = P2_{ik} + P3_{ik}$	Ecuación 10.11 .....	113
$PG_{ik} = P4_{ik} + P5_{ik}$	Ecuación 10.12 .....	113
$Dm_{ik} = \sum_{j=1}^6 P_{ij} \times D_j$	Ecuación 10.13.....	113
$Dmn_{ik} = Dm_{ik} / n$	Ecuación 10.14.....	113
$W_{ik} = \frac{N_{ik} - N_{i,min}}{N_{i,max} - N_{i,min}}$	Ecuación 10.15.....	114
$PPL_{ik} = PL_{ik} * W_{ik}$	Ecuación 10.16.....	114
$PPM_{ik} = PM_{ik} * W_{ik}$	Ecuación 10.17.....	114
$PPG_{ik} = PG_{ik} * W_{ik}$	Ecuación 10.18.....	114
$N_{jk} = \sum_{i=1}^5 \frac{N_{ijk}}{N_k}$	Ecuación 10.19 .....	115



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 1: Memoria

$$P_{jk} = \frac{N_{jk}}{N_k}$$

Ecuación 10.20..... 115

$$Dma_k = \sum_{j=1}^6 P_{jk} \times D_j$$

Ecuación 10.21..... 115

$$Dman_k = \frac{Dma_k}{n}$$

Ecuación 10.22..... 115

$N^{\circ}$  Inhabitables =  $N^{\circ}$  edificaciones de D4 +  $N^{\circ}$  Daño 5 + 50 % Daño 3 Ecuación 10.23..... 115





## **REFERENCIAS**

**Ayala, F.J. Olcina, J. (coordinadores)(2002).** Riesgos Naturales. Ariel Ciencia. Barcelona. 152 p.

**Barranco, L.M.; Izquierdo, A. (2001).** Estimación de daños producidos en España por terremotos. Protección Civil, 10. 14-26.

**Benito, B. Gaspar-Escribano, J.M. Martínez-Díaz, J. García, M.J. Jiménez, E, Canora, C. y Álvarez. J.A. (2008).** An approach for identification of areas with higher expected damage and definition of priority levels for prevention plans in Murcia Province (SE Spain). Vol. 49, n.1, pp3-15.

**Chávez, J., (1998).** Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico a Escala Regional. Aplicación a Cataluña. PhD Thesis. University of Barcelona, Spain.

**Comité Européen de Normalisation (CEN) (2004).** Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1, Brussels.

**Directive 2007/2/CE** of the European Parliament and of the Council of establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).

**DGPC (2002).**- Simulación de escenarios sísmicos SES 2002. CD Rom. DGPC (ed).

**European Seismological Commission ESC (1998).**"European Macroseismic Scale 1998" Conseil de L'Europe. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Vol. 15. Editor G. Grunthal. Luxembourg 1998.

**Iglesias, S. Irigaray, C. y Chacón, J. (2006).** Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. Aplicación a la ciudad de Granada



**ISARD (2006).** Información Sísmica Automática Regional de Daños. IGC

**Lantada, N. Pujades, L. y Gili, J. (2007).** Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona.

**Norma de la Construcción Sismorresistente Española (NCSE-02) (2002).** Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02). Boletín Oficial del Estado, vol.

**Pérez Escalante, M (2008).** Diseño de un modelo de datos aplicado al análisis de peligro de deslizamientos de laderas en terrenos volcánicos, Proyecto fin de carrera. ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía.

**Piserra, M.T. y Bobadilla, J. (1994).**- Programa Séneca. Fase I: simulación de los efectos de un terremoto. Gerencia de riesgos año XI, nº 45. Fundación MAPFRE estudios.

**RISMUR(2006).**Estudio de Riesgo Sísmico en la Provincia de Murcia

**RISNA (2008).** Evaluación del Riesgo Sísmico en Navarra.

**SISMICAT (2002).** Plan Especial de Emergencias Sísmicas de Cataluña.

**SISMOSAN (2007).**Evaluación de la Peligrosidad y el Riesgo Sísmico en Andalucía.

**UNDRO (1979).** Natural Disasters and Vulnerability Analysis: Report of Expert Group Meeting, Office of United Nations Disaster Relief Co-ordinator (UNDRO), Palais des Nations, CHS-1211, Geneva 10, Switzerland.

-----

**Servicio Sismológico de Chile.** [www.sismologia.cl](http://www.sismologia.cl) (junio de 2009)

**Enciclopedia on-line Kalipedia.** [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com) (junio de 2009))

**Enviromental Systems Research Institute(ESRI).** [www.esri.com](http://www.esri.com) (mayo de 2009)

**Instituto Geográfico Nacional. (IGN).** [www.ign.es](http://www.ign.es) (mayo de 2009)

**Open Geospatial Consortium (OGC).** <http://www.opengeospatial.org/> (mayo de 2009)

# ANEXOS



## Índice de Anexos

ANEXO 1 – LISTA DE TERREMOTOS MÁS IMPORTANTES DE ESPAÑA .....	162
ANEXO 2 – GRADOS DE INTENSIDAD MACROSÍSMICA SEGÚN EMS-98 .....	165
ANEXO 3 – MATRICES DE TRANSFERENCIA DE VULNERABILIDAD.....	168
ANEXO 4 – DICCIONARIO DE DATOS DEL SIG-RISNA .....	170
ANEXO 5 – EJEMPLO DE METADATOS .....	193
ANEXO 7 – DIFUSIÓN DEL TRABAJO: <i>ABSTRACT</i> Y PÓSTERES .....	202



## **Anexo 1 – Lista de Terremotos más importantes de España**





**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 2: Anexos

Fecha	Longitud	Latitud	Muertos	Intensidad	Magnitud	Localización	Observaciones
1048	0° 55' W	38° 5' N		VIII		Orihuela (Alicante)	La mezquita de Orihuela destruida
1169	4° 0' W	38° 0' N		VIII-IX		Andújar (Jaén)	Grandes grietas en Andújar
24-8-1356	10° 0' W	36° 30' N		VIII		SW. Cabo San Vicente	Daños importantes en Sevilla
2-3-1373	0° 45' E	42° 30' N		VIII-IX		Condado de Ribagorça (Huesca-Lleida)	Colapso de castillos en el área epicentral
18-12-1396	0° 13' W	39° 5' N		VIII-IX	6,5*	Tavernes de la Valldigna (Valencia)	Hundimiento de 200 casas en Tavernes
15-5-1427	2° 30' E	42° 12' N		VIII-IX		Olot (Girona)	Olot destruida
2-2-1428	2° 10' E	42° 21' N	800	IX-X		Queralbs (Girona)	Destrucción de la ciudad de Queralbs
24-4-1431	3° 38' W	37° 8' N		VIII-IX	6,7*	Sur de Granada	Grandes daños en la Alhambra
26-1-1494	4° 20' W	36° 35' N		VIII		Sur de Málaga	Daños en la mayor parte de casas de Málaga
5-4-1504	5° 28' W	37° 23' N	32	VIII-IX	6,8*	Carmona (Sevilla)	Caída o grietas en la mayor parte de construcciones de Carmona
9-11-1518	1° 52' W	37° 14' N	165	VIII-IX		Vera (Almería)	En Vera, de 200 casas cayeron todas y muchas totalmente
22-9-1522	2° 40' W	36° 58' N	1000	VIII-IX	6,5*	Mar de Alborán	Caída de la mayor parte de las casas de Almería y Ugijar (Granada)
30-9-1531	2° 44' W	37° 32' N	400	VIII-IX		Baza (Granada)	En Baza, el 61% de sus casas se arruinaron totalmente
19-6-1644	0° 25' W	38° 48' N	22	VIII		Muro de Alcoy (Alicante)	En Muro de Alcoy cayeron muchas casas
31-12-1658	2° 28' W	36° 50' N		VIII		Almería	Graves destrozos en Almería
9-10-1680	4° 36' W	36° 48' N	70	VIII-IX	6,8*	Alhaurín el Grande (Málaga)	En Málaga, un 20% de casas destruidas, un 30% inhabitables



Fecha	Longitud	Latitud	Muertos	Intensidad	Magnitud	Localización	Observaciones
23-3-1748	0° 38' W	39° 2' N	38	IX	6,2*	Estubeny (Valencia)	Montesa, Sellent y Estubeny completamente destruidas
1-11-1755	10° 0' W	36° 30' N	15.000	X	8,5*	SW. Cabo San Vicente	Produjo un tsunami de casi 15 m de altura. Afecto a Europa occidental y norte de África
13-1-1804	3° 35' W	36° 5' N	2	VII-VIII	6,7*	Mar de Alborán	Daños graves en Motril
25-8-1804	2° 50' W	36° 46' N	407	VIII-IX	6,4*	Dalias (Almería)	Destrucción de la mayoría de edificios en Dalias, Berja y Roquetas
27-10-1806	3° 44' W	37° 14' N	13	VIII	5,3*	Pinos Puente (Granada)	De 1.322 casas en Pinos Puente y Santa Fé, 94 arruinadas y 1.110 quebrantadas
21-3-1829	0° 41' W	38° 5' N	389	IX-X	6,6*	Torre Vieja (Alicante)	Torre Vieja y Guardamar hubieron de ser reedificadas
25-12-1884	3° 59' W	37° 0' N	839	IX-X	6,5*	Arenas del Rey (Granada)	4.400 edificios destruidos y 13.000 dañados
29/03/1954	3° 36' W	37° 0' N		V	7	Dúrcal (Granada)	Profundidad 650 km.
19/04/1956	3° 41' W	37° 11' N	11	VIII	4,7	Albolote (Granada)	En Albolote, 41% de casas con grietas, 35% inhabitables, 6% ruinosas y 1% destruidas
28/02/1969	10° 49' W	35° 59' N	19	VII	7,3	SW. Cabo San Vicente	En Huelva 18 casas inhabitables, en Isla Cristina 4 casas caídas

\* Magnitudes estimada.

Lista de terremotos obtenida de la página Web del IGN ([www.ign.es](http://www.ign.es))



## Anexo 2 – Grados de Intensidad Macrosísmica según EMS-98

*Tabla de grados de intensidad macrosísmica obtenida de la página Web del IGN  
([www.ign.es](http://www.ign.es)).*



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 2: Anexos

GRADOS DE INTENSIDAD ESTIMADOS EN NAVARRA			
GRADO	PERSONAS	OBJETOS	EDIFICIOS
<b>I</b> No sentido	No sentido, ni en las condiciones más favorables.	Ningún efecto.	Ningún daño.
<b>II</b> Apenas sentido	El temblor es sentido sólo en casos aislados (1%) de individuos en reposo y en posiciones especialmente receptivas dentro de edificios.	Ningún efecto.	Ningún daño.
<b>III</b> Débil	El terremoto es sentido por algunos dentro de edificios. Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor.	Los objetos colgados oscilan levemente.	Ningún daño.
<b>IV</b> Ampliamente observado	El terremoto es sentido dentro de los edificios por muchos y sólo por muy pocos en el exterior. Se despiertan algunas personas. El nivel de vibración no asusta. La vibración es moderada. Los observadores sienten un leve temblor o cimbreo del edificio, la habitación o de la cama, la silla, etc.	Golpeteo de vajillas, cristalerías, ventanas y puertas. Los objetos colgados oscilan. En algunos casos los muebles ligeros tiemblan visiblemente. En algunos casos chasquidos de la carpintería.	Ningún daño.
<b>V</b> Fuerte	El terremoto es sentido dentro de los edificios por la mayoría y por algunos en el exterior. Algunas personas se asustan y corren al exterior. Se despiertan muchas de las personas que duermen. Los observadores sienten una fuerte sacudida o bamboleo de todo el edificio, la habitación o el mobiliario.	Los objetos colgados oscilan considerablemente. Las vajillas y cristalerías chocan entre sí. Los objetos pequeños, inestables y/o mal apoyados pueden desplazarse o caer. Las puertas y ventanas se abren o cierran de pronto. En algunos casos se rompen los cristales de las ventanas. Los líquidos oscilan y pueden derramarse de recipientes totalmente llenos. Los animales dentro de edificios se pueden inquietar.	Daños de grado 1 en algunos edificios de clases de vulnerabilidad A y B.
<b>VI</b> Levemente dañino	Sentido por la mayoría dentro de los edificios y por muchos en el exterior. Algunas personas pierden el equilibrio. Muchos se asustan y corren al exterior.	Pueden caerse pequeños objetos de estabilidad ordinaria y los muebles se pueden desplazar. En algunos casos se pueden romper platos y vasos. Se pueden asustar los animales domésticos (incluso en el exterior).	Se presentan daños de grado 1 en muchos edificios de clases de vulnerabilidad A y B; algunos de clases A y B sufren daños de grado 2; algunos de clase C sufren daños de grado 1.
<b>VII</b> Dañino	La mayoría de las personas se asusta e intenta correr fuera de los edificios. Para muchos es difícil mantenerse de pie, especialmente en plantas superiores.	Se desplazan los muebles y pueden volcarse los que sean inestables. Caída de gran número de objetos de las estanterías. Salpica el agua de los recipientes, depósitos y estanques.	Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 2: Anexos

GRADOS DE INTENSIDAD ESTIMADOS EN NAVARRA			
GRADO	PERSONAS	OBJETOS	EDIFICIOS
			vulnerabilidad C presentan daños de grado 2. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 1.
<b>VIII</b> Gravemente dañino	Para muchas personas es difícil mantenerse de pie, incluso fuera de los edificios.	Se pueden volcar los muebles. Caen al suelo objetos como televisiones, máquinas de escribir, etc. Ocasionalmente las lápidas se pueden desplazar, girar o volcar. En suelo muy blando se pueden ver ondulaciones.	Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 2.
<b>IX</b> Destructor	Pánico general. Las personas pueden ser lanzadas bruscamente al suelo.	Muchos monumentos y columnas se caen o giran. En suelo blando se ven ondulaciones.	Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad E presentan daños de grado 2.
<b>X</b> Muy destructor	La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad F presentan daños de grado 2.		
<b>XI</b> Devastador	La mayoría de los edificios de clase B de vulnerabilidad presentan daños de grado 5. La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; muchos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad F sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.		
<b>XII</b> Completamente devastador	Se destruyen todos los edificios de clases de vulnerabilidad A, B y prácticamente todos los de clase C. Se destruyen la mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad D, E y F. Los efectos del terremoto alcanzan los efectos máximos concebibles.		





## **Anexo 3 – Matrices de Transferencia de Vulnerabilidad**

Diseñadas en el estudio RISNA por Patrick Murphy.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 2: Anexos

Matriz de transferencia para tipos 1 - públicos, sanitarios, docentes y especiales

		Edad de construcción																				
		1920			1921 - 1940			1941 - 1964			1965 - 1976			1977 - 1996			1997 - 2004			2005 - 2006		
		FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98
plantas	-2	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B	29-RM1L	0,63	C	29-RM1L	0,63	C	22-C3L	0,6	C	22-C3L	0,51	C	22-C3L	0,51	C
	3,7	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	30-RM2M	0,65	C	30-RM2M	0,65	C	23-C3M	0,64	C	23-C3M	0,55	C	23-C3M	0,55	C
	8+	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,63	C	24-C3H	0,63	C

Matriz de transferencia para tipos 2 - comercial y administrativo

		Edad de construcción																				
		1920			1921 - 1940			1941 - 1964			1965 - 1976			1977 - 1996			1997 - 2004			2005 - 2006		
		FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98
plantas	-2	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B	29-RM1L	0,63	C	22-C3L	0,6	C	22-C3L	0,6	C	16-C1L	0,48	D	16-C1L	0,48	D
	3,7	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	30-RM2M	0,65	C	23-C3M	0,64	C	23-C3M	0,64	C	17-C1M	0,52	D	17-C1M	0,52	D
	8+	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,72	C	18-C1H	0,58	D	18-C1H	0,58	D

Matriz de transferencia para tipos 3 - industrial y deportivo

		Edad de construcción																				
		1920			1921 - 1940			1941 - 1964			1965 - 1976			1977 - 1996			1997 - 2004			2005 - 2006		
		FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98
plantas	todas	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B	29-RM1L	0,63	C	13-S5L	0,52	D	13-S5L	0,52	D	13-S5L	0,52	D	13-S5L	0,52	D

Matriz de transferencia para tipos 4 - Residencial 1 (RURAL)

		Edad de construcción																				
		1920			1921 - 1940			1941 - 1964			1965 - 1976			1977 - 1996			1997 - 2004			2005 - 2006		
		FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98
		34-URML	0,88	A	34-URML	0,88	A	34-URML	0,88	A	34-URML	0,88	A	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B
plantas	-2	35-URMM	0,92	A	35-URMM	0,92	A	35-URMM	0,92	A	35-URMM	0,92	A	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B
	3+																					

Matriz de transferencia para tipos 5 - Residencial 2 (urbana)

		Edad de construcción																				
		1920			1921 - 1940			1941 - 1964			1965 - 1976			1977 - 1996			1997 - 2004			2005 - 2006		
		FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98
		34-URML	0,88	A	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B	29-RM1L	0,63	C	29-RM1L	0,63	C	22-C3L	0,51	C	22-C3L	0,51	C
plantas	-2	35-URMM	0,92	A	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	30-RM2M	0,65	C	30-RM2M	0,65	C	23-C3M	0,55	C	23-C3M	0,55	C
	3+																					

Matriz de transferencia para tipos 6 - Residencial 3 Colectiva

		Edad de construcción																				
		1920			1921 - 1940			1941 - 1964			1965 - 1976			1977 - 1996			1997 - 2004			2005 - 2006		
		FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98	FEMA-178	I <sub>v</sub>	EMS 98
plantas	-2	34-URML	0,74	B	34-URML	0,74	B	29-RM1L	0,63	C	22-C3L	0,6	C	22-C3L	0,6	C	22-C3L	0,51	C	22-C3L	0,51	C
	3,7	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	30-RM2M	0,65	C	23-C3M	0,64	C	23-C3M	0,64	C	23-C3M	0,55	C	23-C3M	0,55	C
	8+	35-URMM	0,78	B	35-URMM	0,78	B	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,72	C	24-C3H	0,63	C	24-C3H	0,63	C



