



## 7. ANÁLISIS DE LOS DAÑOS SÍSMICOS

### 7.1. EVALUACIÓN DEL ESCENARIO DE DAÑOS

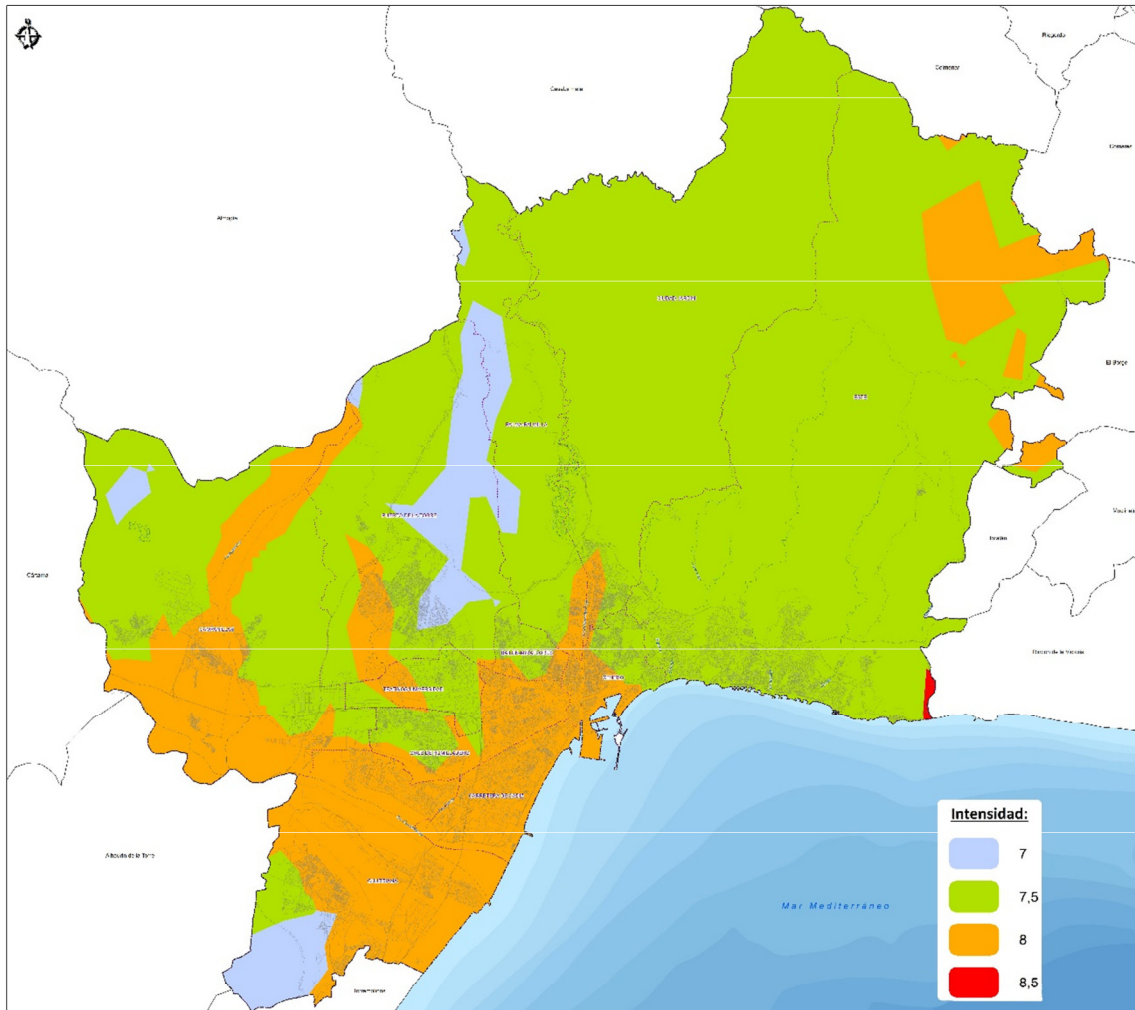
Los escenarios de daños son una herramienta esencial en la planificación de emergencias, ya que aportan información detallada sobre el impacto de un determinado peligro o amenaza en la zona a considerar, que en nuestro caso es para sismos en el T.M. de Málaga.

Un escenario de daños es la consideración del riesgo para un evento específico, y como tal, debe representar la distribución del efecto destructor que es capaz de producir, en forma de grado de daño, en número de edificaciones inhabitables, en posibles víctimas mortales y heridos, además de la evaluación de pérdidas económicas.

Por lo tanto, un **escenario de daños sísmicos** es una forma de caracterizar y cuantificar el daño que puede provocar un terremoto específico y su distribución espacial. Se pueden plantear escenarios a partir de diferentes metodologías, en función de las características del suelo y de la tipología de las construcciones en el área a estudiar, que sirven de predicciones ciegas de la distribución de los daños.

Para la estimación de daños sísmicos en Málaga, vamos a utilizar un escenario conforme a la distribución de las intensidades propuesta para Málaga por el Proyecto SISMOSAN, correspondiente a un periodo de retorno de 975 años, que es el caso más desfavorable, como se puede ver en la Figura 48.

Este escenario propone una Intensidad Macrosísmica a partir de parámetros del movimiento esperado, es decir, a partir de los parámetros de movimiento fuerte deducidos del estudio de peligrosidad. Posteriormente se procede al cálculo de la Intensidad aplicando las correlaciones definidas en el estudio, que son estimadas, partiendo de los valores de PGA y EPA calculados para el periodo de retorno de 975 años.



**Figura 50.** Distribución de intensidades para un periodo de retorno de 975 años, según el Proyecto SISMOSAN (2007) para el T.M. de Málaga

Las distribución de edificaciones y viviendas (diferenciando entre la totalidad de Edificaciones existentes contodos los usos posibles, y las viviendas que se encuentran en inmuebles de uso residencial) por cada área de distribución de Intensidad macrosísmica (según la figura anterior de “Distribución de Intensidades en el T.M. de Málaga para un P.R de 975 años”), es la que se recoge en el apartado 4.4.2 y que se vuelve a mostrar a continuación:

INTENSIDAD	EDIFICACIONES	%	VIVIENDAS	%
7	1.125	2,20	1.123	0,45
7,5	26.509	51,83	89.750	36,34
8	23.510	45,97	156.108	63,21
8,5	3	0,01	1	0
<b>Total:</b>	<b>51.147</b>	<b>100</b>	<b>246.982</b>	<b>100</b>

**Tabla 38.** Distribución de Edificaciones y Viviendas por área de distribución de Intensidad (P.R. 975) para el T.M. de Málaga. También recogida en apartado 4.4.2.



## 7.2. ESTIMACIÓN DE DAÑOS SÍSMICOS EN EDIFICACIONES DEL T.M. DE MÁLAGA

Una vez que hemos asignado la clase de vulnerabilidad a cada una de las edificaciones del término municipal de Málaga, de forma pormenorizada y representada con los colores correspondientes según su valor cualitativo, se procede ahora a realizar la estimación de los daños esperados, como consecuencia de un movimiento sísmico, conforme a la intensidades asignadas a cada zona del término municipal de Málaga para un P.R. de 975 años (Figura 50).

Para realizar la estimación de daños existen diferentes metodologías, basadas en el uso de curvas de fragilidad, matrices de probabilidad de daño, relación entre índices de vulnerabilidad e índices de daño, espectros de capacidad y demanda, etc. En todas ellas, el objetivo es estimar el porcentaje de cada grado de daño, para cada clase de vulnerabilidad, ante una cierta intensidad de movimiento esperado. Para ello se emplean expresiones funcionales o matrices, derivadas de análisis estadísticos de datos reales, empíricos o simulados, que en definitiva proporcionan esos datos porcentuales.

En este sentido, para el Plan Sísmico de Málaga se ha considerado realizar la estimación de los grados de daños mediante la aplicación de una metodología de carácter estadístico basada en el “Índice de Vulnerabilidad”, con el fin de estimar los posibles daños en las edificaciones del término municipal de Málaga, y una vez obtenidos estos “Grados de daños”, se lleva a cabo la estimación de las posibles “Edificaciones inhabitables”, “Personas sin hogar” y “Victimas más probables”.

### 7.2.1. ESTIMACIÓN DE DAÑOS BASADO EN EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV).

El método que vamos a emplear nos va a permitir evaluar los daños que se pueden esperar en el término municipal de Málaga, este método es el conocido como “Índice de Vulnerabilidad (IV)” (Corsanego y Petrini, 1994; Bernardini, 2000; Giovinazzi y Lagomarsino, 2004). En este método, las diversas tipologías constructivas se caracterizan mediante un Índice de Vulnerabilidad que al cruzarse con la intensidad, por medio de una función de vulnerabilidad, permite calcular el daño esperado para cada una de las edificaciones consideradas, que en nuestro caso es para la totalidad del Catastro de Málaga.

