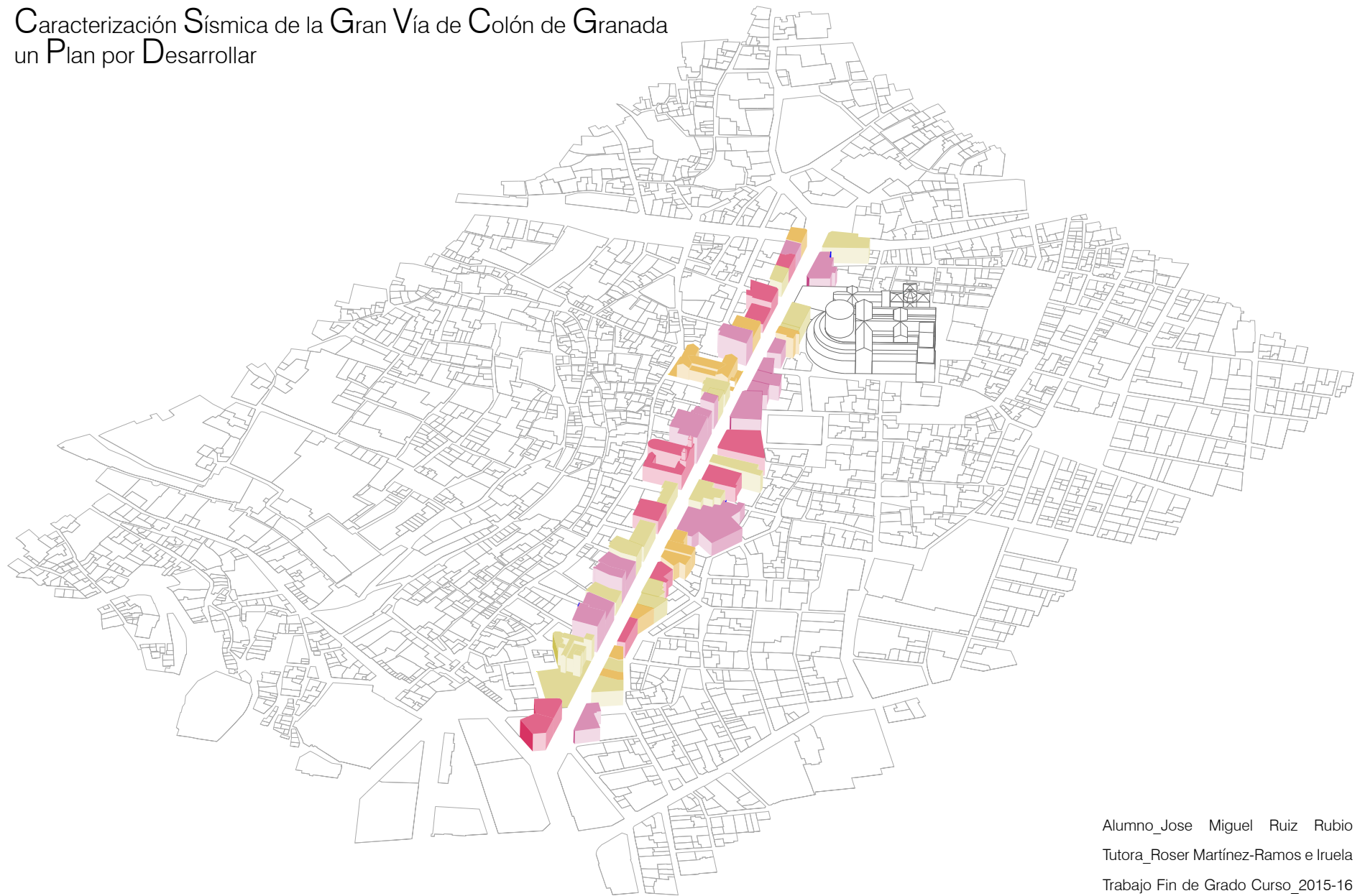


Caracterización Sísmica de la Gran Vía de Colón de Granada un Plan por Desarrollar



Alumno_Jose Miguel Ruiz Rubio
Tutora_Roser Martínez-Ramos e Iruela
Trabajo Fin de Grado Curso_2015-16

“Durante algún tiempo después que los moros rindiesen a Granada, esta deliciosa ciudad fue residencia frecuente y favorita de los soberanos españoles, hasta que fueron ahuyentados por los sucesivos terremotos que derribaron varias casas e hicieron estremecerse las viejas torres musulmanas hasta sus cimientos.”

(Irving, 2002)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	5
2.1. Sismicidad Histórica e Instrumental en Granada	
2.2. Escenarios de Daños Sísmicos de Granada	
2.3. Gran Vía de Colón de Granada	
2.3.1. Tipología Arquitectónica	
2.3.2. Tipología Constructiva	
2.3.3. Etapas Constructivas e Intervenciones	
2.3.4. Ocupación y Estado de Conservación	
3. HIPÓTESIS.....	13
4. APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	15
4.1. Introducción al Método del Índice de Vulnerabilidad	
4.2. Caracterización constructiva de los edificios de Gran Vía	
4.3. Ejemplo aplicado. Modificadores del Método del Índice de Vulnerabilidad	
4.4. Efecto de la Resonancia	
4.5. Correlación Iv y Clase de Vulnerabilidad	
4.6. Grado de Daño asignado a la Clase de Vulnerabilidad	
5. ESCENARIO DE DAÑO SÍSMICO PARA LA GRAN VÍA DE GRANADA...27	
5.1. Resultado Índice de Vulnerabilidad y Grado de Vulnerabilidad. Tablas justificativas de cálculo	
5.2. Escenario de Daño Sísmico (EDS). Representación volumétrica del EDS de la Gran Vía de Colón de Granada	
5.3. Edificios inhabitables tras el EDS	
5.4. Estimación de Víctimas	
6. COMENTARIOS Y BALANCE.....	33
6.1. Método del Índice de Vulnerabilidad	
6.2. EDS de Granada	
6.3. Conclusiones para los resultados obtenidos para Gran Vía de Granada. Futuras líneas de investigación	
GLOSARIO.....	37
ANEXOS.....	39
Anexo 1: Caracterización morfológico-constructiva de los edificios analizados de la Gran Vía de Colón de Granada	
Anexo 2: Ficha sísmica	
Anexo 3: Descripción gráfica del Método del Índice de Vulnerabilidad	
Anexo 4: Grados de Daño según EMS-98	
Anexo 5: Tabla comparativa de fechas	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

Figura 1. Mapamundi de epicentros sísmicos

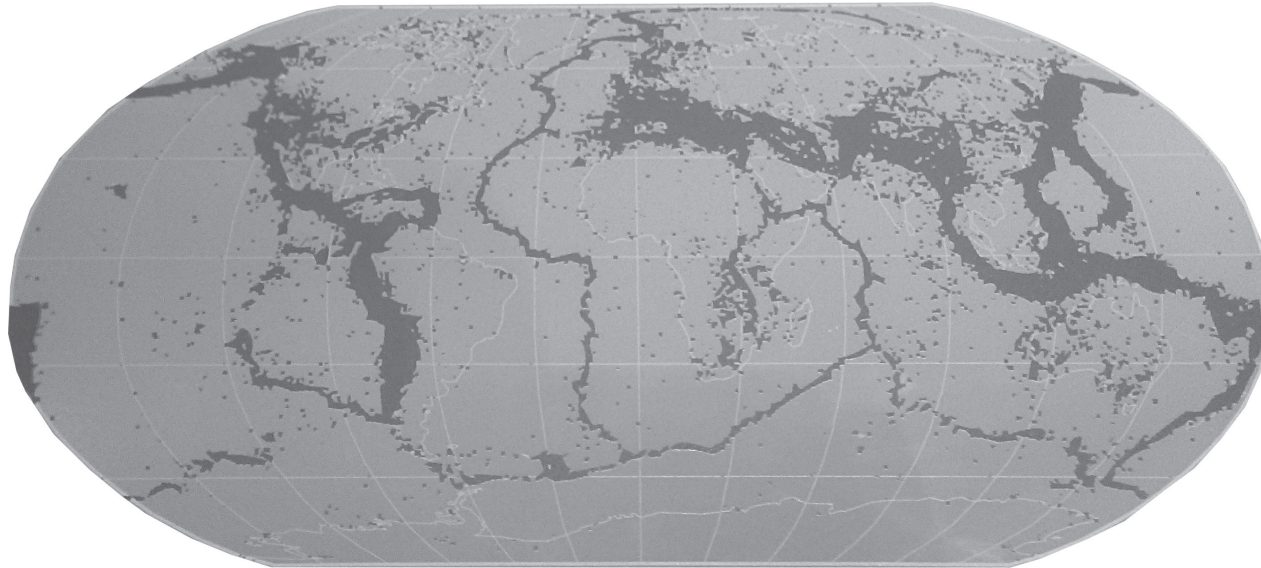


Figura 1. Mapamundi de epicentros sísmicos

Fuente: exposición SOS La ciencia de prevenir en el Parque de las Ciencias de Granada

Figura 2. Sísmica de la Península Ibérica

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Figura 3. Peligrosidad Sísmica en España

Fuente: NCSE-02

Figura 2. Sísmica de la Península Ibérica

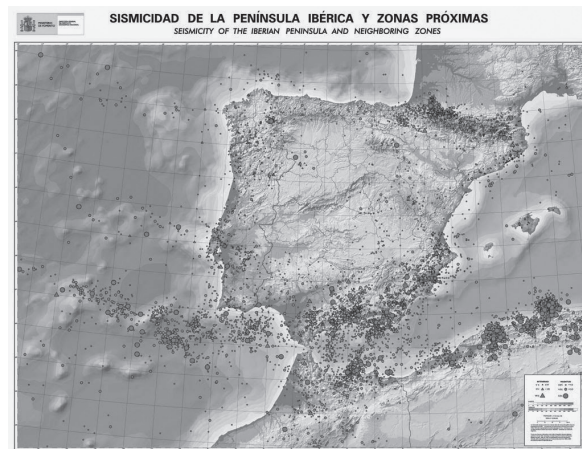
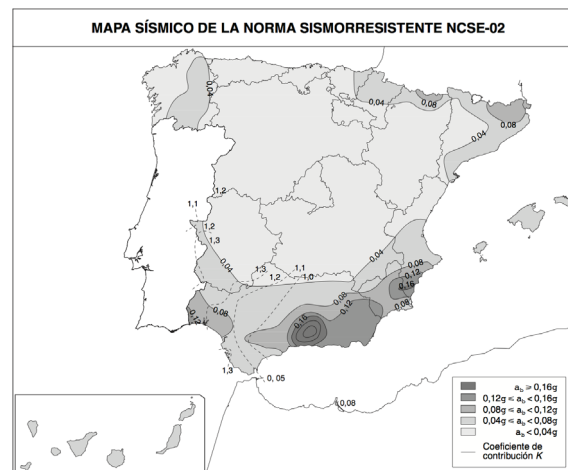


Figura 3. Peligrosidad Sísmica en España



1. INTRODUCCIÓN

Seísmo es un movimiento vibratorio que se origina en zonas internas de la tierra y se propaga en forma de ondas sísmicas por los materiales rocosos. Según datos estadísticos consultados, ocurren alrededor de 80000 terremotos anualmente de los cuáles gran parte son registrados por los sismógrafos. Previamente a la aparición de estos dispositivos, el ser humano valoraba el movimiento sísmico mediante su intensidad, lo cuál supone un método muy subjetivo y variable según donde se sitúe el epicentro del área macrosísmica. El sismógrafo registra, entre otros datos, la magnitud del terremoto y nos da una evaluación objetiva acerca de las características de la catástrofe.

Se parte de la base de que los terremotos son totalmente impredecibles tanto su magnitud, su intensidad y, sobretodo, los daños que producirá por lo que la única posibilidad de hacer frente a la catástrofe de tal envergadura es la prevención. En el ámbito internacional encontramos claros ejemplos de esta actitud como son Estados Unidos o Japón, sobretodo este último en cuyo encuadre geográfico origina sismos de regular intensidad. Las normativas de diseño sismorresistente en estos países son muy estrictas, los planes de emergencia y dispositivos de protección civil muy desarrollados y, además, gran concienciación ciudadana sobre su riesgo sísmico.

España no se encuentra en una situación tan extrema como la de los países mencionados, no obstante la historia y su situación entre las placas tectónicas de Eurasia y africana nos recuerdan que existe un riesgo sísmico relativamente importante en la zona del Mediterráneo. La institución encargada del estudio y registro de la actividad sísmica en el país es el Instituto Geográfico Nacional –IGN–, del cuál se extraen los datos históricos expuestos en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de terremotos más destructivos en España. Fuente: IGN

FECHA	INTENSIDAD	MAGNITUD	VÍCTIMAS	SITUACIÓN
1169	VIII-IX	-	-	Andújar
1373	VIII-IX	-	-	Condado de Ribagorça
1396	VIII-IX	6,5	-	Tavernes de la Valldigna
1427	VIII-IX	-	-	Olot
1428	IX-VIII	-	-	Queralbs
1431	VIII-IX	6,7	-	Sur de Granada
1504	VIII-IX	6,8	-	Carmona
1518	VIII-IX	-	-	Vera
1522	VIII-IX	6,5	-	Mar de Alborán
1531	VIII-IX	-	-	Baza
1680	VIII-IX	6,8	-	Alhaurín el Grande
1748	IX	6,2	-	Estubeny
1755	X	8,5	-	Cabo San Vicente
1804	VIII-IX	6,4	-	Dalías
1829	IX-X	6,6	-	Torre vieja
1884	IX-X	6,5	-	Arenas del Rey

Estos datos del IGN, junto con la figura 3 publicada en la Norma de Construcción Sismorresistente Española –NCSE-02– instan a la toma de medidas de prevención como planes de emergencia, concienciación ciudadana y buen diseño sísmico en la edificación. En la figura 3, comprobamos también que el suroeste andaluz es el área con mayor peligrosidad sísmica de España y, en concreto, la mitad sur de la provincia de Granada, lo cuál coincide con la consideración del IGN “*Granada es la capital española con mayor peligrosidad sísmica*”.

Se conoce que en la actualidad se está elaborando un Plan de Emergencia Sísmica para la ciudad de Granada de mano de Concejalía Delegada de Protección Ciudadana y Movilidad del Ayuntamiento de la ciudad. En España existen planes de emergencia de este tipo, como por ejemplo el de la Comunidad de Murcia el cuál se fundamenta en la elaboración de escenarios de daño sísmico a través de la estimación de la vulnerabilidad y el consecuente grado de daño de la edificación. El escenario de daño sísmico –EDS– es el resultado de la acción sísmica en un área determinada sobre las edificaciones de la misma, es decir, es la herramienta que esboza como será la situación tras el desastre.

Para ello, numerosas instituciones se sirven del Método del Índice de Vulnerabilidad propuesto por el Proyecto Risk-UE en 2004, en el que participan siete países europeos: España, Grecia, Italia, Francia, Macedonia, Rumanía y Bulgaria. El método está basado en la ecuación de la UNDRO –Office of United Nations Disaster Relief Co-ordinator– de 1979:

$$R = H \cdot V \cdot E \cdot C$$

Siendo:

- R: el riesgo sísmico en una determinada zona o población.
- H: la peligrosidad sísmica que determina el movimiento esperado en la población. También llamada “amenaza”.
- V: vulnerabilidad sísmica de las estructuras.
- E: exposición o densidad de estructuras y habitantes.
- C: coste de reparación o de pérdidas.

El Método del Índice de Vulnerabilidad exige conocer con rigurosidad la tipología constructiva de la edificación objeto de estudio ya que se basa en la asignación de un modificador por tipología constructiva al que se le van añadiendo otros tipos de modificadores según año de construcción, uso, altura, longitud de fachada, etc.

Se deduce que uno de los puntos de partida para un Plan de Emergencia Sísmica es la elaboración de EDS que debe ir acompañado de un estudio de las principales vías de escape de la ciudad en cuestión junto con los edificios de carácter especial según la NCSE-02 –como los hospitales–, el cuál se adjunta en la figura 4. Observamos en primer lugar que Granada está atravesada por dos ejes principales de evacuación: el Camino de Ronda al este y Gran Vía de Colón en la zona centro con su prolongación por Avenida de la Constitución al norte y Calle Reyes Católicos al sur. En la Gran Vía además confluyen áreas parciales del casco histórico, el barrio del Albaicín –declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO– y el barrio del Realejo. La Gran Vía está constituida por cincuenta y seis edificios de los cuáles cuarenta están catalogados por el Plan Especial de Protección y Reforma Interior del Área Centro de Granada y dos, el monasterio de Santa Paula y la iglesia del Sagrado Corazón de Jesús cuentan con el nivel I de protección monumental en el Plan General de Ordenación Urbana de Granada (Martínez-Ramos, 2015).

Considerados estos primeros factores, la Gran Vía de Granada se presenta como objeto de estudio sísmico y punto de partida en la búsqueda de inserción de la cultura de la prevención en los habitantes que reduzcan el máximo posible los efectos del peor terremoto esperado en Granada. También desde el punto de vista de la conservación de los citados edificios catalogados, el presente estudio pretende desvelar las carencias previo al diagnóstico sobre el estado de peligro en el que se encuentran.

Figura 5. Escenario de Daño Sísmico para un terremoto de I=VII en la ciudad de Granada

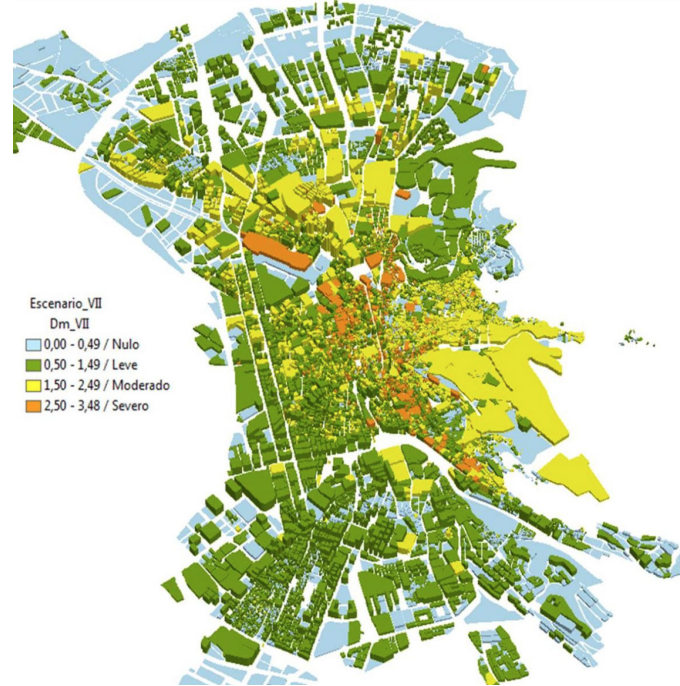


Figura 6. Escenario de Daño Sísmico para un terremoto de I=VIII en la ciudad de Granada

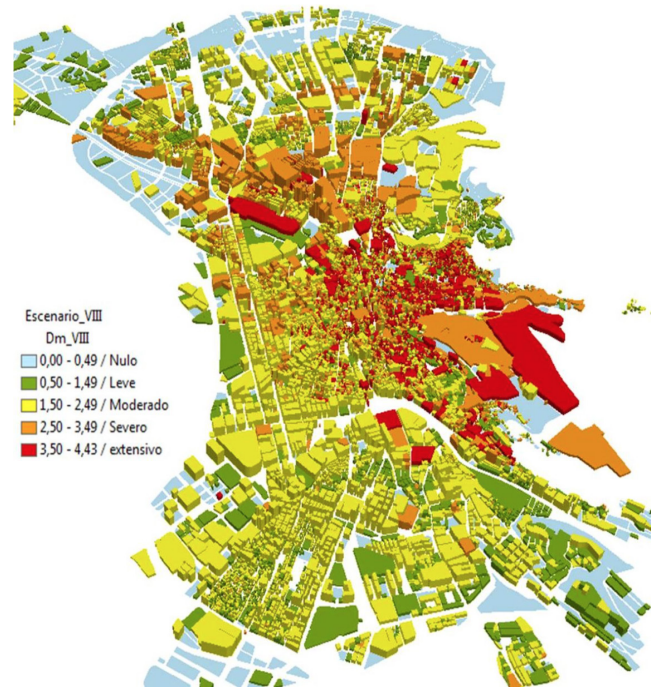


Figura 5. Escenario de Daño Sísmico para un terremoto de I=VII en la ciudad de Granada

El terremoto para este escenario de daño sísmico es el más probable en Granada. Comienza a advertir el estado en que se encuentra el área centro de la ciudad después de la catástrofe sufriendo un Grado de Daño moderado -amarillo- e incluso llegando al de tipo severo -naranja- en ciertas construcciones.

