

**Avaluació de la Vulnerabilitat i del Dany Sísmic: El Pont De
Suert i Els Pallaresos**



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Anàlisi de riscos i impactes territorials

Alumnes: Albert Rovira Duch i Sergi Centelles Aguilar

Professor: Juan Carlos Frances Tudel

Data: 08/11/2023

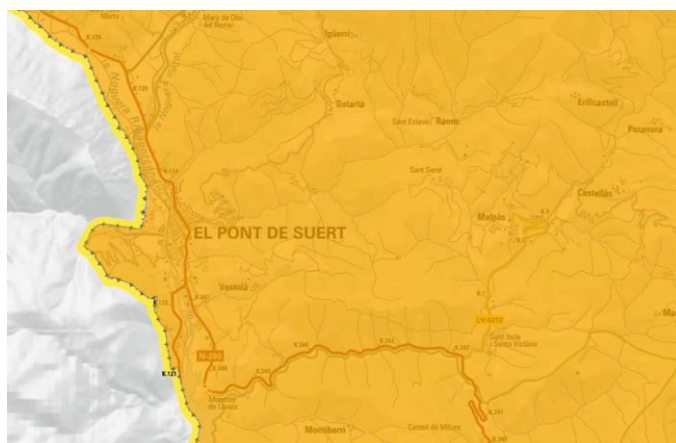
ÍNDEX

1. Avaluació de la Vulnerabilitat i del Dany Sísmic: el Pont De Suert
2. Avaluació de la Vulnerabilitat i del Dany Sísmic: els Pallaresos
3. Anàlisi comparativa del Pont de Suert i els Pallaresos

1. Avaluació Vulnerabilitat i Dany Sísmic El Pont De Suert

En primer lloc, hem observat el visor d'intensitat sísmica ofert per Protecció Civil. Com podem veure en la imatge 1, fa referència al fet que el municipi de Pont de Suert presenta una intensitat de VIII (8), segons EMS - 98.

Imatge 1: Intensitat de terratrèmol a Pont de Suert



Font: Visor de Protecció Civil

Per l'elaboració de la vulnerabilitat sísmica, primer de tot hem descarregat a través d'IDESCAT, la classificació en períodes en funció de les característiques constructives en cada època. En la següent taula, observem aquesta classificació amb el nombre absolut i relatiu.

Taula 1: Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per any de construcció

Períodes temporals	Nombre habitatges absoluts	Nombre Habitatges en %
Fins a 1950	122	25%
1951-1970	85	17%
1971-1990	47	10%
Des de 1991	232	48%

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDESCAT

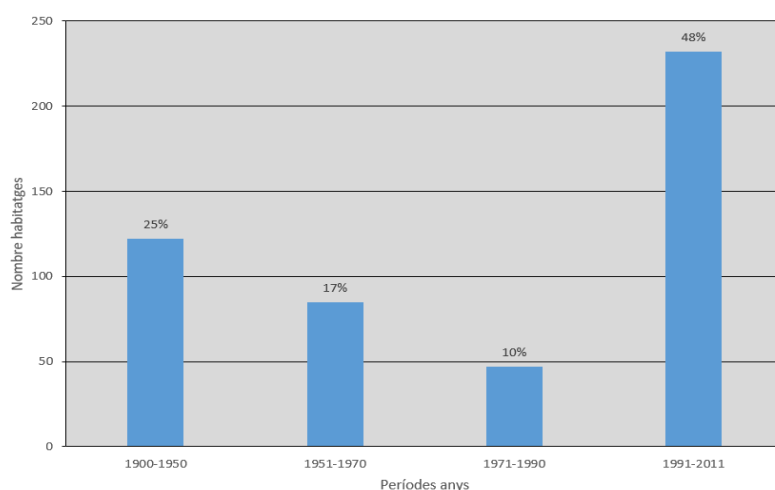
Com podem observar, trobem un predomini d'habitatges recents, és a dir, la majoria es troben en el període de 1991 fins al 2011, l'últim període que tenim referència. Aquests habitatges representen un 48% mentre que pel període anterior 1971 - 1990, és el que en trobem menys, concretament un 10%.

Per què tenim cases més modernes?

- Renovacions i modernitzacions a causa de l'augment del turisme (sobretot hivernal) en les estacions d'esquí de Boí.
- Canvis normatius i urbanístics

A la figura número 1, podem observar aquestes dades representades de manera gràfica en un gràfic de columnes de disposició vertical. L'eix de les X (Períodes anys construcció) i l'eix de les Y (Nombre Habitatges), damunt de cada barra, trobem el % que representa.