Este índice de vulnerabilidad, ha sido el utilizado para calcular la vulnerabilidad pormenorizada de todas y cada una de las edificaciones del T.M. de Málaga como se ha indicado, y además de recoger los resultados numéricos en la Memoria, se ha representado gráficamente en la cartografía que se encuentra en el Anexo correspondiente de este Plan.

Para calcular la **distribución de daño esperado** se utiliza la función de vulnerabilidad que fue propuesta por Sandi y Floricel (1995) y usada por Giovinazzi y Lagomarsino (2002) para la evaluación estadística de daños a edificaciones en general.

Esta función permite evaluar el grado de daño promedio ( $\mu_D$ ), esperado a partir de los valores del Índice de Vulnerabilidad (IV) de un conjunto de edificaciones y la Intensidad (I) que les afecta a cada una de estas.

Para obtener las probabilidades de daño asociadas a cada grado de daño y el correspondiente número de edificaciones afectadas, se utiliza en este caso la distribución beta como lo recomienda Giovinazzi (2005).

**Probabilidad de daño asociada a cada grado de daño (Distribución Beta) (Giovinazzi 2005).**

$$\mu_D = 2.5 \left[ 1 + \tanh \left( \frac{I + 6.25 \bar{V}_i - 13.1}{2.3} \right) \right]$$

$\mu_D$ : Grado de daño promedio.

$\tanh$ : Tangente hiperbólica.

$I$ : Intensidad que afecta a cada edificación.

$V_i$ : Valores del Índice de Vulnerabilidad (IV) de las edificaciones.

Este parámetro varía desde un valor 0 a 4, para los estados de daño “Nulo”, “Leve”, “Moderado”, “Severo”, “Extensivo” y “Completo o colapso”, tal y como se muestran en la siguiente tabla:

Grado de daño	Descripción Cualitativa	Grado Daño medio ( $\mu_D$ )
0	Sin daño / Nulo	0 - 0,5
1	Leve	0,5 - 1,5
2	Moderado	1,5 - 2,5
3	Severo	2,5 - 3,5
4	Extensivo	3,5 - 3,8
5	Completo / Colapso	3,8 - 4

**Tabla 39.** Estados de los grados de daños para el método del Índice de Vulnerabilidad (Lantada, 2007).

Los grados de daño considerados son los mismos que maneja la escala macrosísmica EMS-98 (de 1 a 5), a los que añade un grado más (el 0) para abarcar las edificaciones que no han sufrido ningún tipo de daño. Por esta razón, los seis grados o estados de daños considerados por el Método del Índice de Vulnerabilidad van desde el 0 (sin daños) al 5 (daño completo/colapso).

Para aplicar este método mediante el uso del SIG que venimos utilizando en este Plan, primeramente se ha lleva a cabo una función de “Unión Espacial” para unir la capa de “Intensidad” con la capa “Base de edificaciones”. Esta unión se revisa manualmente, puesto que pueden existir edificaciones que reciban dos o más intensidades, por la confluencia de límites, en cuyo caso, se le aplica a esa edificación la de mayor Intensidad.



Seguidamente, para obtener las probabilidades de daño asociadas a cada grado de daño y el correspondiente número de edificaciones afectadas, se utiliza en ese caso la “*distribución beta*” como lo recomienda Giovinazzi (2005). Para llevarlo a cabo en nuestro SIG, primero hemos tenido que aplicar previamente la fórmula a cada edificación en una hoja de cálculo excel, y la columna de resultados la unimos (mediante campo común) a la capa base de edificaciones, obteniendo de esta forma el campo “*Grado de daño medio*”. Finalmente, estos grados de daños se agrupan por intervalos y se indican en un nuevo campo denominado “*Intervalos\_G.Daño*”.

Una vez calculado el Grado de Daño para cada edificación, se muestran en las siguientes tablas la distribución de estos Grados de Daños para cada nivel de distribución de Intensidad existente en el T.M. de Málaga para un P.R. de 975 años (Figura 50), tanto de forma genérica para todas las edificaciones, como para las que tienen un uso exclusivamente residencial y teniendo en cuenta el nº de viviendas recogido en el campo “numberOfDwellings” (nº inmuebles de la parcela catastral que contiene la edificación, destinado a uso vivienda).

Esta distribución, para la **totalidad de la edificaciones**, se consigue aplicando en nuestro SIG una “*Selección por atributos*” en la capa base de edificaciones, y en base al cumplimiento de los siguientes criterios:

- “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 7
- “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 7.5
- “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 8
- “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 8.5

*\*De igual forma se repite la selección por atributos para el resto de Grados de Daño, arrojando los siguientes datos totales:*

Grado daño	Descripción Cualitativa	Grado Daño medio ( $\mu_D$ )	TOTAL EDIFICACIONES				
			Intensidad				
			7	7.5	8	8.5	
0	Sin daño / Nulo	0 - 0,5	829	3.782	2.305	0	<b>6.916</b>
1	Leve	0,5 - 1,5	282	21.660	18.498	3	<b>40.443</b>
2	Moderado	1,5 - 2,5	14	789	1.601	0	<b>2.404</b>
3	Severo	2,5 - 3,5	0	278	1.087	0	<b>1.365</b>
4	Extensivo	3,5 - 3,8	0	0	19	0	<b>19</b>
5	Completo / Colapso	3,8 - 4	0	0	0	0	<b>0</b>
			<b>1.125</b>	<b>26.509</b>	<b>23.510</b>	<b>3</b>	

**Tabla 40.** Distribución del Grado de Daño en “edificaciones” y según área de Intensidad.

Para el caso de las **Viviendas** existentes en edificaciones de uso exclusivamente residencial, se aplica el mismo procedimiento de “Selección por atributos”, pero incorporando un nuevo criterio (uso de la edificación).

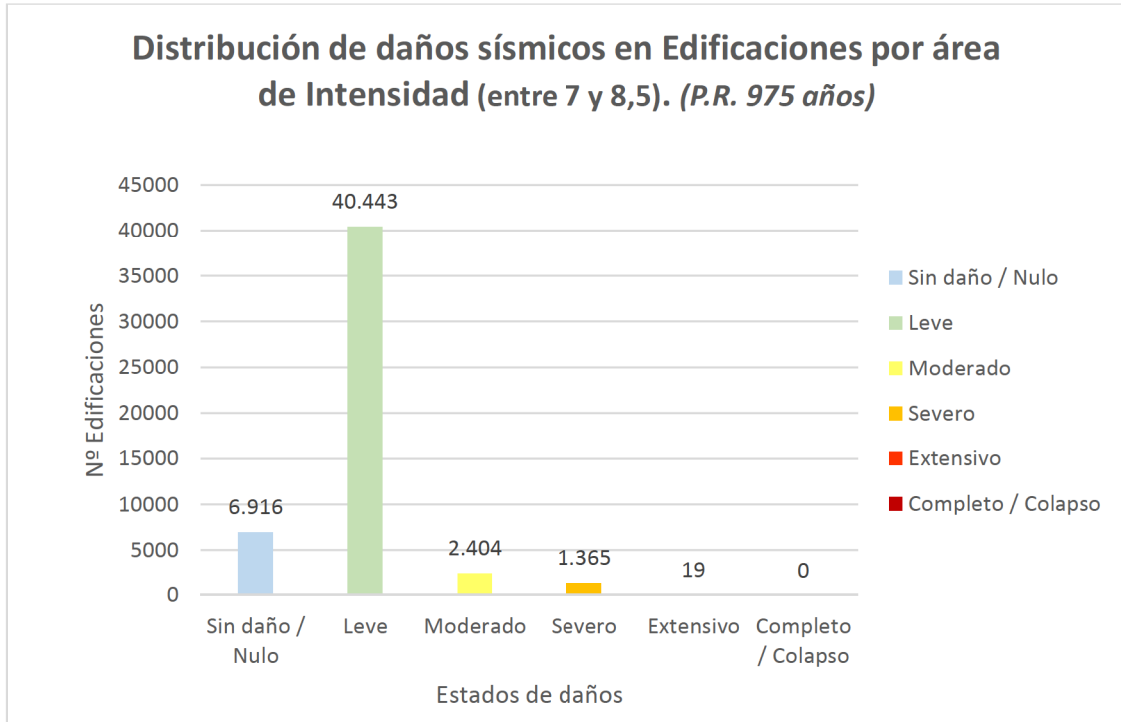
- “Uso” = Residencial y “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 7 y “Viviendas (numberOfDwellings)” > 0
- “Uso” = Residencial y “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 7.5 y “Viviendas (numberOfDwellings)” > 0
- “Uso” = Residencial y “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 8 y “Viviendas (numberOfDwellings)” > 0
- “Uso” = Residencial y “Grado de Daño” = 0 e “Intensidad” = 8.5 y “Viviendas (numberOfDwellings)” > 0