## **Anexo 4 – Diccionario de datos del SIG-RISNA**



## Módulo Cartográfico

### 1. Municipios

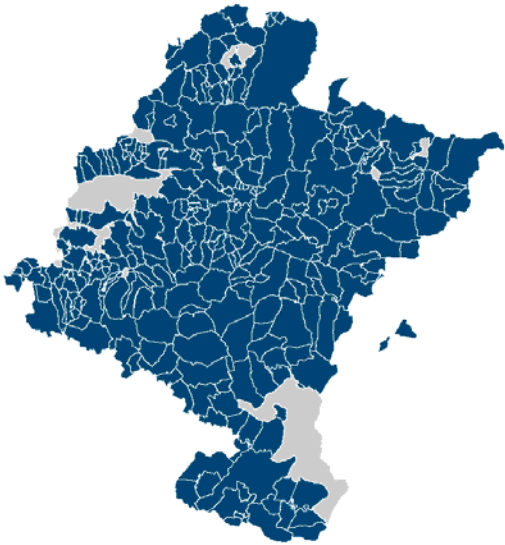
**Nombre:** Municipios

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo poligonal

**Descripción:** División administrativa con los municipios de Navarra.  
(Escala 1:200.000)

**Elementos que contiene:** 272 polígonos que representan a los municipios de Navarra.

**Atributos asociados:**

Municipios			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
ID_MUNI	short	Valores entre 1 y 908	Código Municipal
NOMBRE_OF	string	Cualquier cadena de caracteres	Nombre oficial del Municipio
NOMBRE_CA	string	Cualquier cadena de caracteres	Nombre del Municipios en Castellano
NOMBRE_EU	string	Cualquier cadena de caracteres	Nombre del Municipios en Euskera
SUP_MUNI	float	Valores entre 7541491.9 y 65239872.4	Área que ocupa el Municipio en metros
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		ID_MUNI : 76 NOMBRE_OF : Cizur NOMBRE_CA : Cizur NOMBRE_EU : Zizur SUP_MUNI: 46474074.5	

**Metadatos asociados:** municipios.xml



## 2. Unidad geográfica mínima de trabajo

**Nombre:** UGMT

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo poligonal

**Descripción:** unidad geográfica mínima de trabajo diseñada para el proyecto  
RISNA. (Escala 1:200.000)

**Elementos que contiene:** 473 polígonos que representan a unidad mínima de  
trabajo.

**Atributos asociados:**

UGMT			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
Id_muni	short	Valores entre 1 y 908	Código Municipal
cod_post	short	Valores entre 0 y 50686 (0-facerías)	Código Postal
sup_muni	float	Valores entre 588553,9 y 52428890.3	Área que ocupa cada UGMT en metros
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ugmt: <b>31120311760</b> Id_muni : <b>120</b> cod_post: <b>31176</b> sup_muni: <b>38884199.4</b>	

**Metadatos asociados:** ugmt.xml





### 3. Superficie construida

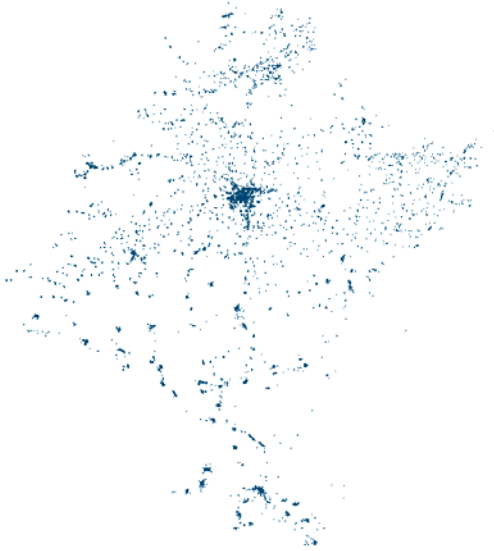
**Nombre:** SupConst

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo poligonal

**Descripción:** superficie edificada en Navarra. (Escala 1:200.000)

**Elementos que contiene:** 3916 polígonos que representan a la superficie construida en Navarra.

**Atributos asociados:**

SupConst			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_sup	int	Valores entre 1 y 3916	Código identificador
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
sup_const	float	Valores entre 1128.0 y 2821843.5	Área de la superficie construida en
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_sup: <b>2583</b> Id_ugmt: <b>31014312810</b> sup_const : <b>1619.2</b>	

**Metadatos asociados:** SupConst.xml



#### 4. Superficie construida en cada UGMT

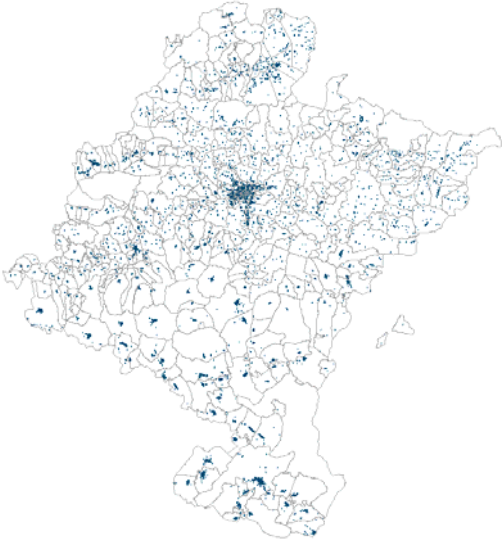
**Nombre:** SupConstUGMT

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo poligonal

**Descripción:** superficie edificada de cada unidad geográfica mínima de trabajo.  
(Escala 1:200.000)

**Elementos que contiene:** 473 agrupaciones de polígonos que representan la superficie construida de cada unidad mínima de trabajo.

**Atributos asociados:**

SupContUMGT			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
sup_const_ugmt	float	Valores entre 648.8 y 1807528.2	Superficie construida en cada UGMT en metros
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ugmt: <b>31014312810</b> sup_muni: <b>84068.1</b>	

**Metadatos asociados:** SupConstUGMT.xml



## 5. Código postal

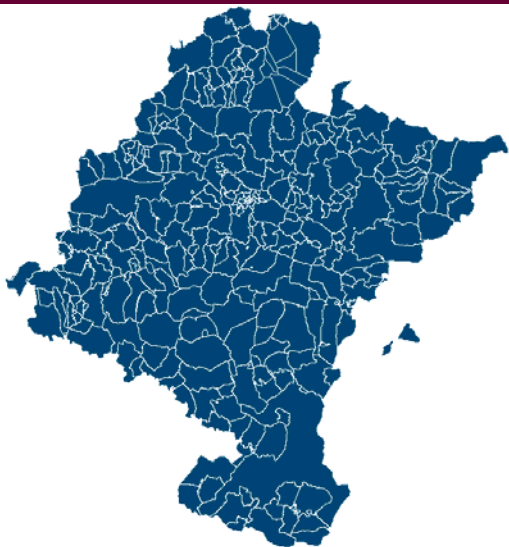
**Nombre:** CodPostal

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo poligonal

**Descripción:** Código postal de Navarra. (Escala 1:200.000)

**Elementos que contiene:** 269 polígonos que representan la división territorial por código postal

**Atributos asociados:**

CodPostal			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
cod_post	short	Valores entre 0 y 50686 (0-facerías)	Código Postal
sup_cp	float	Valores entre 213142.3 y 634137007.1	Superficie de polígono de código postal en metros
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		cod_post: <b>31110</b> sup_cp: <b>4847167.2</b>	

**Metadatos asociados:** CodPostal.xml



## 6. Entidades poblacionales

**Nombre:** EntPobl

**Tipo geométrico:** Tabla

**Descripción:** Entidades poblacionales de Navarra

**Elementos que contiene:** tabla con 745 registros que identifican las entidades poblacionales que tiene Navarra.

**Atributos asociados:**

EntPobl			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ep	short	Valores entre 1 y 745	Identificados de la entidad poblacional
Nom_ep	string	Cualquier cadena de caracteres	Nombre de la entidad poblacional
Id_muni	short	Valores entre 1 y 908	Código Municipal
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ep: <b>448</b> Nom_ep: <b>Lorca</b> Id_muni: <b>260</b>	

**Metadatos asociados:** EntPobl.xml



## Módulo de Peligrosidad sísmica en roca


### 1. Peligrosidad en roca

**Nombre:** P\_roca

**Tipo geométrico:** Capa Raster. *Personal GeoDatabase Raster Dataset*

**Descripción:** Capa raster con la peligrosidad sísmica esperada en Navarra sin considerar el efecto local.

**Atributos asociados:**

P_roca		
Nombre del campo	Dominio	Descripción
pga	Valores entre 35.1 y 176.8	Valore estimados para PGA (en gales) en Navarra
Sa01s	Valores entre 76.9 y 438.5	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.1 seg (en gales) en Navarra
Sa02s	Valores entre 86.7 y 407.5	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.2 seg (en gales) en Navarra
Sa03s	Valores entre 63.8 y 294.2	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.3 seg (en gales) en Navarra
Sa05s	Valores entre 37.9 y 153.5	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.5 seg (en gales) en Navarra
Sa10s	Valores entre 17.0 y 58.4	Valore estimados para la frecuencia espectral de 1.0 seg (en gales) en Navarra
Sa20s	Valores entre 9.5 y 24.1	Valore estimados para la frecuencia espectral de 2.0 seg (en gales) en Navarra
Vista previa		



**Metadatos asociados:** p\_roca.xml

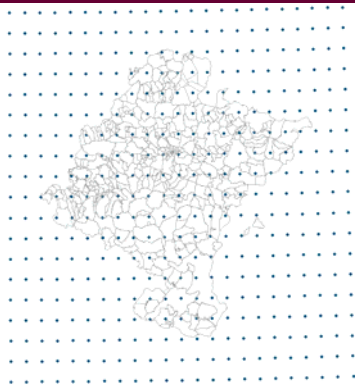
## 2. Malla

**Nombre:** Malla

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo puntual

**Descripción:** Malla de puntos con los valores de peligrosidad sísmica obtenidos para la región de Navarra.

**Elementos que contiene:** 437 puntos con valores de peligrosidad sísmica.

Malla			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_punt	short	Valores entre 1 y 908	Código Municipal
long	double	Valores entre -2.7 y -0.5	Longitud del punto en grados
lat	double	Valores entre 41.7 y 43.5	Latitud del punto en grados
pga	float	Valores entre 30.6 y 190.0	Valore estimados para PGA (en gales)
Sa01s	float	Valores entre 64.7 y 471.7	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.1 seg (en gales)
Sa02s	float	Valores entre 77.7 y 438.8	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.2 seg (en gales)
Sa03s	float	Valores entre 57.9 y 319.19	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.3 seg (en gales)
Sa05s	float	Valores entre 31.7 y 168.5	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.5 seg (en gales)
Sa10s	float	Valores entre 14.0 y 64.6	Valore estimados para la frecuencia espectral de 1.0 seg (en gales)
Sa20s	float	Valores entre 8.3 y 26.5	Valore estimados para la frecuencia espectral de 2.0 seg (en gales)
Vista previa		Ejemplo:	
		Id_punt: 338 long: -1.2 lat: 43.1 pga: 135.3 Sa01s: 336.6 Sa02s: 312.3 Sa03s: 223.1 Sa05s: 115.1 Sa10s: 43.8 Sa20s: 18.8	





## Módulo Geotécnico

### 1. Categoría geotécnica

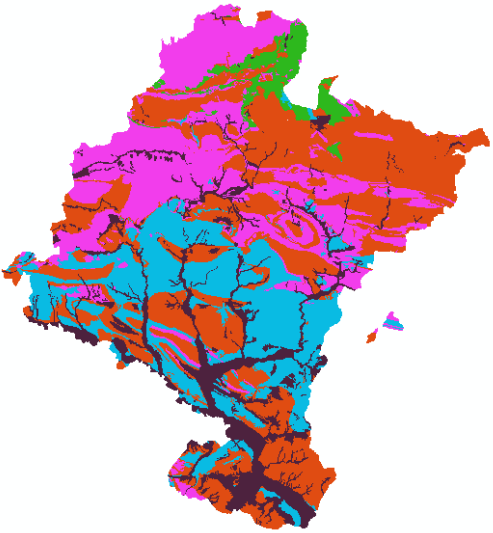
**Nombre:** Categ\_Geot

**Tipo geométrico:** Capa Vectorial. Tipo poligonal

**Descripción:** Capa de con la clasificación geotécnica del suelo de Navarra (Escala1:200.000).

**Elementos que contiene:** 646 polígonos que representas al suelo de Navarra colindante con la misma característica geotécnica

**Atributos asociados:**

Categ_Geot			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_cat	shot	Valores entre 1 y 646	Identificador único
Categ	string	A, B, C,1, C2, D	Categoría geotécnica
Sup_cat	float	Valores entre 5.8 y 141077858.7	Superficie de polígono de mismas características geotécnicas en metros
Vista previa		Ejemplo:	
		Id_cat: 606 Categ: D Sup_cat: 80977129.1	

**Metadatos asociados:** Categ\_Geot.xml



## 2. Factor de Amplificación

**Nombre:** FactAmpl

**Tipo geométrico:** Tabla

**Descripción:** Tabla con la amplificación local de cada categoría geotécnica para cada aceleración espectral

**Atributos asociados:**

FactAmpl			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Categ	string	A, B, C,1, C2, D	Categoría geotécnica
pga	float	Valores entre 1 y 1.64	Valore de amplificación del suelo para PGA en Navarra
Sa01s	float	Valores entre 1 y 1.85	Valore de amplificación del suelo para SA0.1 seg en Navarra
Sa02s	float	Valores entre 1 y 1.85	Valore de amplificación del suelo para SA0.2 seg en Navarra
Sa03s	float	Valores entre 1 y 1.96	Valore de amplificación del suelo para SA0.3 seg en Navarra
Sa05s	float	Valores entre 1 y 2.19	Valore de amplificación del suelo para SA0.5 seg en Navarra
Sa10s	float	Valores entre 1 y 2.74	Valore de amplificación del suelo para SA1.0 seg en Navarra
Sa20s	float	Valores entre 1 y 2.74	Valore de amplificación del suelo para SA2.0 seg en Navarra
Vista previa			Ejemplo:
			Categ: <b>C2</b> PGA: <b>1.56</b> Sa0.1s: <b>1.7</b> Sa0.2s: <b>1.7</b> Sa0.3s: <b>1.8</b> Sa0.5s: <b>2.0</b> Sa1.0s: <b>2.48</b> Sa2.0s: <b>2.48</b>

**Metadatos asociados:** p\_roca.xml



### 3. Descripción de la categoría geotécnica

**Nombre:** Descr

**Tipo geométrico:** Tabla

**Descripción:** Tabla con la descripción geológica y geotécnica de la clasificación del proyecto.

**Atributos asociados:**

Desc			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Categ	string	A, B, C,1, C2, D	Categoría geotécnica
Cat_geolo	string	Cualquier cadena de caracteres	Descripción geológica
Cat_geot	string	Cualquier cadena de caracteres	Descripción geotécnica
Vista previa			Ejemplo:
			Categ: B Cat_geolo: Pizarras, Calizas flysh calcáreo, calcarenitas, masivas o de alternancias de calcarenitas y margas y conglomerados Cat_geot: Roca media

**Metadatos asociados:** p\_roca.xml




#### 4. Factor de amplificación el capa raster

**Nombre:** FAmpl

**Tipo geométrico:** Capa Raster. *Personal GeoDatabase Raster Dataset*

**Descripción:** Capa raster con los factores de amplificación del suelo de Navarra.

**Atributos asociados:**

FAmpl		
Nombre del campo	Dominio	Descripción
Categ	A, B, C,1, C2, D	A, B, C,1, C2, D
pga	Valores entre 1 y 1.64	Valores entre 1 y 1.64
Sa01s	Valores entre 1 y 1.85	Valores entre 1 y 1.85
Sa02s	Valores entre 1 y 1.85	Valores entre 1 y 1.85
Sa03s	Valores entre 1 y 1.96	Valores entre 1 y 1.96
Sa05s	Valores entre 1 y 2.19	Valores entre 1 y 2.19
Sa10s	Valores entre 1 y 2.74	Valores entre 1 y 2.74
Sa20s	Valores entre 1 y 2.74	Valores entre 1 y 2.74
Vista previa		

**Metadatos asociados:** FAmpl.xml



## Módulo de peligrosidad sísmica con efecto local


### 1. Peligrosidad en suelo

**Nombre:** P\_suelo

**Tipo geométrico:** Capa Raster. *Personal GeoDatabase Raster Dataset*

**Descripción:** Capa raster con la peligrosidad sísmica esperada en Navarra considerando el efecto local.

**Atributos asociados:**

P_suelo		
Nombre del campo	Dominio	Descripción
pga	Valores entre 52.1 y 265.2	Valore estimados para PGA (en gales) en Navarra considerando el suelo
Sa01s	Valores entre 115.6 y 734.1	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.1 seg (en gales) en Navarra considerando el suelo
Sa02s	Valores entre 123.6 y 683.9	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.2 seg (en gales) en Navarra considerando el suelo
Sa03s	Valores entre 88.0 y 522.3	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.3 seg (en gales) en Navarra considerando el suelo
Sa05s	Valores entre 49.7 y 304.8	Valore estimados para la frecuencia espectral de 0.5 seg (en gales) en Navarra considerando el suelo
Sa10s	Valores entre 20.7 y 146.0	Valore estimados para la frecuencia espectral de 1.0 seg (en gales) en Navarra considerando el suelo
Sa20s	Valores entre 10.8 y 61.3	Valore estimados para la frecuencia espectral de 2.0 seg (en gales) en Navarra considerando el suelo
Vista previa		

**Metadatos asociados:** p\_suelo.xml




## 2. EPA

**Nombre:** EPA

**Tipo geométrico:** Capa Raster. *Personal GeoDatabase Raster Dataset*

**Descripción:** Capa raster con el valor de la \_\_\_\_

**Atributos asociados:**

P_suelo		
Nombre del campo	Dominio	Descripción
Valor_epa	Valores entre 38.2 y 224.5	Valore estimados para EPA (en gales) en Navarra considerando el suelo
Vista previa		

**Metadatos asociados:** epa.xml





## Módulo de Intensidad Macrosísmica

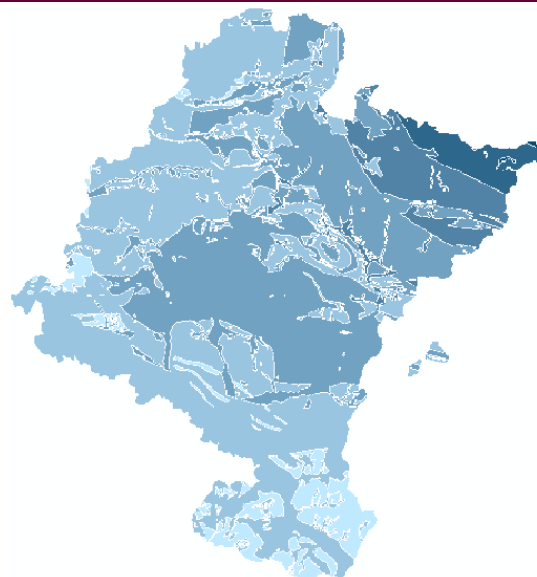
### 1. Intensidad macrosísmica

**Nombre:** Int

**Tipo geométrico:** Capa Raster. *Personal GeoDatabase Raster Dataset*

**Descripción:** Capa raster con la intensidad macrosísmica asociada a Navarra

**Atributos asociados:**

Int		
Nombre del campo	Dominio	Descripción
Valor_int	Valores entre 5.64 y 7.44	Valore estimado de intensidad macrosísmica
int	V, V-VI, VI, VI-VII, VII, VII-VIII	Valore estimados de grado de intensidad macrosísmica
Vista previa		

**Metadatos asociados:** Int.xml



## 2. Intensidad macrosísmica de cada UGMT

**Nombre:** Int\_UGMT

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** superficie edificada en Navarra

**Elementos que contiene:** 3916 polígonos que representan a la superficie construida en Navarra.

**Atributos asociados:**

Int_UGMT			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
Valor_int	float	Valores entre 5.64 y 7.44	Valore estimado de intensidad macrosísmica
int	string	V, V-VI, VI, VI-VII, VII, VII-VIII	Valore estimados de grado de intensidad macrosísmica
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ugmt: 31065313810 Valor_int: 60.8 int: VI	

**Metadatos asociados:** Int\_UGMT.xml



## Módulo de Vulnerabilidad

### 1. Parque inmobiliario de Navarra

**Nombre:** ParInmo

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** Tabla con una descripción del Parque inmobiliario de Navarra

**Elementos que contiene:** 158.557 registros correspondientes a una unidad que se denomina subárea y que se asemeja al edificio.