Figura 1: Gràfic de la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per any de construcció



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDECAT

També hem realitzat una taula i gràfic de la classificació en classes de vulnerabilitat en funció del període constructiu. Per a l'elaboració d'aquesta taula i gràfic, hem determinat 4 classes de vulnerabilitat (A, B, C, D):

- Vulnerabilitat A: Les construccions són de pedra solta, ciment de terra... Són els més vulnerables a causa de la tipologia constructora
- Vulnerabilitat B: Les construccions són de Formigó Armat
- Vulnerabilitat C: Les construccions són d'Acer
- Vulnerabilitat D: Les construccions són de fusta.

D'aquesta manera un cop definits el tipus de vulnerabilitat, hem aplicat per als edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per any de construcció la vulnerabilitat corresponent:

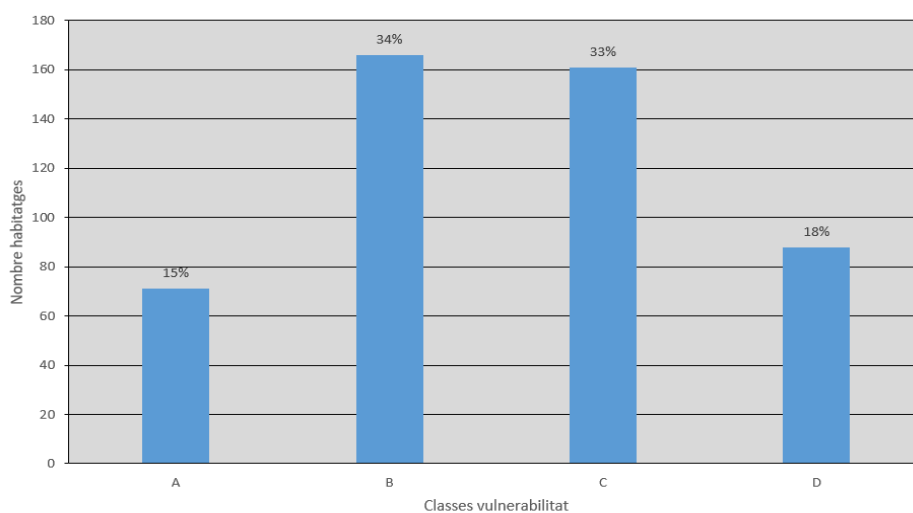
Taula 2: Càlcul d'aplicació de la vulnerabilitat per períodes d'anys de construcció

Any de Construcció	Aplicació Vulnerabilitat
Fins a 1950	35% (A) + 65% (B)
1951 - 1970	15% (A) + 65% (B) + 20% (C)
1971 - 1990	7% (A) + 20% (B) + 58% © + 15% (D)
Des de 1991	5% (A) + 10% (B) + 50% © + 35% (D)

Font: Moodle de l'assignatura

D'aquesta manera, les dades resultants amb el municipi de Pont de Suert, són aquestes:

Figura 2: Gràfic de la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per tipologia de vulnerabilitat



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDESCAT

Com podem observar, trobem un predomini de vulnerabilitat de tipus B (34%) i tipus C(33%), és a dir majoritàriament les tipologies edificadores d'habitatge que més afectaran són de formigó armat i de fàbrica principalment, tot i que de manera residual, trobem també les de fusta.

En la taula 2, podem veure la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per tipologia de vulnerabilitat amb les dades relatives i absolutes, que ens ajuden a entendre el gràfic.

Taula 3: Gràfic de la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per tipologia de vulnerabilitat.

Fins a 1950	Nombre habitatges	1951- 1970	Nombre habitatges	1971 - 1990	Nombre habitatges	1991-2011	Nombre habitatges	%
A	43	A	13	A	3	A	12	15
B	79	B	55	B	9	B	23	34
				C	28	C	116	33
		C	17	D	7	D	81	18

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDESCAT

Una vegada fets la tipologia de la vulnerabilitat, hem fet una estimació del nivell de dany esperat per a les diferents classes de vulnerabilitat.

Per a avaluar els diferents danys a cada municipi els càlculs es realitzaran amb la següent fórmula:

Probabilitat de Dany = Proporció tipus de vulnerabilitat * Proporció matriu probabilitat de dany (Modelo Irpina). Aquest model Irpina, realitza una matriu per les diferents tipologies vulnerables i intensitat del terratrèmol.