*\*Se repite la selección por atributos con los mismos criterios pero para el resto de Grados de Daño, arrojando los siguientes datos totales de viviendas por grado de daño y área de intensidad:*

Grado daño	Descripción Cualitativa	Grado Daño medio ( $\mu_D$ )	VIVIENDAS				
			Intensidad				
			7	7.5	8	8.5	
0	Sin daño / Nulo	0 - 0,5	856	16.125	22.425	0	<b>39.406</b>
1	Leve	0,5 - 1,5	259	72.526	123.994	1	<b>196.780</b>
2	Moderado	1,5 - 2,5	8	846	6.995	0	<b>7.849</b>
3	Severo	2,5 - 3,5	0	253	2.682	0	<b>2.935</b>
4	Extensivo	3,5 - 3,8	0	0	12	0	<b>12</b>
5	Completo / Colapso	3,8 - 4	0	0	0	0	<b>0</b>
			<b>1.123</b>	<b>89.750</b>	<b>156.108</b>	<b>1</b>	

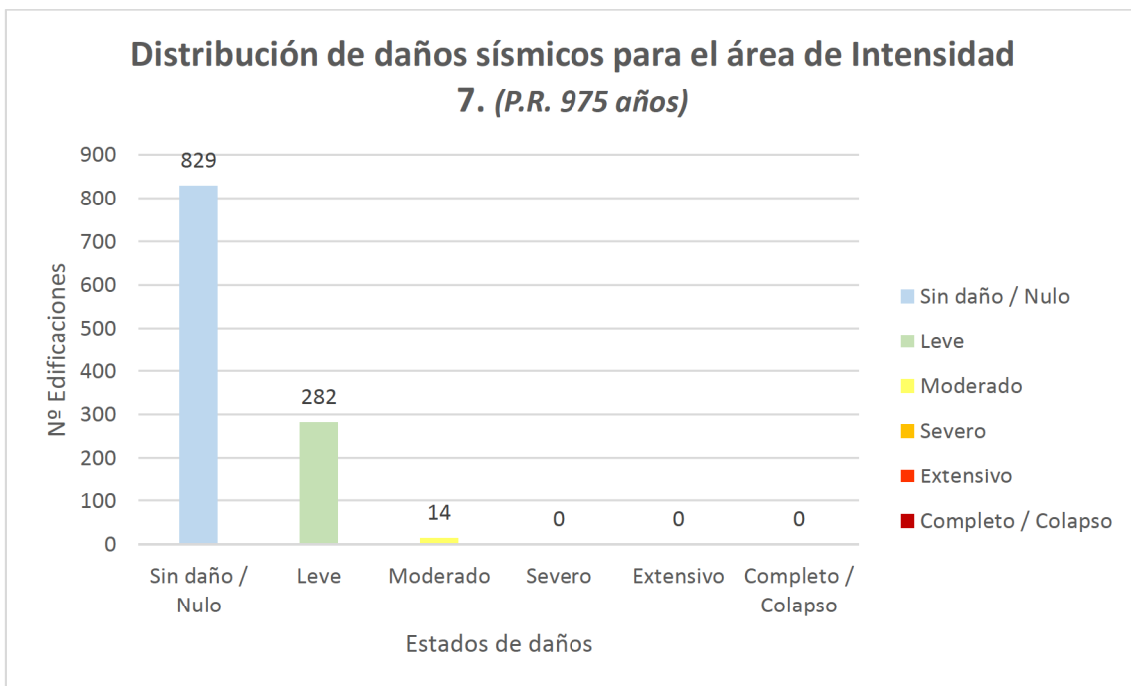
**Tabla 41.** Distribución del Grado de Daño en “Edificaciones de uso residencial” y según área de Intensidad.

Una vez aplicado este método de estimación del Grado de Daños basado en el Índice de Vulnerabilidad, podemos extraer los siguientes resultados globales, para todas las edificaciones del T.M. de Málaga distribuidas por las distintas zonas de Intensidad (comprendidas entre 7 y 8,5):

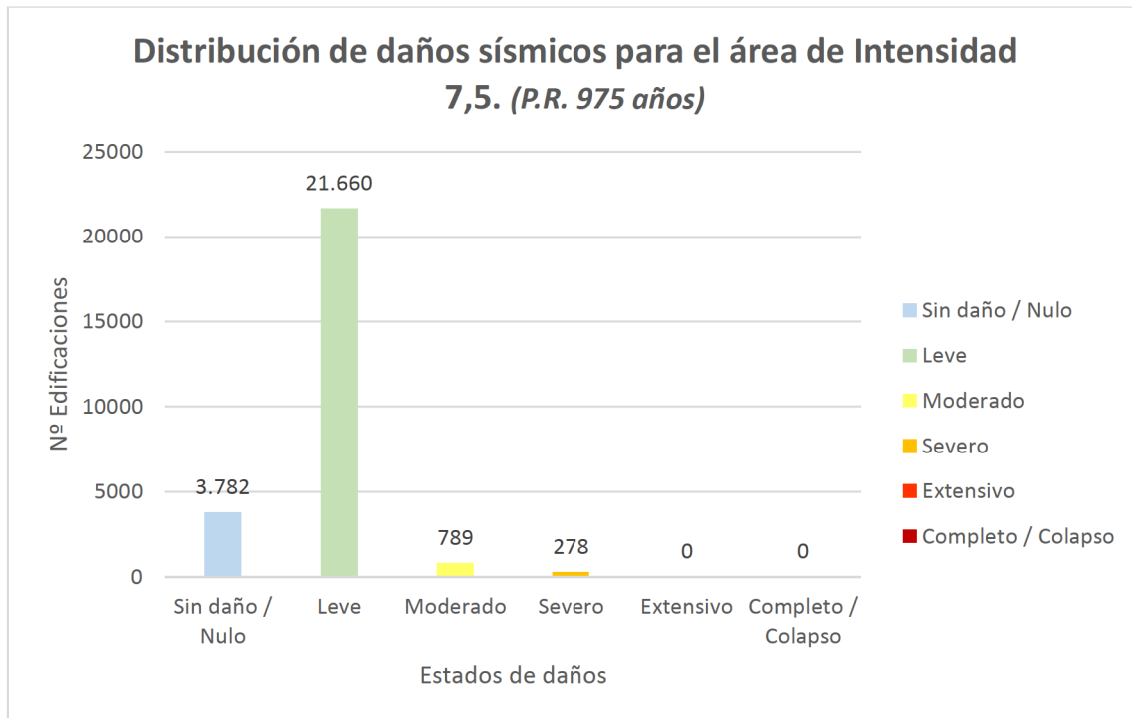


**Gráfico 11.** Distribución de daños en Edificaciones del T.M. de Málaga, calculado por la fórmula del Grado de Daño para Intensidades comprendidas entre 7 y 8,5. Según Índice de Vulnerabilidad (Lantada, 2007).

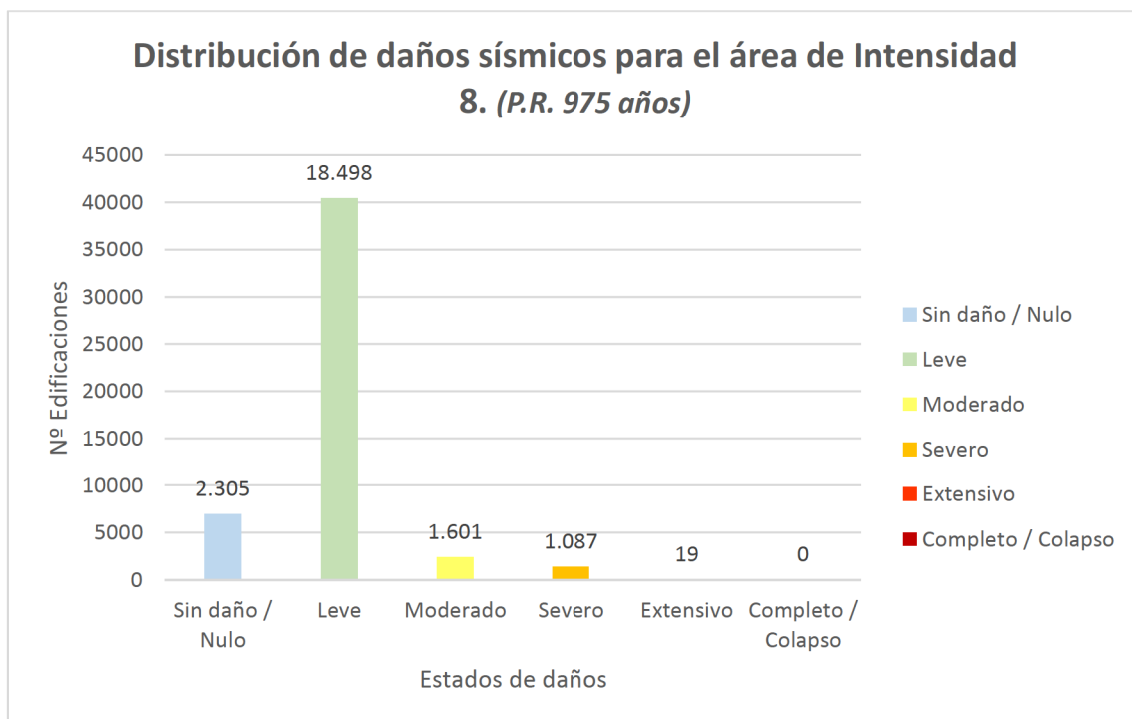
De forma pormenorizada, se puede desglosar la estimación del Grado de Daño para cada Edificación situada según cada una de las áreas de distribución de la Intensidad esperada en Málaga para un Periodo de Retorno de 975 años (Figura 48), obteniendo los siguientes resultados:



**Gráfico 12.** Distribución de daños en Edificaciones del T.M. de Málaga, comprendidas en el área de grado de Intensidad 7.