Fuente: Feriche (2015)

Figura 6. Escenario de Daño Sísmico para un terremoto de I=VIII en la ciudad de Granada

Este tipo de terremoto es el más destructivo que pueda suceder en Granada. Comparamos con la Figura 5 y en la zona centro-sagrada se observa el gran abanico que posee en cuanto a Grado de Daño se refiere, oscilando entre moderado -amarillo- y extensivo -rojo- en la mayor parte de sus construcciones.

Fuente: Feriche (2015)

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. Sísmicidad Histórica e Instrumental en Granada

Como se ha dicho anteriormente, Granada es la zona con mayor peligrosidad sísmica del país. A partir de los datos publicados por el Instituto Geográfico Nacional –IGN–, podemos conocer la sísmicidad de Granada, así como de todo el territorio español. En concreto, en los años 20 se crea la Red Sísmica Nacional –RSN– por el IGN comenzándose a tomar datos de medición de los movimientos de suelo a través de su magnitud, valor más objetivo para la medida de estos fenómenos que la intensidad. Al registro de la base de datos almacenados por el IGN para su estudio se le conoce como “*Sísmicidad Instrumental*”, denominándose a la base de datos en la que constan fechas sin información de medición técnica de grandes terremotos producidos en España como “*Sísmicidad Histórica*”.

El peor terremoto que se recuerda en Granada es el de Arenas del Rey en 1884, de intensidad IX-X y magnitud estimada 6,5. Hubieron 839 víctimas, 4400 edificios destruidos y 13000 dañados. (Instituto Geográfico Nacional , 1991)

A continuación, se muestra en la Tabla 2 la selección de terremotos más graves sucedidos en la provincia. La magnitud indicada entre paréntesis, como en el caso de Arenas del Rey, son valores estimados previos a los años 20.

Tabla 2. Terremotos más graves en la provincia de Granada

FECHA	INTENSIDAD	MAGNITUD	VÍCTIMAS	SITUACIÓN
24.04.1431	VIII-IX	(6,7)	-	Sur Granada

FECHA	INTENSIDAD	MAGNITUD	VÍCTIMAS	SITUACIÓN
22.09.1522	VIII-IX	(6,5)	1000	Mar de Alborán
30.09.1531	VIII-IX	-	400	Baza
13.01.1804	VII-VIII	(6,7)	2	Mar de Alborán
27.10.1806	VIII	(5,3)	13	Pinos Puente
29.03.1954	V	7,0	-	Dúrcal
19.04.1956	VIII	5,0	11	Albolote

Los datos son bastante reveladores acerca de la vulnerabilidad de Granada ya que en esta provincia se han producido casi el 30% de los peores seísmos en España según los datos del IGN lo que obliga a la redacción y difusión de un Plan de Emergencia Sísmica cuyo primer avance está constituido por el Escenario de Daño Sísmico.

2.2. Escenarios de Daños Sísmicos de Granada (EDS)

Ferliche en su investigación “Elaboración de Escenarios de Daños Sísmicos en la ciudad de Granada” (2012) presenta los datos sobre el EDS aplicando el Método del Índice de Vulnerabilidad del Proyecto Risk-UE. Para ello, efectúa en primer lugar una clasificación de las tipologías constructivas de los edificios, creando un sistema de información geo referenciada –SIG– utilizando como base la cartografía catastral de Granada.

Una vez asignadas las tipologías constructivas al parcelario edificado y otras características como año de construcción y plantas sobre rasante, se aplican los modificadores del Método del Índice de Vulnerabilidad mediante una serie de enlaces dentro de la bases de datos informatizada para deducir el valor del Índice de Vulnerabilidad. Debido a la gran cantidad

Figura 7. Vista Aérea hacia el sur de la Gran Vía de Granada en 1957



Figura 8. Vista Aérea hacia el sur de la Gran Vía de Granada en 1957



Figura 7. Vista aérea hacia el sur de la Gran Vía de Granada en 1957

Fuente: Martínez-Ramos (2015)

Figura 8. Vista aérea hacia el norte de la Gran Vía de Granada en 1957

Fuente: Martínez-Ramos (2015)

Ambas fotografías muestran la importante situación y el carácter de "cicatriz" de la Gran Vía de Colón que la convierten en un eje principal de evacuación de la zona centro de la ciudad.

de información que maneja, realiza una serie de muestreos y comparaciones con datos estadísticos para controlar los resultados y poder validarlos.

Finalmente, define los Escenarios de Daños Sísmicos que se muestran en las figuras 5 y 6, comparando los resultados para un terremoto de intensidad $I_r=VII$ que es el terremoto más probable en Granada y otro de intensidad $I_r=VIII$ que es el más destructivo esperado en la ciudad (Feriche, 2012). Prestando atención a la zona centro, se puede observar que las edificaciones correspondientes a la Gran Vía de Granada se encuentran con un amplio gradiente de grado de daño que va desde el moderado hasta el extensivo y pasando por severo en el caso más desfavorable de los dos que se muestran.

Los datos obtenidos por Feriche junto con las posibles líneas de investigación propuestas –detallar rigurosamente las características constructivas de los edificios, incorporar el uso de los inmuebles para identificar los edificios de carácter especial y actualizar la población del censo sobre la población– suman puntos interés en la investigación del objeto de estudio escogido.

2.3. Gran Vía de Colón de Granada

“La Gran Vía de Colón de Granada es reconocida como la arteria principal del centro histórico de la ciudad y en sí misma constituye un catálogo excepcional de la arquitectura ecléctica del primer tercio del siglo XX en el panorama español y europeo” (Martínez-Ramos, 2015).

Efectivamente, la Gran Vía de Colón es considerada una avenida de carácter principal dentro del entramado urbano del área centro de la ciudad de Granada. Por su trazado y ubicación se reconocen en ella condiciones como vía de evacuación en caso de catástrofe lo que supone un foco de atención para la elaboración de su Escenario de Daño Sísmico en el que se

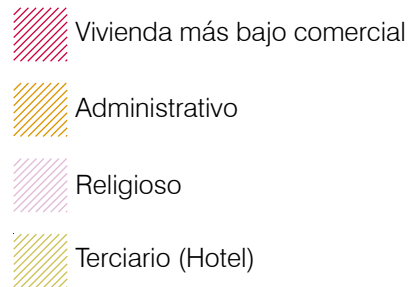
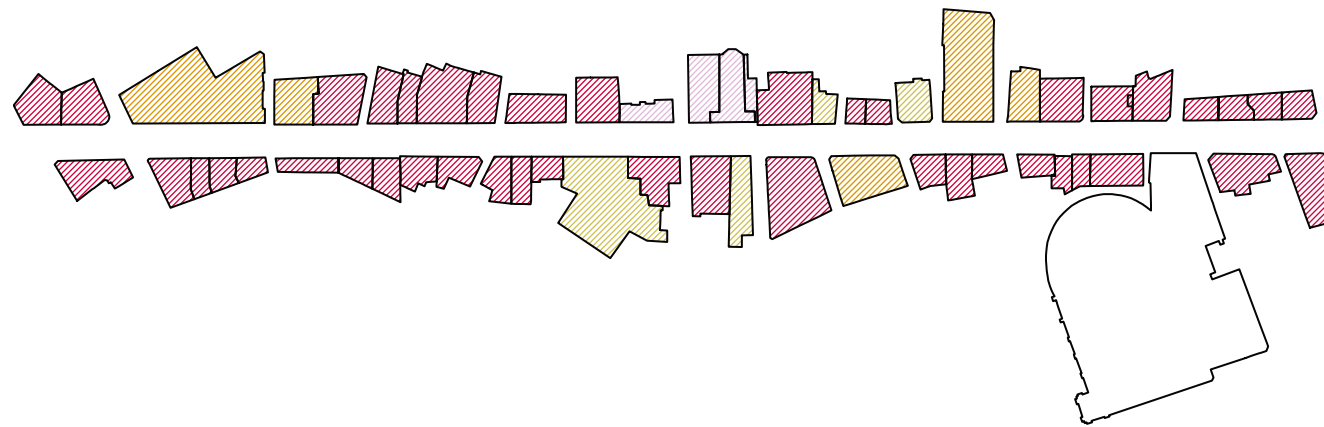
analice tanto su tipología arquitectónica como su tipología constructiva. Cuarenta y cuatro edificios son de uso residencial de los cincuenta y seis estudiados, lo que supone el 78% de la edificación dedicada a vivienda. Es decir, en caso de colapso se debe realojar a ese importante número de habitantes. Además, existen tres edificios que deben ser tratados como de carácter especial como el Banco de España –actual Consejería de Justicia, actualmente sin actividad– en el nº18, la iglesia del Sagrado Corazón de Jesús en el nº30 y el monasterio de Santa Paula en el nº31 –hotel en la actualidad– los que podrían ser utilizados, en función de su estado posterior al terremoto, para tareas de emergencia y apoyo al dispositivo de protección civil junto con otros cuatro hoteles existentes en los nº20, 25, 38 y 47, y dos aparta-hoteles en los nº17 y 40. El resto de edificios son de uso administrativo concentrando el flujo de movimiento de sus usuarios según horario laboral.

De los cincuenta y dos edificios construidos inicialmente, cuarenta y dos se conservan formando parte del patrimonio histórico heredado de la ciudad.

De la lectura de la *“Memoria de la Construcción de la Gran Vía de Colón de Granada. Reconocimiento y caracterización de sus edificios”* se recopilan los datos técnicos-constructivos que, a modo de catálogo aporta entre otros su autora (Martínez-Ramos, 2015) y que sirven de base como datos iniciales para la aplicación del Método del Índice de Vulnerabilidad de Milutinovic y Trendafiloski (2003) en los edificios que se conservan y obtener el Escenario de Daño Sísmico –EDS– de la Gran Vía.

A partir de esta información se obtienen los datos necesarios para considerar el estado de la cuestión a escala urbana de esta avenida.

Figura 9. Tipología Arquitectónica analizada en la Gran Vía de Colón de Granada



2.3.1 Tipología Arquitectónica

Se define la Tipología Arquitectónica como "Conjunto de edificios que muestran caracteres similares a causa de su misma función." (UNE 41805-2 IN, 2009).

Observando la Figura 9, existe una cierta homogeneidad en cuanto al uso de vivienda con bajo comercial, aunque también se encuentran edificios de pública concurrencia como hoteles o iglesia así como edificios de uso administrativo, aunque en mucha menor proporción como se puede observar.

Fuente: elaboración propia

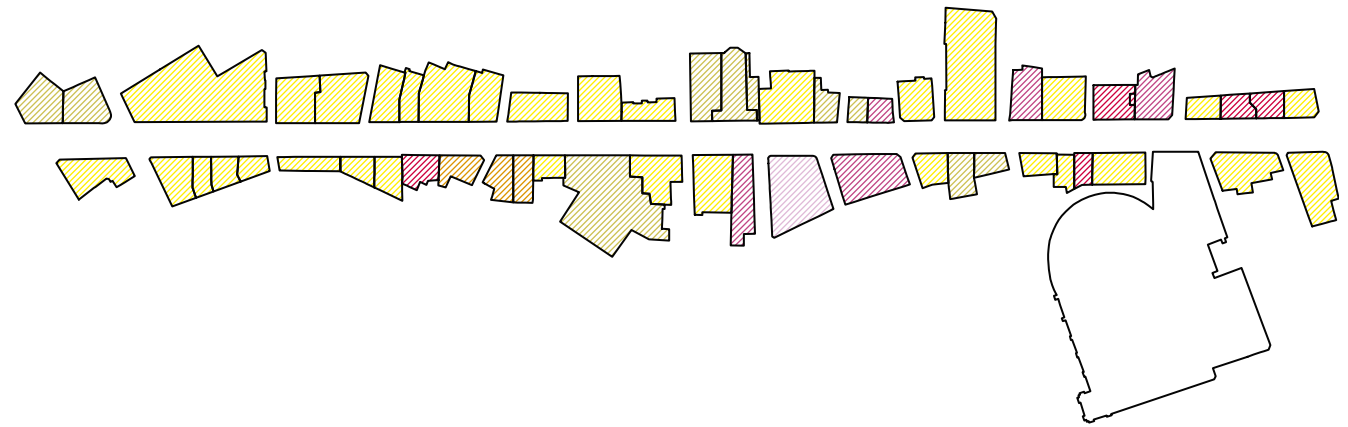
2.3.2. Tipología Constructiva

Se define la Tipología Constructiva como "Clasificación de los materiales, elementos o sistemas constructivos a partir de sus propiedades, características o afinidades morfológicas o funcionales." (UNE 41805-1 IN, 2009)

Atendiendo a esta definición, se elabora la Figura 10 como matriz de la tipología constructiva para exponer la heterogeneidad que existe en la Cicatriz de Granada. Como estructura vertical predominan los muros de fábrica de ladrillo aunque también hay estructura metálica y de hormigón armado, respecto a la estructura horizontal encontramos forjados de madera, forjados metálicos o también forjados mixtos de metal con losa de hormigón.

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Tipología Constructiva analizada en la Gran Vía de Colón de Granada









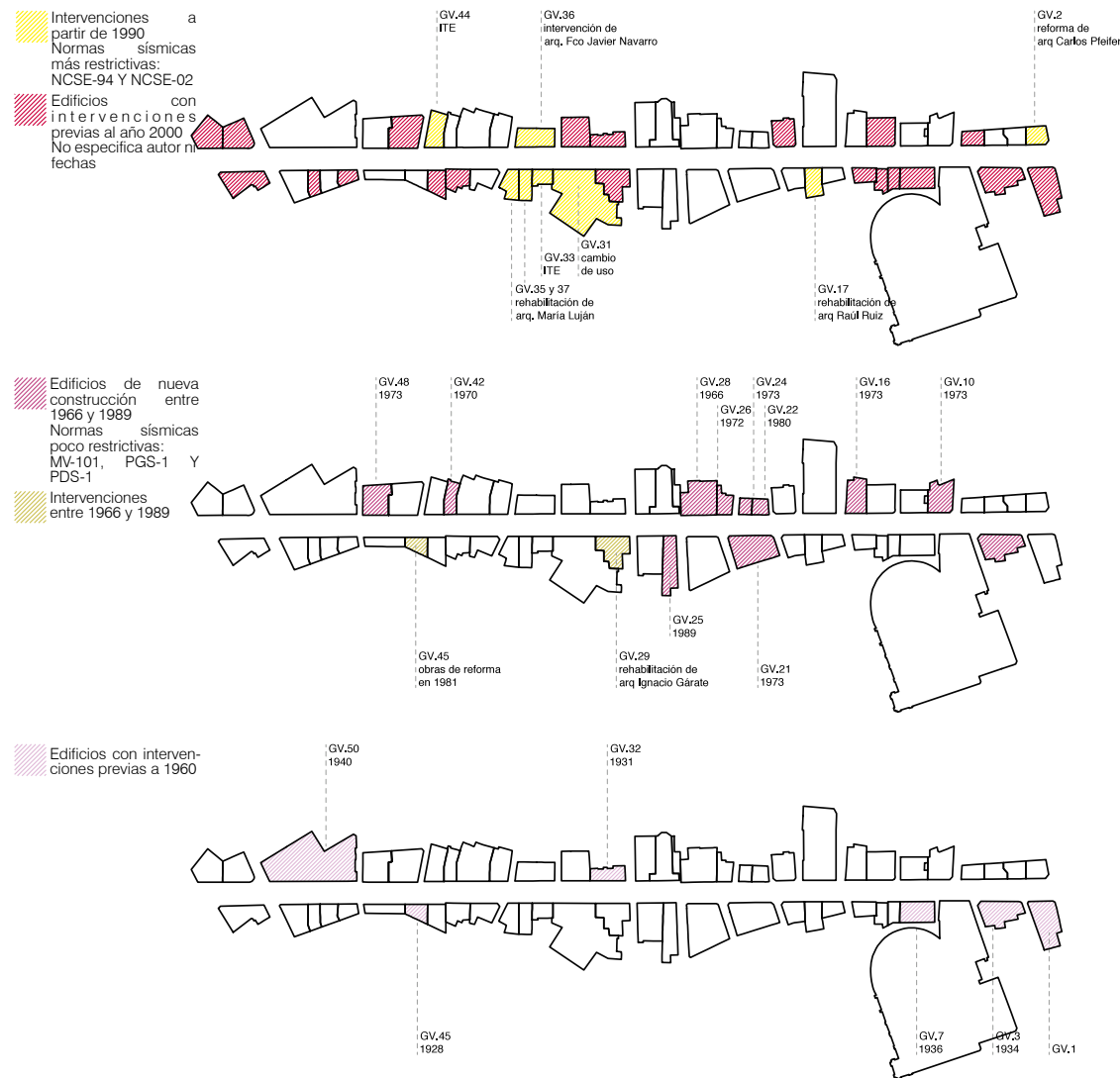
-  Muros de fábrica de ladrillo con forjado metálico
-  Muros de fábrica de ladrillo con forjado de madera
-  Muros de fábrica de ladrillo con losa armada
-  Estructura de hormigón armado
-  Estructura metálica
-  Muros de fábrica de ladrillo estructura horizontal de metal y madera

Figura 11. Intervenciones históricas en los edificios de la Gran Vía de Colón de Granada



2.3.3 Etapas Constructivas e Intervenciones

Datos aportados por Martínez-Ramos (2015) y las fichas descriptivas del Plan Especial del Área Centro de Granada (2000). La Figura 11 supone una clasificación necesaria para conocer con qué norma de diseño sísmico se construye cada edificio. Se toma como criterio el periodo de vigencia de las normas de diseño sismorresistentes porque facilita la comprensión del universo de investigación elegido y, sobretudo, a la hora de aplicar el Método del Índice de Vulnerabilidad. Fuente: elaboración propia

2.3.4 Ocupación y Estado de Conservación

Se debe tener un conocimiento óptimo del edificio en este apartado para aplicar de forma rigurosa el Método. Observando la Gran Vía y sus edificios, destacan algunos en venta o alquiler y, por tanto, se encuentran deshabitados.

Para hacer más riguroso este análisis se utilizan las fichas descriptivas de los edificios que pertenecen al Plan Especial del Área Centro de Granada (2000) donde se pueden encontrar, entre otros muchos datos, los porcentajes de ocupación.

Fuente: elaboración propia

Figura 12. Ocupación de los edificios de la Gran Vía de Colón de Granada



3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El objetivo de esta investigación es obtener la matriz de Grados de Daño de las edificaciones que configuran la Gran Vía de Granada como arteria principal de evacuación de la zona centro de la ciudad y obtener el Escenario de Daño Sísmico mediante el estudio detallado de los edificios.

Para el desarrollo del Método del Índice de Vulnerabilidad, en primer lugar, se aplican los modificadores determinados por el Método correspondientes a la tipología y características constructivas de cada edificio. Es importante señalar que a la hora de asignar el modificador de la tipología constructiva, el Proyecto Risk-UE establece una serie de tipologías comunes –ver Anexo 2– a los países asociados, entre los que se encuentra España, por lo que para su utilización se aplican los parámetros de mayor similitud a las tipologías analizadas.

En segundo lugar, se aplican los modificadores contemplados por el Método para obtener el Índice de Vulnerabilidad de cada edificio.

Con los datos anteriores, se obtiene la matriz de Grados de Daño con el que se elabora el Escenario de Daño Sísmico de la Gran Vía de Granada.

Teniendo en cuenta los esquemas mostrados referidos a Tipología Constructiva de la figura 10 en el apartado anterior y junto con las tablas de características de los edificios objeto de estudio que se recogen en el Anexo 1, el Grado de Daño que se prevé es más severo que moderado en su mayoría debido, sobretodo, a que prevalecen las estructuras verticales de muro de fábrica de ladrillo con forjados mixtos metálicos y losa de hormigón, es decir, una mayoría predominante en los edificios estudiados que se encuadren dentro de la Clase de Vulnerabilidad B según la Escala Macrosísmica Europea –EMS-98–. Se conoce que los edificios de mayor masa –es el caso de los ejemplos de tipología de muro de carga anteriormente citados– son los que peor funcionan bajo la acción del

movimiento del suelo, sumando la gran rigidez de estos sistemas y la dificultad de la disipación de energía de su estructura introducida por el movimiento sísmico. La Clase A también puede estar presente ya que, añadido a la tipología constructiva se encuentra la fecha de construcción, todos los edificios construidos son previos a la NCSE-02 –el último ejemplar fue construido 1989– y, por tanto, su diseño sísmico no está tan cuidado como en los edificios ejecutados dentro de la normativa sísmica vigente.

Otro factor a tener en cuenta son las intervenciones en algunos edificios que suponen un refuerzo estructural, consolidación de fachada o reforma y que, por tanto, favorecen su resistencia frente al terremoto. Siguen conservando la gran masa característica pero reducen su vulnerabilidad al introducir medidas de refuerzo estructural en las rehabilitaciones ejecutadas.