La probabilitat, sempre serà un nombre entre 0 i 1.

Taula 4: Probabilitats per tipus de vulnerabilitat al municipi dels Pallaresos

Variabilitat	A	B	C	D
Nombre habitatges	71	166	161	88
%	15	34	33	18
Probabilitat /Freqüència	0.15	0.34	0.33	0.18

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDECAT i model Irpina

Com podem observar en la Taula 6, al municipi del Pont de Suert, és més probable que el tipus de vulnerabilitat sigui el B, juntament amb el C, ja que representa un 0.34 i 0.33 respectivament. En canvi, és menys probable que el tipus de vulnerabilitat sigui el A i el D, ja que només representem un 0.15 i 0.18, respectivament.

En el cas del municipi de Pont de Suert, la intensitat és de VIII, llavors hem agafat la fila de la Intensitat VIII i hem calculat les 5 classes de Dany per cada tipologia vulnerable

Vulnerabilitat A:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.001	0.011	0.034	0.051	0.039	0.012

Vulnerabilitat B:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.027	0.089	0.117	0.034	0.006	0.000

Vulnerabilitat C:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.068	0.126	0.093	0.034	0.006	0.000

Vulnerabilitat D:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.079	0.070	0.025	0.004	0.000	0.000

TOTAL:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
17,71%	29,80%	27,03%	16,80%	7,11%	1,57%

Com podem observar els habitatges del municipi de Tarragona, la majoria presenten una tipologia de Dany 1 (29,80%), que es caracteritza per danys lleugers als habitatges (Fissures en molt pocs murs; Caiguda de petits trossos de revestiments i Caiguda de pedres soltes de les parts altes dels edificis, tot i que en molt pocs casos. De molt a prop, trobem el Dany 2 (27,03%), que es caracteritza per danys moderats (Escletxes en murs; Caigudes de trossos bastants grans de revestiments i col·lapse parcial de xemeneies). Per la part contrària, trobem el Dany 5 , que presenta menys danys amb un 1,57%, que aquest dany es caracteritza per una destrucció total, que produeix un col·lapse. El total suma 100%

Per acabar amb el municipi del Pont de Suert, hem realitzat una estimació de dany a la població:

- Nombre de morts (Mortalitat): $0,30 * \text{Dany 5} * \text{Nombre ocupants (Habitants / edificis)}$
- Nombre de ferits: $6,0 * \text{Nombre de Morts (Mortalitat)}$
- Nombre de persones sense habitatges: $\text{Nombre edificis inhabitables (Dany 5, Dany 4 i 50\% Dany 3)} * \text{Nombre ocupants (Habitants / edificis)}$

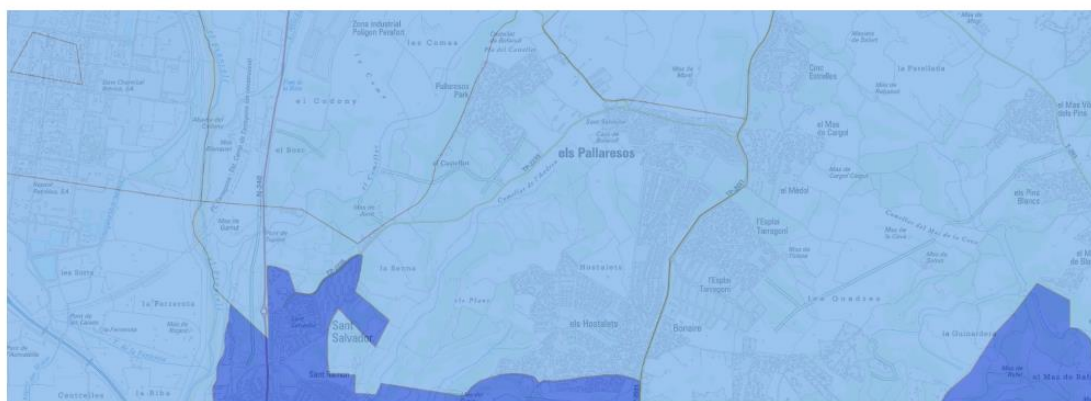
Les dades pel municipi del Pont De Suert són:

- Nombre de morts: $0.30 * 0.157 * (2336/486) = 0.226$
- Nombre de ferits: $6.0 * 0.226 = 1.356$
- Nombre de persones sense casa: $(0.157 + 0.711 + 0.84) * 4.8065 = 8.209$

2. Avaluació de la Vulnerabilitat i del Dany Sísmic: Els Pallaresos

En primer lloc, hem observat el visor d'intensitat sísmica ofert per Protecció Civil. Com podem veure en la imatge 2, fa referència al fet que el municipi dels Pallaresos i presenta una intensitat de VI (6), segons EMS - 98.