**Atributos asociados:**

ParInmo			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_edif	int	Valores entre 1 y 158557	Identificador único
altura	byte	Valores entre 1 y 45	Número de plantas del edificio
uso	byte	Valores entre 1 y 10	Código del uso del edificio
anocons	byte	Valores entre 1000 y 2006	Año de construcción del edificio
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_edif: <b>41092</b> Altura: <b>1</b> Uso: <b>1</b> Anocons: <b>1960</b> Id_ugmt: <b>31069313120</b>	

**Metadatos asociados:** ParInmo.xml



## 2. Uso del edificio

**Nombre:** Uso

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** Tabla con una descripción del código que identifica el uso del edificio.

**Elementos que contiene:** 10 usos distintos que puede tener el edificio.

**Atributos asociados:**

Uso			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
uso	byte	Valores entre 1 y 10	Código del uso del edificio
grupo	byte	Valores entre 1 y 4	Código del grupo al que pertenece el edificio
Descr_uso	string	Cualquier cadena de caracteres	Descripción del uso del edificio
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Uso:1 Grupo: 4 Descr_uso: Residencial	

**Metadatos asociados:** Uso.xml



### 3. Grupo del edificio

**Nombre:** Grupo

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** Tabla con una descripción del código que identifica el grupo del edificio.

**Elementos que contiene:** 4 grupos distintos a los que puede pertenecer un edificio residencial

**Atributos asociados:**

Grupo			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
grupo	byte	Valores entre 1 y 10	Código del grupo del edificio
Desc_grupo	string	Cualquier cadena de caracteres	Descripción del grupo
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		grupo: 4 Desc_grupo: Unifamiliar de tipo rural tradicional entre medianiles	

**Metadatos asociados:** Grupo.xml



#### 4. Vulnerabilidad sísmica

**Nombre:** Vuln

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** Tabla con la vulnerabilidad sísmica de Navarra

**Elementos que contiene:** 475 registros en los que incluye el número de edificios de cada tipología edificativa según su vulnerabilidad sísmica.

**Atributos asociados:**

Vuln			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
a	shot	Valores entre 0 y 674	Número de edificios tipo A
b	shot	Valores entre 0 y 2586	Número de edificios tipo B
c	shot	Valores entre 0 y 1226	Número de edificios tipo C
d	shot	Valores entre 0 y 1001	Número de edificios tipo D
total	shot	Valores entre 0 y 5465	Número de edificios
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ugmt: <b>31191313900</b> A: <b>202</b> B: <b>781</b> C: <b>267</b> D: <b>70</b> Total: <b>1320</b>	

**Metadatos asociados:** vuln.xml





## Módulo de Daño

### 5. Daño esperado

**Nombre:** Daño

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** Tabla con el daño esperado en Navarra

**Elementos que contiene:** 475 registros en los que incluye el número de edificios de cada tipología edificativa según su daño esperado.

**Atributos asociados:**

Daño			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
D0a	shot	Valores entre 0 y 220	Número de edificios con daño 0 tipo A
D1a	shot	Valores entre 0 y 451	Número de edificios con daño 1 tipo A
...			
D4d	shot	0	Número de edificios con daño 4 tipo D
D5d	shot	0	Número de edificios con daño 5 tipo D
Dma	float	Valores entre 0 y 2.5	Daño medio asignado a edificios tipo A (0-5)
Dmb	float	Valores entre 0 y 1.6	Daño medio asignado a edificios tipo B (0-5)
Dmc	float	Valores entre 0 y 1	Daño medio asignado a edificios tipo C (0-5)
Dmd	float	Valores entre 0 y 0.5	Daño medio asignado a edificios tipo D (0-5)
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ugmt: <b>31201310010</b> D0a: <b>1</b> D1a: <b>3</b> .... D4d: <b>0</b> D5d: <b>0</b> Dma: <b>1.9</b> Dmb: <b>1.32</b> Dmc: <b>0.74</b> Dmd: <b>0.38</b>	

**Metadatos asociados:** dano.xml



## 6. Daño total

**Nombre:** Daño\_Total

**Tipo geométrico:** tabla

**Descripción:** Tabla con el daño esperado total en Navarra

**Elementos que contiene:** 475 registros en los que incluye el número de edificios según su daño esperado

**Atributos asociados:**

Uso			
Nombre del campo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
Id_ugmt	long	Valores entre 31001312800 y 31908318700	Código identificador de cada UGMT
D0t	shot	Valores entre 0 y 2895	Número de edificios con daño 0
D1t	shot	Valores entre 0 y 1803	Número de edificios con daño 1
D2t	shot	Valores entre 0 y 614	Número de edificios con daño 2
D3t	shot	Valores entre 0 y 135	Número de edificios con daño 3
D4t	shot	Valores entre 0 y 28	Número de edificios con daño 4
D5t	shot	Valores entre 0 y 7	Número de edificios con daño 5
Dm	float	Valores entre 0 y 2.01	Daño medio asignado (0-5)
Vista previa		<b>Ejemplo:</b>	
		Id_ugmt: <b>31227313000</b> D0t: <b>680</b> D1t: <b>633</b> D2t: <b>343</b> D3t: <b>124</b> D4t: <b>28</b> D5t: <b>3</b> Dm: <b>1.1</b>	

**Metadatos asociados:** Uso.xml




## **Anexo 5 – Ejemplo de Metadatos**



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 2: Anexos

**pga\_r**



**Data format:** Personal GeoDatabase Raster Dataset

**Coordinate system:** GCS\_ETRS\_1989

**Theme keywords:** Ciencias de la tierra, Geofísica, Sismología, Terremotos, Desastres, Desastres naturales, Movimiento del suelo, Temblores de tierra, 3606. Ciencias Naturales y aplicados. Ciencias físicas, Sismología, 5216. Medio ambiente, Desastres naturales. Seísmo, 178. Ciencias de la Tierra. 163. Sismología, 142. Sismicidad, Geofísica, Actividad sísmica, Frecuencia sísmica.105. Zona sísmica, 260. Polución, catástrofes y seguridad. 42. Desastres. 330. Desastres naturales. 252 Sismo, Seísmo, Terremoto., 215. Matemáticas y estadística. 70. Cálculo estadístico. 74. Teoría de la probabilidad. Probabilidad estadística., Dinámica natural. Desastres. Desastres naturales. Catástrofes., Procesos geológicos. Actividad Sísmica. Terremotos., Ciencias. Ciencias de la tierra. Geofísica. Investigación. Tectónica., ES-NA

**Location:** file:///SAR\_SISMO/D\$/BBDD/Peligrosidad\_roca.idb/c\_15/r\_1.img

**Abstract:** Esta capa raster contiene el valor de la aceleración espectral esperada en Navarra, para un periodo de retorno de 475 años, en terminos de PGA y en unidades de gal. el valor de PGA varia entre: 35 - 176 gales la resolución de la capa es de 20 m.

## ISO and ESRI Metadata:

- [Metadata Information](#)
- [Resource Identification Information](#)
- [Spatial Representation Information](#)
- [Reference System Information](#)
- [Data Quality Information](#)
- [Distribution Information](#)
- [Geoprocessing History](#)
- [Binary Enclosures](#)

Metadata elements shown with blue text are defined in the International Organization for Standardization's (ISO) document 19115 *Geographic Information - Metadata*. Elements shown with green text are defined by ESRI and will be documented as extensions to the ISO 19115. Elements shown with a green asterisk (\*) will be automatically updated by ArcCatalog.

## Metadata Information

- \***Metadata language:** Spanish
- \***Metadata character set:** utf8 - 8 bit UCS Transfer Format
- \***Last update:** 20090630

### Metadata contact:

**Individual's name:** Alicia Rivas Medina  
**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)  
**Contact's position:** Técnico de SIG  
**Contact's role:** originator

### Contact information:

**Phone:**  
**Voice:** 913366441

**Address:**  
**Delivery point:**



ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía

**City:** Madrid

**Administrative area:** Madrid

**Postal code:** 28031

**Country:** Spain

**e-mail address:** amedia@topografia.upm.es

\* **Scope of the data described by the metadata:** dataset

\* **Scope name:** dataset

\* **Name of the metadata standard used:** ISO 19115 Geographic Information - Metadata

\* **Version of the metadata standard:** DIS\_ESRI1.0

[Back to Top](#)

---

## Resource Identification Information:

### Citation:

**Title:** pga\_r

**Alternate titles:** Capa raster de aceleración espectral en Navarra en terminos de PGA

### Reference date:

**Date:** 20080603

**Type of date:** creation

### Reference date:

**Date:** 20081029

**Type of date:** publication

**Edition:** 1ª Versión

**Edition date:** 20080604

\* **Presentation format:** digital map

### Party responsible for the resource:

**Individual's name:** Alicia Rivas Medina

**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

**Contact's position:** Técnico de SIG

**Contact's role:** originator

### Contact information:

**Phone:**

**Voice:** 913366441

### Address:

**Delivery point:**

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía

**City:** Madrid

**Administrative area:** Madrid

**Postal code:** 28031

**Country:** Spain



**e-mail address:** amedia@topografia.upm.es

**Party responsible for the resource:**

**Individual's name:** María José García Rodríguez

**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

**Contact's position:** Técnico de SIG

**Contact's role:** point of contact

**Contact information:**

**Phone:**

**Voice:** 913366441

**Address:**

**Delivery point:**

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía

**City:** Madrid

**Administrative area:** Madrid

**Postal code:** 28031

**Country:** Spain

**e-mail address:** mjosegr@topografia.upm.es

**Party responsible for the resource:**

**Individual's name:** Yolanda Torres Fernández

**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

**Contact's position:** Técnico de SIG

**Contact's role:** point of contact

**Contact information:**

**Phone:**

**Voice:** 913366441

**Address:**

**Delivery point:**

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía

**City:** Madrid

**Administrative area:** Madrid

**Postal code:** 28031

**Country:** Spain

**e-mail address:** ytorres@topografia.upm.es

**Themes or categories of the resource:** geoscientificInformation

**Theme keywords:**

**Keywords:** Ciencias de la tierra, Geofísica, Sismología, Terremotos, Desastres, Desastres naturales, Movimiento del suelo, Temblores de tierra

**Thesaurus name:**

**Title:** AGROVOC

**Reference date:**

**Date:** 20080101





**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 2: Anexos

---

**Theme keywords:**

**Keywords:** 3606. Ciencias Naturales y aplicados. Ciencias físicas, Sismología, 5216. Medio ambiente, Desastres naturales. Seísmo

**Thesaurus name:**

**Title:** EUROVOC

**Reference date:**

**Date:** 20090120

**Type of date:** revision

**Theme keywords:**

**Keywords:** 178. Ciencias de la Tierra. 163. Sismología, 142. Sismicidad, Geofísica, Actividad sísmica, Frecuencia sísmica. 105. Zona sísmica, 260. Polución, catástrofes y seguridad. 42 Desastres. 330. Desastres naturales. 252 Sismo, Seísmo, Terremoto., 215. Matemáticas y estadística. 70. Cálculo estadístico. 74. Teoría de la probabilidad. Probabilidad estadística.

**Thesaurus name:**

**Title:** UNESCO

**Theme keywords:**

**Keywords:** Dinámica natural. Desastres. Desastres naturales. Catástrofes., Procesos geológicos. Actividad Sísmica. Terremotos., Ciencias. Ciencias de la tierra. Geofísica. Investigación. Tectónica.

**Thesaurus name:**

**Title:** Eionet GEMET Thesaurus

**Theme keywords:**

**Keywords:** ES-NA

**Thesaurus name:**

**Title:** ISO 3166

**Abstract:**

Esta capa raster contiene el valor de la aceleración espectral esperada en Navarra, para un periodo de retorno de 475 años, en terminos de PGA y en unidades de gal.

el valor de PGa varia entre: 35 - 176 gales  
la resolución de la capa es de 20 m.

\***Dataset language:** Spanish

\***Spatial representation type:** grid

\***Processing environment:** Microsoft Windows XP Version 5.1 (Build 2600)  
Service Pack 3; ESRI ArcCatalog 9.3.0.1770

**Spatial resolution:**

**Ground sample distance:**



**Precision of spatial data:** 20

**Units of measure, scale:**

**Units:** Meters

**Conversion to metric:** 1 Meter = 1 m

**Resource's bounding rectangle:**

\***Extent type:** Full extent in decimal degrees

\***Extent contains the resource:** Yes

\***West longitude:** -2.506445

\***East longitude:** -0.710751

\***North latitude:** 43.322559

\***South latitude:** 41.898652

**Other extent information:**

**Geographic extent:**

**Bounding rectangle:**

\***Extent type:** Full extent in the data's coordinate system

\***Extent contains the resource:** Yes

\***West longitude:** -2.506445

\***East longitude:** -0.710751

\***North latitude:** 43.322559

\***South latitude:** 41.898652

**Point of contact:**

**Individual's name:** María José García Rodríguez

**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad  
Politécnica de Madrid (UPM)

**Contact's position:** Técnico de SIG

**Contact's role:** point of contact

**Contact information:**

**Phone:**

**Voice:** 913366441

**Address:**

**Delivery point:**

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía

**City:** Madrid

**Administrative area:** Madrid

**Postal code:** 28031

**Country:** Spain

**e-mail address:** mjosegr@topografia.upm.es

**Point of contact:**

**Individual's name:** Yolanda Torres Fernández

**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad  
Politécnica de Madrid (UPM)

**Contact's position:** Técnico de SIG

**Contact's role:** point of contact

**Contact information:**

**Phone:**

**Voice:** 913366441



**Address:**  
**Delivery point:**  
ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía  
**City:** Madrid  
**Administrative area:** Madrid  
**Postal code:** 28031  
**Country:** Spain  
**e-mail address:** ytorres@topografia.upm.es

[Back to Top](#)

---

## Spatial Representation - Grid:

**Number of dimensions:** 2

**Axis dimensions properties:**

**Dimension:**

\***Dimension name:** column (x-axis)

\***Dimension size:** 8433

**Resolution:**

\***Distance:** 0,000213

\***Units of measure:** unknown

**Dimension:**

\***Dimension name:** row (y-axis)

\***Dimension size:** 6687

**Resolution:**

\***Distance:** 0,000213

\***Units of measure:** unknown

\***Cell geometry:** area

\***Transformation parameters are available:** Yes

[Back to Top](#)

---

## Reference System Information:

**Reference system identifier:**

\***Value:** GCS\_ETRS\_1989

[Back to Top](#)

---

## Data Quality Information:

**Scope of quality information:**

**Level of the data:** dataset

**Lineage:**

**Lineage statement:**

La capa ha sido creada partiendo de una malla de valores de PGA que cubría la zona de estudio y por medio de cálculos geoestadísticos.



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 2: Anexos

Estos valores fueron calculados dentro del proyecto RISNA (Evaluación del Riesgo Sísmico en Navarra), por el equipo de ingeniería sísmica del grupo de la UPM (con la colaboración del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid) un Mayo de 2008.

[Back to Top](#)

---

## Distribution Information:

### Distributor:

#### Contact information:

**Individual's name:** María Belén Benito Oterino

**Organization's name:** Grupo de Ingeniería Sísmica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

**Contact's position:** Investigadora principal

**Contact's role:** distributor

#### Contact information:

**Phone:**

**Voice:** 913366441

#### Address:

##### Delivery point:

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía

**City:** Madrid

**Administrative area:** Madrid

**Postal code:** 28031

**Country:** Spain

**e-mail address:** ma\_ben@topografia.upm.es

#### Available format:

\***Format name:** Personal GeoDatabase Raster Dataset

**Format version:** ArcGIS 9.2

#### Ordering process:

##### Instructions:

Ponerse en contacto con el distribuidor

#### Transfer options:

\***Transfer size:** 0,000

#### Online source:

\***Online location (URL):**

file:///\\SAR\_SISMO\\D\$\\BBDD\\Peligrosidad\_roca.idb\\c\_15\\r\_1.img

\***Connection protocol:** Local Area Network

**Description:** Downloadable Data

#### Medium of distribution:

**Medium name:** CD-ROM

[Back to Top](#)

---

## Geoprocessing History:



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.  
Documento 2: Anexos

---

**Process:**

\***Date:** 20090630

\***Time:** 184159

\***Tool location:** C:\Archivos de  
programa\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes\Data Management  
Tools.tbx\ProjectRaster

\***Command issued:** ProjectRaster

D:\BBDD\Peligrosidad\_roca.mdb\pga\_ProjectRaster

D:\BBDD\Peligrosidad\_roca.mdb\pga\_ProjectRaster\_ProjectRas

GEOGCS['GCS\_ETRS\_1989',DATUM['D\_ETRS\_1989',SPHEROID['GRS\_1980',  
6378137.0,298.257222101]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT['Degree',0.017  
4532925199433]] CUBIC 0,000213

ED\_1950\_To\_ETRS\_1989\_12\_NTV2\_Spain\_v2 #

GEOGCS['GCS\_European\_1950',DATUM['D\_European\_1950',SPHEROID['Inte  
rnational\_1924',6378388.0,297.0]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT['Degree',  
0.0174532925199433]]

[Back to Top](#)

---

**Binary Enclosures:**

**Thumbnail:**

**Enclosure type:** Picture



**Enclosure:**

**Enclosure type:** Image

**Original file name:** pga.bmp

**Description of enclosure:**



## **Anexo 7 – Difusión del trabajo: *Abstract* y Pósteres**



## EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

## Documento 2: Anexos

# LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO. APLICACIÓN EN NAVARRA

**Título: LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO. APLICACIÓN EN NAVARRA**

Autores: A. Rivas-Medina, M.J. García-Rodríguez, B. Benito.

Tipo de participación: Presentación oral

Congreso: VII Jornadas Internacionales de Aplicaciones Geomáticas en Ingeniería

Lugar celebración: Madrid Fecha: 25 al 28 de noviembre de 2008.

**Cuente Científica**  
Francisco Javier González Martínez  
*Ingeniero Geográfico de Navarra*

Juan F. Prieto, Roberto Rodríguez, Iván Vilasón  
y María Pedraza Benito  
*Universidad Politécnica de Madrid*

Andrés Sosa, Rafael García, Francisco Ramírez  
y Eduardo Prieto  
*Universidad Pública de Navarra*

Dirección de las Jornadas:  
Andrés Sosa  
andres.sosa@unavarra.es

**Organización:**  
Francisco Javier González Martínez  
*Instituto Geográfico de Navarra*

Juan F. Prieto  
*Universidad Politécnica de Madrid*

Andrés Sosa, Rafael García, Francisco Ramírez,  
Eduardo Prieto, Luis Magariño, Eduardo Serna  
y Rafael García  
*Universidad Pública de Navarra*

Secretaría de las Jornadas: Juan F. Prieto  
jfprieto@geomatica.upm.es

**Dedicación:**  
Profesionalistas, investigadores, docentes y otros.  
Asociados del Instituto de la Geodesia.

**Créditos de ECTS académicos**  
Los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodésica y Cartografía de la UPM cuentan con créditos ECTS por esta programación para obtener 3 créditos de ECTS académicos.