A los cuarenta y dos edificios catalogados, se suman los diez construidos en las décadas de los setenta y ochenta del s.XX, todos anteriores a la NCSE-02 y de diseño sísmico sin determinar. El último edificio construido data de 1989, situado en el nº25, proyectado según la normativa sísmica PDS-1 por lo que se deduce que, a pesar de ser de estructura de pórticos de hormigón armado, su comportamiento sísmico puede no ser apto al igual que ocurre con otros edificios de la Gran Vía con la misma tipología estructural.

De los resultados que se obtengan en este estudio se revelará la situación en la que se encuentra el Patrimonio Heredado de la ciudad de Granada y servirán para considerar la relevancia de la ejecución de estudios de este tipo en vías principales de la ciudad de cara a completar el Plan de Protección Sísmica y alertar sobre el peligro real latente de este escenario de daños probable.

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

4.1. Introducción al Método del Índice de Vulnerabilidad (Iv)

Mediante este método se pretende obtener una estimación objetiva de la vulnerabilidad de los edificios, evitando la subjetividad de cada valoración técnica, comparando los resultados dentro de un marco común y obtener así un EDS. Cabe destacar que el Método del Índice de Vulnerabilidad se ha utilizado en la Comunidad de Valencia, la comunidad de Murcia, Barcelona, Granada, Antequera, Vélez Málaga y Adra. Consiste en aplicar una serie de modificadores según la tipología constructiva del edificio, año de construcción, estado de conservación, alturas sobre rasante, sistema estructural, irregularidad en altura, irregularidad en planta, longitud de fachada, altura de los colindantes, posición en la manzana y cimentación. Éstos son los factores recomendados por el proyecto RISK-UE cuya suma resulta el Índice de Vulnerabilidad medio del edificio en cuestión.

Por otro lado, la EMS-98 establece unas clases de vulnerabilidad que abarca desde la clase A como la más vulnerable hasta las clase E como la menos vulnerable. Giovinazzi y Lagomarsino en 2003 establecieron la correlación del Índice de Vulnerabilidad del Risk-UE con las clases de vulnerabilidad de la EMS-98.

Identificadas las distintas Clases de Vulnerabilidad, se determina el Grado de Daño que sufrirá cada edificio y se genera el Escenario de Daño Sísmico.

4.2. Caracterización constructiva de los edificios de Gran Vía

Partiendo de la caracterización constructiva de los edificios históricos de la Gran Vía aportada por Martínez-Ramos (2015) –ver Anexo 1–, se procede a aplicar el Método del Índice de Vulnerabilidad a los edificios que conforman las dos fachadas de la Gran Vía de Granada.

4.3. Ejemplo aplicado. Modificadores del Método del Índice de Vulnerabilidad

A continuación se hará una valoración descriptiva global del conjunto de la calle con aplicación detallada del Método en cada uno de sus apartados del edificio nº21, conocido como edificio Olympia. Se elige el edificio mencionado por su singularidad en cuanto a relación con su entorno ya que conforma una manzana exenta, por su tipología constructiva de pórticos de hormigón armado y por su año de construcción –1973–, dichas razones suponen una serie de matices interesantes para su exposición a la hora de aplicar el Método.

Figura 13. Planta de distribución del uso de vivienda del edificio nº21 de la Gran Vía de Colón de Granada.
Fuente: Martínez-Ramos (2015)



• Tipología constructiva del edificio Índice de Vulnerabilidad Estimada (Vi)

Como dice Lantada (2007) en su Tesis "Evaluación del Riesgo Sísmico Mediante Métodos Avanzados Y Técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona":

"La matriz de clasificación de edificios (Building Typology Matrix, BTM) sintetiza las diferentes características del inventario de edificios construidos en los países europeos participantes en el proyecto (RISK-UE , 2004), entre ellos España. El objetivo de esta matriz es agrupar en una serie de clases los edificios con una tipología estructural y comportamiento similar. Una vez definida la BTM pueden desarrollarse modelos de predicción de daño y pérdidas para cada tipología"

En el caso de la Gran Vía de Granada, se asocian a las tipologías constructivas existentes las que, a juicio del autor, son las más similares dentro de la clasificación que aporta el Método:

- M.3.1 que corresponde a Muros de carga de fábrica y forjados de madera.
- M.3.3 que corresponde a Muros de carga de fábrica no reforzada y forjados mixtos de acero y madera.
- M.3.4 que corresponde a Muros de carga de mampostería no reforzada con forjados de losa de hormigón armado.
- M.4 que corresponde a Muros de carga de mampostería confinados o reforzados.
- RC.3.2 que corresponde a Estructuras de hormigón armado con tabiquería irregular.
- S.3 que corresponde a Estructuras metálicas con muros de relleno de fábrica sin reforzar.

La clasificación, como podemos ver, no contempla los muros de fábrica reforzados o confinados o el forjado de losa junto con el muro de fábrica,

en su lugar, cita muros de carga de mampostería, los cuáles no los encontramos en nuestro campo de estudio por lo que para desarrollar el trabajo se asume el error existente y se introduce como tipología M.4 aquellos edificios que han sido objeto de reformas y rehabilitaciones, a pesar de no ser muros de mampostería sino de fábrica de ladrillo.

Se muestra a continuación la Tabla 3 con los valores asignados a cada tipología identificada en la Gran Vía. El resto de tipologías se adjuntan en el Anexo 2 en la Ficha Sísmica aportada por Sergio Iglesias Asenjo.

Tabla 3. Tipología Constructiva asignadas a los edificios de Gran Vía de Granada

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA	Vi
M.3.1	0,740
M.3.3	0,704
M.3.4	0,616
M.4	0,451
RC.3.2	0,522
S.3	0,484

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Vi:

El edificio actual que ocupa el número 21 está levantado con estructura de hormigón armado. Se asigna la tipología RC.3.2 para estar de lado de la seguridad. Por tanto, se parte de un Índice de Vulnerabilidad estimada de $V_i = +0,522$.

• Modificador Regional (Mr)

Introduce la calidad de la ejecución según la región, en este caso

Granada, y aplica un valor atendiendo al año de construcción del edificio y, por tanto, a la norma de diseño sismorresistente vigente a la que estuvo sujeto.

Tabla 4. Asignación del modificador Mr

PERÍODO	NORMATIVA	DISEÑO SÍSMICO	M.3.x	M4	RC y S
< 1925	-	No	+0,14	+0,08	-
1925-1945	-	No	+0,12	+0,08	-
1946-1960	-	No	+0,10	+0,08	+0,14
1961-1969	MV-101	Bajo	+0,08	+0,08	+0,12
1970-1976	PGS-1	Bajo	-	+0,08	+0,10
1977-1996	PDS-1	Bajo	-	+0,08	+0,08
1997-2004	NCSE-94	Moderado	-	+0,08	+0,06
> 2004	NCSE-02	Moderado	-	+0,08	-

En este contexto, la mayoría de edificios están situados en los dos primeros periodos ya que la construcción de la Gran Vía de Granada acaba en 1934. A pesar de ello, como se cita anteriormente, existen diez edificios –los nº10, 16, 18, 21, 24, 25, 26, 28, 42 y 48– posteriores que se construyeron tras la demolición de los levantados inicialmente.

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mr:

El año de construcción de este edificio fue el 1973. De ahí se deduce que se construye en base a la norma PGS-1, en la que el diseño sísmico tiene una importancia de carácter bajo.

En dicha Norma, se establecen tres zonas de peligrosidad sísmica llamadas Sismicidad Baja ($I < VI$), Sismicidad Media ($VI < I < VIII$) y Sismicidad Acusada ($I > VIII$), donde Andalucía se enmarca dentro de la zona de Sismicidad Media. En cuanto a la técnica de construcción se obliga a que las estructuras de fábrica de ladrillo tengan encadenados de hormigón de al menos $4\varnothing 10$ y prohíbe el tapial/adobe en zonas de sismicidad media y/o acusada. (PGS-1, 1968)

Le corresponde un valor, por tanto, de $M_r = +0,10$

A partir de aquí, se diferencian dos tipos de modificadores: los modificadores de edificio y los modificadores de posición.

Los del edificio atienden a características propias e individuales del mismo, contienen los criterios heurísticos –ver Glosario– de proyecto, y son: el estado de conservación, número de plantas, sistema estructural, irregularidad en altura, irregularidad en planta, longitud de fachada y relación con el terreno.

Los referidos a la posición del edificio con respecto a su entorno cercano son: la diferencia de altura con los colindantes y la posición del edificio en la manzana.

A continuación se desarrolla con más detalle cada uno, comenzando por los que afectan al edificio como elemento aislado:

• Modificador por Estado de Conservación (Md)

Este valor controla los desperfectos o errores constructivos que hayan podido surgir en la ejecución o bien a lo largo de la historia del edificio, de ahí que se ordene según periodos temporales.

Tabla 5. Asignación del modificador Md

CONSERVACIÓN	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
Buen Estado	0	-0,04	0	-0,04
Mal Estado	+0,04	+0,04	+0,04	+0,02
Deficiente/Ruinas	+0,08	+0,06	+0,06	+0,04

En el objeto de estudio, surgen edificios previos a 1925 con reformas significativas y se decide aplicar el valor -0,04 para poder distinguirlos en este apartado de sus coetáneos no rehabilitados.

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Md:

En la actualidad se encuentra en uso y funcionamiento por lo que su estado de conservación es adecuado. Según la tabla le corresponde un valor de Md = +0,04

• Modificador por número de plantas (Mh)

Se consideran las plantas sobre rasante. Nótese la diferencia entre el valor indicado para tipologías de muro de carga en comparación con las de estructura metálica u hormigón armado.

Tabla 6. Asignación del modificador Mh

Nº DE PLANTAS	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
1 o 2	-0,02	-0,04	-0,04	-0,04

Nº DE PLANTAS	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
3, 4 o 5	+0,02	0	0	0
6 o más	+0,06	+0,04	+0,06	+0,04

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mh:

Tiene nueve plantas sobre rasante –dos sótanos con planta baja más ocho–.

Para aplicar el Método, se contabilizan las plantas sobre rasante, que en este caso son nueve por lo que Mh = +0,06

• Modificador por sistema estructural (Me)

Tabla 7. Asignación del modificador Me

SISTEMA ESTRUCTURAL	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
poco grosor muros	+0,04	-0,04 (reformada) +0,04	0	0
grandes luces				
mal atado				
nudos deficientes				

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Me:

En esta tabla se adjudica un valor atendiendo a la época en la que fue construido en donde van implícitos los errores constructivos.

El valor es de Me = 0,00

• **Modificador por irregularidad en altura (Mih)**

Controla la volumetría de los edificios tanto interior como exterior, es decir, penaliza los cuerpos independientes que puedan emerger del conjunto volumétrico como en el caso de los torreones. Por otro lado, contempla la existencia de pisos blandos en el desarrollo de la altura del edificio e incluso de pilares cortos que son fatales en zona sísmica ya que rompen por cortante oponiendo una resistencia casi nula.

Tabla 8. Asignación del modificador Mih

IRREGULARIDAD EN ALTURAS	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
pisos blandos	+0,04	+0,04	+0,06	+0,06
retranqueos torreones	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02
pilares cortos	-	-	+0,06	+0,04

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mih:

En la plataforma virtual Bing Maps de Microsoft (2009), gracias a su vista de pájaro se puede visualizar desde los cuatro puntos cardinales la ciudad con una perspectiva similar a la isométrica, se constata que no existen grandes volúmenes como torreones o retranqueos en el edificio. Las otras dos opciones que contempla el Método, como la existencia de pisos blandos se descarta por el hecho atribuido a su tipología constructiva, su uso parcial de viviendas y su año de construcción. Por otro lado, la posibilidad de encontrar pilares cortos también ha sido desestimada porque se toma suficiente margen de precaución desde el principio del Método con la elección de la tipología constructiva RC.3.2 donde puede ir englobado esta circunstancia si se diera.

El valor para este modificador es $Mih = 0,00$

• **Modificador por irregularidad en planta (Mip)**

Así como el diseño sismorresistente en alzado y sección vertical es fundamental la simetría y la sencillez, también lo es en planta. Cuanto más regular sea el polígono de los planos horizontales, mejor se comportará ante la acción sísmica.

Existen diversos métodos para evaluar este modificador, el escogido por el RISK-UE (2004) es el de la Razón de Compacidad/Circularidad – Compacness Ratio, RC– definido por Lantada (2007) a partir del estudio de Udwin (1981) sobre esta relación.

La expresión es:

$$RC = \sqrt{\frac{A}{Ac}}$$

Siendo A el área del polígono que corresponde al forjado del edificio en cuestión y Ac la del círculo que tiene el mismo perímetro que el polígono. El valor está comprendido entre 0 y 1, si resulta 0 el valor del RC, quiere decir que el polígono estudiado posee una gran irregularidad en planta. Este modificador introduce, de una forma muy general, el giro producido por el sismo en el centro de masas a través del centro de torsión.

Tabla 9. Asignación del modificador Mip

IRREGULARIDAD EN PLANTAS	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
RC < 0,5	+0,04	+0,04	+0,02	+0,02
0,5 < RC < 0,7	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01

A la hora de utilizar la expresión de la Razón de Compacidad/Circularidad, se toma la huella en planta del edificio ya que el desarrollo de los forjados, según la altura, es muy variable de unos a otros por lo que la manera de conseguir un rigor común a todos era la de considerar su huella como el polígono a estudiar.

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mip:

Para este modificador se utiliza el Catastro en formato .dwg para poder cuantificar el área de la huella –A– que ocupa en la parcela el edificio en cuestión que supone 1062,43 m² y un perímetro –P– de 136,31m. A partir del perímetro obtenemos el área del círculo –Ac– cuyo perímetro coincide con el de la planta del edificio, haciendo las operaciones correspondientes:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot \text{radio};$$

$$Ac = \pi \cdot (\text{radio})^2;$$

$$Ac = \pi \cdot \left(\frac{P}{2 \cdot \pi}\right)^2$$

De donde resulta el valor de $Ac = 1478,58 \text{ m}^2$. Por último, se aplica la expresión de Compacidad/Circularidad (Lantada, 2007), sabiendo los valores, y se obtiene $RC = 0,85$. Se deduce del valor RC que el polígono en planta es sensiblemente similar al círculo con su mismo perímetro, por lo que según la tabla del modificador, $Mip = 0,00$

• Modificador por longitud de fachada (Mf)

Castelló y Mañá realizan un estudio en edificios de mampostería del barrio del Eixample de Barcelona (2004), llegando a la conclusión que para una fachada libre de 20m de longitud puede colapsar al sufrir una aceleración sísmica básica de 0,04g, sin embargo, una fachada de 15m aguanta hasta 0,1g. Al igual que en el caso del barrio barcelonés, los edificios de

mampostería en el casco histórico de Granada pueden carecer de conexiones apropiadas con el resto de estructura.

Feriche (2012) se basa en dichos estudios para obtener los valores que a continuación se muestran en la Tabla 10, sabiendo que la aceleración sísmica básica de Granada es de 0,23g.

Tabla 10. Asignación del modificador Mf

LONGITUD DE FACHADA	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
F < 15m	0	0	0	0
15m < F < 20m	-0,013	-0,013		
20m < F < 25m	+0,026	+0,026		
F > 25m	+0,04	+0,04		

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mf:

Al igual que para el modificador anterior, se acude a utilizar Catastro para averiguar la longitud de fachada que se requiere para la obtención de este valor.

A la hora de hallar la longitud de fachada, en los casos como éste que presenta varias fachadas a diferentes calles, a parte de la Gran Vía, se decide escoger la de mayor valor para estar de lado de la seguridad. Además, cuando la fachada está formada por más de un plano, por ejemplo, chaflanes en el encuentro del edificio con otra traza urbana en lugar de resolverse con esquinas, se suma la longitud de ese chaflán.

Una vez aclarado esto, la longitud de fachada medida para el número 21 es de 39,99m por lo que le corresponde un valor $Mf = +0,04$

• **Modificador en función de la pendiente del terreno (Mpt)**

Existe este modificador en la ficha de evaluación sísmica aportada por Sergio Iglesias Asenjo –Concejala Delegada de Protección Ciudadana y Movilidad–, sin embargo, atendiendo a la cimentación especificada en el Anexo 1 y la pendiente sensiblemente horizontal que no obliga a grandes saltos de cota en cimentación se concluye este modificador como nulo para todos los edificios.

No obstante, se muestra la Tabla 11 por la cuál se valora el modificador Mp:

Tabla 11. Asignación del modificador Mpt

PENDIENTE Y CIMENTACIÓN	M.3.x y M.4		RC y S	
	< 1925	> 1925	< 1996	> 1996
Cimientos a diferente nivel	+0,04	+0,04	-	-
Cimientos/losa armada	-	-	-0,04	-0,04
Cimientos/Viga centradora	-	-	0,00	0,00
Cimientos en apoyo aislado	-	-	+0,02	+0,02
Terreno en pendiente	+0,04	+0,04	+0,04	+0,04
Terreno con fuerte pendiente	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06

A continuación se detallan los modificadores que contemplan la posición del edificio estudiado con respecto a su entorno cercano, son dos:

• **Modificador por diferencia de altura con los colindantes (Mph)**

A la hora de la acción sísmica, se producen efectos entre edificios adyacentes como el impacto, entre otros, que suponen un daño adicional. Lantada (2007) analiza estos efectos y obtiene los siguientes valores para este modificador que se pueden consultar en el Anexo 2 y 3.

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mph:

Para averiguar el valor de este modificador se recurre a Bing Maps para todos los casos exceptuando aquellos edificios que, como el número 21, se encuentran aislados y para los que se opta por asignar Mph = 0,00 como norma general.

Para el resto de casos que forman parte de una agrupación de inmuebles, además de utilizar la web mencionada, se recurre a la información aportada por Martínez-Ramos (2015) y las Fichas del Catálogo de Edificios del Área Centro (2000) para verificar los datos.

• **Modificador de posición del edificio en la manzana (Mpm)**

Como afirman Giovinazzi y Lagomarsino: “*La localización de un edificio con respecto a otros edificios vecinos puede afectar su comportamiento durante un terremoto*” (2002)

Los edificios tras un terremoto que se encuentran dentro de una manzana sufren de forma distinta, es decir, los edificios situados como elemento final de una secuencia de más edificios o en esquina son más vulnerables ya que no están tan “arropados” como los ubicados en posiciones intermedias.

Este método utiliza los modificadores propuestos por la doctora Lantada (2007) y se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Asignación del modificador Mpm

POSICIÓN	VALOR Mpm
Terminal	+0,06
Intermedio	-0,04
En esquina	+0,04

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Mpm Aparece de nuevo otro matiz dentro del Método, ya que el edificio en cuestión se encuentra exento. Por ello, se decide utilizar para estos casos el valor que corresponde a la posición de "Terminal".

Como consecuencia, $Mpm = +0,06$ para el número 21.

4.4. Efecto de la Resonancia

Como dice Feriche: "*Las edificaciones con períodos similares a los del terreno en el que se asientan, pueden acoplarse con el terreno e incrementar significativamente los daños.*" (2012). En definitiva, es importante conocer el fenómeno de la resonancia, que viene a ser el comportamiento dinámico de un edificio como respuesta a la acción sísmica, e integrarlo como modificador dentro del Método del Índice de Vulnerabilidad.

Para el estudio de este fenómeno, Feriche utiliza los períodos dominantes del terreno estudiados por Cheddadi en 2001. Obtiene entonces el mapa de puntos para la ciudad de Granada –ver Anexo 2–.

Los períodos se aplican sólo a los edificios de pórticos de hormigón armado y además, el efecto de resonancia no está contemplado en el Método del proyecto RISK-UE por lo que no puede aplicarse como modificador, sin embargo, en la NCSE-02 sí contempla su cálculo a efectos

que el edificio cumpla con un determinado rango según su estructura, número de plantas y dimensiones en altura y planta.

Teniendo en cuenta las características constructivas de los edificios contemplados en este trabajo –la gran mayoría de muro de carga– y la metodología utilizada se desestima el cálculo del efecto de la resonancia sobre la edificación en cuestión.

4.5. Correlación I_v y Clase de Vulnerabilidad

Tras haber obtenido el Índice de Vulnerabilidad para cada uno de los cincuenta y seis edificios que componen las dos fachadas de la Gran Vía de Granada, el siguiente paso es asignarles la Clase de Vulnerabilidad.