Imatge 2: Intensitat de terratrèmol als Pallaresos



Riscos naturals/Risc sísmic

Intensitat sísmica

- V-VI
- VI
- VI-VII
- VII
- VII-VIII
- VIII

Font: Visor de Protecció Civil

Per l'elaboració de la vulnerabilitat sísmica, primer de tot hem descarregat a través d'IDESCAT, la classificació en períodes en funció de les característiques constructives en cada època. En la següent taula, observem aquesta classificació amb el nombre absolut i relatiu.

Taula 5: Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi dels Pallaresos per any de construcció

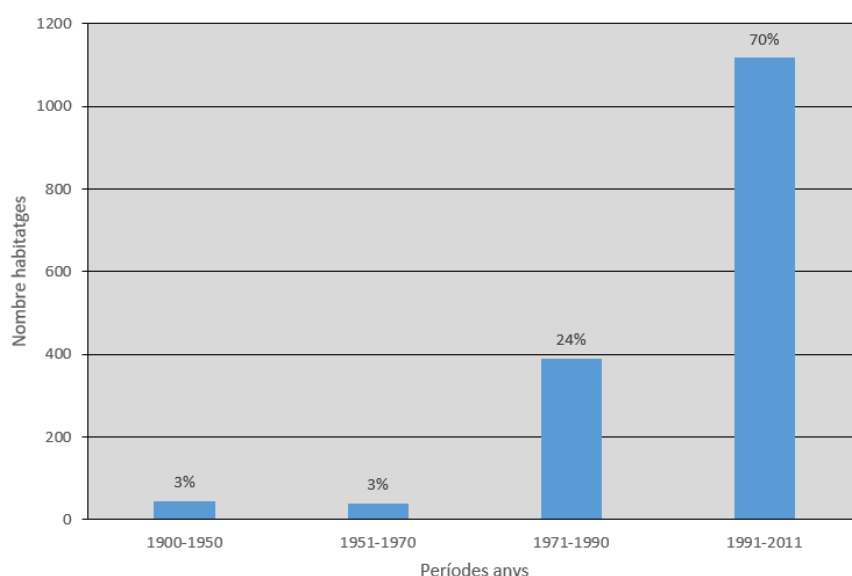
Any de Construcció	Habitatges nombre absoluts	Habitatges nombre relatius
1900-1950	46	3%
1951-1970	39	3%
1971-1990	389	24%
1991-2011	1.117	70%

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDESCAT

Com podem observar en la Taula 4, també trobem un predomini dels habitatges compresos amb l'últim període (1991 - 2011) i representa un 70%, això és degut a l'augment de la població i urbanització dels últims anys en el municipi degut proximitat de Tarragona. Per la part contrària, trobem un menor predomini dels habitatges compresos en el període de 1900 - 1970 i representen un 6%.

A la figura número 3, podem observar aquestes dades representades de manera gràfica en un gràfic de columnes de disposició vertical. L'eix de les X (Períodes anys construcció) i l'eix de les Y (Nombre Habitatges), damunt de cada barra, trobem el % que representa.

Figura 3: Gràfic de la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi dels Pallaresos per any de construcció



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDECAT

També hem realitzat una taula i gràfic de la classificació en classes de vulnerabilitat en funció del període constructiu.

Per a l'elaboració d'aquesta taula i gràfic, hem determinat 4 classes de vulnerabilitat (A, B, C, D):

- Vulnerabilitat A: Les construccions són de pedra solta, ciment de terra... Són els més vulnerables a causa de la tipologia constructora
- Vulnerabilitat B: Les construccions són de Formigó Armat
- Vulnerabilitat C: Les construccions són d'Acer
- Vulnerabilitat D: Les construccions són de fusta.