**Certificación de asistencia**  
Los asistentes que no se dedican al estudio, la inscripción incluye un certificado de participación.


**Lugar de celebración**  
Los actos organizados tendrán lugar en el Salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodésica y Cartografía de la UPM.

**Coordenado:** UTM ETR009  
Nº: 444527.794  
Vº: 447124.150

**Colaboran**



**Organizan**



## VII Jornadas Internacionales de Aplicaciones Geomáticas en Ingeniería

*VII International Engineering Geomatic Applications Workshop*

Madrid, del 25 al 28 de noviembre de 2008

Sala de Actos  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodésica y Cartografía  
Universidad Politécnica de Madrid

Instituto Geográfico Nacional  
Universidad Politécnica de Navarra  
Instituto Tecnológico de Informática

PRESENTACION		PROGRAMA	
El 1960 Ginebra, Suiza, estalló de nuevo el frío, al sentir que el sistema de transición en un círculo virtuoso se desplomó una vez más después incesantemente la política de calidez y desmantelamiento del círculo tiempo en que. The "Free Movement" tiene su fundamento en la legitimidad y la Consueo de la Unión, donde los avances técnicos se vacían ante otro y sigue siendo necesario como la detección automática de cambios sobre la superficie de la Tierra a partir de imágenes de satélite. La Carta continúa a ser una realidad con realidad de aplicaciones como la actualización geológica o el urbanismo. La disponibilidad de nuevos satélites de observación de la Tierra permite movimientos grandes hacia a partir de información directa, consiguiendo detectar pequeños desplazamientos verticales de gran importancia en zonas naturales o existentes en grandes infraestructuras combinando eficiencia, precisión y cada vez mayor alta disponibilidad en menor cantidad de tiempo. Consecuentemente no solo se mejora la medicación geológica y su fiabilidad sino, que en su momento, su resolución se resalta.		<p><b>Marzo 27 miércoles</b></p> <p>9:00-10:00 <b>Introducción</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 1)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 2)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 3)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 4)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 5)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 6)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 7)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 8)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 9)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 10)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 11)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 12)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 13)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 14)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 15)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 16)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 17)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 18)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 19)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 20)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 21)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 22)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 23)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 24)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 25)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 26)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 27)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 28)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 29)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 30)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 31)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 32)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 33)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 34)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 35)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 36)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 37)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 38)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 39)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 40)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 41)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 42)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 43)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 44)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 45)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 46)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 47)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 48)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 49)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 50)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 51)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 52)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 53)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 54)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 55)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 56)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 57)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 58)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 59)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 60)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 61)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 62)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 63)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 64)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 65)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 66)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 67)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 68)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 69)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 70)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 71)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 72)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 73)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 74)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 75)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 76)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 77)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 78)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 79)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 80)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 81)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 82)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 83)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 84)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 85)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 86)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 87)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 88)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 89)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 90)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 91)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 92)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 93)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 94)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 95)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 96)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 97)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 98)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 99)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 100)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 101)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 102)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 103)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 104)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 105)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 106)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 107)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 108)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 109)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 110)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 111)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 112)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 113)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 114)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 115)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 116)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 117)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 118)</b> 9:00-10:00 <b>Temas: Transiciones geológicas (tema 119)</b> 9:00-1</p>	



**Abstract: INTERACTIVE WEB VISUALIZATION TOOLS TO THE RESULTS  
INTERPRETATION OF A SEISMIC RISK STUDY AIMED AT THE EMERGENCY  
LEVELS DEFINITION.**

**Título: INTERACTIVE WEB VISUALIZATION TOOLS TO THE RESULTS  
INTERPRETATION OF A SEISMIC RISK STUDY AIMED AT THE EMERGENCY  
LEVELS DEFINITION.**

**Autores:** A. Rivas-Medina, V. Gutierrez, J. M. Gaspar-Escribano, and B. Benito

**Tipo de participación:** Póster

**Congreso:** EGU General Assembly 2009

**Lugar celebración:** Viena    **Fecha:** 19-24 de Abril de 2009.

Geophysical Research Abstracts,  
Vol. 11, EGU2009-12456, 2009  
EGU General Assembly 2009  
© Author(s) 2009



**Interactive web visualization tools to the results interpretation of a seismic  
risk study aimed at the emergency levels definition**

A. Rivas-Medina, V. Gutierrez, J. M. Gaspar-Escribano, and B. Benito

ETSI Topográfica, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain (amedina@topografia.upm.es)

Results of a seismic risk assessment study are often applied and interpreted by users unspecialised on the topic or lacking a scientific background. In this context, the availability of tools that help translating essentially scientific contents to broader audiences (such as decision makers or civil defence officials) as well as representing and managing results in a user-friendly fashion, are of indubitable value. One of such tools is the visualization tool VISOR-RISNA, a web tool developed within the RISNA project (financed by the Emergency Agency of Navarre, Spain) for regional seismic risk assessment of Navarre and the subsequent development of emergency plans.

The RISNA study included seismic hazard evaluation, geotechnical characterization of soils, incorporation of site effects to expected ground motions, vulnerability distribution assessment and estimation of expected damage distributions for a 10% probability of exceedance in 50 years. The main goal of RISNA was the identification of higher risk areas where focusing detailed, local-scale risk studies in the future and the corresponding urban emergency plans. A geographic information system was used to combine different information layers, generate tables of results and represent maps with partial and final results. The visualization tool VISOR-RISNA is intended to facilitate the interpretation and representation of the collection of results, with the ultimate purpose of defining actuation plans.

A number of criteria for defining actuation priorities are proposed in this work. They are based on combinations of risk parameters resulting from the risk study (such as expected ground motion and damage and exposed population), as determined by risk assessment specialists. Although the values that these parameters take are a result of the risk study, their distribution in several classes depends on the intervals defined by decision makers or civil defence officials. These criteria provide a ranking of municipalities according to the expected actuation level and eventually, to alert levels. In this regard, the visualization tool constitutes an intuitive and useful tool that the end-user of the risk study may use to optimize and guide its application on emergency planning.

The use of this type of tools can be adapted to other scenarios with different boundary conditions (seismicity level, vulnerability distribution) and user profiles (policy makers, stakeholders, students, general public) maintaining the same final goal: to improve the adaptation of the results of a scientific-technical work to the needs of other users with different backgrounds.



# INTERACTIVE WEB VISUALIZATION TOOLS FOR THE INTERPRETATION OF THE RESULTS OF A SEISMIC RISK STUDY AIMED AT THE DEFINITION OF EMERGENCY LEVELS

A. Rivas-Medina, V. Gutierrez, J. M. Gaspar-Escribano, B. Benito

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

## SUMMARY

Results of a seismic risk assessment study are often applied and interpreted by users unspecialized on the topic or lacking a scientific background. In this context, the availability of tools that help translating essentially scientific contents to broader audiences (such as decision makers or civil defense officials) as well as representing and managing results in a user-friendly fashion, are of indubitable value. One of such tools is the visualization tool VISOR-RISNA, a web tool developed within the RISNA project (financed by the Emergency Agency of Navarre, Spain) for regional seismic risk assessment of Navarre and the subsequent development of emergency plans.

The RISNA study included seismic hazard evaluation, geotechnical characterization of soils, incorporation of site effects to expected ground motions, vulnerability distribution assessment and estimation of expected damage distributions for a 10% probability of exceedance in 50 years. The main goal of RISNA was the identification of higher risk areas where focusing detailed, local-scale risk studies in the future and the corresponding urban emergency plans. A geographic information system was used to combine different information layers, generate tables of results and represent maps with partial and final results.

The visualization tool VISOR-RISNA is intended to facilitate the interpretation and representation of the collection of results, with the ultimate purpose of defining action plans.

A number of criteria for defining action priorities are proposed in this work. They are based on combinations of risk parameters resulting from the risk study (such as expected ground motion and damage and exposed population), as determined by risk assessment specialists.

The combination of those parameters and their distribution on classes (for identifying risk levels) is carried out by decision makers.

These criteria provide a ranking of municipalities according to the expected action level and eventually, to alert levels. In this regard, the visualization tool constitutes an intuitive and useful tool that the end-user of the risk study may use to optimize and guide its application on emergency planning. The use of this type of tools can be adapted to other scenarios with different boundary conditions (seismicity level, vulnerability distribution) and user profiles (policy makers, stakeholders, students, general public) maintaining the same final goal to improve the adaptation of the results of a scientific-technical work to the needs of other users with different backgrounds.

## GIS-RISNA (CONCEPTUAL MODEL)

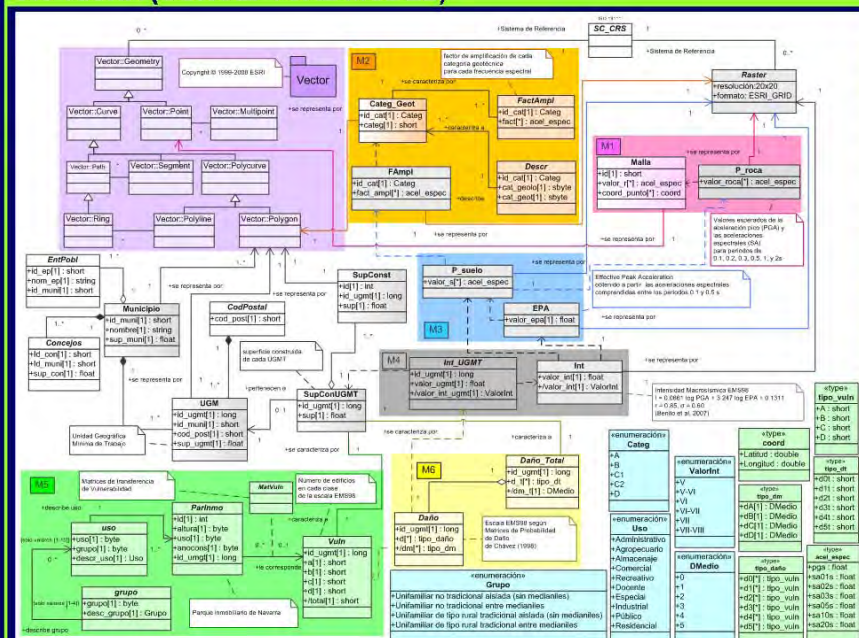


Figure 1. Static diagram of classes for the project in UML Language.

The model is designed in the following way:

1. Colored squares represent the thematic modules of the study
2. The geometry of the classes appears in the upper part of the model and the raster and vector layers in the right and left sides, respectively
3. Light grey color represent classes corresponding to raster layers. For vector layers, a vertically-graded color pattern is used. Plain colors are used for abstract classes (tables without geographical representation).
4. Numbering and types are located in the lower left corner, with blue and green colors, respectively

The RISNA Geographical Information System is developed within the RISNA Project for the regional seismic risk assessment of Navarre

The risk study is divided in six connected modules.

**M1 Module for seismic hazard on rock conditions.**

**M2 Module for the geotechnical classification, including site amplification factors.**

**M3 Module for seismic hazard including soil conditions.**

**M4 Module for macroseismic intensity related to input ground motion.**

**M5 Module for seismic vulnerability of normal-importance structures.**

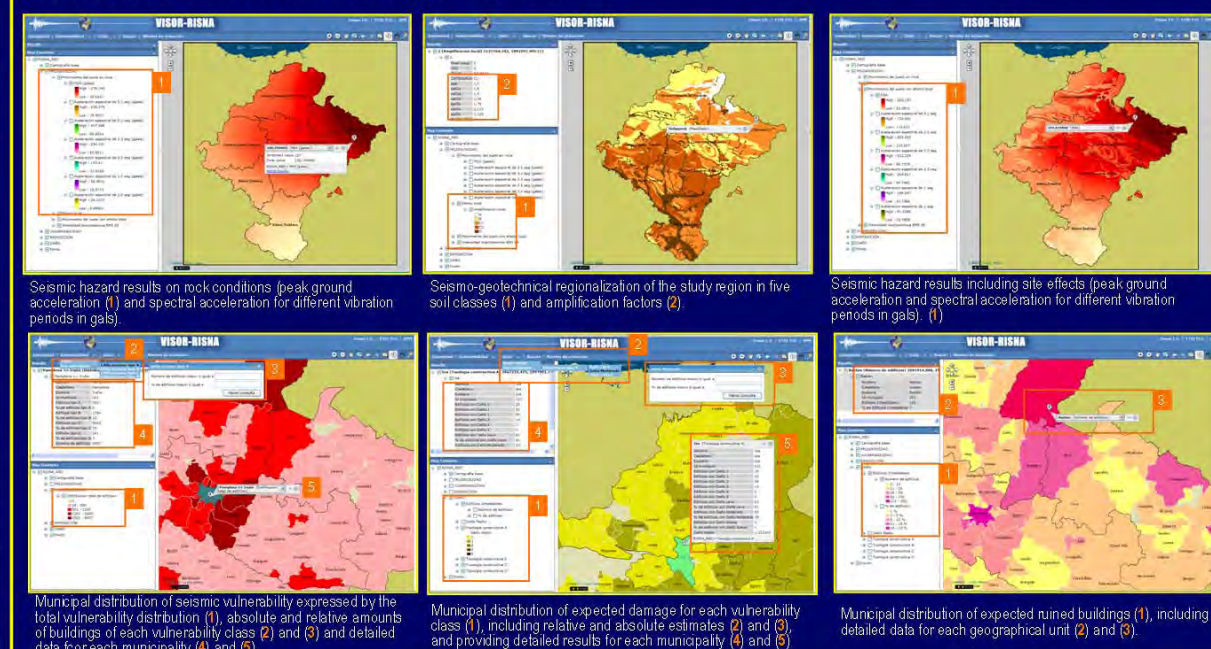
**M6 Module for expected seismic damage.**

The proper accomplishment of the study requires integrating correctly all variables within the same geographical frame. For these goals, GIS tools are very adequate, and constitute the best choice for geographical data analyses and results representation.

## VISOR-RISNA (PARTIAL AND FINAL RESULTS OF THE RISK STUDY)

Taking advantage of the geographical nature of the information and to facilitate the interpretation of partial and final results of the study by end-users, several user-friendly and user-specific products are developed. These include a collection of maps (similar to a thematic atlas) and a web visualiser called VISOR-RISNA, which are intended to aid Civil Protection authorities on the definition of their

action plans and supporting their decisions. Several categories representative not only for the expected damage, but also for the expected ground motion and the exposed population are combined to make a rank of geographical units. These categories include intervals of relative and absolute parameters values.



## SIG FEATURES

Geographical working unit: A combination of Zip code and municipalities.

Working scale: OUTCOME SCALE is 1:200.000 for calculations and analyses.  
The INPUT SCALES differ: The cartographic base of Navarre has a scale 1:100.000, and the geological cartography has a 1:200.000 scale.

Reference System: ETRS89 (European Earth Reference System 1989), of official use in Spain.

Working tool: ArcGIS v 9.3, which allows making all processes in the same platform: data capture and edition, variables analyses and Web visualiser.

## ANALYSES AND PROCESSES

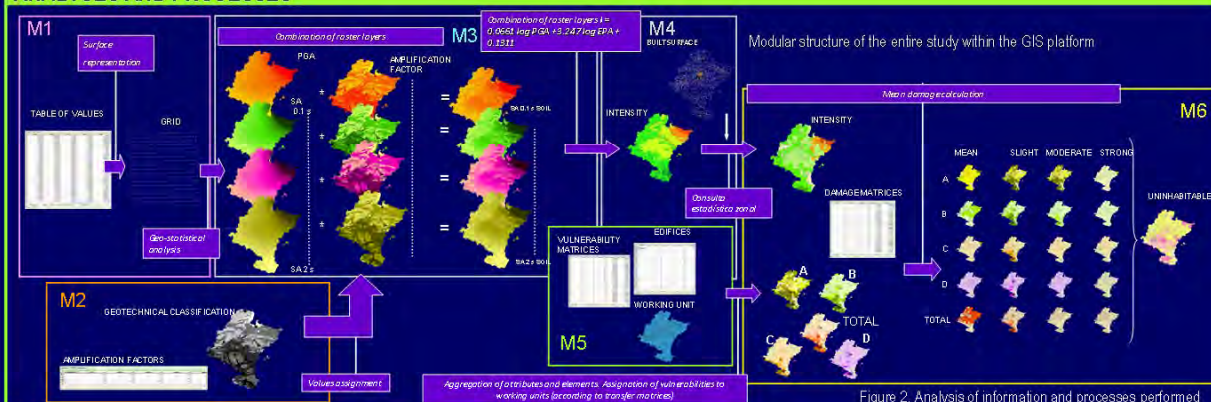
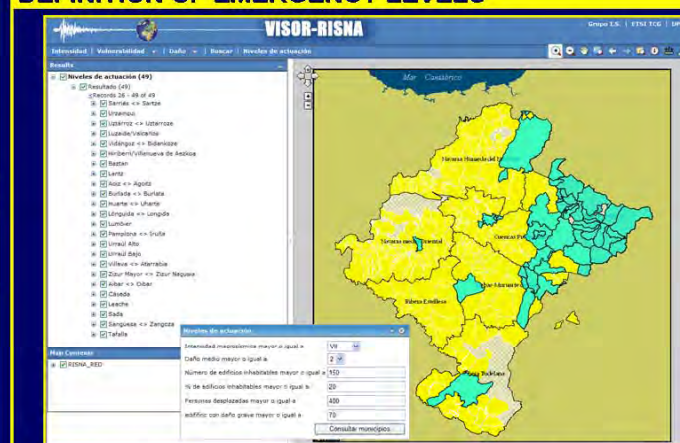


Figure 2. Analysis of information and processes performed

## DEFINITION OF EMERGENCY LEVELS



Example of query which could be used to help defining action levels. Highlighted areas satisfy all conditions imposed.

## CONCLUSIONS

The use of thematic cartography integrated in a web environment to show results of a regional seismic hazards study is a straightforward, useful solution that allows unspecialized users to access large data bases in an easily understandable way. Accordingly, a tool such as VISOR-RISNA is an effective instrument in helping end-users to achieve informed and data constrained decisions for the development of emergency plans.

The parameters considered for the definition of emergency levels, linked to the expected ground motion, are:

- Macroseismic intensity for the 475-year return period as ground motion parameter.
  - Expected mean damage, expected amount of buildings with strong damage number and percentage of building resulting uninhabitable, as damage parameters.
  - Amount of homeless persons as their homes result uninhabitable, as exposure-plus-damage parameter.
- Combinations of these parameters allow obtaining a hierarchy of municipalities with different action levels related to certain alert levels. Through guided queries, decision makers and Civil Protection officials may establish parameter intervals depending on the available human, material and technical resources.





Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía  
Titulación de Ingeniero en Geodesia y Cartografía



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**  
Documento 2: Anexos

**Abstract: SEISMIC RISK ASSESSMENT OF NAVARRE (NORTHERN SPAIN).**

**Título: SEISMIC RISK ASSESSMENT OF NAVARRE (NORTHERN SPAIN).**

**Autores:** J. M. Gaspar-Escribano, A. Rivas-Medina, M. J. García Rodríguez, B. Benito, M. Tsige, J. J. Martínez-Díaz, and P. Murphy.

**Tipo de participación:** Póster

**Congreso:** EGU General Assembly 2009

**Lugar celebración:** Viena    **Fecha:** 19-24 de Abril de 2009.

Geophysical Research Abstracts,  
Vol. 11, EGU2009-12491, 2009  
EGU General Assembly 2009  
© Author(s) 2009



**Seismic risk assessment of Navarre (Northern Spain)**

J. M. Gaspar-Escribano (1), A. Rivas-Medina (1), M. J. García Rodríguez (1), B. Benito (1), M. Tsige (2), J. J. Martínez-Díaz (2), and P. Murphy (3)

(1) Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Topográfica, Geodesia y Cartografía, Madrid, Spain (jgaspar@topografia.upm.es), (2) Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geología, Madrid, Spain, (3) Architect, Madrid

The RISNA project, financed by the Emergency Agency of Navarre (Northern Spain), aims at assessing the seismic risk of the entire region. The final goal of the project is the definition of emergency plans for future earthquakes. With this purpose, four main topics are covered: seismic hazard characterization, geotechnical classification, vulnerability assessment and damage estimation to structures and exposed population. A geographic information system is used to integrate, analyze and represent all information collected in the different phases of the study.

Expected ground motions on rock conditions with a 90% probability of non-exceedance in an exposure time of 50 years are determined following a Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA) methodology that includes a logic tree with different ground motion and source zoning models. As the region under study is located in the boundary between Spain and France, an effort is required to collect and homogenise seismological data from different national and regional agencies. A new homogenised seismic catalogue, merging data from Spanish, French, Catalanian and international agencies and establishing correlations between different magnitude scales, is developed. In addition, a new seismic zoning model focused on the study area is proposed. Results show that the highest ground motions on rock conditions are expected in the northeastern part of the region, decreasing southwards. Seismic hazard can be expressed as low-to-moderate.

A geotechnical classification of the entire region is developed based on surface geology, available borehole data and morphotectonic constraints. Frequency-dependent amplification factors, consistent with code values, are proposed. The northern and southern parts of the region are characterized by stiff and soft soils respectively, being the softest soils located along river valleys. Seismic hazard maps including soil effects are obtained by applying these factors to the seismic hazard maps on rock conditions (for the same probability level). Again, the highest hazard is found in the northeastern part of the region. The lowest hazard is obtained along major river valleys.

The vulnerability assessment of the Navarre building stock is accomplished using as proxy a combination of building age, location, number of floors and the implantation of building codes. Field surveys help constraining the extent of traditional and technological construction types. The vulnerability characterization is carried out following three methods: European Macroseismic Scale (EMS 98), RISK UE vulnerability index and the capacity spectrum method implemented in Hazus. Vulnerability distribution maps for each Navarrese municipality are provided, adapted to the EMS98 vulnerability classes. The vulnerability of Navarre is medium to high, except for recent urban, highly populated developments.

For each vulnerability class and expected ground motion, damage distribution is estimated by means of damage probability matrixes. Several damage indexes, embracing relative and absolute damage estimates, are used. Expected average damage is low. Whereas the largest amounts of damaged structures are found in big cities, the highest percentages are obtained in some municipalities of northeastern Navarre.

Additionally, expected percentages and amounts of affected persons by earthquake damage are calculated for each municipality. Expected amounts of affected people are low, reflecting the low expected damage degree.



**Earthquake Engineering Group**



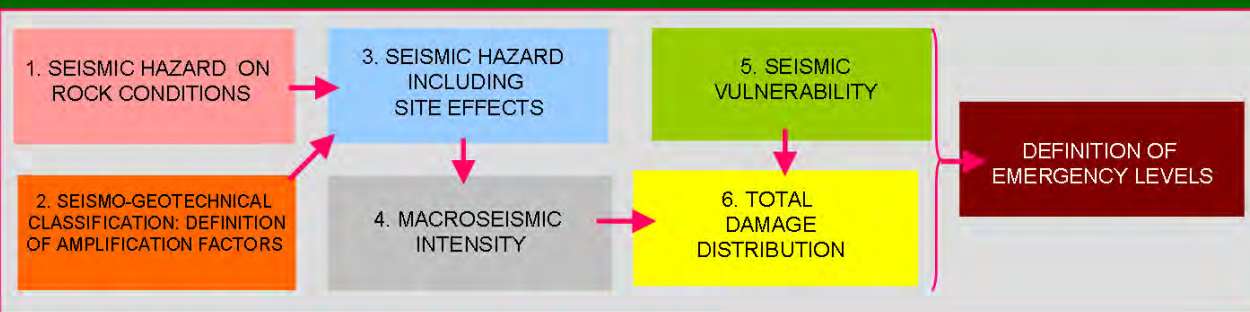
**FUNDING FROM**  

**Agencia Navarra de EMERGENCIAS**

## FILIATIONS AND CONTACT

(1) ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, SPAIN  
(2) Facultad de Geología, Universidad Complutense de Madrid, SPAIN  
(3) Broadway/Malyan Internacional, Madrid, SPAIN  
✉ igaspar@topografia.upm.es + 34 913366441

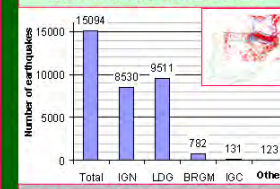
A geographic information system is used to integrate, analyze and represent all information collected in the different phases of the study.



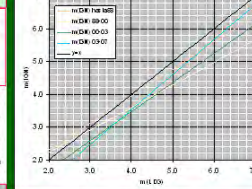
### Bordering region

- Low-hazard region

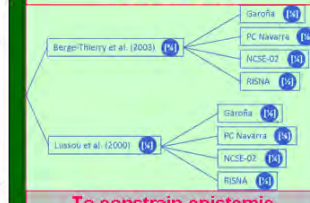
- ▶ Insufficient amount of data available to constraint models and hypothesis
- ▶ Large epistemic uncertainty



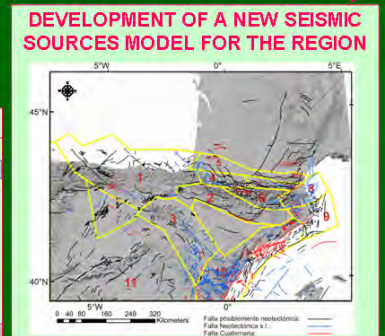
contributing agencies



**Correlation  $m(\text{IGN})/m(\text{LDG})$   
for different periods**



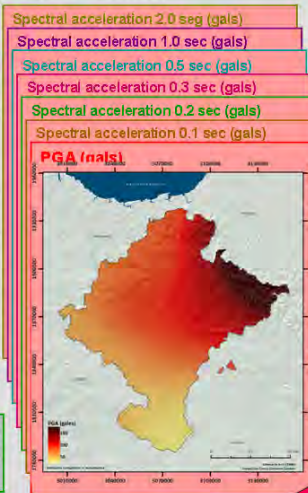
To constrain epistemic uncertainty related to attenuation and source models!



**No region-specific source model is available !**

## 1. SEISMIC HAZARD ON ROCK CONDITION

- Zoning source models are used (there is no information on active faults). Four models are considered, one specific for the project.
- Gutenberg-Richter recurrence model for each zone, with  $M_w=4.0$ .
- Ground-motion models are taken from Berge-Thierry et al. (2003) and Lussou et al. (2001), suitable for the Pyrenean region (according to Cotton et al, 2004).
- Logic tree for epistemic uncertainty quantification.

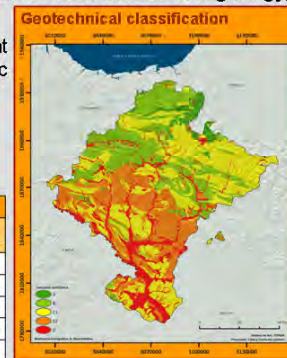


Hazard decreases from NE (160 gals) to SW (<50 gals).

## 2. GEOTECHNICAL CLASSIFICATION

- Highest amplification in river valleys located in the south.

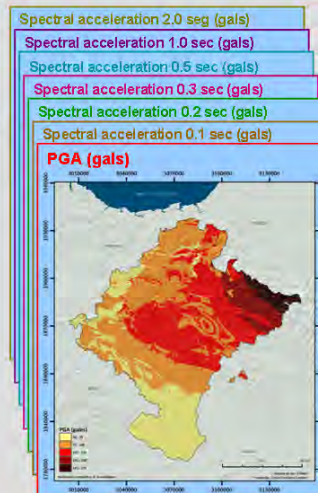
AMPLIFICATION FACTOR							
	PGA	SA 0.1s	SA 0.2s	SA 0.3s	SA 0.5s	SA 1.0s	SA 2.0s
A	1	1	1	1	1	1	1
B	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
C1	1.5	1.5	1.5	1.58	1.75	2.12	2.12
C2	1.6	1.7	1.7	1.8	2	2.48	2.48
D	1.64	1.85	1.85	1.96	2.19	2.74	2.74



### 3. SEISMIC HAZARD INCLUDING SITE EFFECTS

- Product of hazard estimate on rock condition (475-year return period) at each point and amplification factor.

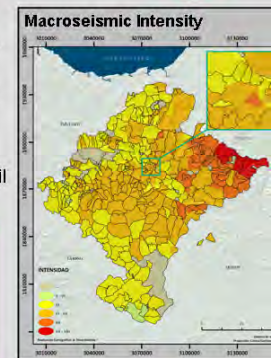
- Higher intensity in the NE and lower in the SW.
- High horizontal gradients are appreciated.



#### 4. MACROSEISMIC INTENSITY

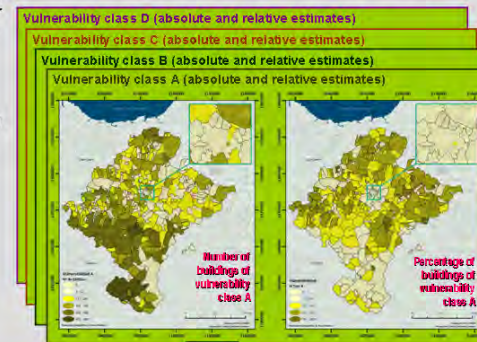
- Derived from PGA and low-period spectral accelerations.
- Following the European Macroseismic Scale EMS 98.
- Municipal intensity distribution map (475-year return period), required by Civil Defence Directive.

- Higher intensity in the NE and lower in the SW.
- Most municipalities present intensities of VI to VII (locally VII-VIII).



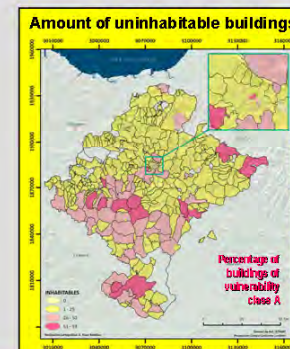
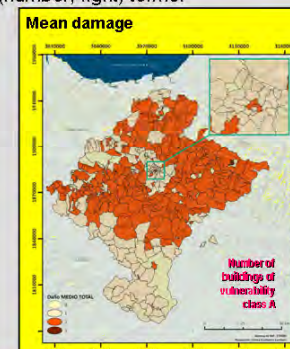
## 5. SEISMIC VULNERABILITY

- In situ assessment of predominant constructive typologies.
- Study of the historical development of seismic codes and its actual application.
- Following the European Macroseismic Scale EMS 98.
- Vulnerability estimates are given in relative (percentage, left) and absolute (number, right) terms.
- Statistical analyses of data bases of dwellings.
- Assignment of a EMS98 vulnerability class Navarrean building classes.



## 6. DAMAGE ESTIMATION

- Estimated by damage probability matrices, which provide the damage distribution expected for a given intensity level and for every vulnerability class.
- Following the European Macroseismic Scale EMS 98.
- Damage estimates are given in relative (percentage, left) and absolute (number, right) terms.

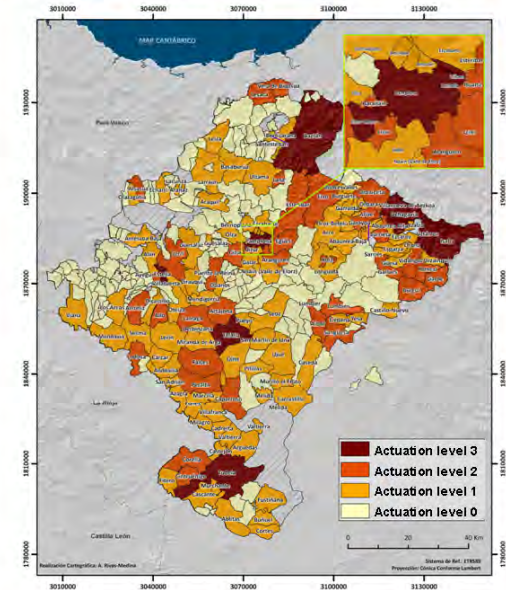


## DEFINITION OF EMERGENCY LEVELS

Results of the regional seismic risk study are used to define informed actuation levels that shall be the basis for prioritizing further local risk studies in high-risk municipalities (as resulting from the regional-scale study).

Several parameters are combined to define such actuation levels:

- Macroseismic intensity (return period of 475 years), as ground motion parameter related to damage.
- Mean damage, and expected number and percent of uninhabitable buildings, as damage parameters.
- Total amount of inhabitants and population density, indicators of the population exposed to risk.
- Average amount of homeless as indicator that combines damage and exposure.







## **Abstract: ON COMMUNICATING EARTHQUAKE RISK IN LOW-ACTIVITY AREAS.**

**Título: ON COMMUNICATING EARTHQUAKE RISK IN LOW-ACTIVITY AREAS.**

**Autores:** J. M. Gaspar-Escribano, M. J. García Rodríguez, A. Rivas-Medina, B. Benito, M. Wachowicz, M. A. Bernabé, and T. Iturrioz

**Tipo de participación:** Póster

**Congreso:** EGU General Assembly 2009

**Lugar celebración:** Viena    **Fecha:** 19-24 de Abril de 2009.

Geophysical Research Abstracts,  
Vol. 11, EGU2009-10429, 2009  
EGU General Assembly 2009  
© Author(s) 2009



### **On communicating earthquake risk in low-activity areas**

J. M. Gaspar-Escribano, M. J. García Rodríguez, A. Rivas-Medina, B. Benito, M. Wachowicz, M. A. Bernabé, and T. Iturrioz

Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, Madrid, Spain (jgaspar@topografia.upm.es)

The assessment of natural risks for emergency response and preparedness planning is a transversal discipline that can be studied from many perspectives, including social, political and earth sciences. Accordingly, people with different profiles and backgrounds working on the topic should use of a common language in order to avoid misunderstandings, improve information dissemination, and at the end, facilitate preparedness and response measurements in the right direction.

Some ideas aimed at identifying communication barriers between all parties and suppressing them are presented, using the example of regional seismic risk studies of low-hazard areas, where the rare occurrence of destructive events complicates the situation.

First, factors related to the actual awareness, the degree of understanding and the interest for getting the information about a given a natural risk, are analyzed taking into account that they differ from user to user (civil protection official, scientist, general public).

Subsequently, choices of parameters used to typify seismic risk and ways of representing them graphically are proposed.

Finally, whether the incidence of the lack of a common language increases risk vulnerability is discussed.



# ON COMMUNICATING EARTHQUAKE RISK IN LOW-ACTIVITY AREAS

J. M. Gaspar-Escribano, M. J. García Rodríguez, A. Rivas-Medina, B. Benito, T. Iturrioz, Y. Torres, M. Wachowicz, M. A. Bernabé  
ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, Spain



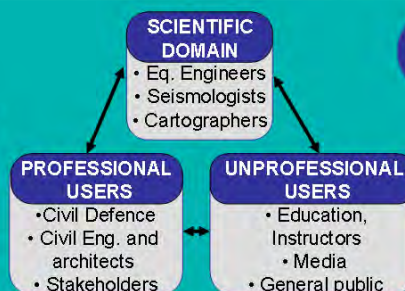
POLITÉCNICA

## 1 INTRODUCTION

The assessment of natural risks is a transversal discipline that can be studied from many scopes, including social, political and earth sciences.

Consequently, people with different backgrounds and profiles working on the topic should use of a common language in order facilitate information flow and to avoid misunderstandings.

Some ideas aimed at improving the communication of seismic risk issues among all parties involved in the problem are analysed in this work.



## 2 FACTORS INFLUENCING COMMUNICATION

**SEISMIC ENVIRONMENT** Determines social involvement on seismic risk. It is much lower in low-activity areas, and thus, communication issues become even more important.

**NATURE OF THE INFORMATION** Scope of seismic risk analysis:  
► regional: qualitative and gross estimates for prevention planning and prioritising resources  
► urban: quantitative, finer estimates for emergency and response planning

**SOURCE OF INFORMATION** Scientific reports, mass media, etc., use different language and have different goals

**RECEIVER OF THE INFORMATION** Present different interests and backgrounds  
► Professional Users: Civil Protection officials, Civil Engineers, Stakeholders, etc.  
► Unprofessional Users: Instructors, Media, General public.

## 3 SCOPE AND OBJECTIVE

### OBJECTIVE

- popularise scientific speech to facilitate communication
- recommend the use of certain parameters and graphical representations that are easy to understand.

### SCOPE

- regional scale seismic risk assessment
- low-activity areas

which purpose is to provide Civil Defence officials with some criteria for pre-event planning.

where natural and social context reduces awareness, interest and knowledge about seismic risk issues

## 4 SOME RECOMMENDATIONS BASED IN OUR EXPERIENCE

### GUIDELINES - EXAMPLES - FIGURES

#### PARAMETERS TO BE REPRESENTED...

##### FOR PROFESSIONAL USERS:

**HAZARD:** Same parameter used in the seismic building code, covering the entire territory.

Expected peak ground acceleration (PGA) for a return period of 475 years. [5.8]

**VULNERABILITY:** Representative values for each geographic unit. Dual figure with absolute (number) and relative (percent) estimates based on standard classifications. Number [5.1] and percentage [5.2] of buildings of vulnerability class C.

**DAMAGE:** Similar criteria as vulnerability. Mean damage [5.4] and number of uninhabitable buildings. [5.5]

**COST:** Derived from damage maps. Cost of repair/demolition.

##### FOR UNPROFESSIONAL USERS:

**HAZARD:** Convey hazard including site effects only. PGA including site effects, consistent with a qualitative low/medium/high classification. [5.9]

**VULNERABILITY:** Regrouping of vulnerability classes in a more simple, comprehensible classification. Number and percentage of buildings with low, medium and high vulnerability.