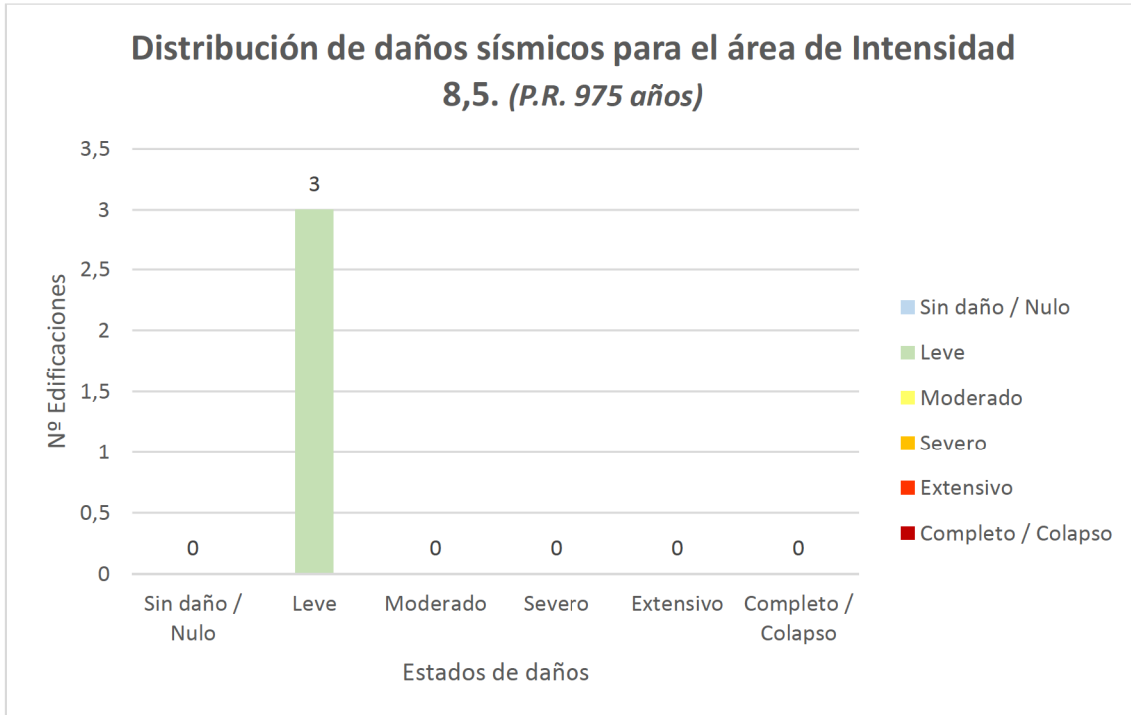


**Gráfico 13.** Distribución de daños en Edificaciones del T.M. de Málaga, comprendidas en el área de grado de Intensidad 7,5.

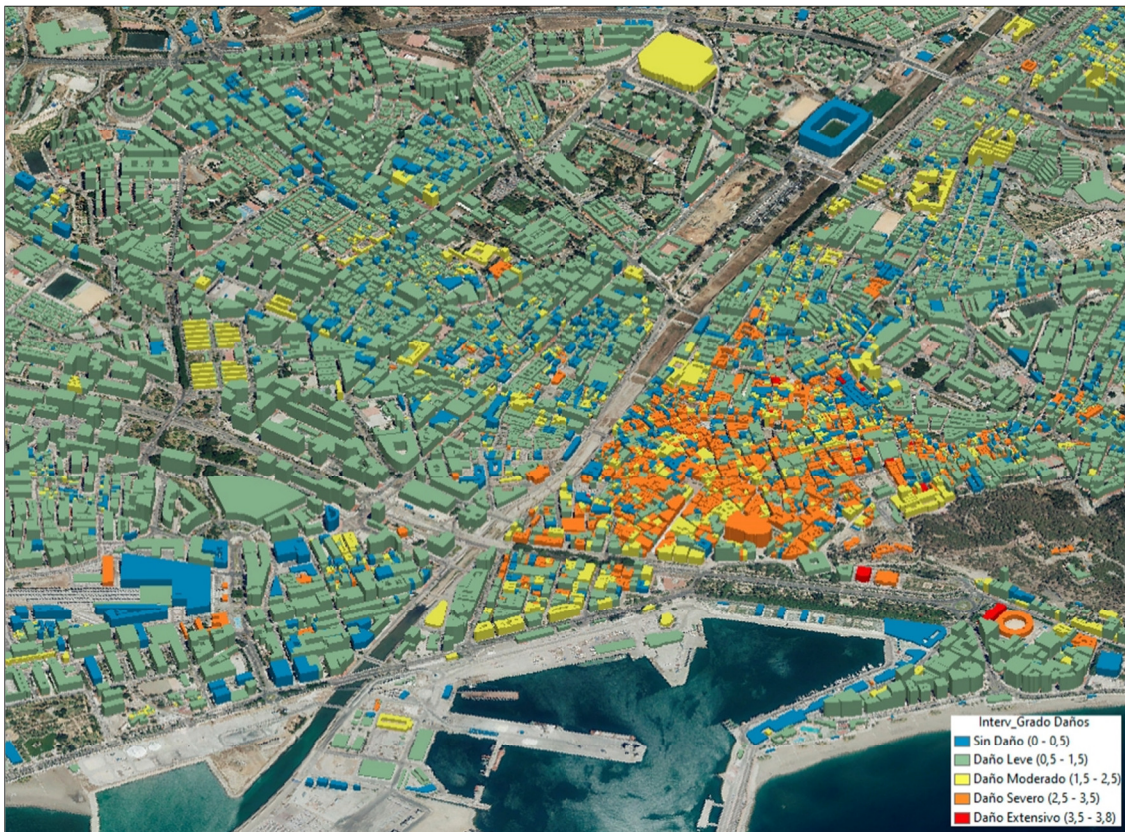


**Gráfico 14.** Distribución de daños en Edificaciones del T.M. de Málaga, comprendidas en el área de grado de Intensidad 8.