D'aquesta manera un cop definits el tipus de vulnerabilitat, hem aplicat pels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per any de construcció la vulnerabilitat corresponent:

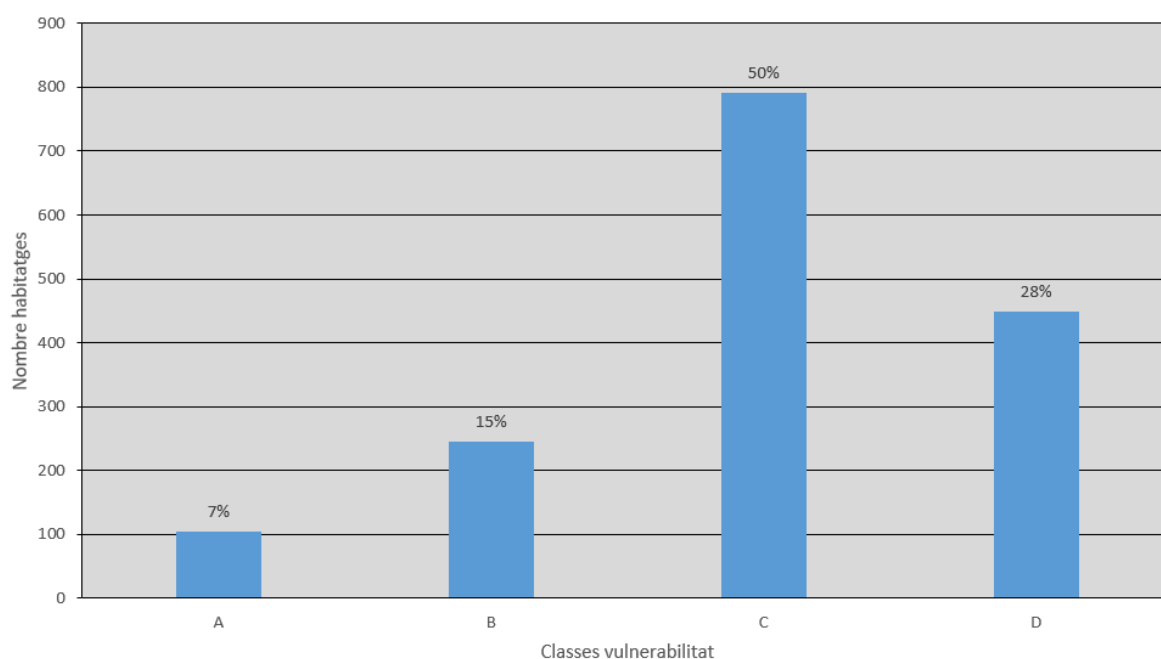
Taula 6: Càlcul d'aplicació de la vulnerabilitat per períodes d'anys de construcció

Any de Construcció	Aplicació Vulnerabilitat
Fins a 1950	35% (A) + 65% (B)
1951 - 1970	15% (A) + 65% (B) + 20% (C)
1971 - 1990	7% (A) + 20% (B) + 58% © + 15% (D)
Des de 1991	5% (A) + 10% (B) + 50% © + 35% (D)

Font: Moodle de l'assignatura

D'aquesta manera, les dades resultants amb el municipi dels Pallaresos, són aquestes:

Figura 4: Gràfic de la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi de Pont de Suert per tipologia de vulnerabilitat



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDESCAT

Com podem observar, trobem un predomini de vulnerabilitat de tipus C (50%), és a dir, majoritàriament les tipologies edificadores d'habitatges són de tipus de formigó armat, tot i que de manera residual és de fàbrica, fusta i acer.

En la taula 5, podem veure la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi dels Pallaresos per tipologia de vulnerabilitat amb les dades relatives i absolutes, que ens ajuden a entendre el gràfic.

Taula 7: Gràfic de la Distribució dels edificis destinats a habitatge del municipi dels Pallaresos per tipologia de vulnerabilitat.

Fins a 1950	Nombre habitatges	1951- 1970	Nombre habitatges	1971 - 1990	Nombre habitatges	1991-2011	Nombre habitatges	%
A	16	A	6	A	27	A	56	7
B	30	B	25	B	78	B	112	15
				C	226	C	558	50
		C	8	D	58	D	391	28

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDESCAT

Una vegada fets la tipologia de la vulnerabilitat, hem fet una estimació del nivell de dany esperat per a les diferents classes de vulnerabilitat.

Per a avaluar els diferents danys a cada municipi els càlculs es realitzaran amb la següent fórmula:

Probabilitat de Dany = Proporció tipus de vulnerabilitat * Proporció matriu probabilitat de dany (Modelo Irpina). Aquest model Irpina, realitza una matriu per les diferents tipologies vulnerables i intensitat del terratrèmol.