**DAMAGE:** Similar criteria as vulnerability. Mean damage: qualitative classification slight/medium/severe.

**COST:** Derived from damage maps. Cost of repair/demolition.

#### REPRESENTATION MUST CONSIDER...

##### CONTINUOUS SPATIAL DISTRIBUTION: ISOLINES:

**CLASS INTERVAL:** Depend on input data and their spatial variability. Choose between a continuous representation [5.9] and a categorization in different intervals (which must be in agreement with the significance of the parameter). [5.10] [5.11]

**COLOR PATTERN:** Dark/light tones are perceived as high/low parameter values. It is recommended to follow the extended traffic light criterion according to the statement. Dark/light tones indicate high/low seismic hazard.

**ISOLINE TRACING:** In case of low lateral variability, include contour lines to help proper interpretation. Seismic hazard. [5.8]

##### DISCRETE SPATIAL DISTRIBUTION: CHOROPLETHS:

**TYPE OF PARAMETER:** To be used for relative parameters. When the variable is discrete and the scale is small, may be applied to absolute parameters. Combinations of relative and absolute parameters provide a more complete information.

**GEOGRAPHICAL WORKING UNIT:** Homogenise size of working units when possible. Avoid using very dissimilar sizes. [5.2] [5.3]

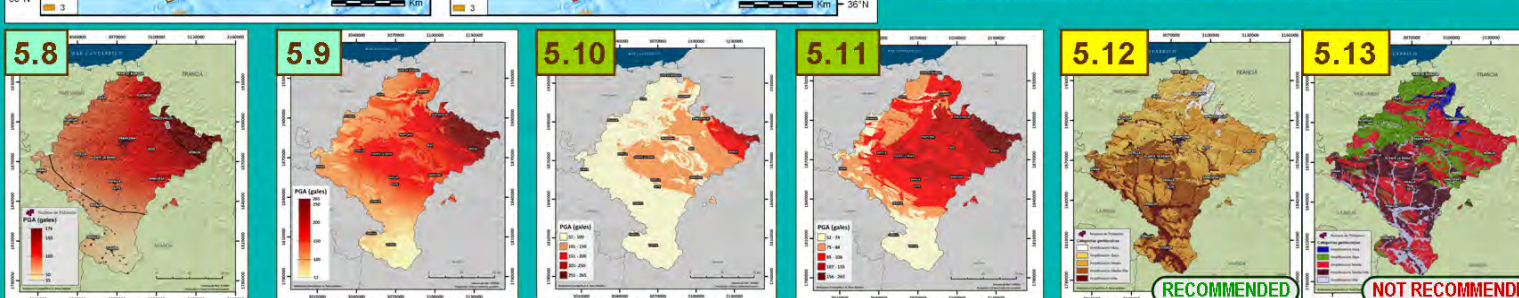
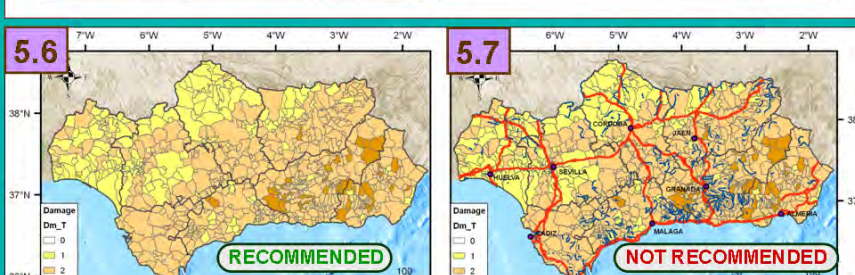
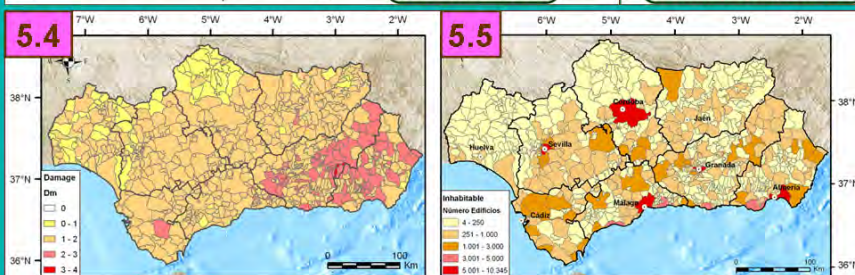
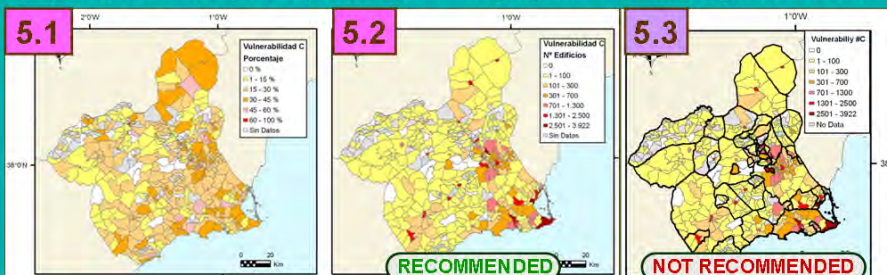
**PARAMETER VALUES:** Adapted to qualitative ranking, with small number of classes. Intervals adapted to variation range, using equal spacing. [5.1] [5.2] [5.4] [5.5]

**COLOR PATTERN:** Similar to representation of continuous variables (see above). [5.12] [5.13]

**EXTRA INFORMATION:** It is useful as long as it keeps the background information clear. Too much extra information creates confusion or unclearness. [5.6] [5.7]

## 5 EXAMPLES AND CONCLUDING REMARKS

These examples are taken from the regional seismic risk assessment studies of the region of Murcia (RISMUR Project; Figures 5.1 to 5.3), Andalusia (SISMOSAN Project; Figures 5.4 to 5.7) and Navarre (RISNA Project; Figures 5.8 to 5.13), developed by the Earthquake Engineering Group of UPM. These projects were financed by the respective regional Emergency and Civil Defence Agencies and constitute the basis for the regional plans against seismic risk.



### EXAMPLE 1: Figures 5.1 and 5.2; and Figures 5.4 and 5.5

**Statement:** Relative (percentage) and absolute (number) measures of the same variable provide complementary information (municipal vulnerability distribution as in Figs. 5.1 and 5.2, and municipal estimated damage, Figs. 5.4 and 5.5).  
**Recommendation:** Use absolute and relative variables (representative for geographical working units) to convey seismic risk parameters.

### EXAMPLE 2: Figures 5.2 and 5.3; Figures 5.6 and 5.7

**Statement:** Reference lines not related with the actual geographical working units may make difficult the understanding of the represented variable (unnecessary administrative borders, Figs. 5.2 and 5.3; and continuous lines such as rivers and roads, Figs. 5.6 and 5.7).  
**Recommendation:** Limit the use of extra reference lines to avoid confusion.

### EXAMPLE 3: Figures 5.8 and 5.9

**Statement:** Seismic hazard rock conditions (Fig. 5.8) does not represent actual expected ground motions.  
**Recommendation:** Use seismic hazard maps including soil conditions (Fig. 5.9) to inform about actual hazard.

### EXAMPLE 4: Figures 5.9, 5.10 and 5.11

**Statement:** The representation of a continuous variable in class intervals may lead to maps with very different appearance (though the represented variable is the same).  
**Recommendation:** Find the most significant class intervals when representing a continuous variable to give the most reliable view of the represented variable.

### EXAMPLE 5: Figures 5.12 and 5.13

**Statement:** A single-tone color pattern (Fig. 5.12), is preferable to colourful patterns (Fig. 5.13), specially when the represented variable is numerical.  
**Recommendation:** Avoid the use multi-color patterns.

### CONTACT

ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía,  
Universidad Politécnica de Madrid, SPAIN  
jgaspar@topografia.upm.es  
+34 913366441





# **PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO**



## Índice de la Planificación del Estudio

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>212</b>
<b>RECURSOS NECESARIOS.....</b>	<b>212</b>
EQUIPO HUMANO .....	212
RECURSOS MATERIALES .....	214
<b>DIVISIÓN DEL TRABAJO.....</b>	<b>215</b>
<b>ESTIMACIÓN DE TIEMPOS .....</b>	<b>216</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE HITOS .....</b>	<b>216</b>
<b>ENCADENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES .....</b>	<b>218</b>
<b>ASIGNACIÓN DE RECURSOS HUMANOS.....</b>	<b>218</b>
<b>DIAGRAMA DE GANTT.....</b>	<b>220</b>



## INTRODUCCIÓN

La planificación del proyecto clarifica el orden de las tareas y estima el tiempo necesario para llevarlas a cabo. Es en esta fase es cuando se evalúa la complejidad o superficialidad del estudio, así como los recursos y tiempo de ejecución.

La planificación del estudio se realizará considerando seis apartados:

- 1 - Recursos necesarios.
- 2 - Definición de Tareas.
- 3 - Estimación de tiempos.
- 4 - Identificación de hitos.
- 5 - Encadenamiento de actividades.
- 6 - Planificación temporal.

## RECURSOS NECESARIOS

Para evaluar los recursos necesarios para la realización de este estudio es necesario que se describa con la mayor precisión posible "quién" y "qué" es necesario.

Dentro del "quién" está el equipo humano que desarrolla el proyecto, por lo que es necesario definir el organigrama funcional del estudio.

Dentro del "qué" está los recursos materiales que serán necesarios para la ejecución del estudio.

### *Equipo humano*

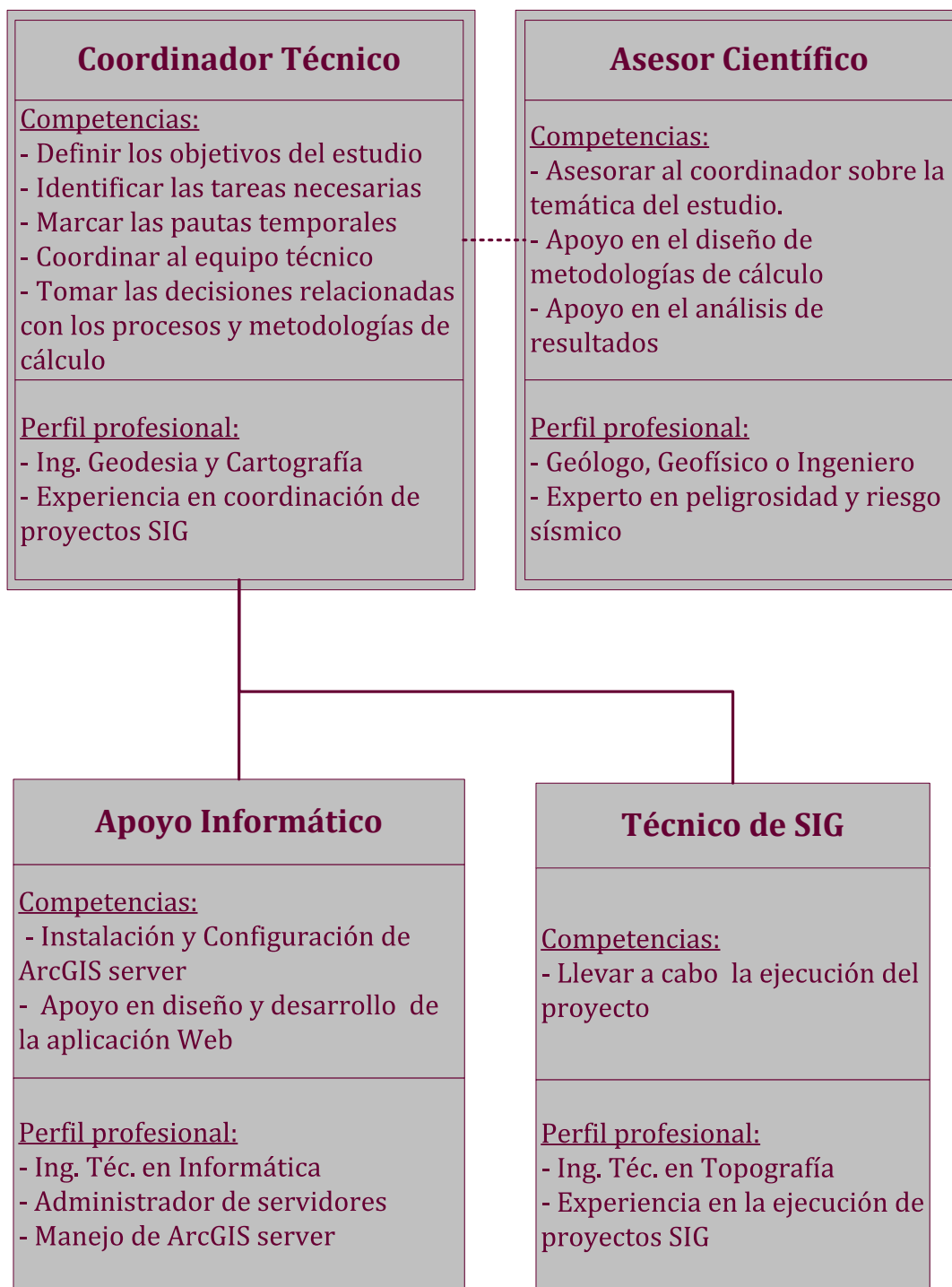
El grupo de trabajo mínimo que se estima puede realizar este estudio lo mostramos por medio de un organigrama funcional. Para ello, se identifican los puestos necesarios, las competencias y los perfiles profesionales.





**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

**Documento 3: Planificación del Estudio**



**Figura1.1** Organigrama funcional del estudio



## ***Recursos materiales***

Los recursos materiales comprenden el conjunto de máquinas, herramientas u objeto de cualquier clase indispensables para el desempeño diario de las actividades necesarias para realizar el estudio. Estas son:

Materiales y útiles de administración. Papelería, materiales y útiles para el procesamiento operativo y desarrollo de bienes informáticos. Consumibles para equipo de oficina y manejo de información, (Hojas, cartulinas, carpetas, marcadores, lápices, cintas adhesivas, Cartuchos de tinta para fax, toner, copias, envíos de mensajería, cds, etc.)

Ordenador para el SIG. Para poder desarrollar el sistema de información geográfica y la aplicación Web. Por lo que deberá estar preparado para hacer esta labor.

Servidor Web. Para dar soporte y servicio a la aplicación Web, por lo que deberá costar de un procesador, una memoria RAM y un disco duro acorde con las necesidades del servicio que prestará.

Ordenador (básico). Para desarrollar es seguimiento del estudio y redactar los informes.

Impresora. Para poder imprimir los informes y necesidades de uso diario.

### Programas:

- *ArcGIS y ArcGIS Server.* Programas específicos para desarrollar el SIG y la aplicación Web.
- *Visual Studio.Net:* Conjunto de tecnologías para el desarrollo de aplicaciones en la Web, de escritorio, móviles o servicios XML.
- *Microsoft Office.* Este es un paquete de ofimática, compuesta básicamente por aplicaciones de procesamiento de textos (*Microsoft Office Word*) para realizar los informes, planilla de cálculo (*Microsoft Office Excel*) para ayudar al calculo y análisis de resultado, programa para presentaciones (*Microsoft Office PowerPoint*), Sistema de gestión de base de datos relacional (*Microsoft Office Access*).
- *Microsoft Office Visio.* Para diseñar el modelo UML.
- *Microsoft Office Project.* Para planificar el estudio.
- *Adobe Photoshop.* Como herramienta gráfica para dar apoyo al las labores de diseño.



## DIVISIÓN DEL TRABAJO

El proceso de construcción de una estructura de división del trabajo comienza descomponiendo el proyecto en sus objetivos principales y en una descomposición sucesiva, hasta identificar el trabajo de desarrollo que se necesita llevar a cabo. La estructura se desarrolla dividiendo a su vez dichos objetivos en otros de menor importancia y más concretos.

- Definición del estudio
  - Objetivos
  - Requisitos
  - Análisis de la problemática
- Planificación del estudio
  - Definición de recursos
  - Distribución de actividades
  - Distribución de plazos
- Recopilación de información
  - Búsqueda de fuentes
  - Recopilación de información
  - Análisis de información
  - Control de Calidad de los datos
- Diseño del SIG-RISNA
  - Objetivos específicos del SIG-RISNA
  - Diseño del Modelo Conceptual
    - Requisitos y características
    - Conceptualización
      - Modelo Conceptual de UML.
      - Diccionario de datos
- Carga y tratamiento de datos. Metadatos
  - Carga de datos
  - Tratamiento de datos
    - Selección de información geométrica
    - Edición geométrica
    - Edición de la base de datos
  - Metadatos
    - Elección de metadatos
    - Edición de metadatos
- Procesos y análisis
  - Diseño metodológico
  - Diseño de procesos SIG
  - Ejecución de procesos
  - Automatización de procesos
- Explotación de resultados
  - Análisis de los resultados
  - Combinación de parámetros
- VISOR-RISNA
  - Elección del Servicios OGC
  - Instalación y configuración del servidor
  - Diseño Cartográfico
    - Objetivo y requisitos
    - Procesos de información cartográfica
    - Diseño del entorno de visualización
    - Redacción Cartográfica
- Consultas
  - Definición de consultas
  - Programación de consultas
- Implementación del VISOR-RISNA
  - Detección de incidencias
  - Corrección de incidencias
- Elaboración de Informes
  - Guía de ayuda de VISOR-RISNA
  - Memoria técnica



## ESTIMACIÓN DE TIEMPOS

Una vez descompuestas las tareas en otras más simples, se puede comenzar a estimar el tiempo que llevará el proyecto. Lo más aconsejable es quedarse razonablemente convencido que el tiempo disponible será suficiente para estar ocupado durante el tiempo asignado con un resultado satisfactorio al final.