Como se comenta en el apartado 4.1, Giovinazzi y Lagomarsino (2003) establecen la correlación del Índice de Vulnerabilidad del RISK-UE con las Clases de Vulnerabilidad de la EMS-98. Feriche propone establecer el valor medio, el cuál será más restrictivo que los usados en la EMS-98 debido a su gran amplitud de rango. La Tabla 13 de a continuación muestra la clase de vulnerabilidad en función de los intervalos de rango del índice de Vulnerabilidad (Feriche, 2012):

Tabla 13. Relación Índice de Vulnerabilidad con la Clase de Vulnerabilidad

CLASE DE VULNERABILIDAD	VALORES DE I_v
Clase A	$0,82 < I_v$
Clase B	$0,66 < I_v < 0,82$
Clase C	$0,50 < I_v < 0,66$
Clase D	$0,34 < I_v < 0,50$
Clase E	$I_v < 0,34$

Análisis Gran Vía 21 para cálculo de Iv y Clase de Vulnerabilidad asociada:

Como resultado de haber aplicado los modificadores del Método al Índice de Vulnerabilidad Medio V_i , se halla el Índice de Vulnerabilidad I_v correspondiente a dicha edificación mediante la expresión:

$$I_v = V_i + M_r + M_d + M_h + M_e + M_{ih} + M_{ip} + M_f + M_{ph} + M_{pm} + M_{pt}$$

El Índice de Vulnerabilidad obtenido para el edificio Olympia según el Método será:

$$I_v = 0,522 + 0,1 + 0,0 + 0,06 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0,04 + 0,0 + 0,06 + 0,0;$$

$$I_v = 0,782$$

Dada la correlación entre I_v y la Clase de Vulnerabilidad establecida (Feriche, 2012) para la ciudad de Granada, al número 21 le corresponde la Clase B.

4.6. Grado de Daño asignado a la Clase de Vulnerabilidad

Existen diversas formas de evaluar el Grado de Daño ocasionado por una fuerza sísmica, ya sea por el número de víctimas, los costes de reparación de las infraestructuras dañadas, el daño sufrido por las edificaciones... Sin embargo, el utilizado en este trabajo se relaciona con el daño sufrido por la edificación y su Escenario de Daño resultante en consonancia con el campo de estudio –la arquitectura– donde se enmarca dicho trabajo.

Los escenarios de daños son una herramienta extraordinaria para profundizar en el conocimiento del riesgo sísmico, pues permiten tener una evaluación de la distribución de los daños, víctimas, pérdidas económicas, escombros a retirar, servicios interrumpidos, etc., obtenida con anterioridad a la ocurrencia de un terremoto destructor. Aunque también tienen sus

limitaciones, puesto que los resultados de los modelos predictivos heredan las incertidumbres ligadas a la naturaleza de la acción sísmica y de la vulnerabilidad de los edificios, así como la de la distribución de la población en el momento del terremoto. Respecto a la población afectada existe una notable variación de los resultados globales dependiendo de la hora del día, del día de la semana y del mes del año en que se produce el terremoto. (Feriche, 2012)

Para poder elaborar el Escenario de Daño Sísmico de la Gran Vía de Granada, se debe comenzar calculando el Grado de Daño sufrido por cada edificio implicado en el objeto de estudio.

El Grado de Daño, según el Método del Índice de Vulnerabilidad, viene dado por la relación entre la Clase de Vulnerabilidad del edificio estudiado con la Intensidad sísmica esperada en su localización. A Granada se le estima un terremoto de Intensidad VII como el más probable, sin embargo, según el mapa de microzonificación sísmica y la revisión de la sismicidad histórica de Granada (Feriche, 2012) el sismo más destructivo posible en la ciudad será de intensidad VIII por lo que se opta estar de lado de la seguridad y en la situación más desfavorable posible y se selecciona ésta última Intensidad mencionada, con ciertos matices según en área de la ciudad que nos situemos. En este caso, la Gran Vía cabalga entre dos zonas de intensidades sísmicas diferentes como se puede observar en la imagen de Distribución de Intensidades para una $I=VIII$ del Anexo 2.

Tabla 14. Correlación entre Clase de Vulnerabilidad y Grado de Daño según la Intensidad del terremoto esperado

Intensidad	Clase de Vulnerabilidad	Mampostería/Madera					Horm. Armado/ Metalica				
		Grado de Daño					Grado de Daño				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8 y 8,2	A				GD4	GD5				GD4	GD5
	B			GD3	GD4				GD3	GD4	
	C		GD2	GD3				GD2	GD3		
	D	GD1	GD2				GD1	GD2			
	E	GD1					GD1				
8,4 y 8,6	A					GD5			GD4	GD5	
	B				GD4	GD5			GD3	GD4	
	C			GD3	GD4				GD3		
	D		GD2	GD3				GD2			
	E	GD1	GD2				GD1				

A cada Grado de Daño le corresponde una descripción de cómo queda el edificio tras la catástrofe según la EMS-98, es decir, su funcionalidad y los daños sufridos, tanto estructurales como no estructurales. A continuación se relacionan los Grados de Daños, del 1 al 5 con su correspondiente especificación de lo que le ocurrirá al edificio –Ver Anexo 4–:

• Grado de Daño 1 (GD1)

- Tipo de Daño General: daños despreciables. Ningún daño estructural y ligeros daños no estructurales.
- Tipo de Daño en M.3.x y M.4: fisuras en muy pocos muros, algún desprendimiento de revestimientos, caída de piezas o remates de las partes altas de los edificios.
- Tipo de Daño en RC y S: fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros, en tabiques y particiones.

• Grado de Daño 2 (GD2)

- Tipo de Daño General: daños moderados. Daños estructurales ligeros y daños no estructurales moderados.
- Tipo de Daño en M.3.x y M.4: grietas en muchos muros, caídas de grandes partes del revestimiento y colapso parcial de chimeneas.
- Tipo de Daño en RC y S: grietas en vigas y pilares de pórticos y en muros estructurales, en tabiques y particiones. Caída de enlucidos y puntos frágiles. Caída de mortero de las juntas de paneles prefabricados

• Grado de Daño 3 (GD3)

- Tipo de Daño General: daño de importantes a graves. Daños estructurales moderados y daños no estructurales graves.
- Tipo de Daño en M.3.x y M.4: grietas generalizadas en la mayoría de los muros. Se sueltan tejas de las cubiertas. Rotura de chimeneas en su parte saliente de la cubierta. Se dañan elementos individuales no estructurales como los tabiques.
- Tipo de Daño en RC y S: grietas en pilares y en nudos 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.

• Grado de Daño 4 (GD4)

- Tipo de Daño General: daños muy graves. Daños estructurales graves y daños no estructurales muy graves.
- Tipo de Daño en M.3.x y M.4: se dañan seriamente los muros y, parcialmente, las cubiertas y los forjados.
- Tipo de Daño en RC y S: grandes grietas en elementos estructuras con daños en el hormigón por compresión y rotura de armaduras. Fallo en la trabazón de la armadura de las vigas; ladeo de pilares. Colapso de

algunos pilares o de alguna planta alta

- Grado de Daño 5 (GD5)
 - Tipo de Daño General: destrucción. Daños estructurales muy graves.
 - Tipo de Daño en M.3.x y M.4: colapso total o casi total
 - Tipo de Daño en RC y S: colapso de la planta baja o de partes, por ejemplo espacios laterales secundarios de la estructura, de los edificios

Análisis Gran Vía 21 para cálculo del Grado de Daño:

Finalmente, se llega a la fase de obtención del Grado de Daño esperado para este edificio según la intensidad sísmica aplicada sobre él dada en el mapa de distribución de intensidades para un escenario de I=VIII, el peor sismo posible en Granada (Feriche, 2012) y según su Clase de Vulnerabilidad.

Este edificio se encuentra en la zona con Intensidad entre 8 y 8,2, con una Clase de Vulnerabilidad B, por tanto, el Grado de Daño estimado oscila entre GD3 o GD4. Se opta por asignarle GD4 debido a su año de construcción y en que no me consta que haya sido objeto de rehabilitación o reforma.

Nº EDIFICIO DE GRAN VÍA	USO	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	AÑO ÚLTIMA INTERVENCIÓN	TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA	Mr	Md	Mh	Me	Mih	Area (A)	Perímetro	Area Circulo (Ac)	RC	Mip	Mf	Mph	Mpm	Mpt	VULNERABILIDAD Iv	CLASE DE VULNERABILIDAD	GRADO DE DAÑO
1	Residencial+Bajo Comercial	1906	Sl, previo al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	819,53	128,84	1320,97	0,79	0	0,04	0,02	0,06	0	0,771	B	GD3
3	Residencial+Bajo Comercial	1918	Sl en 1975	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	656,85	122,36	1191,43	0,74	0	0,04	0,02	0,06	0	0,731	B	GD4
7	Residencial+Bajo Comercial	1907	Sl en 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	559,37	100,16	798,32	0,84	0	0,04	0	0,06	0	0,691	B	GD3
9	Residencial+Bajo Comercial	1907	Sl, previo al 2000	M.3.4	0,616	0,08	0	0,02	0,04	179,91	62,16	307,48	0,76	0	0	-0,02	-0,04	0	0,696	B	GD3
11	Residencial+Bajo Comercial	1915	Sl, previo al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	202,59	67,41	361,61	0,75	0	0	0,04	-0,04	0	0,651	C	GD2
13	Residencial+Bajo Comercial	1905	Sl en 1990	M.3.4	0,616	0,08	0	0,02	0,04	260,65	68,34	371,66	0,84	0	0,026	-0,02	0,06	0	0,842	A	GD4
15	Residencial+Bajo Comercial	1903	Sl, previo al 2000	M.3.1	0,74	0,14	0	0,02	0,04	228,77	64,31	329,11	0,83	0	-0,013	0	0,04	0	0,987	A	GD4
17	Residencial+Bajo Comercial	1903	Sl, posterior al 2000	M.3.1	0,74	0,14	0	0,02	0,04	356,71	83,61	556,30	0,80	0	-0,013	-0,02	-0,04	0	0,887	A	GD4
19	Residencial+Bajo Comercial	1905	ITE posterior al 2000	M.4	0,451	0,14	0	0,02	0,04	330,64	74,23	438,48	0,87	0	-0,013	0,04	0,04	0	0,738	B	GD4
21	Residencial+Bajo Comercial	1973	-	RC.3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	1062,43	136,31	1478,58	0,85	0	0,04	0	0,06	0	0,782	B	GD4
23	Residencial+Bajo Comercial	1932	-	S3	0,484	0,14	0	0,04	0,04	1208,26	148,33	1750,85	0,83	0	0,04	0	0,06	0	0,824	A	GD5
25	Terciario (Hotel)	1989	-	RC.3.2	0,522	0,08	0	0	0	536,94	133,35	1415,06	0,62	0,02	0,04	0,04	0,06	0	0,762	B	GD3
27	Residencial+Bajo Comercial	1907	-	M.3.4	0,616	0,14	0	0,02	0,04	736,67	116,81	1085,80	0,82	0	0,04	-0,02	0,04	0	0,876	A	GD5
29	Residencial+Bajo Comercial	1913	Sl, previo al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	566,57	118,28	1113,30	0,71	0	0,04	0,02	0,04	0	0,751	B	GD3
31	Terciario (Hotel)	1900	Sl, previo al 2000	M.3.1	0,74	0,08	0	0,02	0,04	1909,17	242,53	4680,81	0,64	0,02	0,04	-0,02	-0,04	0	0,88	A	GD4
33	Residencial+Bajo Comercial	1910	Sl, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	232,72	67,31	360,54	0,80	0	-0,013	-0,02	-0,04	0	0,578	C	GD2
35	Residencial+Bajo Comercial	1915	Sl, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	272,75	79,34	500,93	0,74	0	0	0,04	-0,04	0	0,651	C	GD2
37	Residencial+Bajo Comercial	1908	Sl, previo al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	302,75	84,04	562,03	0,73	0	-0,013	-0,02	0,04	0	0,618	C	GD2
39	Residencial+Bajo Comercial	1908	-	M.4	0,451	0,14	0,04	0,06	0,04	336,85	87,34	607,04	0,74	0	0,026	0,02	0,04	0	0,837	A	GD5
41	Residencial+Bajo Comercial	1915	Sl, previo al 2000	M.3.4	0,616	0,08	0	0,06	0,04	288,17	81,77	532,08	0,74	0	0,026	0,02	-0,04	0	0,802	B	GD3
43	Residencial+Bajo Comercial	1909	-	M.4	0,451	0,14	0,04	0,02	0,04	338,36	78,58	491,38	0,83	0	-0,013	-0,02	-0,04	0	0,638	C	GD3
45	Residencial+Bajo Comercial	1906	Sl en 1981	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	291,09	69,08	379,75	0,88	0	0,026	-0,02	-0,04	0	0,617	C	GD2
47	Terciario	1929	-	S3	0,484	0,12	0	0,04	0,04	386,44	89,76	641,14	0,78	0	0,04	0,04	0,06	0	0,844	A	GD5
49	Residencial+Bajo Comercial	1912	Sl en 1998	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	209,33	59,53	282,01	0,86	0	-0,013	0	0,06	0	0,658	C	GD2
51	Residencial+Bajo Comercial	1917	-	M.4	0,451	0,12	0,04	0,02	0,04	269,96	69,48	384,16	0,84	0	-0,013	0	-0,04	0	0,638	C	GD3
53	Residencial+Bajo Comercial	1913	Sl, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	228,05	66,84	355,52	0,80	0	0	0	-0,04	0	0,571	C	GD2
55	Residencial+Bajo Comercial	1912	Sl, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	505,43	96,59	742,43	0,83	0	0,04	0	0,06	0	0,711	B	GD3
57 y 59	Residencial+Bajo Comercial+Administrac	1908	Sl, previo al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	551,14	121,68	1178,23	0,68	0,02	0,04	0,04	0,06	0	0,771	B	GD4

Tabla 15. Cálculo y Aplicación de modificadores del Método del Índice de Vulnerabilidad a los números impares de la Gran Vía de Granada. Obtención del Grado de Daño para un terremoto de I=VIII
Fuente: elaboración propia

5. Escenario de Daño Sísmico para la Gran Vía de Granada

Tras haber desarrollado el Método con el análisis del nº21 de la Gran Vía y el resto de los edificios del universo de investigación, se procede a mostrar en este apartado los resultados obtenidos en las Tablas 15 y 16 de elaboración propia.

Se opta por estudiar la Gran Vía de Granada distinguiendo dos grupos, los números impares con veintinueve y los números pares con veintisiete edificios, haciendo un total de cincuenta y seis como objeto de estudio. En las tablas mencionadas se representan mediante una línea más gruesa los edificios agrupados según manzanas. La razón para ésta organización de trabajo es la propia metodología utilizada, ya que como se ha visto en el apartado anterior, el Método requiere del conocimiento del entorno inmediato en el caso de algunos modificadores como Mph –Modificador por diferencia de altura con los colindantes– y Mpm –Modificador de posición del edificio en la manzana–. Además, también ayuda a tener una percepción de cómo queda el conjunto aislado de cada manzana, ya que en el caso de un edificio colapse, implicaría un daño adicional a sus colindantes.

5.1. Resultado Índice de Vulnerabilidad y Grado de Vulnerabilidad. Tablas justificativas de cálculo

Se observa en las tablas mostradas a continuación que se cumple la hipótesis que servía de punto de partida para esta investigación:

- De los cincuenta y seis, a veintisiete le corresponden una Clase de Vulnerabilidad B lo que supone un 48,2%.
- De los cincuenta y seis, a diecisiete le corresponden una Clase de

Vulnerabilidad A lo que supone un 30,4%.

- De los cincuenta y seis, a doce le corresponden una Clase de Vulnerabilidad C lo que supone un 21,4%.

Se cumple que los edificios más vulnerables son aquellos levantados con muros de fábrica de ladrillo, sin embargo, existen otros ejemplos que resultan ser aún más vulnerables como ciertas estructuras de hormigón armado –H.A.– y metálicas –M– como es el caso de los edificios nº10 –H.A.–, nº46 –H.A.–, nº47 –M– y nº48 –H.A.– cuyo Grado de Vulnerabilidad es A. La lógica de este resultado viene dada por la fecha de construcción de cada edificio: 1973, 1921, 1929 y 1973 respectivamente. La norma sísmica que engloba el inicio de los años setenta en España, la PGS-1, que establece una serie de normas de diseño como prohibir el tapial y el adobe en zonas de sismicidad media y acusada y obligar a ejecutar encadenados de hormigón con 4Ø10 en estructuras de fábrica de ladrillo. En definitiva, es muy reducida en sus directrices constructivas, lo que lleva a la conclusión que no cumple ninguna medida de prevención sísmica y de ahí su Clase de Vulnerabilidad. Si para los años setenta la norma sísmica entonces vigente es poco restrictiva, la de los años veinte es inexistente. La NCSE-02 junto con la Instrucción Española del Hormigón Estructural –EHE-08–, para edificios en zona sísmica, obligan a cumplir una serie de puntos a la hora de la ejecución como el área de acero en tanto por mil en la sección de un pilar de hormigón, disposición de los redondos, confinamiento con estribos, empotramiento de los nudos en la uniones pilar-viga, longitudes de solape de armadura...

Por otro lado, se observa que el comportamiento de estructuras murarias reducen hasta una Clase C su vulnerabilidad, de hecho, todos los edificios para los que he obtenido ésta Clase de Vulnerabilidad son de la tipología M.4 –Muros de carga de mampostería confinada o reforzada–. Si se abstrae el resultado del contexto, una Clase C comienza a ser preocupante

Nº EDIFICIO DE GRAN VÍA	USO	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	AÑO ÚLTIMA INTERVENCIÓN	TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA	Mr	Md	Mh	Me	Mih	Area (A)	Perímetro	Area Circulo (Ac)	RC	Mip	Mf	Mph	Mpm	Mpt	VULNERABILIDAD Iv	CLASE DE VULNERABILIDAD	GRADO DE DAÑO	
2	Residencial+Bajo Comercial	1913	SI, previa al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	0,02	313,74	69,51	384,49	0,90	0	-0,013	0,04	0,06	0	0,738	C	GD2
4	Residencial+Bajo Comercial	1906	-	M.3.4	0,616	0,14	0	0,06	0,04	0	251,49	68,81	376,78	0,82	0	0,026	-0,02	-0,04	0	0,822	B	GD4
6	Residencial+Bajo Comercial	1906	-	M.3.4	0,616	0,14	0	0,06	0,04	0	254,18	68,15	369,59	0,83	0	0,026	0	-0,04	0	0,842	A	GD5
8	Residencial+Bajo Comercial	1907	SI, previa al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	0	254,61	62,72	313,04	0,90	0	0,026	0	0,06	0	0,717	B	GD3
10	Residencial+Bajo Comercial	1973	-	RC.3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	0,02	538,40	105,65	888,24	0,78	0	0,04	0,04	0,04	0	0,822	A	GD5
12	Residencial+Bajo Comercial	1903	-	M.3.4	0,616	0,14	0	0,02	0,04	0,02	455,73	89,82	642,00	0,84	0	-0,013	-0,04	0,04	0	0,823	A	GD5
14b	Residencial+Bajo Comercial	1903	SI	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	0,02	564,16	101,59	821,28	0,83	0	0,026	-0,02	0,04	0	0,657	C	GD2
16	Administrativo	1973		RC3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	0,02	559,58	99,92	794,50	0,84	0	0,026	0,04	0,04	0	0,808	B	GD4
18	Administrativo	1934	SI, en 2004	M.4	0,451	0,08	-0,04	0	-0,04	0	1355,56	194,01	2995,29	0,67	0,02	0,04	0	0,06	0	0,571	C	GD2
20	Terciario (Hotel)	1903	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	0,02	465,90	89,24	633,74	0,86	0	0,026	-0,02	0,06	0	0,677	B	GD3
22	Residencial+Bajo Comercial	1980		RC.3.2	0,522	0,08	0	0,06	0	0,02	183,90	58,55	272,80	0,82	0	-0,013	-0,02	0,04	0	0,689	B	GD3
24	Residencial+Bajo Comercial	1973		RC.3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	0,02	149,21	52,40	218,50	0,83	0	0	0,04	0,04	0	0,782	B	GD4
26	Residencial+Bajo Comercial	1972		RC.3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	0,02	272,29	88,99	630,19	0,66	0,01	-0,013	0,02	0,04	0	0,759	B	GD4
28	Residencial+Bajo Comercial	1966		RC.3.2	0,522	0,12	0	0,06	0	0,02	812,91	127,74	1298,51	0,79	0	0,04	0,02	-0,04	0	0,742	B	GD4
30	Religioso	1898	-	M.3.1	0,74	0,14	0	0,06	0,04	0,02	1214,84	159,93	2035,40	0,77	0	0,04	-0,02	0,04	0	1,06	A	GD5
32	Religioso	1905	SI, en 1931	M.4	0,451	0,14	0	0,02	0,04	0	369,49	92,72	684,13	0,73	0	0,04	-0,02	0,04	0	0,711	B	GD3
34	Residencial	1925	ITE en 2003	M.3.3	0,704	0,12	-0,04	0,02	0,04	0	609,44	103,30	849,16	0,85	0	0,04	0,04	0,04	0	0,964	A	GD5
36	Residencial	1910	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	0,02	578,48	102,95	843,42	0,83	0	0,04	0,02	0,06	0	0,771	B	GD3
38	Terciario (Hotel)	1909	SI	M.4	0,451	0,08	0	0,06	0,04	0,02	466,19	93,18	690,93	0,82	0	0,04	0,04	0,04	0	0,771	B	GD3
40	Residencial	1920	-	M.3.3	0,616	0,14	0	0,02	0,04	0,02	833,50	128,41	1312,16	0,80	0	0,04	-0,04	-0,04	0	0,796	B	GD4
42	Residencial+Bajo Comercial	1970		RC.3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	0,02	312,75	85,05	575,62	0,74	0	0	0,04	-0,04	0	0,702	B	GD4
44	Residencial+Bajo Comercial	1912	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	0,02	380,63	97,36	754,31	0,71	0	0,04	-0,02	0,06	0	0,691	B	GD3
46	Residencial+Bajo Comercial	1921	SI, previo al 2000	RC.3.2	0,522	0,14	0	0,06	0,04	0	659,12	115,24	1056,81	0,79	0	0,04	-0,02	0,06	0	0,842	A	GD4
48	Administrativo	1973		RC.3.2	0,522	0,1	0	0,06	0	0,02	608,58	106,21	897,68	0,82	0	0,04	0,02	0,06	0	0,822	A	GD4
50	Administrativo	1916	SI, previa al 2000	M.4	0,451	0,08	0	0,02	0,04	0,02	1565,04	221,08	3889,46	0,63	0,02	0,04	0	0,06	0	0,731	B	GD3
52	Residencial+Bajo Comercial	1912	SI, previa al 2000	M.3.1	0,74	0,08	0	0,02	0,04	0,02	545,96	94,88	716,37	0,87	0	0,04	0	0,04	0	0,98	A	GD5
54	Residencial+Bajo Comercial	1912	SI, previa al 2000	M.3.1	0,74	0,08	0	0,02	0,04	0,02	563,65	95,22	721,52	0,88	0	0,026	0	0,04	0	0,966	A	GD5

Tabla 16. Cálculo y Aplicación de modificadores del Método del Índice de Vulnerabilidad a los números pares de la Gran Vía de Granada. Obtención del Grado de Daño para un terremoto de I=VIII

Fuente: elaboración propia

ya que pueden implicar un Grado de Daño 3 con daños estructurales moderados pero dentro del contexto es el valor más bajo que ha resultado de este estudio y, por tanto, los que llegado el momento puedan resistir mejor e incluso ser funcionales para tareas de protección civil.