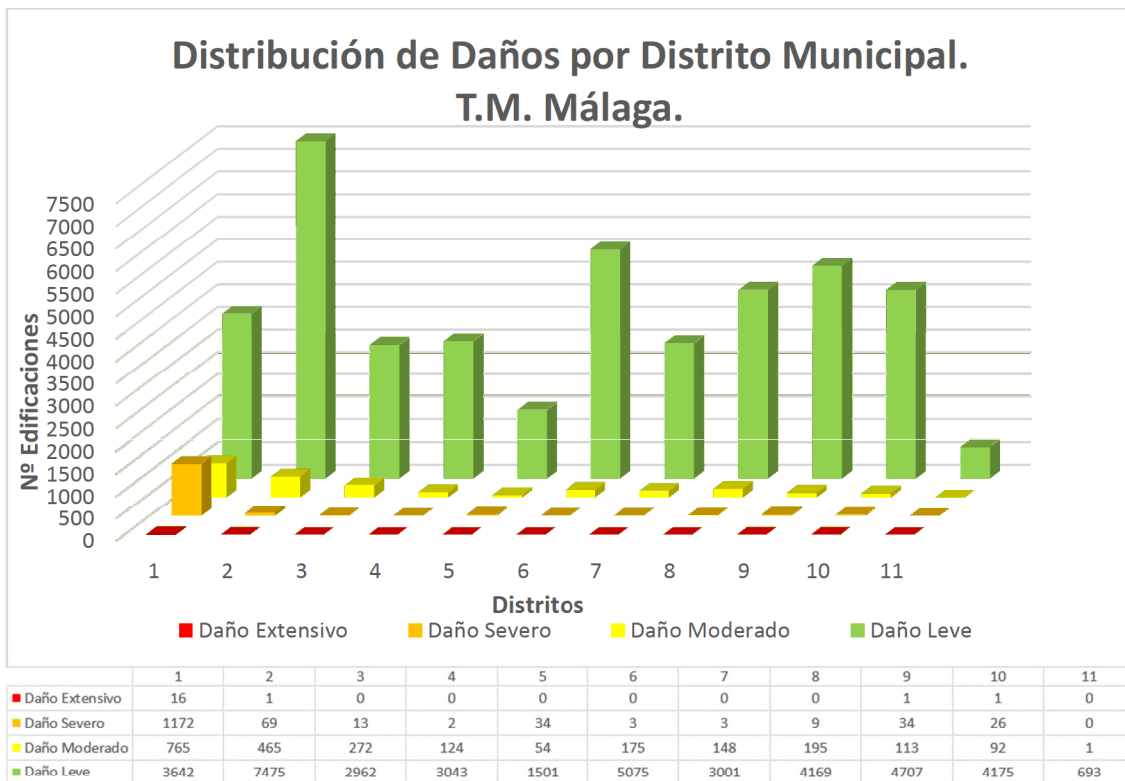


**Gráfico 15.** Distribución de daños en Edificaciones del T.M. de Málaga, comprendidas en el área de grado de Intensidad 8,5.



**Figura 51.** Vista parcial de estimación del Grado de Daño para las Edificaciones de la zona Centro de Málaga (Vista 3D)

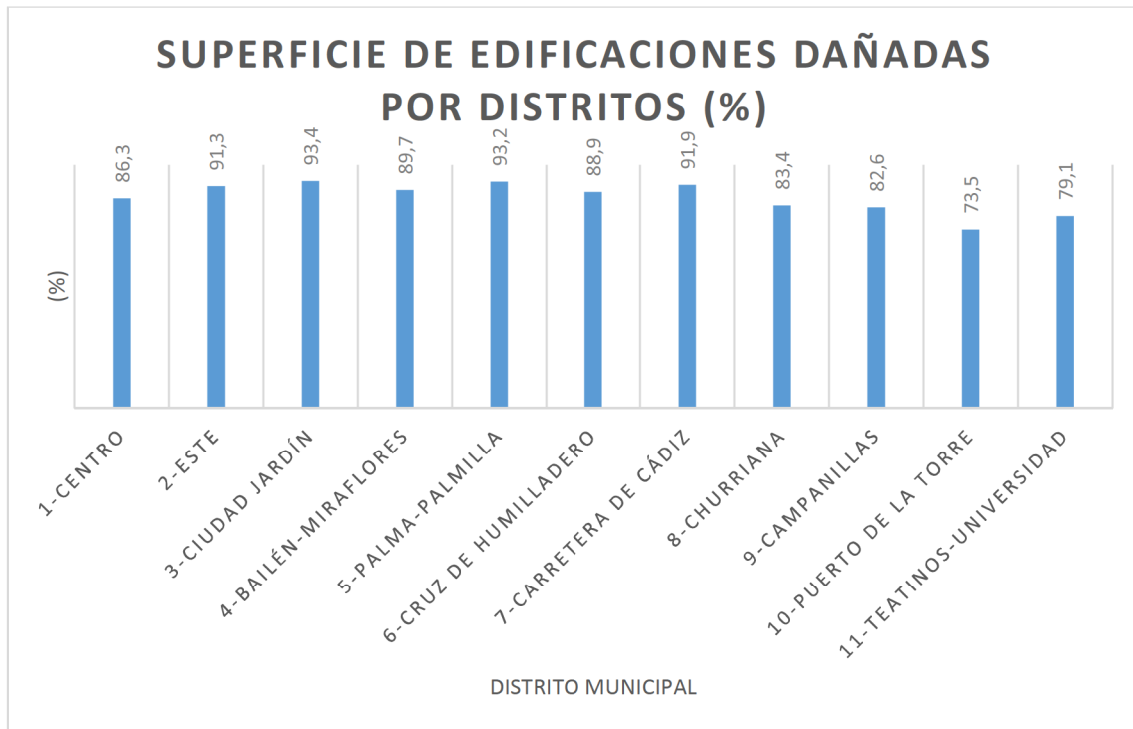
Además, se ha analizado en los siguientes Gráficos (16 y 17) y Tablas (52 y 53), la distribución de los daños por **Distritos Municipales**, obteniendo datos de superficies de edificaciones dañadas y población potencialmente afectada. Además, se ha clasificado la población por grupos de edad y sexo, lo cual nos va a permitir hacernos una idea del tipo de población que se va a ver afectada, tal y como se muestra en el siguiente gráfico:



**Gráfico 16.** Distribución de daños sísmico en las edificaciones, para las Intensidades contempladas entre 7 y 8.5 y por Distritos municipales de Málaga (N.º). Según Índice de Vulnerabilidad.

Distrito	Edif. Sin Daños	Edif. Daño Leve	Edif. Daño Moderado	Edif. Daño Severo	Edif. Daño Extensivo	Total Edif. Distrito	Total Edif. Dañadas	Sup. Edif. (km <sup>2</sup> )	Sup. Edif. Dañadas (km <sup>2</sup> )	Sup. Edif. Dañadas (%)
1	889	3.642	765	1172	16	6.484	5.595	1,806	1,558	86,29
2	766	7.475	465	69	1	8.776	8.010	1,853	1,691	91,27
3	229	2.962	272	13	0	3.476	3.247	0,645	0,603	93,41
4	362	3.043	124	2	0	3.531	3.169	0,777	0,697	89,75
5	116	1.501	54	34	0	1.705	1.589	0,415	0,387	93,20
6	654	5.075	175	3	0	5.907	5.253	2,707	2,407	88,93
7	279	3.001	148	3	0	3.431	3.152	1,651	1,517	91,87
8	868	4.169	195	9	0	5.241	4.373	2,706	2,258	83,44
9	1.024	4.707	113	34	1	5.879	4.855	1,931	1,595	82,58
10	1.546	4.175	92	26	1	5.840	4.294	1,141	0,839	73,53
11	183	693	1	0	0	877	694	0,708	0,560	79,13
<b>TOTAL</b>	<b>6.916</b>	<b>40.443</b>	<b>2.404</b>	<b>1.365</b>	<b>19</b>	<b>51.147</b>	<b>44.231</b>	<b>16,34</b>	<b>14,13</b>	<b>86,48</b>

**Tabla 52.** Consideración de daños en las edificaciones de Málaga por Distritos, así como la afectación de superficies.



**Gráfico 17.** Superficie total de edificaciones dañadas (leve, moderado, severo y extensivo) por Distritos en Málaga.

DISTRITOS		POR SEXOS				POR GRUPOS DE EDAD							
Nº	Nombre	% Sup. Edif. Dañadas	Población total (2018)	Hombres	(%)	Mujeres	(%)	Jóvenes 0 - 14	(%)	Adultos 15 - 65	(%)	Mayores > 65	(%)
1	Centro	86,29	81.229	37.957	46,73	43.272	53,3	10.792	13,29	54.247	66,78	16.190	19,93
2	Este	91,27	56.137	26.653	47,48	29.484	52,5	8.566	15,26	37.219	66,3	10.352	18,44
3	Ciudad Jardín	93,41	36.508	17.583	48,16	18.925	51,8	5.531	15,15	24.334	66,65	6.643	18,2
4	Bailén-Miraflores	89,75	60.800	28.881	47,50	31.919	52,5	8.851	14,56	40.182	66,09	11.767	19,35
5	Palma-Palmilla	93,20	30.882	15.623	50,59	15.259	49,4	6.040	19,56	20.857	67,5	3.985	12,9
6	Cruz de Humilladero	88,93	85.960	40.852	47,52	45.108	52,5	11.699	13,61	56.680	65,94	17.581	20,45
7	Carretera de Cádiz	91,87	115.212	55.192	47,90	60.020	52,1	16.638	14,44	77.066	66,89	21.508	18,67
8	Churriana	83,44	19.913	9.869	49,56	10.044	50,4	3.622	18,19	13.530	67,95	2.761	13,87
9	Campanillas	82,58	18.768	9.540	50,83	9.228	49,2	3.385	18,04	13.027	69,41	2.356	12,55
10	Puerto de la Torre	73,53	30.781	15.346	49,86	15.435	50,1	5.630	18,29	21.208	68,9	3.943	12,81
11	Teatinos-Universidad	79,13	37.642	18.403	48,89	19.239	51,1	8.955	23,79	26.145	69,46	2.542	6,753
<b>Total:</b>			<b>573.832</b>	<b>275.899</b>		<b>297.933</b>		<b>89.709</b>		<b>384.495</b>		<b>99.628</b>	

**Tabla 53.** Resumen de superficie total de edificaciones dañadas de Málaga por distritos, y población potencialmente afectada por grupos de edades (Datos de población obtenido de GESTRISAN 2018)





A modo de conclusión, podemos decir que todos los ditritos sufrirían algún tipo de daño (leve, moderado, severo o extensivo) que contabilizan entre todos una **superficie total de edificaciones dañadas por encima del 70 %**.