TAREA		TIEMPO
<b>Estudio</b>		<b>242 días</b>
<b>Definición del estudio</b>		<b>5 días</b>
	Objetivos	1 día
	Requisitos	1 día
	Análisis de la problemática	3 días
<b>Planificación del estudio</b>		<b>3 días</b>
	Definición de recursos	1 día
	Distribución de actividades	1 día
	Distribución de plazos	1 día
<b>Recopilación de información</b>		<b>48 días</b>
	Búsqueda de fuentes	3 días
	Recopilación de información	20 días
	Análisis de información	10 días
	Control de Calidad de los datos	15 días
<b>Diseño del SIG-RISNA</b>		<b>93 días</b>
	Objetivos específicos del SIG-RISNA	1 día
	Diseño del Modelo Conceptual	18 días
	Requisitos y características	3 días
	Conceptualización	15 días
	<i>Modelo Conceptual de UML.</i>	10 días
	<i>Diccionario de datos</i>	5 días
<b>Carga y tratamiento de datos. Metadatos</b>		<b>45 días</b>
	Carga de datos	3 días
	Tratamiento de datos	31 días
	<i>Selección de información geométrica</i>	1 día
	<i>Edición geométrica</i>	15 días
	<i>Edición de la base de datos</i>	15 días
	Metadatos	11 días
	<i>Elección de metadatos</i>	1 día
	<i>Edición de metadatos</i>	10 días
<b>Procesos y análisis</b>		<b>29 días</b>
	Diseño metodológico	6 días
	Diseño de procesos SIG	3 días
	Ejecución de procesos	10 días



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 3: Planificación del Estudio

TAREA		TIEMPO	
	Automatización de procesos		10 días
<b>Explotación de resultados</b>		<b>15 días</b>	
	Análisis de los resultados		10 días
	Combinación de parámetros		5 días
<b>VISOR-RISNA</b>		<b>58 días</b>	
	Elección del Servicios OGC		2 días
	Instalación y configuración del servidor		5 días
	Diseño Cartográfico		35 días
	Objetivo y requisitos		1 días
	Procesos de información cartográfica		14 días
	Diseño del entorno de visualización		5 días
	Redacción Cartográfica		15 días
	Consultas		11 días
	Definición de consultas		2 días
	Programación de consultas		10 días
	Implementación del VISOR-RISNA		10 días
	Detección de incidencias		5 días
	Corrección de incidencias		5 días
<b>Elaboración de Informes</b>		<b>20 días</b>	
	Guía de ayuda de VISOR-RISNA		5 días
	Memoria técnica		15 días

## IDENTIFICACIÓN DE HITOS

Los hitos son objetivos intermedios en el proceso de desarrollo del estudio y constituyen los pasos previos para la consecución de la meta final. Elegirlos correctamente ayuda a darse cuenta de los progresos realizados, así como a percibir inmediatamente si el desarrollo del estudio se sale del esquema preestablecido en la planificación.

Para identificar hitos hay que centrarse en la división que se ha realizado de la estructura del proyecto y extraer de ella los puntos clave en el desarrollo del mismo.

En este estudio se han planteado 4 hitos importantes:

1. Cuando se define y planifica el estudio
2. Cuando se completa el SIG-RISNA





3. Cuando se completa el VISOR-RISNA

4. Cuando finaliza el estudio completo.

## ENCADENAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES

Se ha empleado una red de actividades para averiguar el orden en que hay que realizar las diferentes tareas. En ellas establecemos que tareas se consideran predecesoras de otras. La temporalidad relativa de las tareas se puede ver en el diagrama de Gant.

## ASIGNACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La siguiente fase será asignar los recursos humanos necesarios a las tareas correspondientes, esta fase sirve también para valorar la elección de recursos en el estudio.

TAREA		TIEMPO		RECURSOS HUMANOS
<b>Estudio</b>		<b>242 días</b>		
<b>Definición del estudio</b>		<b>5 días</b>		
	Objetivos	1 día		Coordinador;Asesor Científico
	Requisitos	1 día		Coordinador;Asesor Científico
	Análisis de la problemática	3 días		Coordinador;Asesor Científico
<b>Planificación del estudio</b>		<b>3 días</b>		
	Definición de recursos	1 día		Coordinador
	Distribución de actividades	1 día		Coordinador
	Distribución de plazos	1 día		Coordinador
definición y planificación el estudio		HITO		
<b>Recopilación de información</b>		<b>48 días</b>		
	Búsqueda de fuentes	3 días		Técnico en SIG
	Recopilación de información	20 días		Técnico en SIG
	Análisis de información	10 días		Técnico en SIG
	Control de Calidad de los datos	15 días		Técnico en SIG
<b>Diseño del SIG-RISNA</b>		<b>93 días</b>		
	Objetivos específicos del SIG-RISNA	1 día		Coordinador
	Diseño del Modelo Conceptual	18 días		
	Requisitos y características	3 días		Coordinador;Técnico en SIG
	Conceptualización	15 días		
	Modelo Conceptual de UML.	10 días		Coordinador;Técnico en SIG



**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 3: Planificación del Estudio

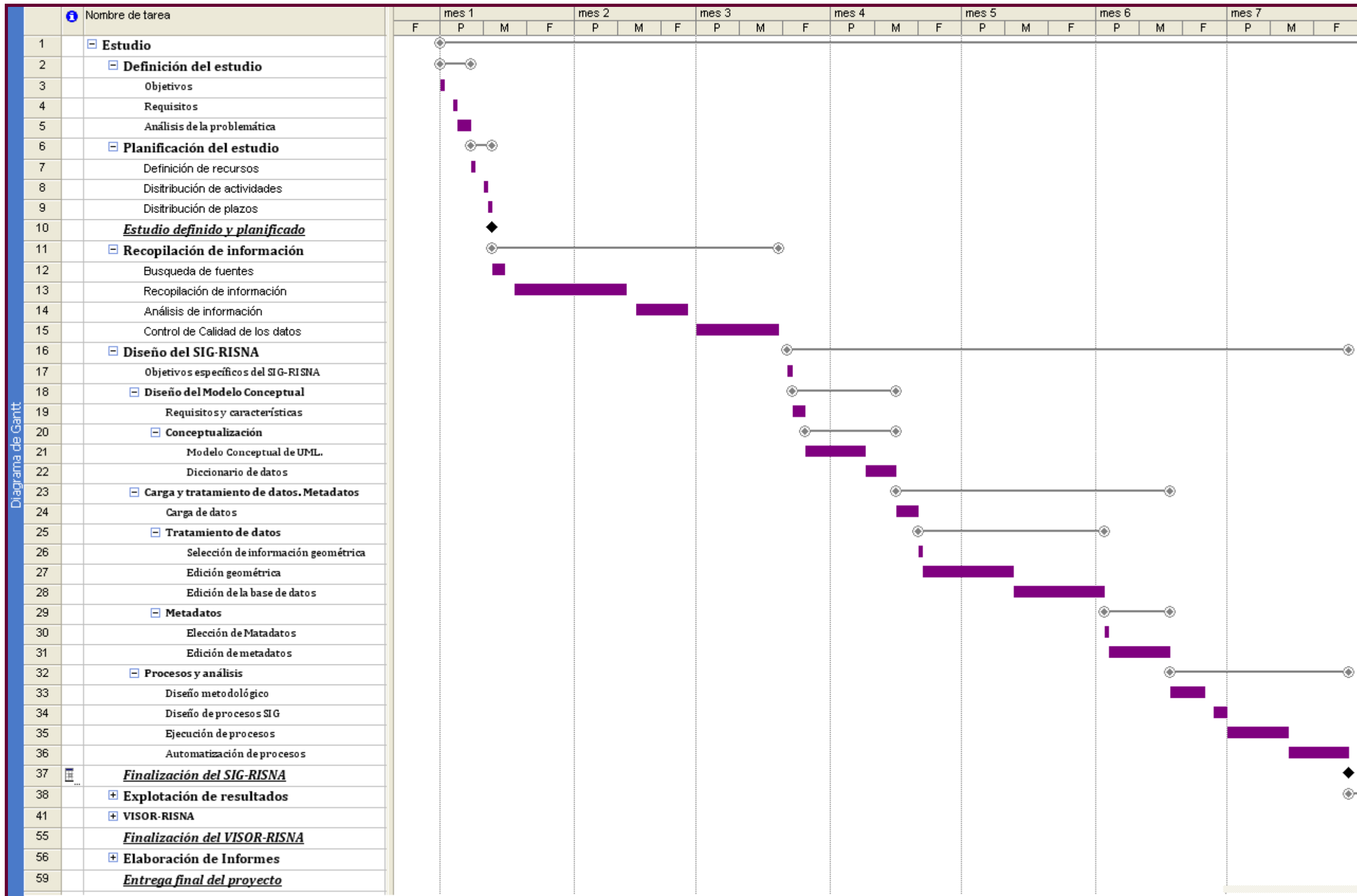
TAREA		TIEMPO	RECURSOS HUMANOS
	Diccionario de datos	5 días	Técnico en SIG
<b>Carga y tratamiento de datos.</b>			
<b>Metadatos</b>		<b>45 días</b>	
	Carga de datos	3 días	Técnico en SIG
	Tratamiento de datos	31 días	
	Selección de información geométrica	1 día	Técnico en SIG
	Edición geométrica	15 días	Técnico en SIG
	Edición de la base de datos	15 días	Técnico en SIG
<b>Metadatos</b>		<b>11 días</b>	
	Elección de metadatos	1 día	Coordinador; Técnico en SIG
	Edición de metadatos	10 días	Técnico en SIG
<b>Procesos y análisis</b>		<b>29 días</b>	
	Diseño metodológico	6 días	Coordinador; Asesor Científico
	Diseño de procesos SIG	3 días	Coordinador; Técnico en SIG
	Ejecución de procesos	10 días	Técnico en SIG
	Automatización de procesos	10 días	Técnico en SIG
<b>finalización del SIG-RINA</b>		<b>HITO</b>	
<b>Explotación de resultados</b>		<b>15 días</b>	
	Análisis de los resultados	10 días	Coordinador; Asesor Científico
	Combinación de parámetros	5 días	Técnico en SIG
<b>VISOR-RISNA</b>		<b>58 días</b>	
	Elección del Servicios OGC	2 días	Coordinador; Técnico en SIG
	Instalación y configuración del servidor	5 días	Apoyo Inofrmático
<b>Diseño Cartográfico</b>		<b>35 días</b>	
	Objetivo y requisitos	1 días	Coordinador; Técnico en SIG
	Procesos de información cartográfica	14 días	Técnico en SIG
	Diseño del entorno de visualización	5 días	Técnico en SIG; Coordinador
	Redacción Cartográfica	15 días	Técnico en SIG
<b>Consultas</b>		<b>11 días</b>	
	Definición de consultas	2 días	Coordinador; Técnico en SIG
	Programación de consultas	10 días	Técnico en SIG; Apoyo Inofrmático
<b>Implementación del VISOR-RISNA</b>		<b>10 días</b>	
	Detección de incidencias	5 días	Técnico en SIG
	Corrección de incidencias	5 días	Técnico en SIG
<b>finalización del VISOR-RINA</b>		<b>HITO</b>	
<b>Elaboración de Informes</b>		<b>20 días</b>	
	Guía de ayuda de VISOR-RISNA	5 días	Técnico en SIG
	Memoria técnica	15 días	Coordinador; Técnico en SIG
<b>finalización del estudio</b>		<b>HITO</b>	



## DIAGRAMA DE GANTT

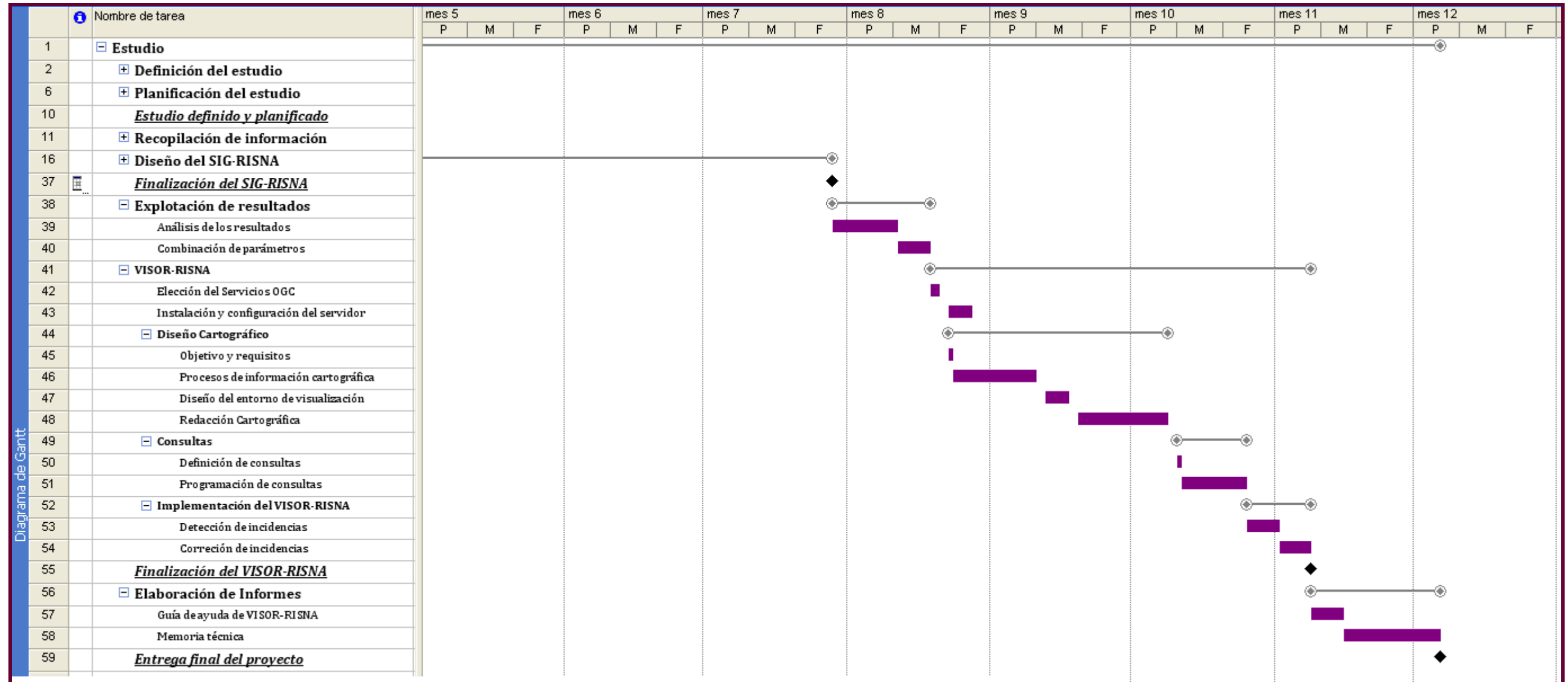
Los diagramas de Gantt son parecidos a las redes de actividades en cuanto a que intentan representar las tareas del estudio en forma de diagrama. Sin embargo, al contrario que las redes de actividades, que muestran las relaciones entre tareas, los diagramas de Gantt muestran explícitamente la duración de las actividades e indican cuándo estamos realizando varias tareas a la vez.

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.  
Documento 3: Planificación del estudio





EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.  
Documento 3: Planificación del estudio



Proyecto: Proyect1 Fecha: dom 05/07/09	Tarea	<div></div>	Progreso de tarea crítica	<div></div>
	Progreso de tarea	<div></div>	Hito	<div></div>
	Tarea crítica	<div></div>	Resumen	<div></div>



# **EVALUACIÓN ECONÓMICA**



## Índice de la Evaluación Económica

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>225</b>
<b>JUSTIFICACIÓN DE COSTES .....</b>	<b>225</b>
APARTADO A. COSTES DE PERSONAL.....	226
APARTADO B. EQUIPOS.....	228
APARTADO C. MATERIAL FUNGIBLE .....	230
APARTADO E. COSTES INDIRECTOS.....	230
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA TOTAL.....</b>	<b>231</b>



## INTRODUCCIÓN

A continuación se hará una exposición detallada de la evaluación económica que se estima se debe considerar para la consecución de este estudio. El estudio esta proyectado para realizarse en un año.

Los gastos de equipo material necesario se han incluido en su totalidad, pero la amortización de esta adquisición se tendrá en cuenta para el cálculo presupuestario de proyectos futuros que pueda llevar a cabo la misma unidad y que necesite estos mismos equipos.

La evaluación económica se estima de un modo aproximado, justificando los costes asignados a cada recurso en base a un análisis de diversas ofertas de empleo del sector privado actual.

## JUSTIFICACIÓN DE COSTES

Es este capítulo de identifica la inversión económica para la realización de este estudio. Para ello, los gastos se clasificarán en:

- Costes de personal
- Equipos
- Material fungible
- Costes indirectos



## Apartado A. Costes de personal

Se computan 4 personas que intervienen en el estudio con distinto perfil, grado de participación y precio unitario o por horas o por sueldo bruto anual.

**Tabla 1. 1.** *Costes de Personal*

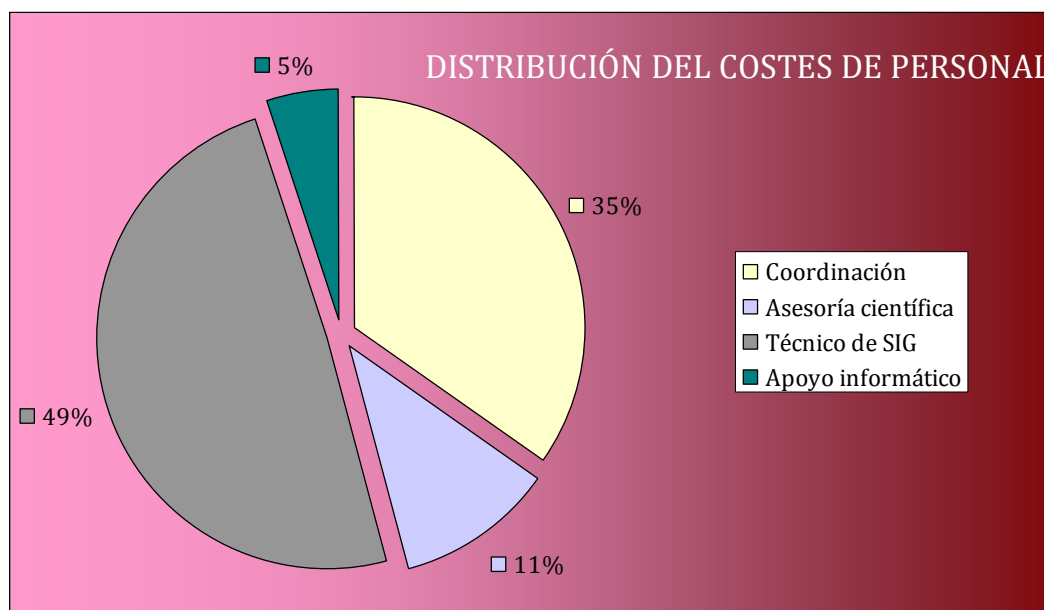
COSTES DE PERSONAL				
	Porcentaje de dedicación	Bruto/año	Coste/hora	Importe total
Coordinación <sup>1</sup>	33%		40,00 €	21.120,00 €
Asesoría científica <sup>2</sup>	10%		40,00 €	6.720,00 €
Técnico de SIG	100%	30.000,00 €		30.000,00 €
Apoyo informático <sup>3</sup>	10%		25,00 €	3.000,00 €
			TOTAL	60.840,00 €

1 horas de trabajo 528 h

2 horas de trabajo 168 h

3 horas de trabajo 120 h

En la **Figura A. 1** se muestra una gráfica con la distribución del coste de personal



**Figura A. 1.** *Distribución de costes de personal*

En la **Tabla 1. 2.** se desglosa el coste de personal en cada tarea identificada para llevar a cabo el estudio.



EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA  
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.