5.2. Escenario de Daño Sísmico (EDS). Representación volumétrica del EDS de la Gran Vía de Colón de Granada

En las tablas se adjunta el Grado de Daño estimado como continuación del proceso y, además, se elabora una volumetría del resultado para poder situar el EDS en su contexto.

A la hora de asignarle el Grado de Daño a la edificación a partir de Clase de Vulnerabilidad, ofrece la posibilidad de elegir entre dos opciones, una de mayor gravedad que la otra, por tanto el criterio de adjudicación se basa en dar un Grado de Daño mayor a aquellos edificios en los que no figure que sean objeto de rehabilitaciones o reformas significantes, valorando también su año de construcción y su Índice de Vulnerabilidad final.

De los resultados se concluye:

- De los cincuenta y seis, dieciocho sufren un GD4 lo que supone un 32,1%.
- De los cincuenta y seis, diecisiete sufren un GD3 lo que supone un 30,4%.
- De los cincuenta y seis, once sufren un GD5 lo que supone un 19,6%.
- De los cincuenta y seis, diez sufren un GD2 lo que supone un 17,9%.

De este modo se puede afirmar, según la estimación del Método que solamente diez edificios de la Gran Vía de Granada pueden resistir la embestida del definido como peor terremoto esperado para la ciudad. El resto de los cincuenta y seis edificios estudiados, están en peligro de los cuáles once colapsan influyendo daños a edificios colindantes así como a sus habitantes y civiles próximos. En el siguiente apartado se determinan

tales cifras.

5.3. Edificios inhabitables tras el EDS

Como se comenta en el apartado 4.5, el Grado de Daño sirve para profundizar en el conocimiento del EDS, entre otros, nos da a conocer los edificios que pierden la funcionalidad tras la catástrofe. Dejan de ser funcionales aquellos edificios que presentan un riesgo para la seguridad civil ante la posibilidad de réplicas. La razón principal de conocer este dato, es saber qué cantidad de gente van a tener que realojar los Servicios de Protección Civil una vez ocurra el desastre.

Cito a Feriche (2012):

“Existen diversos modos de averiguar esta cifra y todos ellos coinciden en iniciar considerando el Grado de Daño 3 (GD3) como el primer estado de peligro hasta llegar al Grado de Daño 5 (GD5)”

Destacan las expresiones de Vacareanu (2004) y de Coburn (1992):

- Vacareanu (2004)

Estima el número de viviendas inhabitables con la suma del 90% de las viviendas que sufren el estado de daño moderado (GD3) y el 100% de las que sufren daños muy graves y destrucción (GD4 y GD5):

$$N^{\circ} \text{ edif habitables} = N^{\circ} \text{ edif GD4} + N^{\circ} \text{ edif GD5} + 0,9 \times N^{\circ} \text{ edif GD3}$$

- Coburn A. S. (1992)

Estima el número de viviendas inhabitables con la suma del 50% de las viviendas que sufren el estado de daño moderado (GD3) y el 100% de las que sufren daños muy graves y destrucción (GD4 y GD5):

$$N^{\circ} \text{ edif habitables} = N^{\circ} \text{ edif GD4} + N^{\circ} \text{ edif GD5} + 0,5 \times N^{\circ} \text{ edif GD3}$$

Lantada (2007) utiliza en su estudio del Riesgo Sísmico en Barcelona la

Figura 14. Escenario de Daño Sísmico para un terremoto de I=VIII en la Gran Vía de Colón de Granada



En la Figura 14 se muestra el EDS de la Gran Vía de Colón de Granada a partir de los resultados obtenidos para un terremoto de intensidad VIII que será el peor posible para la ciudad.

El estado en que quedará la avenida es cuanto menos preocupante por su condición añadida de eje de evacuación de la zona centro, Albaicín y Realejo. La mayoría de las manzanas estudiadas se ven afectadas por un edificio, al menos, que sufra un GD4. Por otro lado, observando el entorno cercano y sabiendo que tiene una tipología constructiva similar se puede interpretar que sufrirá al menos entre un Grado de Daño 3 y un Grado de Daño 4 con el agravante de que sus calles son muy estrechas en relación a la altura de los edificios que las dibujan.

Fuente: elaboración propia

expresión de Vacareanu (2004), en cambio, en el Estudio de Riesgo Sísmico de Andalucía (SISMOSAN, 2007) se utiliza la expresión de Coburn A. S. (1992).

Los terremotos de Lorca en 2011, según explica Feriche (2012), evidencian una visión realista sobre los escenarios de daño respecto a edificios inhabitables en España más cercana a la expresión Vacareanu (2004). Por tanto, es la elegida para este estudio.

Aplicando la expresión (Vacareanu, 2004):

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ edif habitables} &= \text{N}^\circ \text{ edif GD4} + \text{N}^\circ \text{ edif GD5} + 0,9 \times \text{N}^\circ \text{ edif GD3}; \\ &18 + 11 + 0,9 \times 17 = 44,3 \approx 45 \end{aligned}$$

La previsión de edificios que perderán su funcionalidad es de 45. Como ya adelantaba Feriche en su EDS para la ciudad de Granada (2012), la zona centro sufrirá graves daños con un terremoto de estas características aunque también habrá ciertas edificaciones que soporten la embestida –once en el caso de la Gran Vía–. Es imperioso sacar a la luz el Plan de Emergencia ante Riesgo Sísmico para nuestra ciudad y, sobretodo, tener en cuenta los EDS.

5.4. Estimación de Víctimas

Otra ventaja de llegar al resultado de los Grados de Daño es poder estimar el número de víctimas y su clasificación. No sólo interesa saber si un hospital, clasificado como estructura especial por la NCSE-02, continúa funcionando a pesar de la agitación del suelo, sino también cuantas plazas necesitará cubrir para satisfacer la atención de los heridos o, en caso de no poder alojar al volumen de población afectada, tener la prevención de establecer un dispositivo de apoyo al hospital de mano de los Servicios de Protección Civil.

Martínez-Zaldívar (2006) en su Tesis Doctoral *“Plan de Actuación Sanitaria ante una Emergencia Sísmica: caso de terremoto destructor en el área*

metropolitana de Granada”, desde el ámbito de estudio de la Medicina, elabora un Plan de Actuación Sanitaria en caso de emergencia sísmica para el peor terremoto posible en Granada en el que describe tanto el aspecto logístico como el de la estimación y la clasificación de las víctimas producidas por un terremoto de dichas características.

Entran muchos factores en juego a la hora de hallar la cifra, no sólo la tipología constructiva y las características del edificio que conocemos del apartado 4, sino que también es necesario saber el tipo de terremoto, el momento en que ocurre –por ejemplo en Granada, no sería el mismo resultado aplicar el estudio durante el mes de agosto que durante el 24 y 25 de diciembre– y, como consecuencia, el número de personas que habitan en ese edificio. Se han propuesto diferentes modelos para la estimación de víctimas producidas por un terremoto pero las más utilizadas son de Coburn (1992) y la norma estadounidense (ATC-13, 1985), son criterios muy diferentes que aportan resultados muy diversos, transcribo el comentario de Feriche (2012:236):

“El ATC-13 se basa en datos de colapsos de edificios construidos con técnicas diferentes a las nuestras y no diferencia las tipologías, lo que significaría que las estimaciones de víctimas se quedarían cortas. Por otro lado, la metodología de Coburn (1992) considera para calcular el número de personas atrapadas el volumen medio de colapso que, en el caso de edificios de mamposterías es función de la intensidad macrosísmica y, en el caso de edificios de hormigón armado es función de las características del movimiento del suelo (efecto de campo cercano o distante)”

Este estudio analiza las posibilidades que brinda el Método del Índice de Vulnerabilidad utilizado por el proyecto Risk-UE.

6. COMENTARIOS Y BALANCE

A continuación se abordarán a modo de balance las siguientes cuestiones derivadas del análisis y de los resultados obtenidos durante la aplicación del Método del Índice de Vulnerabilidad: tipologías constructivas del Método de Índice de Vulnerabilidad, resultados de la *“Elaboración de Escenarios de Daños Sísmicos en la ciudad de Granada”* (Feriche, 2012) y crítica de los resultados obtenidos para el Escenario de Daño Sísmico de la Gran Vía de Granada.

6.1. Método de Índice de Vulnerabilidad

“El Método del Índice de Vulnerabilidad, recomendado por el Proyecto RISK-UE para las ciudades europeas, que es el que aquí se ha usado, se ha comprobado que es muy apropiado para la elaboración de EDS, dado que caracteriza la acción sísmica mediante la intensidad macrosísmica y la vulnerabilidad del edificio mediante un índice (Iv).” (Feriche, 2012:241)

A partir de la afirmación de Feriche (2012) formulada sobre el Método del Índice de Vulnerabilidad, se considera este procedimiento como una primera aproximación para la estimación del Índice de Vulnerabilidad de un edificio conocidas las características constructivas requeridas por el Método –incluidas en el Anexo 2– y, además, la correlación entre la Clase de Vulnerabilidad –dada por el Índice de Vulnerabilidad– con el Grado de Daño. El Grado de Daño es el punto realmente interesante del Método ya que permite esbozar un Escenario de Daño Sísmico y conocer el estado en que se puede encontrar el área estudiada tras el movimiento sísmico.

Es un procedimiento utilizado para el desarrollo de tesis doctorales como la citada de Feriche (2012) para la ciudad de Granada y la de Lantada (2007) para Barcelona, para los planes de emergencia de la Comunidad de Murcia, la Comunidad de Valencia, Antequera, Barcelona, Vélez Málaga y

Adra, además de Granada –en curso en la actualidad– y, como se comenta en la introducción, en diversos países europeos como Italia, Bulgaria, Grecia, Francia, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Rumanía y España –los constituyentes del Proyecto Risk-UE–. Éstas han sido las principales razones para utilizar este Método y, de algún modo, cuestionar su idoneidad.

No obstante, a la hora de ponerlo en práctica surgen dudas sobre la rigurosidad que se puede alcanzar en los resultados.

En primer lugar, la asignación de tipologías constructivas hecha para el Método en la cuál puede complicar la elección ya que en este caso de estudio, por ejemplo, no existe una tipología que haga referencia al muro de fábrica reforzado o muro de fábrica con losa de hormigón pero sí contempla los muros de mampostería en su lugar que es el tomado para el análisis.

Además, inquieta la rigurosidad de ciertos modificadores como el de irregularidad en planta –Mip– y la expresión utilizada para asignar al edificio dicho modificador. Los edificios pueden sufrir retranqueos en fachadas conforme crecen en altura según la edificabilidad que indique el plan urbanístico y además tienen como mínimo el forjado de planta baja y la cubierta –si fuera el caso de un edificio de planta única–. La expresión del Compacness Ratio –RC– (Lantada, 2007) se aplica sobre la geometría de un forjado, generalmente la huella del edificio, por lo que no se contemplan las irregularidades de las plantas superiores y, por tanto, no se incluyen dentro del modificador. Otra dificultad supone la aplicación del modificador de irregularidad en altura –Mih–, que dentro de la tabla de valores contempla pilares cortos, pisos blandos, retranqueos en fachada y torreones. Este modificador se aplica, como el anterior, sobre una casuística excesivamente general ya que, por ejemplo, puede existir en un edificio una planta diáfana o piso blando que sí esté valorado en el modificador pero faltaría, quizá, la posibilidad de alterar ese valor en

función de que esa planta ocupe una mayor o menor altura. No causa el mismo daño en un edificio con un piso blando en planta baja que en una planta intermedia o última.

No se debe olvidar a la hora de evaluar el Método que supone un mecanismo de estimación general de un Escenario de Daño Sísmico de un amplio ámbito urbano, por lo que en ese contexto sí constituye una herramienta bastante útil. En el caso de proponer un método más riguroso y alternativo para este fin, se debe tener en cuenta la relación con los Grados de Daño establecidos por la EMS-98 una vez obtenida la vulnerabilidad del edificio. El EDS como resultado es lo que realmente importa de todo este procedimiento.

En definitiva, a pesar de que convendría revisar y ajustar los parámetros en cuanto a la asignación de vulnerabilidad de las tipologías constructivas y sus modificadores, se trata de un proceso muy práctico para estimar el escenario de daños sísmicos a partir del cuál se pueda obtener más información como el número de edificios habitables, las víctimas, los heridos... De cara a la creación de un Plan de Emergencia es muy útil para establecer la logística en caso de peor sismo posible en la ciudad de Granada.

6.2. EDS de Granada

En primer lugar cabe destacar la gran labor e información generada por Feriche en su EDS para Granada (2012) con fines tanto académicos como profesionales en la elaboración del Plan de Emergencia Sísmica de Granada, así como las futuras líneas de investigación que propone de las que yo he iniciado –junto con las propuestas por Martínez Ramos (2015)– este estudio. Como consecuencia de la gran cantidad de información manejada por Feriche –18426 parcelas estudiadas como específica–, ha

tenido que utilizar un sistema estadístico de comprobación de resultados mediante un muestreo de las diferentes tipologías obtenidas unido al uso del Catastro como referencia para extraer las características de los edificios como el año de construcción, número de plantas, etc... En relación a usar el catastro como fuente, hay que hacer constar que se obvian datos interesantes como fechas de posibles rehabilitaciones o, incluso, las propias fechas de construcción pueden ser erróneas. Según las fuentes primarias consultadas en los Archivos provinciales y documentales, Martínez-Ramos aporta fechas contrastadas de certificados finales de obra que corrigen los datos recogidos por el Catastro en cuarenta y uno de los cincuenta y seis edificios estudiados –Ver Anexo 5–.

6.3. Conclusiones para los Resultados obtenidos para Gran Vía de Granada. Futuras líneas de investigación

Como se comenta al inicio del trabajo, estos resultados como tantos otros referentes a catástrofes de ésta índole no pretenden sembrar el miedo, simplemente buscan una reflexión sobre la necesaria cultura de la prevención del ser humano ante la condición impredecible e indomable de la naturaleza. También cabe añadir que los datos, por la sencilla razón de tener por objeto de estudio los efectos de un terremoto, son una estimación orientativa o hipótesis de lo que puede ocurrir en el peor de los casos. Sabemos por muchas fuentes que predecir con exactitud un tipo de daño de estas características es casi imposible.

Dicho esto y observando el EDS que nos deja de Gran Vía tras un posible terremoto de intensidad VIII –Figura 13 en la pág. 31–, el peor más probable para Granada, vemos que la mayoría de los edificios están muy cerca del colapso...

Resulta que once edificios que llegan a tener un GD5, lo que significa el colapso de la estructura, todos exceptuando uno que es el número 23

forman parte de una manzana. El derrumbamiento de un edificio incluido en una manzana supone un daño adicional a los colindantes. Por otro lado, conociendo como se desarrolla el área centro de la ciudad, se encuentran las mismas tipologías e incluso en peor estado ya que no forman parte de una traza urbana tan importante como la Gran Vía. El barrio del Albaicín con un plan especial urbanístico de protección, por su parte, está constituido por un gran porcentaje de construcciones de tapial, el cuál esta prohibido desde la PGS-1 –1968–. El índice de vulnerabilidad estimada para la tipología de tapial –M2, ver Anexo 2– es 0,840 lo cuál significa que parte desde el inicio en la Clase de Vulnerabilidad A, el máximo daño posible. Ambas áreas urbanas cuentan con calles muy estrechas en relación a la altura de fachada, sobretodo el área centro. La Gran Vía es la cicatriz que separa ambas áreas con un ancho de 20m (Martínez-Ramos, 2015) y desemboca en dos espacios abiertos, al sur en la Plaza de Colón y al norte en el Parque del Triunfo y la Avenida de la Constitución. El punto norte es más adecuado ya que goza de mayor amplitud para albergar a mayor número de personas lejos del alcance de cualquier desprendimiento de edificio.

El objetivo de este estudio es llegar al EDS de la Gran Vía de Granada como una de las líneas principales de evacuación, llegando a más detalle en la definición de los edificios que la delimitan, para después poder servir de guía en el desarrollo del futuro Plan de Emergencia de Granada y, sobretodo, concienciar a la gente a iniciar una cultura preventiva ya que estamos en constante situación de amenaza dada nuestra zona geográfica.

De cara a futuras líneas de investigación, es de interés común continuar el estudio en detalle de otras vías principales de evacuación como puede ser Camino de Ronda, Avenida de la Constitución o Calle Arabial aplicando el Método analizado para completar con más información el futuro Plan de Emergencia Sísmica; prestar mayor atención a los edificios de especial

importancia como los hospitales con los que cuenta Granada que, exceptuando el situado en el Parque Tecnológico de la Salud, el resto tiene al menos 25 años de edad lo cuál significa que su diseño sísmico puede ser deficiente por lo que convendría hacer un estudio detalle con el objetivo de conocer su Grado de Daño.

También es muy importante completar este método solucionando aspectos de ambigüedad detectados anteriormente o incluso desarrollar otro procedimiento más preciso para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica sin olvidar que debe existir una relación con los grados de daño especificados en la EMS-98 para poder valorar el EDS que, al fin y al cabo, es lo verdaderamente importante y el propósito real de este tipo de estudio. El EDS es el que nos presenta la situación posterior al desastre y a partir del cuál se debe plantear el Plan de Emergencia Sísmica de cualquier ciudad.

GLOSARIO

Magnitud: es un valor decimal que mide de forma objetiva la energía liberada por un terremoto. La escala de Richter.

Intensidad: es un valor entero, de números romanos, que mide los daños producidos por un terremoto. Puede variar según dónde se produzca el sismo. La escala de medida utilizada en el ámbito internacional es la de Mercalli Modificada.

Ductilidad: permite construir edificios económicamente viables. Depende de los materiales de construcción y los elementos estructurales del edificio. (Benavent, 2010)

Riesgo Sísmico: daños o consecuencias –económicas o sociales– esperables o probables debidas a los terremotos que puedan afectar a un lugar en un determinado período de tiempo. Su expresión viene dada por la UNDRO (Office of United Nations Disaster Relief Co-ordinator) en 1979:

$$R = H \times V \times E \times C$$

Siendo:

- H: la peligrosidad sísmica que determina el movimiento esperado en la población. También llamada "amenaza".
- V: vulnerabilidad sísmica de las estructuras.
- E: exposición o densidad de estructuras y habitantes.
- C: coste de reparación o de pérdidas.