(Información reservada)

En los planos finales de Daños se grafían con todo detalle la afectación de cada finca registral del término municipal de Málaga, pormenorizado por edificación con el color del valor de daño correspondiente a cada inmueble. Se puede consultar en el **ANEXO X: CARTOGRAFÍA**.

## 7.3. EDIFICACIONES INHABITABLES Y PERSONAS SIN HOGAR

### 7.3.1. ESTIMACIÓN DE EDIFICACIONES INHABITABLES.

El grado de daño definido por la EMS-98 no sólo nos permite evaluar el grado de afectación de una edificación, sino que podemos utilizarlo, entre otras cosas, para estimar el escenario sísmico en función del número de edificaciones inhabitables, o sea, aquellos que por las características de los daños sufridos se considera que su ocupación constituye un alto riesgo para la integridad física de sus ocupantes, y que además se pueden ver agravadas por las posibles réplicas.

Existen varias metodologías que ayudan a estimar este parámetro a partir de las probabilidades de ocurrencia de los estados de daño severo (Grado 3 de la EMS-98) y extensivo-completo (Grados 4 y 5 de la EMS-98), pero para este Plan Sísmico de Málaga se ha optado por la propuesta de Coburn & Spence (1992), que es la misma que aplica el Proyecto SISMOSAN, y que viene a decir que el nº de edificaciones inhabitables es el resultado de la suma del 50 % de las edificaciones de grado 3, más las edificaciones con afección de grado 4, más las edificaciones de grado 5.

Por lo tanto, el número de Edificaciones y/o Viviendas inhabitables se puede estimar mediante la siguiente función:

$$\text{Nº edific. Inhabitables} = (0,5 \times \text{Nº edific. Grado 3}) + (\text{Nº edific. Grado 4}) + (\text{Nº edific. Grado 5})$$

Para la estimación de “Edificaciones/Viviendas Inhabitables”, el Plan Sísmico de Málaga va a considerar tanto la totalidad de las edificaciones existentes en el término municipal (viviendas, naves, almacenes, talleres, comercios, etc.), como las Viviendas existentes por edificación, para de esta forma poder comparar el análisis de la inhabitabilidad teniendo en cuenta ambas situaciones.

Para ello, previo a la aplicación de la fórmula anterior, es necesario obtener en nuestro SIG el número exacto de “Edificaciones” y de “Viviendas” existentes para cada grado de daño. Esto se ha conseguido en el apartado anterior (Tabla 40 para Edificaciones y Tabla 41 para Viviendas), y que usaremos en este apartado para el cálculo tanto de, “**Edificaciones Inhabitables**” como de “**Viviendas Inhabitables**”.



- **Número de "Edificaciones"** implicadas en el cálculo de las "Edificaciones Inhabitables":

Grado 3 (Severo) = 1.365

Grado 4 (Extensivo) = 19

Grado 5 (Completo) = 0

Aplicando la fórmula:

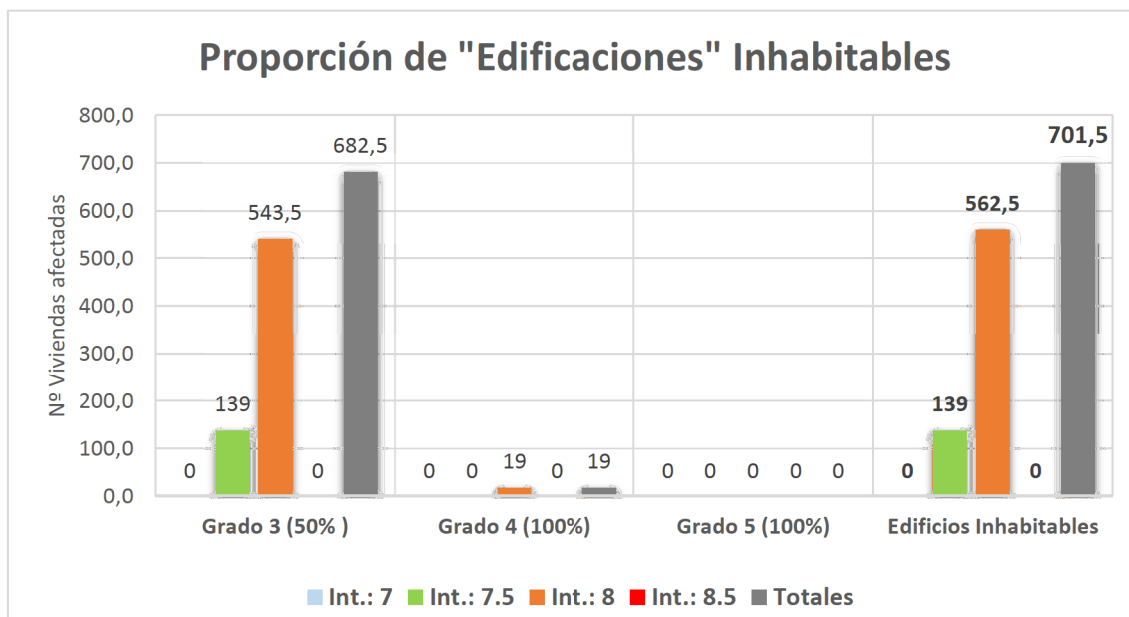
Grado 3 (50%)	Grado 4 (100%)	Grado 5 (100%)	N.º Edificaciones Inhabitables
682,5	19	0	<b>701,5</b>

**Tabla 42.** Aplicación de la fórmula para el cálculo de Edificaciones Inhabitables

Desglose por áreas de Intensidad:

Intensidad	Grado 3 (50%)	Grado 4 (100%)	Grado 5 (100%)	N.º Edificaciones Inhabitables
<b>7</b>	0	0	0	<b>0</b>
<b>7,5</b>	139	0	0	<b>139</b>
<b>8</b>	543,5	19	0	<b>562,5</b>
<b>8,5</b>	0	0	0	<b>0</b>
				<b>Total: 701,5</b>

**Tabla 43.** Aplicación de la fórmula para el cálculo de Edificaciones Inhabitables, desglosados por áreas de Intensidad



**Gráfico 18.** Edificaciones Inhabitables por Grado de Daño y desglosados por áreas de Intensidad .

- **Número de "Viviendas"** en implicadas en el cálculo de "Viviendas Inhabitables":

Grado 3 (Severo) = 2.935

Grado 4 (Extensivo) = 12

Grado 5 (Completo) = 0

Aplicando la fórmula:

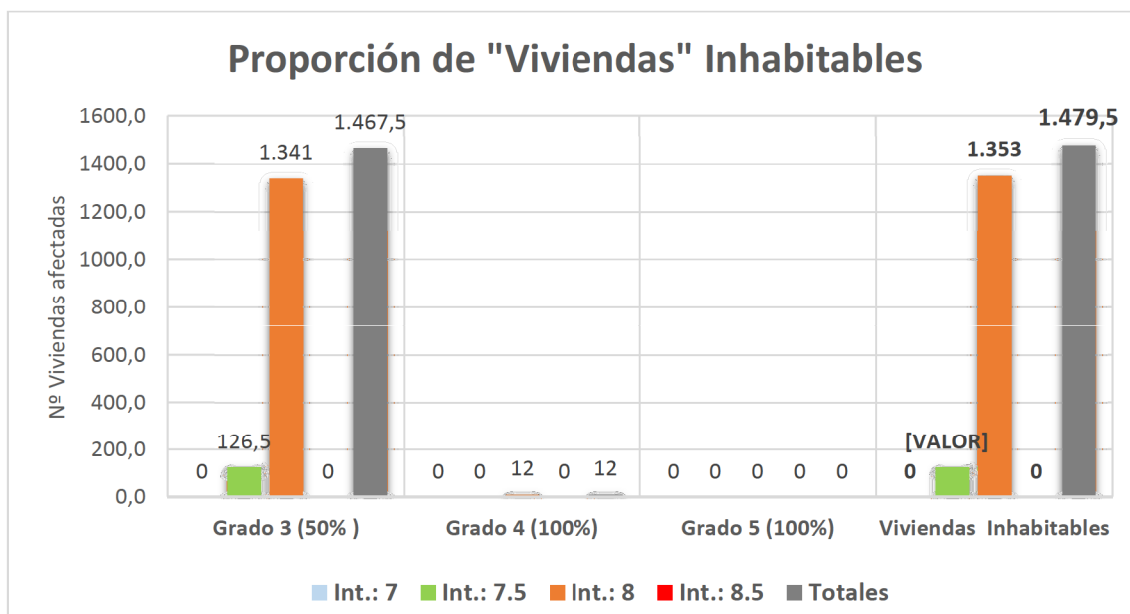
Grado 3 (50%)	Grado 4 (100%)	Grado 5 (100%)	N.º Viviendas Inhabitables
1.467,5	12	0	1.479,5