La probabilitat, sempre serà un nombre entre 0 i 1.

Taula 8: Probabilitats per tipus de vulnerabilitat al municipi dels Pallaresos

Variabilitat	A	B	C	D
Nombre habitatges	105	245	792	449
%	7	15	50	28
Probabilitat /Freqüència	0.07	0.15	0.5	0.28

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Cens d'Habitatge extret d'IDECAT i model Irpina

Com podem observar en la Taula 6, al municipi dels Pallaresos, és més probable que el tipus de vulnerabilitat sigui el C, ja que representa un 0.5, és a dir la meitat. En canvi, és menys probable que el tipus de vulnerabilitat sigui el A, ja que representa només un 0.07 respecte al màxim possible que és 1.

En el cas del municipi dels Pallaresos, la intensitat és de VIII, llavors hem agafat la fila de la Intensitat VIII i hem calculat les 5 classes de Dany per cada tipologia vulnerable:

Vulnerabilitat A:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.014	0.026	0.019	0.007	0.001	0.000

Vulnerabilitat B:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.066	0.058	0.021	0.003	0.000	0.000

Vulnerabilitat C:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.335	0.139	0.023	0.002	0.000	0.000

Vulnerabilitat D:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
0.2114	0.061	0.007	0.000	0.000	0.000

TOTAL:

Dany 0	Dany 1	Dany 2	Dany 3	Dany 4	Dany 5
62,72%	28,62%	7,13%	1,36%	0.16%	0.08%

Com podem observar els habitatges del municipi de Tarragona, la majoria presenten una tipologia de Dany 0 (62,72%), que es caracteritza per danys no notoris en l'estructura de l'edifici. Per la part contrària, trobem el Dany 5, que presenta menys danys amb un 0,08%, que aquest dany es caracteritza per una destrucció total, que produeix un col·lapse. De molt a prop els segueix el Dany 4 (0,16%), que es caracteritza per danys molts greus (Danys de murs i afectacions a teulades i l'estructura en general). El total suma 100%

Per acabar, hem realitzat una estimació de dany a la població:

- Nombre de morts (Mortalitat): $0,30 * \text{Dany 5} * \text{Nombre ocupants (Habitants / edificis)}$
- Nombre de ferits: $6,0 * \text{Nombre de Morts (Mortalitat)}$
- Nombre de persones sense habitatges: $\text{Nombre edificis inhabitables (Dany 5, Dany 4 i 50\% Dany 3)} * \text{Nombre ocupants (Habitants / edificis)}$

Les dades pel municipi dels Pallaresos són:

- Nombre de morts: $0.30 * 0.08 * (4930/1591) = 0.074$
- Nombre de ferits: $6.0 * 0.074 = 0.444$
- Nombre persones sense casa: $(0.08 + 0.016 + 0.068) * (4930/1951) = 0.414413$

3. Anàlisi comparativa del Pont de Suert i els Pallaresos

En aquest apartat, hem realitzat una comparació entre els 2 Municipis, mitjançant una taula comparativa.

Taula 9: Taula comparativa dels municipis de Pont de Suert i els Pallaresos.

Pont de Suert	Els Pallaresos
Alta Ribagorça	Tarragonès
Intensitat de VIII (8)	Intensitat de VI (6)
Majoria habitatges construcció 1991 - 2011	Majoria habitatges construcció 1991 - 2011
Majoria tipus de Vulnerabilitat B I C	Majoria tipus de Vulnerabilitat C
Vulnerabilitat A: Dany màxim 3 (0,051)	Vulnerabilitat A: Dany màxim 1 (0,026)
Vulnerabilitat B: Dany màxim 2 (0,117)	Vulnerabilitat B: Dany màxim 0 (0,066)
Vulnerabilitat C: Dany màxim 1 (0.126)	Vulnerabilitat C: Dany màxim 0 (0,335)
Vulnerabilitat D: Dany màxim 0 (0.079)	Vulnerabilitat D: Dany màxim 0 (0.211)
Major Dany 1(29,80%)	Major Dany 0 (62,72%)
Menor Dany 5 (1.57%)	Menor Dany 5 (0,08)
Nombre Morts (0.0226)	Nombre Morts (0.074)
Nombre ferits (0.1356)	Nombre ferits (0.044)
Nombre persones sense casa(0.8209)	Nombre persones sense casa (0.0324)

Font: Elaboració pròpia