Peligrosidad Sísmica: es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. (Feriche, 2012)

Vulnerabilidad Sísmica: Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 –sin daño– a 1 –pérdida total–. (Feriche, 2012)

Escenario de Daños Sísmicos (EDS): Un escenario de daños es un escenario de riesgo para un evento específico y, como tal, debe representar la distribución del efecto destructor ya sea en forma de grado de daño, en edificios inhabitables, en pérdidas económicas o en víctimas, o en todas ellas. (Feriche, 2012)

Grado de Daño GD: valoración de las consecuencias que trae un desastre como el sismo a la edificación de un núcleo urbano. Clasificación aportada por la EMS-98

Sismicidad histórica: contabiliza los terremotos más destructivos de la historia en nuestro país. Se valoran según su intensidad.

Sismicidad instrumental: contabiliza cualquier movimiento de tierra perceptible por las estaciones sísmicas pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional desde 1920. Evalúa los terremotos con intensidad y magnitud.

Tipología Constructiva: Clasificación de los materiales, elementos o sistemas constructivos a partir de sus propiedades, características o afinidades morfológicas o funcionales. (UNE 41805-1 IN, 2009)

Tipología Arquitectónica: Conjunto de edificios que muestran caracteres similares a causa de su misma función. (UNE 41805-2 IN, 2009)

Risk-UE: proyecto a nivel europeo que propone métodos avanzados, como el Método de Índice de Vulnerabilidad, de análisis de riesgo sísmico que incorporan las características de las edificaciones. El proyecto RISK-UE ha elaborado EDS para siete ciudades europeas: Barcelona, Bitola, Bucharest, Catania, Niza, Sofía y Thessaloniki.

Escala Macrosísmica Europeas EMS-98: evalúa la intensidad sísmica en los países europeos. A diferencia de otras escalas sísmicas, que indican la energía sísmica liberada por un terremoto, la EMS-98 indica el grado en que el terremoto afecta al lugar donde ha sucedido dicha catástrofe. Contempla 12 grados, desde el 1 como imperceptible hasta el 12 como devastador.

Criterios Heurísticos de Proyecto: son criterios de diseño obtenidos de la experiencia en la construcción. Algunos son:

- Simetría de la estructura
- Regularidad en las plantas evitando grandes salientes
- Uniformidad en la sección de los elementos estructuras
- Sencillez estructural

(Benavent, 2010)

Clasificación de las construcciones NCSE-02: A los efectos de esta Norma, de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

- De importancia moderada: aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.

- De importancia normal: aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

- De importancia especial: aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos, así como en reglamentaciones más específicas.

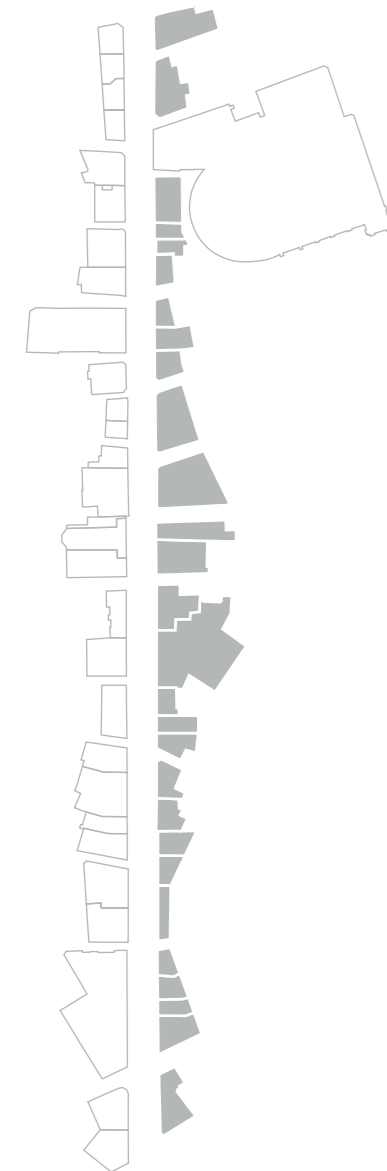
(NCSE-02, 2002)

ANEXO 1: Caracterización morfológico-constructiva de los edificios analizados de la Gran Vía de Colón de Granada

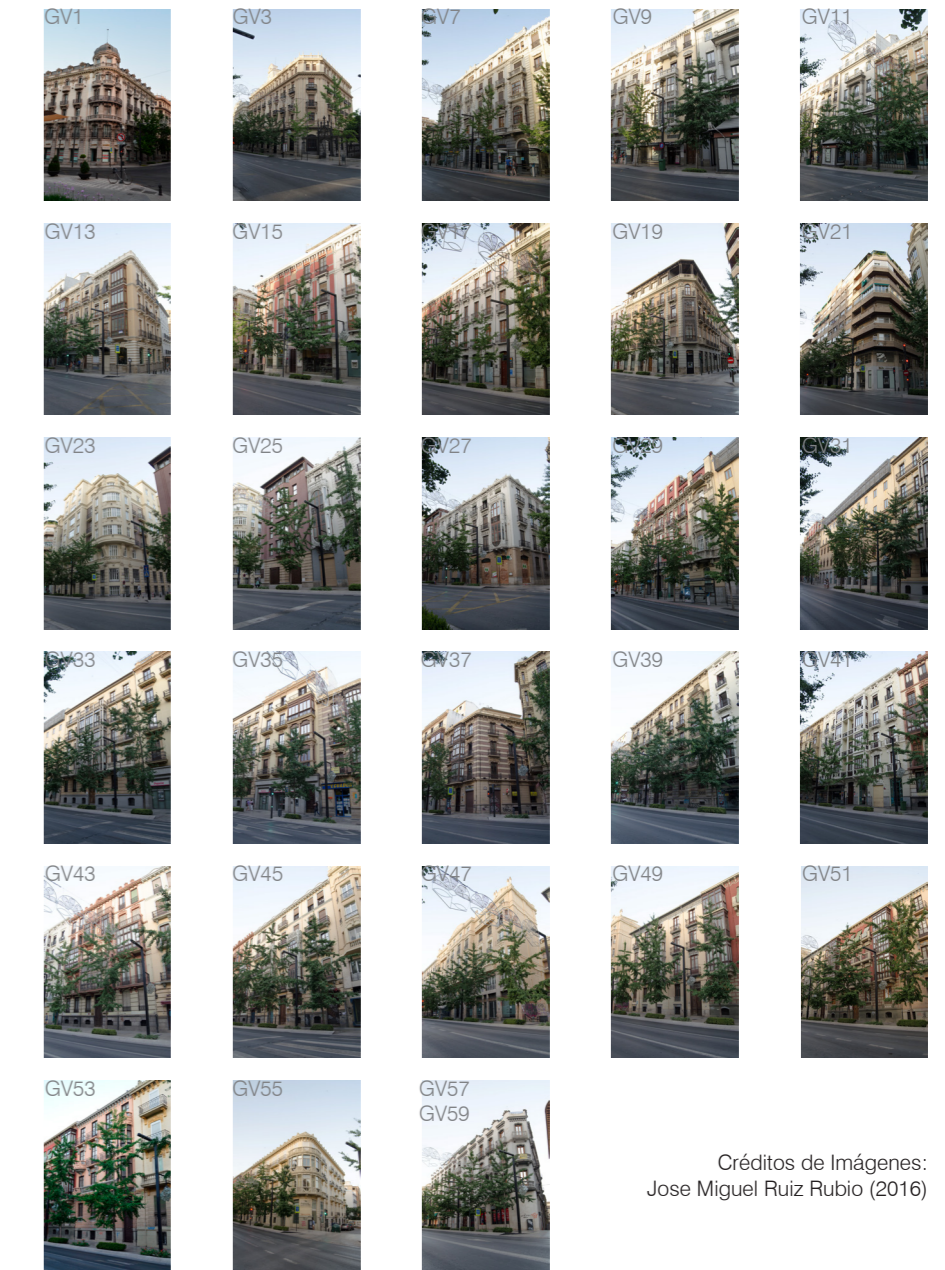
Las Tablas 17 y 18 del Anexo 1 son elaboradas por el autor a partir de los datos obtenidos de Martínez-Ramos (2015) y las Fichas del Catálogo de Edificios del Área Centro (2000). En ella se relaciona información relativa al uso, año de construcción, año de intervención de rehabilitación o reparación, tipología constructiva, estado de conservación, número de alturas, irregularidad en altura, coeficiente RC, longitud de fachada, posición con respecto a colindantes, posición dentro de la manzana y cimenración de cada uno de los edificios que conforman la Gran Vía de Colón de Granada.

Estos parámetros son los utilizados para aplicar los modificadores del Método del Índice de Vulnerabilidad al objeto de estudio.

Tabla 17. Características morfológico-constructivas de los números impares de la Gran Vía de Colón de Granada

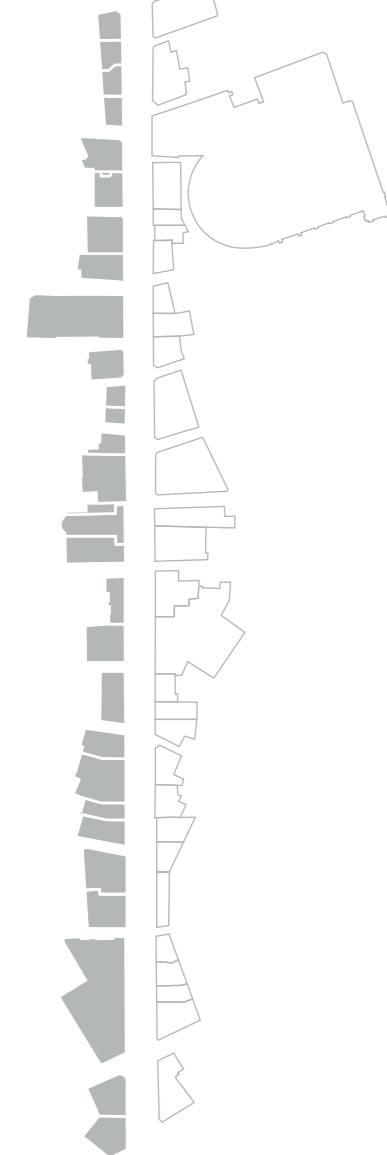


Nº EDIFICIO DE GRAN VÍA	USO	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	AÑO ÚLTIMA INTERVENCIÓN	TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	NÚMERO DE ALTURAS	IRREGULARIDAD EN ALTURA	Area (A en m²)	Perímetro (m)	Area Circulo (Ac en m²)	RC	LONGITUD DE FACHADA (m)	POSICIÓN CON COLINDANTES	POSICIÓN EN MANZANA	CIMENTACIÓN	
1	Residencial+ Bajo Comercial	1906	SI, previo al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+4+A	retranqueos/ torreón	819,53	128,84	1320,97	0,79	44,59	0,02	Terminal	zanja de bolos y horm. sin desnivel
3	Residencial+ Bajo Comercial	1918	SI en 1975	M.4	0,451	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	656,85	122,36	1191,43	0,74	36,09	0,02	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
7	Residencial+ Bajo Comercial	1907	SI en 2000	M.4	0,451	Bueno	B+4	-	559,37	100,16	798,32	0,84	31,54	0	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
9	Residencial+ Bajo Comercial	1907	SI, previo al 2000	M.3.4	0,616	Bueno	B+4	-	179,91	62,16	307,48	0,76	11,19	-0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
11	Residencial+ Bajo Comercial	1915	SI, previo al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+5+A	retranqueos/ torreón	202,59	67,41	361,61	0,75	10,23	0,04	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
13	Residencial+ Bajo Comercial	1905	SI en 1990	M.3.4	0,616	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	260,65	68,34	371,66	0,84	22,13	-0,02	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
15	Residencial+ Bajo Comercial	1903	SI, previo al 2000	M.3.1	0,74	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	228,77	64,31	329,11	0,83	18,17	0	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
17	Residencial+ Bajo Comercial	1903	SI, posterior al 2000	M.3.1	0,74	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	356,71	83,61	556,30	0,80	15,75	-0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
19	Residencial+ Bajo Comercial	1905	ITE posterior al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	330,64	74,23	438,48	0,87	18,98	0,04	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
21	Residencial+ Bajo Comercial	1973	-	RC.3.2	0,522	Bueno	B+E+7	-	1062,43	136,31	1478,58	0,85	39,99	0	Terminal	zapatas H.A. sin desnivel
23	Residencial+ Bajo Comercial	1932	-	S3	0,484	Bueno	B+E+4+A	retranqueos/ torreón	1208,26	148,33	1750,85	0,83	47,8	0	Terminal	zapatas H.A. sin desnivel
25	Terciario (Hotel)	1989	-	RC.3.1	0,402	Bueno	B+4+A	-	536,94	133,35	1415,06	0,62	46,9	0,04	Terminal	zapatas H.A. sin desnivel
27	Residencial+ Bajo Comercial	1907	-	M.3.4	0,616	Bueno	B+3+A	-	736,67	116,81	1085,80	0,82	35,31	-0,02	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
29	Residencial+ Bajo Comercial	1913	SI, previo al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+5+A	retranqueos/ torreón	566,57	118,28	1113,30	0,71	30,54	0,02	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
31	Terciario (Hotel)	1900	SI, previo al 2000	M.3.1	0,74	Bueno	B+4+A	-	1909,17	242,53	4680,81	0,64	38,32	-0,02	Intermedio	zanja de bolos y horm. sin desnivel
33	Residencial+ Bajo Comercial	1910	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+4	retranqueos/ torreón	232,72	67,31	360,54	0,80	18,7	-0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
35	Residencial+ Bajo Comercial	1915	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+3+2A	retranqueos/ torreón	272,75	79,34	500,93	0,74	11,92	0,04	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
37	Residencial+ Bajo Comercial	1908	SI, previo al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	302,75	84,04	562,03	0,73	17,98	-0,02	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
39	Residencial+ Bajo Comercial	1908	-	M.4	0,451	Malo	B+E+4	retranqueos/ torreón	336,85	87,34	607,04	0,74	24,36	0,02	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
41	Residencial+ Bajo Comercial	1915	SI, previo al 2000	M.3.4	0,616	Bueno	B+E+4	-	288,17	81,77	532,08	0,74	22,3	0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
43	Residencial+ Bajo Comercial	1909	-	M.4	0,451	Malo	B+E+4	retranqueos/ torreón	338,36	78,58	491,38	0,83	18,41	-0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
45	Residencial+ Bajo Comercial	1906	SI en 1981	M.4	0,451	Bueno	B+E+4	retranqueos/ torreón	291,09	69,08	379,75	0,88	22,23	-0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
47	Terciario	1929	-	S3	0,484	Bueno	B+E+4	retranqueos/ torreón	386,44	89,76	641,14	0,78	37,17	0,04	En esquina	zapatas H.A. sin desnivel
49	Residencial+ Bajo Comercial	1912	SI en 1998	M.4	0,451	Bueno	B+E+4	retranqueos/ torreón	209,33	59,53	282,01	0,86	18,36	0	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
51	Residencial+ Bajo Comercial	1917	-	M.4	0,451	Malo	B+3+A	retranqueos/ torreón	269,96	69,48	384,16	0,84	17,07	0	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
53	Residencial+ Bajo Comercial	1913	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	228,05	66,84	355,52	0,80	10,72	0	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
55	Residencial+ Bajo Comercial	1912	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+3+A	retranqueos/ torreón	505,43	96,59	742,43	0,83	32,02	0	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
57 y 59	Residencial+ Bajo Comercial+ Administrac	1908	SI, previo al 2000	M.4	0,451	Bueno	B+3	retranqueos/ torreón	551,14	121,68	1178,23	0,68	39,22	0,04	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel

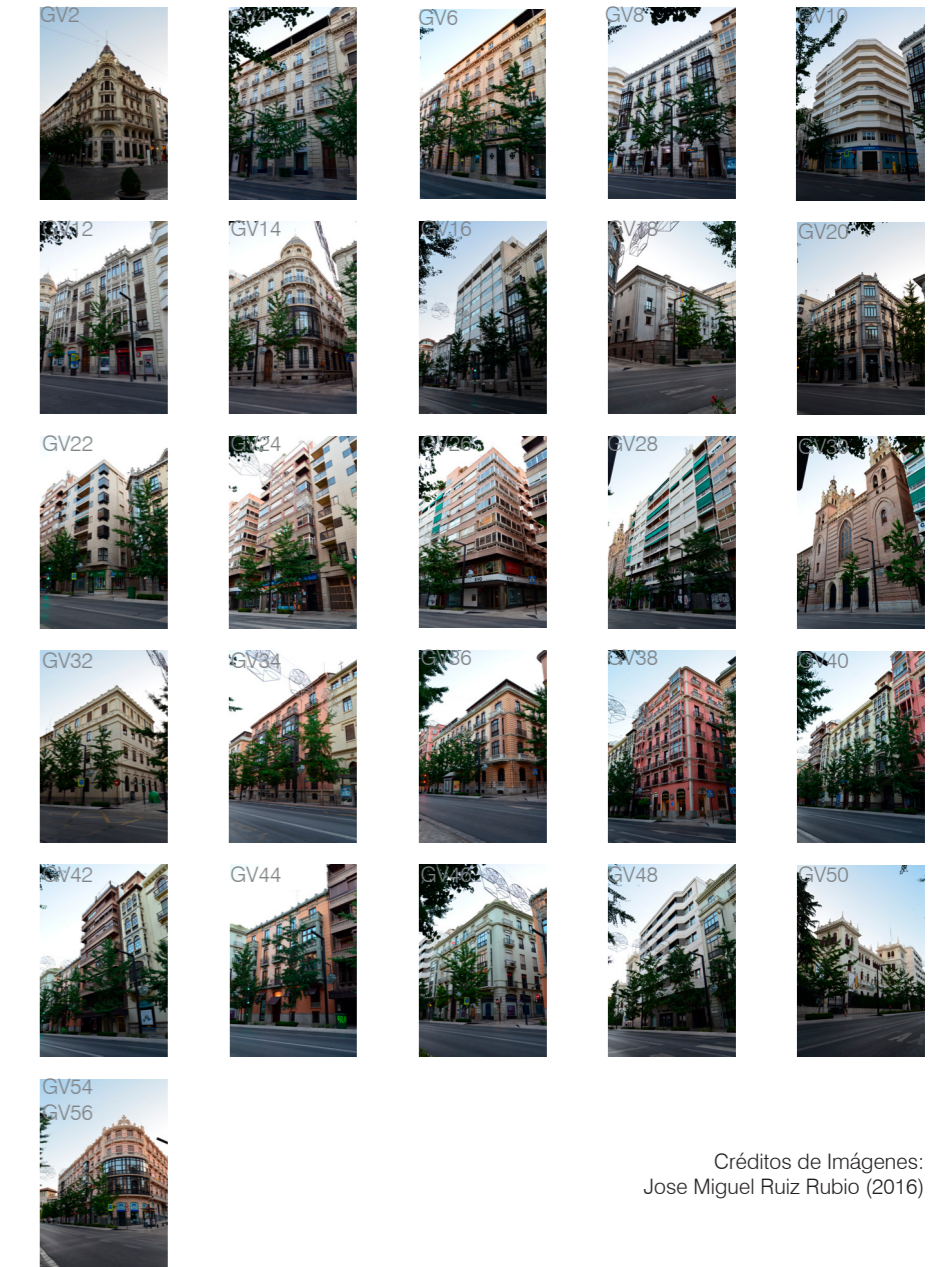


Créditos de Imágenes:
Jose Miguel Ruiz Rubio (2016)

Tabla 18. Características morfológico-constructivas de los números pares de la Gran Vía de Colón de Granada