**Tabla 44.** Aplicación de la fórmula para el cálculo de Viviendas Inhabitables

Desglose por áreas de Intensidad:

Intensidad	Grado 3 (50%)	Grado 4 (100%)	Grado 5 (100%)	N.º Viviendas Inhabitables
7	0	0	0	0
7,5	126,5	0	0	126,5
8	1.341	12	0	1.353
8,5	0	0	0	0
				<b>Total: 1.479,5</b>

**Tabla 45.** Aplicación de la fórmula para el cálculo de Viviendas Inhabitables, desglosadas por áreas de Intensidad



**Gráfico 19.** Viviendas Inhabitables por Grado de Daño y desglosados por áreas de Intensidad.

En este sentido, tras la aplicación de la fórmula para el cálculo de Inhabilitación, tanto para la totalidad de edificaciones, como para las viviendas existentes, los resultados obtenidos son de un total de **701,5 "Edificaciones" Inhabitables** y de **1.479,5 "Viviendas" inhabitables**.

### 7.3.2. ESTIMACIÓN DE PERSONAS SIN HOGAR.

La estimación del número de “Viviendas inhabitables” proporciona una información muy importante a la hora de planificar la emergencia sísmica, pues partiendo de este dato, se puede evaluar el número de personas que podrían quedar sin hogar y que tendrían que ser alojadas en otros lugares, esto nos permite prever los recursos necesarios en esa situación.

Para ello, vamos a considerar el **Índice de Ocupación de Viviendas (IOV)**, partiendo de la población censada dividido por el número de viviendas que hay en el T.M. de Málaga, tal y como se recoge en la siguiente expresión:

$$\text{IOV} = \text{N}^{\circ} \text{ Habitantes (Censo población)} / \text{N}^{\circ} \text{ Viviendas (Censo viviendas)}$$

Aplicando dicha fórmula, según el último Censo Nacional de Viviendas (2011), el número de viviendas familiares que se le asigna a Málaga es de 254.658, mientras que según el catastro (2018) Málaga cuenta con **246.982 viviendas**. Este último dato será el que utilizaremos como referencia en nuestro Plan para el cálculo del Índice de Ocupación de Viviendas. Por otro lado, el censo de la población total del municipio de Málaga en el año 2018 es de **573.832 habitantes**. Por lo tanto, se estima un ratio de ocupación de **2,32 habitantes/vivienda**.

Finalmente, se multiplican las “Viviendas inhabitables”, por el Índice de Ocupación de Viviendas, obteniendo la estimación de **Personas sin Hogar** mediante la siguiente expresión:

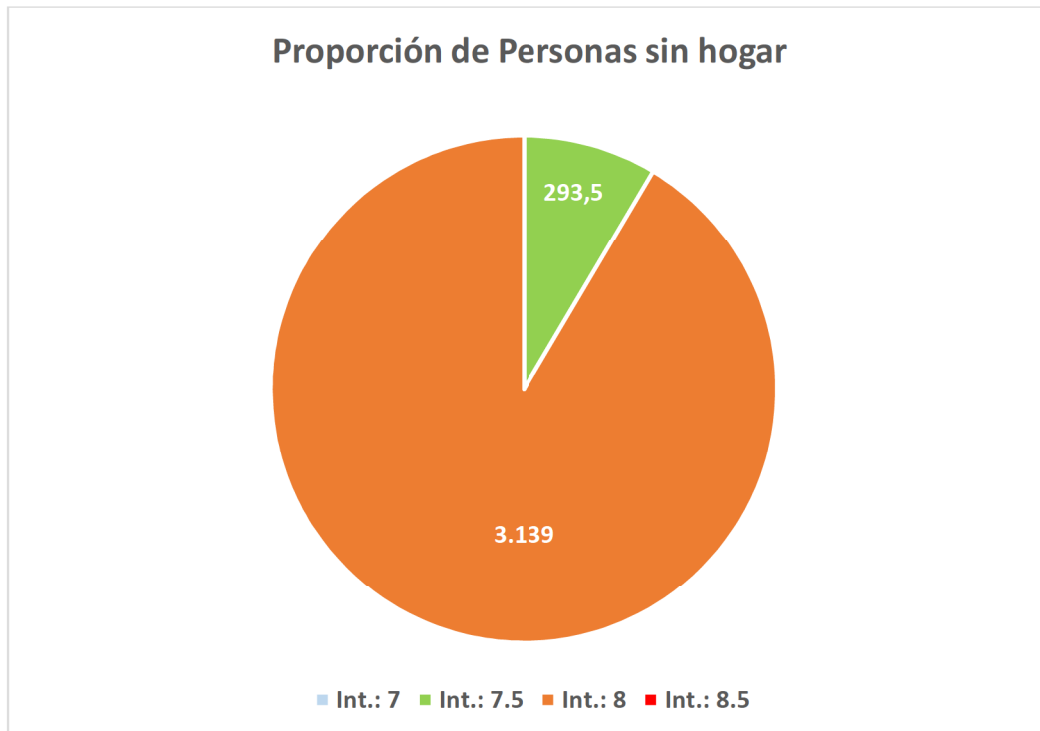
$$\text{Personas sin hogar} = \text{Viviendas Inhabitables} \times \text{Índice de Ocupación de Viviendas}$$

Como resultado, obtenemos la cifra total de **3.432,4 personas sin hogar** para el término municipal de Málaga.

Finalmente, se desglosan los datos de Personas sin hogar obtenidos por las distintas áreas de Intensidad:

Intensidad	Viviendas inhabitables	Índice Ocupación	Personas sin hogar
7	0	2,32	0
7.5	126,5		293,5
8	1.353		3.139
8.5	0		0
<b>Total:</b>	<b>1.479,5</b>		<b>3.432,4</b>

Tabla 46. Personas sin hogar en Málaga desglosadas por áreas de Intensidad



**Gráfico 20.** Proporción de Personas sin hogar en Málaga desglosadas por áreas de Intensidad

## 7.4. ESTIMACIÓN DE VÍCTIMAS.

A continuación, vamos a realizar el cálculo de las víctimas que probablemente en estas circunstancias se produciría, se han calculado usando el criterio propuesto por el ATC-13 (Applied Technology Council, 1985) y recogido también en las Bases Técnicas del Plan SISMOSAN, que aporta los coeficientes para el cálculo de heridos leves, heridos graves y víctimas mortales en función del número de personas asociadas a las viviendas dañadas.

La **metodología** propuesta por el **ATC-13**, establece unos porcentajes de personas afectadas (heridos leves, heridos graves y víctimas mortales) en función de los diferentes niveles de daño sufridos por las edificaciones (tanto daños estructurales como no estructurales). Esos porcentajes han sido deducidos por un grupo de expertos a partir de los datos observados de grados de daños y número de víctimas correspondientes a diversos terremotos ocurridos en EEUU. Para el caso de las víctimas mortales la tasa está prácticamente ligada a los colapsos o derrumbes de edificaciones (20 %) y los daños muy graves, grado 4, (1 %).



GRADO DE DAÑO	HERIDOS LEVES	HERIDOS GRAVES	FALLECIDOS
G01	3,3/10.000	1,1/25.000	1,1/100.000
G02	3/1.000	1/2500	1/10.000
G03	3/100	1/250	1/1.000
G04	3/10	1/25	1/100
G05	2/5	2/5	1/5

**Tabla 47.** Proporción de víctimas para cada grado de daño (según ATC-13, 1985)

A modo de interpretación de la tabla anterior, se estima por ejemplo que para el Grado de Daño 1 (G01), habrá 3,3 heridos leves por cada 10.000 habitantes; 1,1 heridos graves por cada 25.000 habitantes y 1,1 muertos por cada 100.000 habitantes, y así sucesivamente para el resto de grados de daños.

En este sentido, para poder aplicar la matriz anterior, necesitamos, por un lado, el número de Viviendas dañadas para cada grado de daño (ya obtenido en el apartado anterior 7.2.1), y por otro, el número de habitantes afectados por cada grado de daños (ya obtenido también de la relación entre las viviendas dañadas y el Índice de ocupación de viviendas).