Documento 4: Evaluación Económica

Tabla 1. 2. *Distribución del coste de personal en las tareas del estudio.*

TAREA	TIEMPO	RECURSOS HUMANOS	COSTES DE PERSONAL
<b>Estudio</b>	<b>222 días</b>		<b>60.840,00 €</b>
<b>Definición del estudio</b>	<b>5 días</b>		<b>3.200,00 €</b>
Objetivos	1 día	Coordinador;Asesor Científico	640,00 €
Requisitos	1 día	Coordinador;Asesor Científico	640,00 €
Análisis de la problemática	3 días	Coordinador;Asesor Científico	1.920,00 €
<b>Planificación del estudio</b>	<b>3 días</b>		<b>960,00 €</b>
Definición de recursos	1 día	Coordinador	320,00 €
Distribución de actividades	1 día	Coordinador	320,00 €
Distribución de plazos	1 día	Coordinador	320,00 €
<b>Recopilación de información</b>	<b>48 días</b>		<b>6.635,52 €</b>
Búsqueda de fuentes	3 días	Técnico en SIG	414,72 €
Recopilación de información	20 días	Técnico en SIG	2.764,80 €
Análisis de información	10 días	Técnico en SIG	1.382,40 €
Control de Calidad de los datos	15 días	Técnico en SIG	2.073,60 €
<b>Diseño del SIG-RISNA</b>	<b>93 días</b>		<b>21.488,64 €</b>
Objetivos específicos del SIG-RISNA	1 día	Coordinador	320,00 €
Diseño del Modelo Conceptual	18 días		6.648,32 €
Requisitos y características	3 días	Coordinador;Técnico en SIG	1.374,72 €
Conceptualización	15 días		5.273,60 €
Modelo Conceptual de UML.	10 días	Coordinador;Técnico en SIG	4.582,40 €
Diccionario de datos	5 días	Técnico en SIG	691,20 €
<b>Carga y tratamiento de datos. Metadatos</b>	<b>45 días</b>		<b>6.540,80 €</b>
Carga de datos	3 días	Técnico en SIG	414,72 €
Tratamiento de datos	31 días		4.285,44 €
Selección de información geométrica	1 día	Técnico en SIG	138,24 €
Edición geométrica	15 días	Técnico en SIG	2.073,60 €
Edición de la base de datos	15 días	Técnico en SIG	2.073,60 €
Metadatos	11 días		1.840,64 €
Elección de metadatos	1 día	Coordinador;Técnico en SIG	458,24 €
Edición de metadatos	10 días	Técnico en SIG	1.382,40 €
<b>Procesos y análisis</b>	<b>29 días</b>		<b>7.979,52 €</b>
Diseño metodológico	6 días	Coordinador;Asesor Científico	3.840,00 €





**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE TÉCNICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA.**

Documento 4: Evaluación Económica

TAREA		TIEMPO	RECURSOS HUMANOS	COSTES DE PERSONAL
	Diseño de procesos SIG	3 días	<i>Coordinador; Técnico en SIG</i>	1.374,72 €
	Ejecución de procesos	10 días	<i>Técnico en SIG</i>	1.382,40 €
	Automatización de procesos	10 días	<i>Técnico en SIG</i>	1.382,40 €
<b>Explotación de resultados</b>		<b>15 días</b>		<b>20.989,12 €</b>
	Análisis de los resultados	10 días	<i>Coordinador; Asesor Científico</i>	6.400,00 €
	Combinación de parámetros	5 días	<i>Técnico en SIG</i>	691,20 €
<b>VISOR-RISNA</b>		<b>58 días</b>		<b>13.897,92 €</b>
	Elección del Servicios OGC	2 días	<i>Coordinador; Técnico en SIG</i>	916,48 €
	Instalación y configuración del servidor	5 días	<i>Apoyo Inofrmático</i>	1.000,00 €
	Diseño Cartográfico	35 días		6.758,40 €
	Objetivo y requisitos	1 días	<i>Coordinador; Técnico en SIG</i>	458,24 €
	Procesos de información cartográfica	14 días	<i>Técnico en SIG</i>	1.935,36 €
	Diseño del entorno de visualización	5 días	<i>Técnico en SIG; Coordinador</i>	2.291,20 €
	Redacción Cartográfica	15 días	<i>Técnico en SIG</i>	2.073,60 €
	Consultas	11 días		3.840,64 €
	Definición de consultas	2 días	<i>Coordinador; Técnico en SIG</i>	458,24 €
	Programación de consultas	10 días	<i>Técnico en SIG; Apoyo Inofrmático</i>	3.382,40 €
	Implementación del VISOR-RISNA	10 días		1.382,40 €
	Detección de incidencias	5 días	<i>Técnico en SIG</i>	691,20 €
	Corrección de incidencias	5 días	<i>Técnico en SIG</i>	691,20 €
<b>Elaboración de Informes</b>		<b>35 días</b>		<b>7.564,80 €</b>
	Guía de ayuda de VISOR-RISNA	5 días	<i>Técnico en SIG</i>	691,20 €
	Memoria técnica	15 días	<i>Coordinador; Técnico en SIG</i>	6.873,60 €

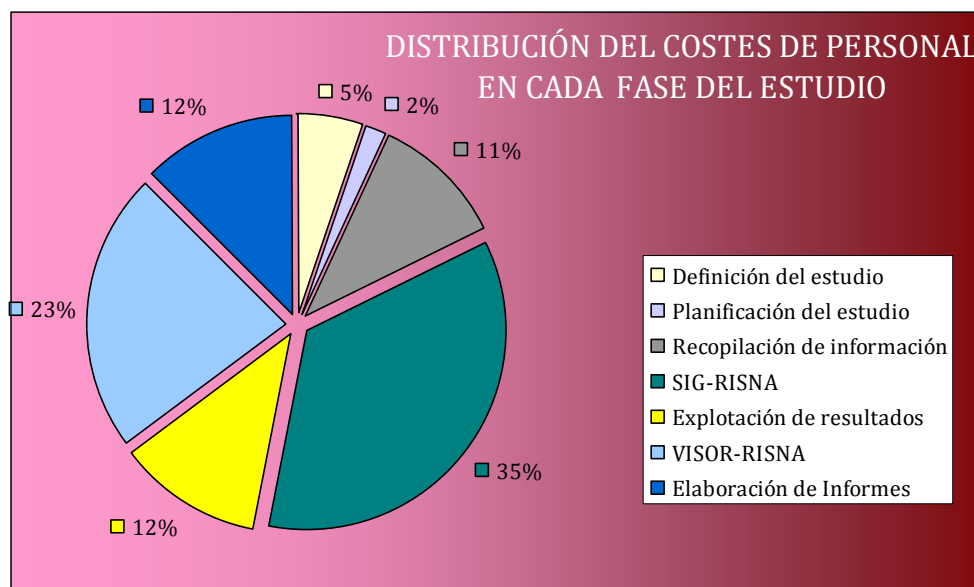
En la Tabla 1.3 se agrupa el coste de personal en las fases más importantes del estudio.



Tabla 1. 3. *Distribución del coste de personal en las fases del estudio.*

FASES	COSTE
<b>Estudio</b>	<b>60.840,00 €</b>
Definición del estudio	3.200,00 €
Planificación del estudio	960,00 €
Recopilación de información	6.635,52 €
SIG-RISNA	21.488,64 €
Explotación de resultados	7.091,20 €
VISOR-RISNA	13.897,92 €
Elaboración de Informes	7.564,80 €

Por ultimo, en la **Figura 1. 2** se muestra la distribución de costes de personal según las fases del estudio a las que se les relaciona.



**Figura 1. 2.** *Distribución de costes de personal*



## ***Apartado B. Equipos***

Este apartado está dedicado a los costes de adquisición de *hardware* y *software* necesario para la ejecución del proyecto, después de su finalización pasará a disposición del grupo de trabajo, por lo tanto, la amortización de este apartado repercutirá en proyectos futuros.

No se incluye la adquisición de *software*, se recurre a las licencias corporativas de la UPM que tiene adquiridas sobre la totalidad de productos de ESRI. Tampoco se incluyen, sistemas operativos, *software* de desarrollo y de utilidades para la programación por ser licencias corporativas.

**Tabla 1.4.** *Costes de equipos necesarios*

COSTES DE EQUIPOS	
	Coste total
Ordenador SIG	2.000,00 €
Ordenador básico	1.200,00 €
Servidor	1.500,00 €
Impresora	500,00 €
Memoria externa	200,00 €
TOTAL	5.400,00 €

## ***Apartado C. Material fungible***

Estos costes son los propios del mantenimiento de las impresoras y de material de oficina (CD, DVD, etc.).

**Tabla 1.5.** *Costes de material fungible*

COSTES DE MATERIAL FUNGIBLE	
	Coste total
Materiales y útiles de administración	3.000,00 €

## ***Apartado D. Costes indirectos***

Se estipula dentro del presupuesto un capítulo de costes indirectos de un 15% calculado sobre el total de la evaluación económica, que se identifican con el beneficio económico o industrial.

**Tabla 1.6.** *Otros costes generales*

OTROS COSTES GENERALES	
	Coste total
15% (B. I.)	9.936,00 €

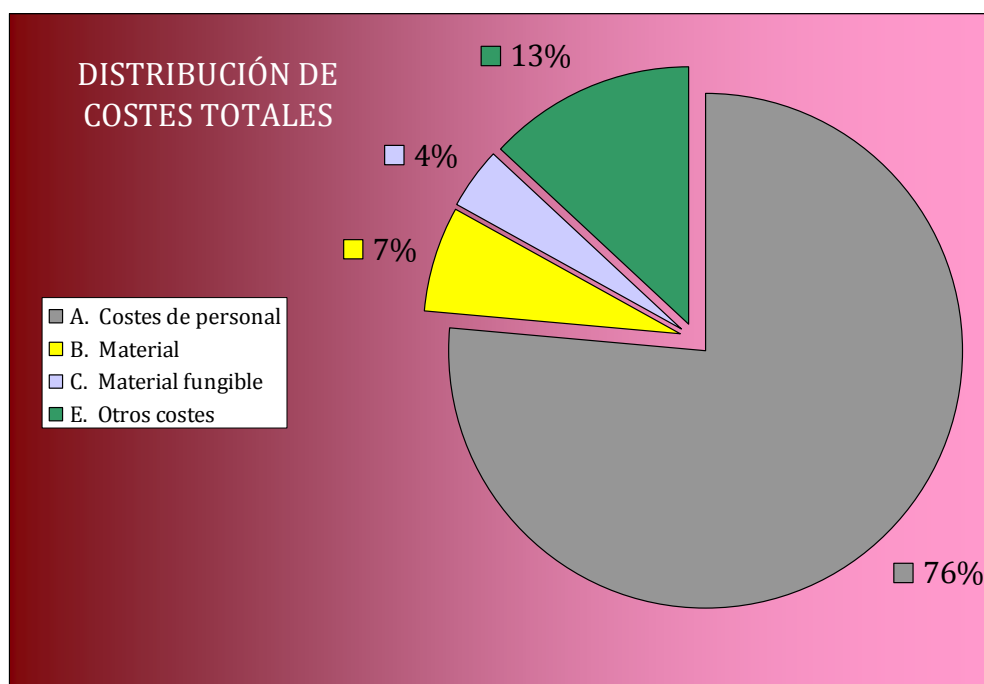


## EVALUACIÓN ECONÓMICA TOTAL

Considerando los gastos de los apartados anteriores, se estipula que el coste total del estudio sea de:

**Tabla 2.1.** *Tabla con los costes finales del estudio*

COSTES FINALES		
		Coste total
A. Coste de personal		60.840,00 €
B. Material		5.400,00 €
C. Material fungible		3.000,00 €
E. Otros costes		10.386,00 €
	TOTAL	79.626,00 €
	IVA. (16%)	12.740,16 €
	<b>TOTAL</b>	<b>92.366,16 €</b>



**Figura 2.1.** *Distribución de costes totales*

# **NORMATIVA DE RIESGOS LABORALES**





## Índice de la Normativa de riesgos laborales

REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA 90/270/CEE PARA LA PANTALLA.....	234
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA EL TECLADO.....	235
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 LA SILLA DE TRABAJO .....	235
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA MESA, SUPERFICIES Y ESPACIO DE TRABAJO .....	235
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA ILUMINACIÓN.....	236
REFLEJOS Y DESLUMBRAMIENTOS: .....	236
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA EL RUIDO .....	236
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE TEMPERATURA Y HUMEDAD .....	237
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE EMISIONES .....	237
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA INTERCONEXIÓN ORDENADOR/PERSONA .....	237
REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO CON PVD'S .....	238
FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....	238
CONSULTA Y PARTICIPACIÓN .....	238
VIGILANCIA DE LA SALUD .....	238



El objetivo de este apartado es dar a conocer los principales aspectos de las normas técnicas de ámbito europeo e internacional referidas al diseño ergonómico de puestos que utilizan equipos con pantallas de visualización de datos (PVD). Está basado, principalmente, en el contenido de las normas técnicas desarrolladas en el seno del Comité Europeo de Normalización (CEN) en colaboración con ISO, concretamente en las normas **ISO-9241**.

Se han recogido los aspectos más relevantes de la citada normativa, abarcando, en su conjunto, los aspectos concernientes a los equipos, al diseño físico del lugar de trabajo, la adecuación del medio ambiente físico, los aspectos básicos del diseño de tareas y los principios a considerar en la llamada "ergonomía del software".

En todo caso, en España es necesario tener en cuenta los requisitos mínimos legales establecidos en el Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, referente a las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

## REQUERIMIENTOS DE LA DIRECTIVA 90/270/CEE PARA LA PANTALLA

- Los caracteres de la pantalla deberán estar bien definidos y configurados de forma clara y tener una dimensión suficiente, disponiendo de un espacio adecuado entre los caracteres y los renglones.
- La imagen de la pantalla deberá ser estable, sin fenómenos de destellos, centelleos u otras formas de inestabilidad.
- El usuario de PVD's deberá poder ajustar fácilmente la luminosidad y/o el contraste entre los caracteres y el fondo de la pantalla, así como adaptarlos fácilmente a las condiciones del entorno.
- La pantalla deberá ser orientable e inclinable a voluntad y con facilidad para adaptarse a las necesidades del usuario.
- Podrá utilizarse un soporte independiente o una mesa regulable para la pantalla.
- La pantalla no deberá tener reflejos ni reverberaciones que puedan molestar al usuario.



## **REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA EL TECLADO**

- El teclado deberá ser inclinable e independiente de la pantalla para permitir que el trabajador adopte una postura cómoda que no provoque cansancio en brazos y manos.
- La superficie del teclado deberá ser mate para evitar los reflejos.
- La disposición del teclado y las características de las teclas deberán tender a facilitar la utilización del teclado.
- Los símbolos de las teclas deberán resultar suficientemente legibles desde la posición normal de trabajo.
- Tendrá que haber espacio suficiente delante del teclado para que el usuario pueda apoyar los brazos o las manos.

## **REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488 / 1997 LA SILLA DE TRABAJO**

- El asiento de trabajo habrá de ser estable, proporcionar al usuario libertad de movimientos y procurarle una postura confortable.
- La altura del asiento deberá ser regulable.
- El respaldo deberá ser reclinable, y su altura, ajustable.
- Se pondrá un reposapiés a disposición de quienes lo deseen.

## **REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488 / 1997 PARA LA MESA, SUPERFICIES Y ESPACIO DE TRABAJO**

- La mesa de trabajo habrá de tener una superficie poco reflectante, ser de dimensiones suficientes y permitir una colocación flexible de la pantalla, del teclado, de los documentos y del material accesorio.



- El soporte de los documentos deberá ser estable y regulable y estar colocado de tal modo que se reduzcan al mínimo los movimientos incómodos de la cabeza y los ojos.
- El espacio deberá ser suficiente para permitir a los trabajadores una posición cómoda.
- El puesto de trabajo deberá tener una dimensión suficiente para permitir cambiar de postura y de movimientos de trabajo.

## REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA ILUMINACIÓN

- La iluminación general y la iluminación especial (lámparas de trabajo), cuando sea necesaria, deberán garantizar unos.
- El acondicionamiento del lugar de trabajo y del puesto de trabajo, así como la situación y las características técnicas de las fuentes de luz artificial deberán coordinarse de tal manera que se eviten los deslumbramientos y reflejos molestos en la pantalla u otra parte del equipo.

### *Reflejos y deslumbramientos:*

- Los puestos de trabajo deberán instalarse de tal forma que las fuentes de luz, como ventanas y otras aberturas, tabiques transparentes o translúcidos y los equipos o tabiques de color claro no provoquen deslumbramiento directo ni produzcan reflejos molestos en la pantalla.
- Las ventanas deberán estar equipadas con un dispositivo de cobertura adecuado y regulable para atenuar la luz del día que ilumine el puesto de trabajo.

## REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA EL RUIDO

- El ruido producido por los equipos del puesto de trabajo o los del entorno deberá tenerse en cuenta al diseñar el puesto de trabajo, en especial para que no se perturbe la atención ni la palabra.



## **REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE TEMPERATURA Y HUMEDAD**

- Los equipos del puesto o puestos de trabajo no deberán producir un calor adicional que pueda ocasionar molestias a los trabajadores.
- Habrá que crear y mantener una humedad aceptable.

## **REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 SOBRE EMISIONES**

- Toda radiación, excepción hecha de la parte visible del espectro electromagnético, deberá reducirse a niveles insignificantes desde el punto de vista de la protección, seguridad y salud de los trabajadores.

## **REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488/1997 PARA LA INTERCONEXIÓN ORDENADOR/PERSONA**

Para la elaboración, elección, compra y modificación de programas, así como para la definición de las tareas que requieran pantallas de visualización, el empresario tendrá en cuenta los siguientes factores:

- El programa habrá de estar adaptado a la tarea a realizar.
- El programa habrá de ser fácil de utilizar y deberá, en su caso, poder adaptarse al nivel de conocimientos y experiencia del usuario; no deberá utilizarse ningún dispositivo cuantitativo o cualitativo de control sin que los trabajadores hayan sido informados de esta consulta con sus trabajadores.
- Los sistemas deberán proporcionar a los trabajadores indicaciones sobre su desarrollo.
- Los sistemas deberán mostrar la información en un formato y a un ritmo adaptado a los operadores.
- Los principios de ergonomía deberán aplicarse en particular al tratamiento de la información por parte del hombre.





## REQUERIMIENTOS DEL R. D. 488 / 1997 SOBRE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO CON PVD'S

### *Formación de los trabajadores*

Todo trabajador debe recibir una formación sobre las modalidades de uso de los equipos con pantallas de visualización, antes de comenzar este tipo de trabajo y cada vez que la organización del puesto de trabajo se modifique de manera apreciable.

### *Consulta y participación*

La consulta y participación sobre las cuestiones a las que se refiere este R. D. se realizará de acuerdo con lo dispuesto en el art. 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales

### *Vigilancia de la Salud*

Se deberá ofrecer a los trabajadores en las siguientes ocasiones:

- Antes de comenzar a trabajar con una pantalla de visualización.
- Posteriormente, con una periodicidad ajustada al nivel de riesgo a juicio del médico responsable.
- Cuando aparezcan trastornos que pudieran deberse a este tipo de trabajo.

Cuando los resultados de la citada vigilancia de la salud lo hiciesen necesario, los trabajadores tendrán derecho a un reconocimiento oftalmológico.

# **IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**



En virtud de lo establecido en la Ley 6/2001 de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio y en la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo. El presente estudio no se encuentra sometido al procedimiento administrativo de evaluación de impacto medioambiental. No obstante, su hubiese sido necesario se habría tenido en cuenta las normas ISO 14000.