Nº EDIFICIO DE GRAN VÍA	USO	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	AÑO ÚLTIMA INTERVENCIÓN	TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	NÚMERO DE ALTURAS	IRREGULARIDAD EN ALTURA	Area (A en m²)	Perímetro (m)	Area Circulo (Ac en m²)	RC	LONGITUD DE FACHADA (m)	POSICIÓN CON COLINDANTES	POSICIÓN EN MANZANA	CIMENTACIÓN
2	Residencial+ Bajo Comercial	1913	SI, entre 1990 y 2000	M.4	0,451	B+E+4	retranqueos/ torreón	313,74	69,51	384,49	0,90	17,5	0,04	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
4	Residencial+ Bajo Comercial	1906	-	M.3.4	0,616	B+E+3+A	-	251,49	68,81	376,78	0,82	20,26	-0,02	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
6	Residencial+ Bajo Comercial	1906	-	M.3.4	0,616	B+E+3+A	-	254,18	68,15	369,59	0,83	21,25	0	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
8	Residencial+ Bajo Comercial	1907	SI, previa al 2000	M.4	0,451	B+E+3+A	-	254,61	62,72	313,04	0,90	20,56	0	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
10	Residencial+ Bajo Comercial	1973	-	RC.3.2	0,522	B+E+6+A	retranqueos/ torreón	538,40	105,65	888,24	0,78	27,33	0,04	En esquina	zapatatas H.A. sin desnivel
12	Residencial+ Bajo Comercial	1903	-	M.3.4	0,616	B+3	retranqueos/ torreón	455,73	89,82	642,00	0,84	24,36	-0,04	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
14b	Residencial+ Bajo Comercial	1903	SI	M.4	0,451	B+3+A	retranqueos/ torreón	564,16	101,59	821,28	0,83	25,34	-0,02	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
16	Administrativo	1973	-	RC.3.2	0,522	B+6+A	retranqueos/ torreón	559,58	99,92	794,50	0,84	29,93	0,04	En esquina	0
18	Administrativo	1934	SI, en 2004	M.4	0,451	B+2	-	1355,56	194,01	2995,29	0,67	60,2	0	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
20	Terciario (Hotel)	1903	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	B+E+3	retranqueos/ torreón	465,90	89,24	633,74	0,86	22,87	-0,02	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
22	Residencial+ Bajo Comercial	1980	-	RC.3.2	0,522	B+6	retranqueos/ torreón	183,90	58,55	272,80	0,82	15,82	-0,02	En esquina	0
24	Residencial+ Bajo Comercial	1973	-	RC.3.2	0,522	B+8	retranqueos/ torreón	149,21	52,40	218,50	0,83	14,84	0,04	En esquina	0
26	Residencial+ Bajo Comercial	1972	-	RC.3.2	0,522	B+E+6+A	retranqueos/ torreón	272,29	88,99	630,19	0,66	17,44	0,02	En esquina	0
28	Residencial+ Bajo Comercial	1966	-	RC.3.2	0,522	B+8	retranqueos/ torreón	812,91	127,74	1298,51	0,79	32,14	0,02	Intermedio	0
30	Religioso	1898	-	M.3.1	0,74	B+6	retranqueos/ torreón	1214,84	159,93	2035,40	0,77	40,6	-0,02	En esquina	zanja de bolos y horm. sin desnivel
32	Religioso	1905	SI, en 1931	M.4	0,451	B+3	-	369,49	92,72	684,13	0,73	31,94	-0,02	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
34	Residencial	1925	ITE en 2003	M.3.3	0,704	B+3	-	609,44	103,30	849,16	0,85	26,47	0,04	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
36	Residencial	1910	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	B+3+A	retranqueos/ torreón	578,48	102,95	843,42	0,83	35,77	0,02	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
38	Terciario (Hotel)	1909	SI	M.4	0,451	B+6	retranqueos/ torreón	466,19	93,18	690,93	0,82	27,67	0,04	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
40	Residencial	1920	-	M.3.3	0,616	B+4	retranqueos/ torreón	833,50	128,41	1312,16	0,80	29,65	-0,04	Intermedio	horm. hidráulico sin desnivel
42	Residencial+ Bajo Comercial	1970	-	RC.3.2	0,522	B+8	retranqueos/ torreón	312,75	85,05	575,62	0,74	11,41	0,04	Intermedio	0
44	Residencial+ Bajo Comercial	1912	SI, posterior al 2000	M.4	0,451	B+3	retranqueos/ torreón	380,63	97,36	754,31	0,71	34,31	-0,02	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
46	Residencial+ Bajo Comercial	1921	SI, previo al 2000	RC.3.2	0,522	B+4+A	-	659,12	115,24	1056,81	0,79	28,56	-0,02	Terminal	zapatatas H.A. sin desnivel
48	Administrativo	1973	-	RC.3.2	0,522	B+E+8	retranqueos/ torreón	608,58	106,21	897,68	0,82	26,41	0,02	Terminal	0
50	Administrativo	1916	SI, previa al 2000	M.4	0,451	B+2	retranqueos/ torreón	1565,04	221,08	3889,46	0,63	40,76	0	Terminal	horm. hidráulico sin desnivel
52	Residencial+ Bajo Comercial	1912	SI, previa al 2000	M.3.1	0,74	B+4+A	retranqueos/ torreón	545,96	94,88	716,37	0,87	29,58	0	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel
54	Residencial+ Bajo Comercial	1912	SI, previa al 2000	M.3.1	0,74	B+4+A	retranqueos/ torreón	563,65	95,22	721,52	0,88	22,12	0	En esquina	horm. hidráulico sin desnivel



Créditos de Imágenes:
Jose Miguel Ruiz Rubio (2016)

ANEXO 2: Ficha Sísmica (Iglesias, 2013)



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALÍA DELEGADA DE
PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALÍA DELEGADA DE
MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

ANÁLISIS PREVIO DE FUNCIONALIDAD DE LAS EDIFICACIONES ESENCIALES ANTE EVENTOS SISMICOS:

Uso Edificio:	Emplazamiento:	Distrito Mpal:
Ref. Catastral:	Clasificación:	Subclasificación:

El objeto de la presente ficha es realizar una estimación previa de la vulnerabilidad de las edificaciones consideradas vitales para la respuesta ante una emergencia sísmica (edificaciones esenciales).

Con objeto de hacer una valoración lo más objetiva posible, minimizando las subjetividades inherentes a una evaluación técnica realizada por distintos profesionales, se propone una metodología de inspección cuantitativa de los aspectos que definen la vulnerabilidad de los edificios. Así los factores a considerar serán los recomendados por el proyecto **RISK-UE**, cuyo principal propósito es la unificación de metodologías en ciudades europeas para la evaluación de daños en escenarios sísmicos.

1. ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD

Los factores a considerar son:

1.1. Tipología constructiva del edificio a evaluar e índice de vulnerabilidad:

Se considera como tipología edificatoria y vulnerabilidad mas probable para la edificación en estudio, la siguiente:

(Marcar la casilla correspondiente en la siguiente tabla)

Tipo	Descripción	Índice de vulnerabilidad estimada V_i^*
M1.1	Muros de carga de fábrica de piedra y cascotes	0,873
M1.2	Muros de carga de fábrica de piedra tallada	0,740
M1.3	Muros de carga de fábrica de Sillería	0,616
M2	Adobe / Tapial	0,840
M3.1	Muros de carga de fábrica y forjados de madera	0,740
M3.2	Muros de carga de fábrica no reforzada y bóvedas de ladrillo	0,776
M3.3	Muros de carga de fábrica no reforzada y forjados mixtos de acero y mampostería	0,704
M3.4	Muros de carga de mampostería no reforzada con forjados de losa hormigón armado	0,616
M4	Muros de carga de mampostería confinados o reforzados	0,451
M5	Edificios de mampostería totalmente reforzada	0,694
RC1	Estructuras de pórticos de Hormigón resistentes al momento	0,442
RC2	Muros de cortante de hormigón	0,386
RC3.1	Estructuras de Hormigón Armado con tabiquería regular	0,402
RC3.2	Estructuras de Hormigón Armado irregulares tabicadas	0,522
RC4	Sistemas duales de muros y pórticos de hormigón armado	0,386
RC5	Muros de Hormigón prefabricado	0,384
RC6	Estructuras de hormigón prefabricado con muros de cortante de HA	0,544
S1	Estructuras metálicas resistentes a momento	0,383
S2	Estructuras metálicas arriostradas	0,287
S3	Estructuras metálicas con muros de relleno de fábrica sin reforzar	0,484
S4	Pórticos metálicos con muros de cortante de HA colocados "in situ".	0,224
S5	Sistemas mixtos de Acero y H.A	0,402
W	Estructuras de madera	0,447

Según este criterio, la vulnerabilidad de los edificios oscila entre 0 y 1, siendo los valores cercanos a 1 los correspondientes a los edificios **más vulnerables** y los cercanos a 0 a los **menos vulnerables**.



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALÍA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALÍA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

1.2. Modificadores del índice de vulnerabilidad:

1.2.1. Modificador regional (Mr):

Se valora la calidad particular de determinadas tipologías de edificios según los períodos de vigencia de las diferentes normas sismorresistentes y el año de construcción. En función del periodo constructivo y la estructura el valor considerado para el modificados regional es el siguiente: **Mr =**

Valores asignados al modificador regional para las edificaciones de Granada (Mr)						
Período construcción	Normativas Sísmicas Españolas aplicables	Calidad de la Práctica constructiva	Nivel de diseño sísmico	Modificador Regional Granada		
				Mampostería / Fábrica de Ladrillo / Madera		Hormigón Armado / Estr. Metálica
				M3.x	Rehabilitadas M4 y M5	RC
≤1925	-	¿?	No	+0,14	+0,08	-
1926-1945	-	Deficiente	No	+0,12	+0,08	-
1946-1960	-	Deficiente	No	+0,10	+0,08	+0,14
1961-1969	MV-101	Deficiente	Bajo	+0,08	+0,08	+0,12
1970-1976	PGS-1	Aceptable	Bajo	-	+0,08	+0,10
1977-1996	PDS-1	Aceptable	Bajo	-	+0,08	+0,08
1997-2004	NCSE-94	Aceptable	Moderado	-	+0,08	+0,06
>2004	NCSE-02	Aceptable	Moderado	-	+0,08	-

1.2.2. Modificador de comportamiento (Mc):

Se valoran las características particulares de cada edificio y se tienen en cuenta los efectos debidos a diferentes factores. Para cada modificador de comportamiento se han considerado los siguientes valores:

a) Modificador por estado de conservación o degradación: Md =

Modificador por conservación (Md)				
Conservación	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios ≤ 1925	Edificios > 1925	Edificios ≤ 1996	Edificios > 1996
Buen Mantenimiento	0	-0,04 (rehabilitadas)	0	-0,04
Mal mantenimiento	+0,04	+0,04	+0,04	+0,02
Muy deficiente/Ruinas	+0,08	+0,06	+0,06	+0,04



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALÍA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALÍA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

b) Modificador por número de plantas: Mh =

Modificador por numero de plantas (Mh)				
Altura o numero de plantas	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios ≤ 1925	Edificios > 1925	Edificios ≤ 1996	Edificios > 1996
1 o 2	-0,02	-0,04	-0,04	-0,04
3, 4 o 5	+0,02	0 (rehabilitadas)	0	0
6 o mas	+0,06	+0,04	+0,06	+0,04

c) Modificador por Sistema Estructural: Me =

Modificador por sistema estructural (Me)				
Sistema estructural	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios ≤ 1925	Edificios > 1925	Edificios ≤ 1996	Edificios > 1996
poco grosor muros	+0,04	-0,04 (rehabilitadas)	0	0
mucha distancia entre muros				
mal atado de muros				
mala conexión forjado-muros				

d) Modificador por Irregularidad en altura: Mih =

Modificador por irregularidad en altura (Mih)				
Irregularidades en altura	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios ≤ 1925	Edificios > 1925	Edificios ≤ 1996	Edificios > 1996
pisos blandos, planta diáfana	+0,04	+0,04	+0,06	+0,06
retranqueos en altura, torreones	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02
pilares cortos	-	-	+0,08	+0,06

e) Modificador por Irregularidad en planta: Mip =

Se define (Lantada 2007) la forma poligonal de un objeto geográfico por medio de la relación de la posición y distancia de los puntos de su perímetro respecto a su centro de masas. De los diferentes métodos existentes para evaluar la geometría en planta del edificio se utiliza el denominado Razón de Compacidad/Circularidad (Compacness Ratio, RC), definido como la raíz cuadrada de divisor entre A y Ac, por la ecuación (siendo A el área del polígono estudiado, y Ac la del círculo que tiene el mismo perímetro que el polígono):

$$RC = \sqrt{\frac{A}{Ac}}$$



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALIA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALIA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

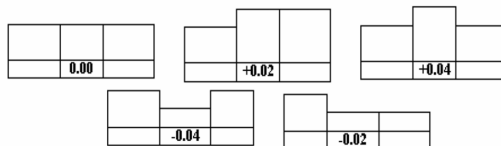
El índice de compacidad vale 1 cuando el polígono es un círculo, y toma valores entre 1 y 0 para cualquier otra forma. Cuanto más diferente de un círculo sea el polígono estudiado, más se acercará a 0 el valor de RC.

Modificador por irregularidad en planta (Mip)				
Irregularidades en planta	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios < 1925	Edificios > 1925	Edificios < 1996	Edificios > 1996
RC < 0,5	+0,04	+0,04	+0,02	+0,02
0,5 > RC < 0,7	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01

f) Modificador por Longitud de la Fachada: $Mf =$

Modificador por longitud de fachada (Mf)				
Longitud fachada	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios < 1925	Edificios > 1925	Edificios < 1996	Edificios > 1996
< 15 m	0	0	0	0
20 m	-0,013	-0,013		
25 m	+0,026	+0,026		
30 m	+0,04	+0,04		

g) Modificador por diferencia de altura con los colindantes: $Mph =$



h) Modificador de posición del edificio en la manzana: $Mpm =$

Modificador de posición del edificio en la manzana (Mpm)				
Posición en manzana	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios < 1925	Edificios > 1925	Edificios < 1996	Edificios > 1996
En esquina	+0,04	+0,04	+0,04	+0,04
Intermedio	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Terminal	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALIA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALIA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

i) Modificador en función de la pendiente del terreno: $Mp =$

Modificador en función de la pendiente del terreno (Mpt)				
Pendiente y Cimentación	Muros de carga / Madera		Horm. Armado / Estr. Metálica	
	Edificios < 1925	Edificios > 1925	Edificios < 1996	Edificios > 1996
Cimientos a diferentes niveles	+0,04	+0,04	-	-
Cimientos/losa armada	-	-	-0,04	-0,04
Cimientos/vigas centradoras	-	-	0	0
Cimientos en apoyo aislado	-	-	+0,02	+0,02
Terreno en pendiente	+0,04	+0,04	+0,04	+0,04
Terreno con fuerte pendiente	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06

Modificadores del comportamiento: $Mc = Md + Mh + Me + Mih + Mip + Mf + Mph + Mpm + Mpt =$

Total Vulnerabilidad estimada $Iv = V_i^* + Mr + Mc =$

2. CORRELACIÓN VULNERABILIDAD RISK UE - EMS 98

Lagamarsino et al (2003) establecieron para el método RISK-UE la correlación de las clases de vulnerabilidad de la EMS-98 con los valores del Iv normalizado entre 0 y 1. Dicha correlación establece los rangos plausibles y probables de valores de Iv para las diferentes clases de vulnerabilidad, de la A a la F. Los rangos de Iv correspondientes a las clases de vulnerabilidad encontradas en Granada (A-E) se muestran en la Tabla 5.12. La correlación entre los valores de Iv obtenidos por el método RISK-UE y las clases de vulnerabilidad definidas en la Escala Macrosísmica Europea (EMS98), es crucial ya que la EMS98 define unos grados de daño esperados para clase de vulnerabilidad y así podemos correlacionar los valores de Iv con un grado de daño (punto 3).

2.1. Clase de Vulnerabilidad:

En función del Índice de Vulnerabilidad asignado se considera la Clase de Vulnerabilidad siguiente =

Clase de Vulnerabilidad	Rango de Valores Iv
Clase A	$Iv > 0,82$
Clase B	$0,66 < Iv \leq 0,82$
Clase C	$0,50 < Iv \leq 0,66$
Clase D	$0,34 < Iv \leq 0,50$
Clase E	$Iv \leq 0,34$

2.2. Calculo y efecto de la resonancia sobre la clase de vulnerabilidad:

El fenómeno de la resonancia es difícil de valorar con exactitud, pero sabemos que influye muy negativamente sobre las construcciones. **SE DESCARTARÁN ESOS EDIFICIOS COMO SINGULARES.**



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALÍA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALÍA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

Para obtener el período fundamental de vibración de los edificios (T_F) se utilizan las expresiones de la NCSE-02, que considera que, a falta de determinaciones más precisas, el período fundamental de los edificios (T_F) en segundos, puede estimarse de forma aproximada mediante las siguientes ecuaciones:

1. Edificios con muros de fábrica de ladrillo o bloques:

$$T_F = 0,06 H \sqrt{\frac{H}{(2L + H)}} / \sqrt{L}$$

2. Edificios con pórticos de hormigón armado sin la colaboración de pantallas rigidizadoras:

$$T_F = 0,09 n$$

3. Edificios con pórticos de hormigón armado con la colaboración de pantallas rigidizadoras:

$$T_F = 0,07 n \sqrt{\frac{H}{(B + H)}}$$

4. Edificios de pórticos rígidos de acero laminado:

$$T_F = 0,11 n$$

5. Edificios de pórticos de acero laminado con planos triangulados resistentes.

$$T_F = 0,85 n \sqrt{\frac{H}{(B + H)}}$$

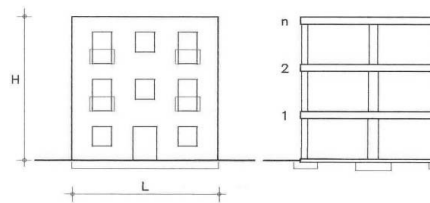
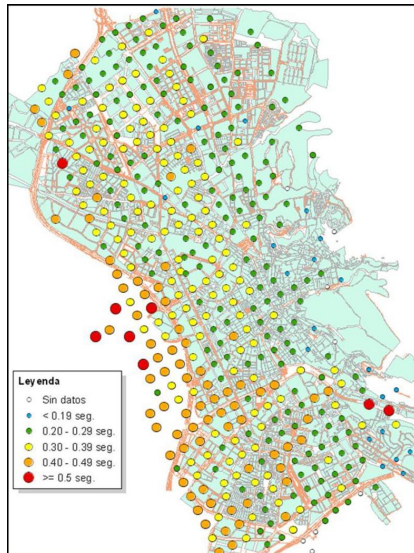
siendo:

H: Altura de la edificación, sobre rasante, en metros.

n: Número de plantas sobre rasante.

B: Dimensión de las pantallas rigidizadoras, o de los planos triangulados, en el sentido de la oscilación, en metros.

L: Dimensión en planta de la edificación, en el sentido de la oscilación, en metros.



Una vez obtenidos los T_F para los edificios, se compararon con los períodos dominantes del terreno obtenidos por Cheddadi (2001) representados en plano, obteniendo una indicación aproximada de los edificios con períodos que están en el mismo rango y son susceptibles de verse afectados por el fenómeno de resonancia en caso de verse sometidos a una sacudida sísmica moderada-alta. Debido a que la cartografía de períodos predominantes del terreno (Cheddadi 2001), no es continua, el valor considerado será el más próximo al edificio objeto de estudio

Para la edificación en estudio se considera un período $T_F =$ **seg**

Para el terreno de la zona de asiento de la edificación se considera un período dominante de = **seg**

En consecuencia, se entiende que la edificación en



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALÍA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

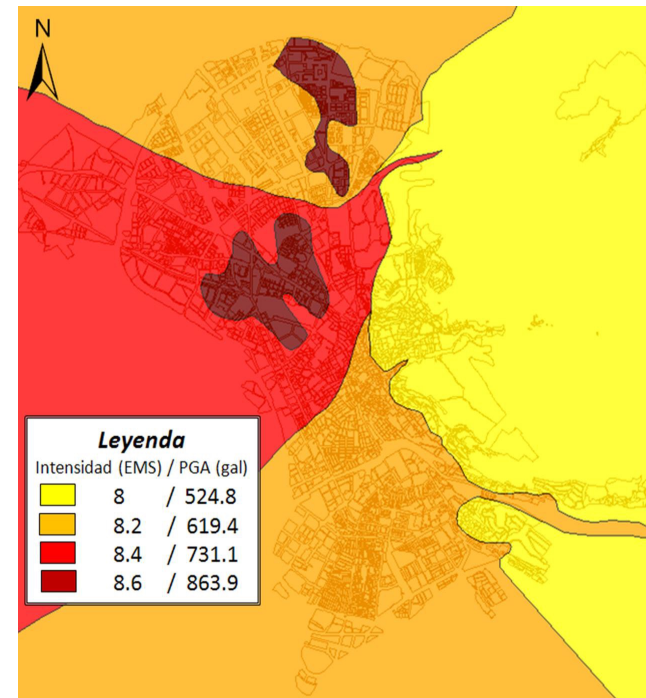
CONCEJALÍA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

estudio **está/no está** dentro del mismo rango del período dominante del terreno y **es/no es** susceptible de verse afectada por el fenómeno de **resonancia** (resaltar lo que corresponda)
(Ver Mapa de períodos dominantes del terreno elaborado a partir de los datos de Cheddadi 2001)

Después de aplicar todos los modificadores mencionados anteriormente, se obtiene el índice de vulnerabilidad total estimado para el edificio estudiado:

3. ASIGNACIÓN GRADO DE DAÑO

Para establecer el daño esperado ante un cierto nivel de movimiento para cada edificación en estudio, se utiliza la relación entre tres conceptos: movimiento-vulnerabilidad-daño. Al tratarse de construcciones de "especial importancia" (NCSE-02) cuya destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible de alojamiento de desplazados, asistencia sanitaria de heridos y a la misma respuesta de las emergencias, se ha considerado un **escenario de un terremoto de intensidad VIII** (magnitud 5.8 - 6.4), que es la máxima esperada para el área de Granada. En el plano adjunto, se representa la distribución de intensidades resultantes para el escenario considerado de Intensidad VIII para la ciudad de Granada:



Leyenda	
Intensidad (EMS) / PGA (gal)	
8 / 524.8	(Color amarillo claro)
8.2 / 619.4	(Color naranja)
8.4 / 731.1	(Color rojo)
8.6 / 863.9	(Color rojo oscuro)

(Distribución de intensidades para un escenario de IR= VIII y estimación de PGA (relación de Ambrasseis, 1975))



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

CONCEJALÍA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALÍA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

La edificación en estudio está ubicada en la zona de Intensidad =

En función de la intensidad esperada, la clase de vulnerabilidad y el tipo de estructura, cabría esperar un daño según la matriz definida abajo:

Intensidad	Clase de Vulnerabilidad	Mampostería/Madera					Horm. Armado/ Metalica					
		Grado de Daño					Grado de Daño					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
8 y 8,2	A				GD4	GD5				GD4	GD5	
	B			GD3	GD4			GD3	GD4			
	C		GD2	GD3			GD2	GD3				
	D	GD1	GD2			GD1	GD2					
	E	GD1				GD1						
8,4 y 8,6	A					GD5				GD4	GD5	
	B				GD4	GD5			GD3	GD4		
	C			GD3	GD4			GD3				
	D		GD2	GD3			GD2					
	E	GD1	GD2			GD1						

(Esta tabla pretende ser orientativa y en todos los casos primará la decisión del técnico competente, que es quien conoce mejor los elementos y su comportamiento, a la hora de asignar un grado de daño de entre los dos posibles para la clase de vulnerabilidad. Siempre se considerará el fin de esta evaluación, que no es otro que intentar establecer un escenario plausible y lo más parecido posible al existente, en cuanto a respuesta del edificio y su funcionalidad, cuando sobrevenga el hipotético evento sísmico).