Finalmente, como resultados para nuestro Plan Sísmico de Málaga, tras aplicar la metodología expuesta para el total de Viviendas distribuidas por las áreas de Intensidades presentes en el municipio de Málaga (entre 7 y 8.5), obtenemos los siguientes datos:

Intensidad entre 7 y 8.5 (totales)	Total Viviendas dañadas	Habitantes afectados (Viv. dañadas x Índice ocupación)	Heridos Leves		Heridos Graves		Fallecidos	
			Proporción	Número	Proporción	Número	Proporción	Número
G01	196.780	456.529,60	3,3/10.000	150,65	1,1/25.000	20,09	1,1/100.000	5,02
G02	7.849	18.209,68	3/1.000	54,63	1/2.500	7,28	1/10.000	1,82
G03	2.935	6.809,20	3/100	204,28	1/250	27,24	1/1.000	6,81
G04	12	27,84	3/10	8,35	1/25	1,11	1/100	0,28
G05	0	0	2/5	0	2/5	0	1/5	0
<b>Totales:</b>	<b>207.576</b>	<b>481.576,32</b>		<b>417,91</b>		<b>55,72</b>		<b>13,93</b>

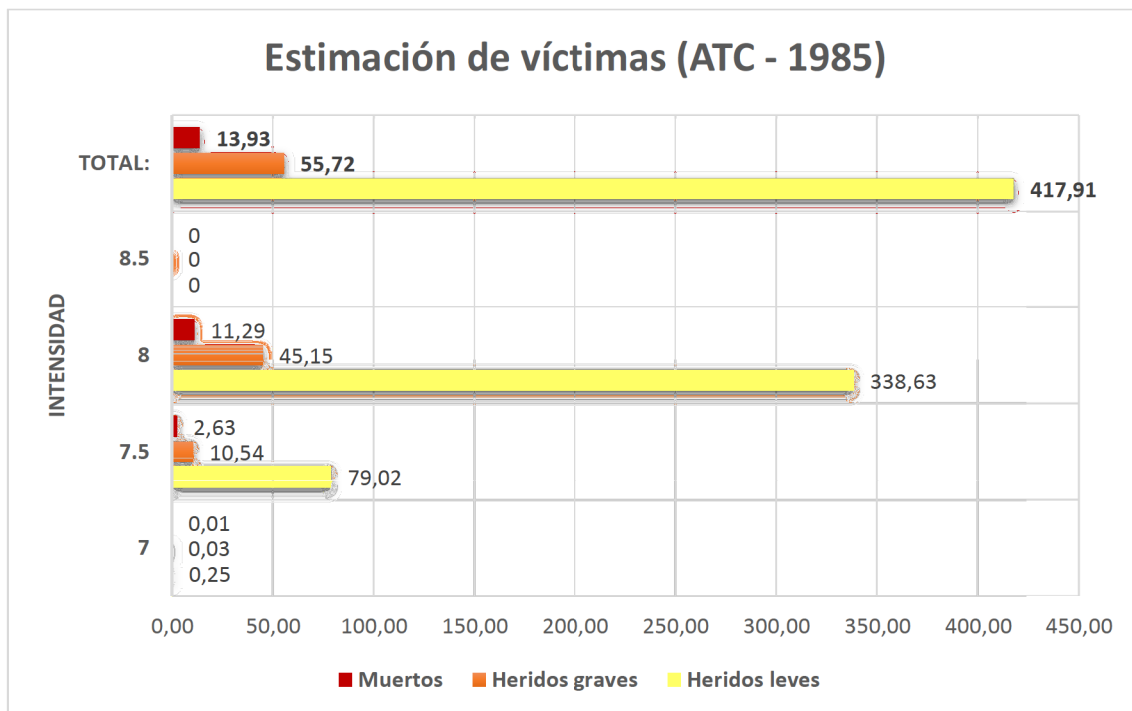
**Tabla 48.** Proporción de víctimas para cada grado de daño ( ATC-13, 1985) y para la totalidad de áreas de Intensidad del municipio de Málaga.

En resumen, para la totalidad del municipio de Málaga, teniendo en cuenta todas las viviendas dañadas así como la distribución de estas por área de Intensidad, **se estiman un total de 418 heridos leves, 56 heridos graves y 14 víctimas mortales**, tal y como se recoge en la siguiente tabla resumen:

INTENSIDAD	Heridos leves	Heridos graves	Fallecidos
7	0,25	0,03	0,01
7.5	79,02	10,54	2,63
8	338,63	45,15	11,29
8.5	0	0	0
<b>TOTAL:</b>	<b>417,91</b>	<b>55,72</b>	<b>13,93</b>

**Tabla 49.** Tabla resumen de víctimas para cada grado de daño ( ATC-13, 1985) y para la totalidad de áreas de Intensidad del municipio de Málaga.

El siguiente gráfico muestra de una forma clara, la comparación de heridos leves, heridos graves y víctimas mortales, estimados para cada área de Intensidad del municipio de Málaga:



**Gráfico 21.** Comparación del N.º de heridos y víctimas por grado de Intensidad según (ATC-13, 1985)

A continuación, podemos desglosar los resultados anteriores por cada área de Intesidad existente en el término municipal de Málaga, y así obtener unos datos pormenorizados:

### POR ÁREA DE INTENSIDAD 7:

Intensidad 7	Total Edif. de Uso Residencial dañados	Habitantes afectados (Viv. dañadas x Índice ocupación)	Heridos Leves		Heridos Graves		Fallecidos	
G01	259	600,88	3,3/10.000	0,20	1,1/25.000	0,03	1,1/100.000	0,01
G02	8	18,56	3/1.000	0,06	1/2.500	0,01	1/10.000	0
G03	0	0	3/100	0	1/250	0	1/1.000	0
G04	0	0	3/10	0	1/25	0	1/100	0
G05	0	0	2/5	0	2/5	0	1/5	0
<b>Totales:</b>	<b>267</b>	<b>619,44</b>	<b>0,25</b>		<b>0,03</b>		<b>0,01</b>	

Tabla 50. Proporción de víctimas para cada grado de daño (según ATC-13, 1985) y área de Intensidad 7

### POR ÁREA DE INTENSIDAD 7.5:

Intensidad 7.5	Total Edif. de Uso Residencial dañados	Habitantes afectados (Viv. dañadas x Índice ocupación)	Heridos Leves		Heridos Graves		Fallecidos	
G01	72.526	168.260,32	3,3/10.000	55,53	1,1/25.000	7,40	1,1/100.000	1,85
G02	846	1.962,72	3/1.000	5,89	1/2.500	0,79	1/10.000	0,20
G03	253	586,96	3/100	17,61	1/250	2,35	1/1.000	0,59
G04	0	0	3/10	0	1/25	0	1/100	0
G05	0	0	2/5	0	2/5	0	1/5	0
<b>Totales:</b>	<b>73.625</b>	<b>170.810</b>	<b>79,02</b>		<b>10,54</b>		<b>2,63</b>	

Tabla 51. Proporción de víctimas para cada grado de daño (según ATC-13, 1985) y área de Intensidad 7-5

### POR ÁREA DE INTENSIDAD 8:

Intensidad 8	Total Edif. de Uso Residencial dañados	Habitantes afectados (Viv. dañadas x Índice ocupación)	Heridos Leves		Heridos Graves		Fallecidos	
G01	123.994	287.666,08	3,3/10.000	94,93	1,1/25.000	12,66	1,1/100.000	3,16
G02	6.995	16.228,40	3/1.000	48,69	1/2.500	6,49	1/10.000	1,62
G03	2.682	6.222,24	3/100	186,67	1/250	24,89	1/1.000	6,22
G04	12	27,84	3/10	8,35	1/25	1,11	1/100	0,28
G05	0	0	2/5	0	2/5	0	1/5	0
<b>Totales:</b>	<b>133.683,00</b>	<b>310.144,56</b>	<b>338,63</b>		<b>45,15</b>		<b>11,29</b>	

Tabla 52. Proporción de víctimas para cada grado de daño (según ATC-13, 1985) y área de Intensidad 8



**POR ÁREA DE INTENSIDAD 8.5:**

Intensidad 8.5	Total Edif. de Uso Residencial dañados	Habitantes afectados (Viv. dañadas x Índice ocupación)	Heridos Leves		Heridos Graves		Fallecidos	
G01	1	2,32	3,3/10.000	0	1,1/25.000	0	1,1/100.000	0
G02	0	0	3/1.000	0	1/2.500	0	1/10.000	0
G03	0	0	3/100	0	1/250	0	1/1.000	0
G04	0	0	3/10	0	1/25	0	1/100	0
G05	0	0	2/5	0	2/5	0	1/5	0
<b>Totales:</b>	<b>1,00</b>	<b>2,32</b>	<b>0</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	

*Tabla 53. Proporción de víctimas para cada grado de daño (según ATC-13, 1985) y área de Intensidad 8.5*