Para la clasificación de los daños estimados se utilizara la definición de daños de la EMS-98. En una clasificación genérica del daño se distinguen **5 grupos**, diferenciando los tipos de edificios de fábrica (asimilable a estructuras de madera) y los de hormigón armado (asimilable a estructuras metálicas):

Grado de Daño	Tipo de daño	Muros de carga/ Madera	Horm Armado/Estr. Metálica
GD1	Daños de despreciables a ligeros (Ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> Fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros. Fisuras en tabiques y particiones.
GD2	Daños moderados (Daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)	<ul style="list-style-type: none"> Grietas en muchos muros. Caída de trozos bastante grandes de revestimiento. Colapso parcial de chimeneas. 	<ul style="list-style-type: none"> Grietas en vigas y pilares de pórticos y en muros estructurales. Grieta en tabiques y particiones; caída de enlucidos y revestimientos frágiles. Caída de mortero de las juntas de paneles prefabricados.
GD3	Daños de importantes a graves (Daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)	<ul style="list-style-type: none"> 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). 	<ul style="list-style-type: none"> 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.
GD4	Daños muy graves (Daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)	<ul style="list-style-type: none"> Se dañan seriamente los muros. Se dañan parcialmente los tejados y forjados. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.
GD5	Destrucción (Daños estructurales muy graves)	<ul style="list-style-type: none"> Colapso total o casi total. 	<ul style="list-style-type: none"> Colapso de la planta baja o de partes (por ejemplo alas) del edificio.



AYUNTAMIENTO DE GRANADA

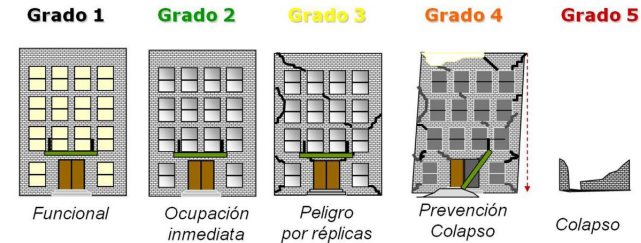
CONCEJALÍA DELEGADA DE PROTECCIÓN CIUDADANA Y MOVILIDAD

CONCEJALÍA DELEGADA DE MANTENIMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

En función de la intensidad esperada, la clase de vulnerabilidad y el tipo de estructura, cabría esperar en la edificación en estudio un grado de daño =

4. ASIGNACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD

El grado de daño se utiliza para evaluar la funcionalidad de los edificios después del terremoto, teniendo en cuenta, no sólo el nivel y extensión del daño del edificio, sino la posibilidad de ocurrencia de réplicas que pueden incrementar los daños que ya tiene la estructura.



(Correlación del grado de daño con la funcionalidad de los edificios después de un terremoto)

Hay que considerar, además, que, el incremento de los daños con la intensidad no es lineal, y que los edificios afectados por daños de grado 1 y 2 son recuperables, los de grado 3 se pueden recuperar dependiendo del tipo de intervención, mientras que los afectados por el grado 4 son difícilmente recuperables y solo en unos pocos casos y los de grado 5 no lo son.

5 grados de Funcionalidad: Total (Funcional), Limitada (Ocupación inmediata), Comprometida (Peligro por réplicas), No operativa (Prevención colapso) y Nula (Colapso)

En consecuencia, y una vez realizado un análisis previo objetivo de funcionalidad para la edificación en estudio, se considera para la misma un grado de funcionalidad =

Una vez finalizadas las comprobaciones realizadas por el/los técnico/s que suscribe/n, elevan el siguiente Informe para su consideración por la Concejalía Delegada de Protección Ciudadana y la Concejalía Delegada de Mantenimiento, Obras Públicas y Urbanismo.

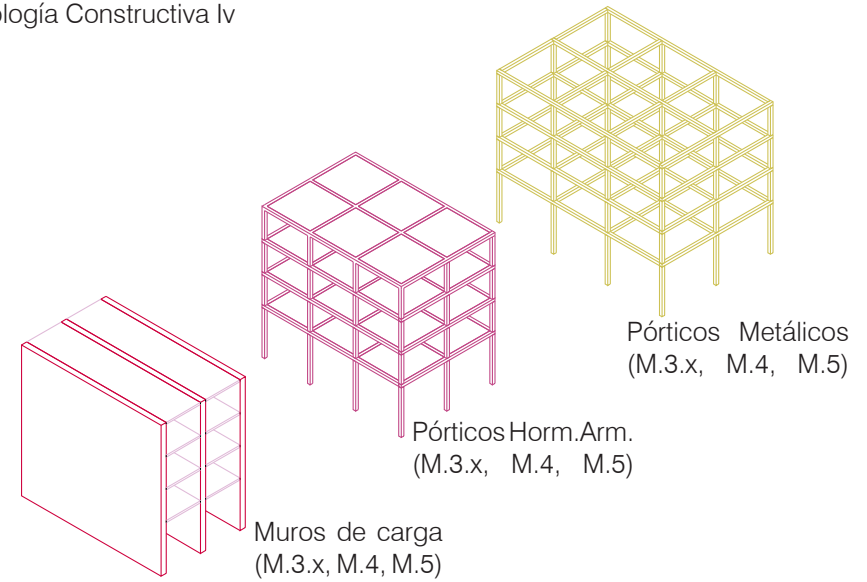
En Granada, a.....de.....de.....

El/los Técnico/s Actuante/s

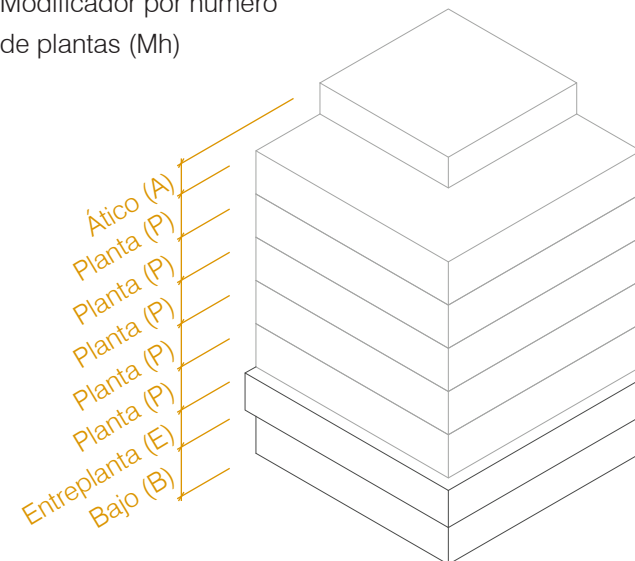
Fdo.:

ANEXO 3: Descripción Gráfica del Método del Índice de Vulnerabilidad

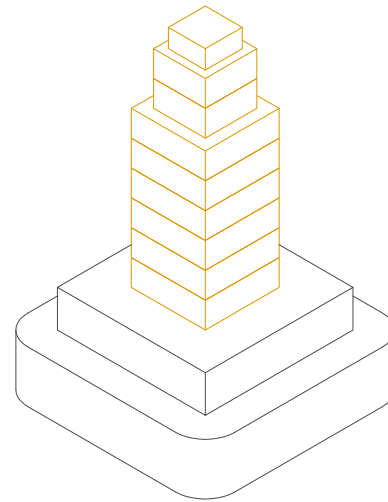
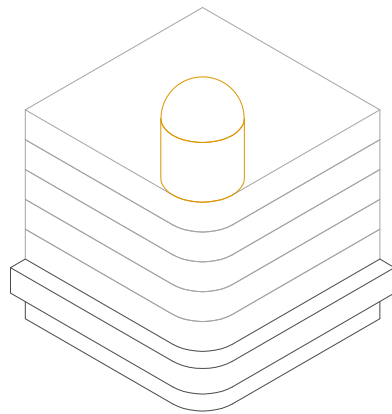
Tipología Constructiva Iv



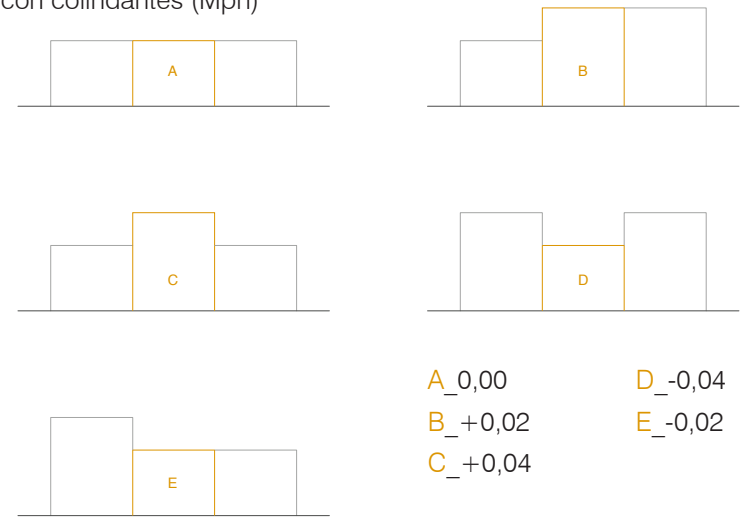
Modificador por número de plantas (Mh)



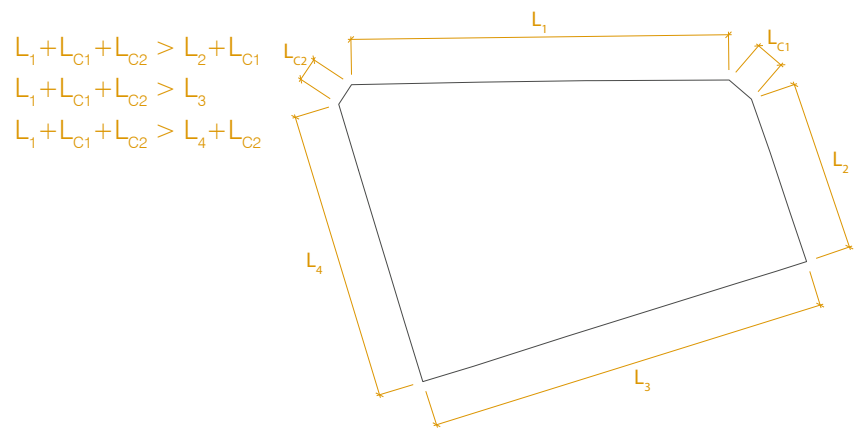
Modificador por irregularidad en altura (Mih)



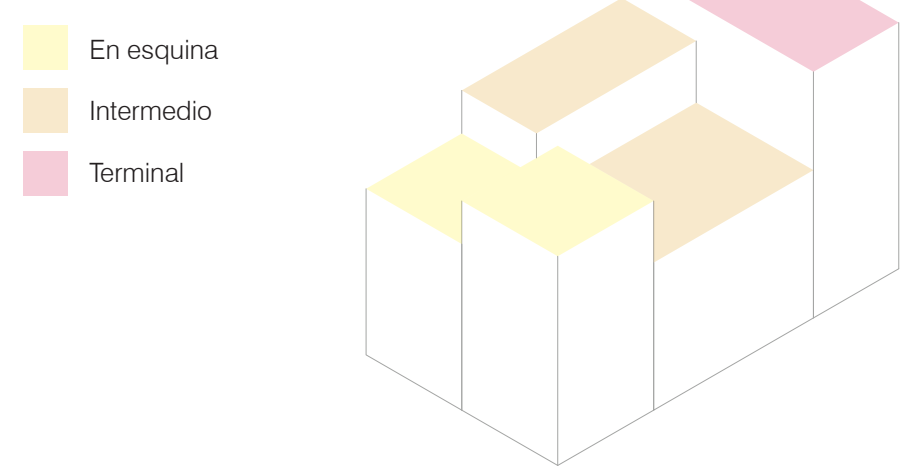
Modificador por diferencia de altura con colindantes (Mph)



Modificador por longitud de fachada (Mf)



Modificador de posición del edificio en la manzana (Mpm)

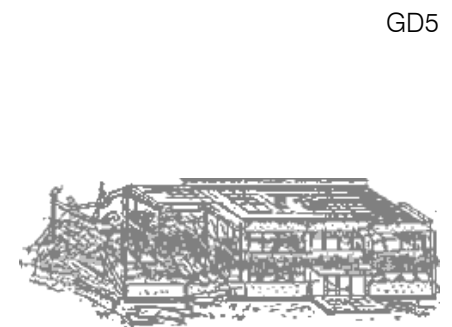
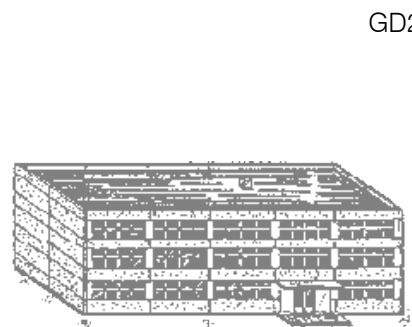
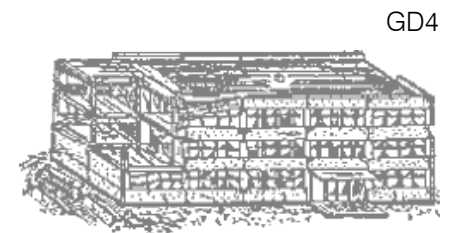
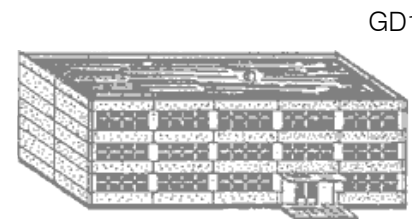


ANEXO 4: Grados de Daño según EMS-98

Daños sufridos por estructuras de Muros de Carga



Daños sufridos por estructuras de pórticos de Hormigón Armado



ANEXO 5: Tabla comparativa de fechas

NÚMERO DE LA GRAN VÍA DE GRANADA	FECHA SEGÚN CATASTRO	FECHA SEGÚN ARCHIVOS (Martínez-Ramos, 2015)
1	1994	1906
2	1920	1913
3	1920	1918
4	1900	1906
6	1900	1906
7	1935	1907
8	1930	1907
9	1937	1907
12	1910	1903
13	1900	1905
14	1920	1903
15	1985	1903
17	2011	1903
18	1903	1934
19	1912	1905
20	2009	1903
21	1972	1973
23	2008	1932
29	1912	1913
30	1900	1898

31	2001	1900
33	1920	1910
34	1900	1925
35	1980	1915
36	1900	1910
37	1998	1908
38	1900	1909
39	1900	1908
40	1900	1920
41	1900	1915
43	1900	1909
44	2008	1912
45	1914	1906
46	1996	1921
47	1927	1929
48	1976	1973
49	1916	1912
50	1980	1916
53	1917	1913
55	1917	1912
57 y 59	1900	1908

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATC-13. (1985). *Earthquake damage evaluation data for California, ATC-13. Applied Technology Council*. Redwood City, California.

Benavent, A. (2010). *Estructuras Sismorresistentes*. Granada: MAIA Editores.

Bing Maps. (3 de Junio de 2009). *Micrsoft - Bing Maps*. (Microsoft, Productor) Recuperado el 2016, de Micrsoft - Bing Maps: <https://www.bing.com/mapspreview>

Castelló, D. M. (2004). *The vulnerability of old buildings in the Eixample district*. Barcelona: ITEC.

Catálogo Fichas de Edificios Área Centro. (2000). *Plan Especial del Área Centro de Granada*. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Granada: Ayuntamiento de Granada.

Catastro. (s.f.). Portal de Dirección de Catastro. Granada, Granada, España.

Coburn, A. S. (1992). *Earthquake Protection*. Wiley.

Coburn, A., & Spence, R. &. (1992). Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse. *10th World Conference on Earthquake Engineering*, 6.

Concejalía Delegada de Protección Ciudadana y Movilidad. *Análisis previo de funcionalidad de las edificaciones esenciales ante eventos sísmicos*.

Ayuntamiento de Granada, Granada.

Consejería de Presidencia. Dirección General de Protección Civil. (2006). *Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la Región de Murcia*. Murcia: Región de Murcia.

Ferliche Fernández-Castanys, M. (2012). *Elaboración de Escenarios de daños sísmicos de la ciudad de Granada*. Granada: UGR.

Instituto Geográfico Nacional. (1991). *Mapa de Peligrosidad Sísmica en España. Grupo de Trabajo de Peligrosidad y Riesgo Sísmico del IGN*.

Irving, W. (2002). *Cuentos de la Alhambra*. Granada: Everest S.A.

Lagomarsino, S. G. (2002). WP4-Vulnerability assesment of current buildings: I level methodology for the vulnerability assessment of current buildings and guidelines for the implementation. . *RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk escenarios with application to different European towns*, 28.

Lagomarsino, S. G. (2003). Vulnerability assessment of historical and monumental buildings . *RISK-UE project: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns*. , 90.

Lagomarsino, S. y. (2006). Macroseismic and mechanical models for the vulnerability assessment of current buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering. Special Issue "The Risk-UE Project*, 415-443.

Lantada Zarzosa, M. N. (2007). *Evaluación del Riesgo Sísmico Mediante Métodos Avanzados y Técnicas GIS. Aplicación a la Ciudad de Barcelona*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

NCSE-02. (2002). *Norma de Construcción Sismorresistente*. Ministerio de Fomento.

Martínez-Zaldívar Moreno, M. (2006). *Plan de Actuación Sanitaria ante una Emergencia Sísmica: Caso de Terremoto Destructor en el Área Metropolitana de Granada*. Granada: UGR.

Martínez Solares, J. M. (2011). Sismicidad pre-instrumental. Los grandes terremotos históricos en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* , 296-304.

Martínez-Ramos e Iruela, R. (2015). *Memoria de la Construcción de la Gran Vía de Colón de Granada. Reconocimiento y Caracterización de sus edificios*. Granada: Universidad de Granada.

PGS-1. (1968). *Norma sismorresistente PGS-1*.

Safina, S. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña .

SISMOSAN. (2007). *Proyecto de Peligrosidad y Riesgo Sísmico en Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Gobernación.

RISK-UE . (2004). The European RISK-UE Project: an Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios. *13th World Conference on Earthquake Engineering* , 14.

RISK-UE Team. (2004). The European RISK-UE Project: an Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios. *13th World Conference on Earthquake Engineering* , 14.

Udwin, D. (1981). *Introductory spatial analysis* . London: Methuen .

UNE 41805-1 IN. (2009). *Diagnóstico de Edificios. Parte 1: Generalidades*. Madrid: AENOR.

UNE 41805-2 IN. (2009). *Diagnóstico de Edificios. Parte 2: Estudios Históricos*. Madrid: AENOR.

UNDRO. (1979). *Natural Disasters and Vulnerability Analysis*. Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator.

Vacareanu, R. L. (2004). Report Seismic Risk Scenarios Handbook. *Risk-UE Project, Bucarest* , 50.

“la civilización existe por consentimiento geológico,
sujeto a cambio sin avisar”

(Will Durant, 1935-1975)