

**Universidad Politécnica de Valencia**  
**Departamento de Construcciones Arquitectónicas**



**Tesis Doctoral**

**Evaluación de sobrecargas de uso de vivienda  
en estructuras de edificación**

**Autor: Juan Roldán Ruiz**

**Director: D. Javier Benlloch Marco**

**Universidad Politécnica de Valencia**  
**Departamento de Construcciones Arquitectónicas**



**Tesis Doctoral**

**Evaluación de sobrecargas de uso de vivienda  
en estructuras de edificación**

Doctorando: **D. Juan Roldán Ruiz**  
Arquitecto  
Profesor de Estructuras de Edificación UCAM

Director: **D. Javier Benlloch Marco**  
Dr. Arquitecto  
Catedrático de Construcciones Arquitectónicas UPV

Marzo de 2002

**A mi madre y a mi padre,  
por todo**

Cuando acabé la carrera, en 1984, D. Miguel Colomina repetía, por entonces, que Louis Khan era partidario de ejercer la profesión durante unos 30 años y después hacer una tesis doctoral para dedicarse a la enseñanza. Mi dedicación al ejercicio profesional durante estos últimos 17 años no llega a la exigencia del maestro Khan, pero modestamente podría estar en una situación parecida a la que reclamaba D. Miguel. Esta situación, junto al reto que representó para mí formar parte de la puesta en marcha de la Escuela de Arquitectura Técnica en la UCAM, hicieron el detonante definitivo para me decidiera a emprender esta aventura de realizar una tesis doctoral. Sin embargo, esta tesis, no la hubiera podido realizar sin la ayuda de mucha gente a la que quiero dejar constancia de mi agradecimiento.

Al Doctor D. Javier Benlloch Marco, que tan amablemente accedió a dirigir este trabajo, agradeciéndole especialmente su dedicación y atención, proporcionándome vías de investigación que, conjuntamente con documentación, han resultado muy valiosas para la redacción final de las conclusiones.

A mis colegas, compañeros y amigos D. Jose Antonio Sánchez Álvarez y D. José Antonio Maestre Meroño, por cubrirme todo lo que resultó necesario en la Escuela.

A todos los profesores del Claustro de la Escuela de Arquitectura Técnica de la UCAM, por su disposición ante mis consultas y por su aliento para finalizar la investigación.

A mis alumnos de Estructuras de Edificación en la UCAM, por su colaboración en la obtención de datos de las fichas elaboradas.

A mi colega y amigo D. Mariano de la Villa Sanz, quien me ha proporcionado innumerables aportaciones y oportunidades de llevar a cabo muchas de mis inquietudes.

A mis compañeros de despacho en Lorca, D. Jacinto Romera Sastre y D. José Joaquín Peñarrubia Montalván, por mantener la atención a nuestros clientes, a pesar de mis viajes, mis clases, mis ecuaciones, y en general mis ausencias.

A mi mujer y mis hijas, por admitir tanto tiempo de “palomar”, por aceptar el enclaustramiento, por entender mi ilusión, por ayudarme a rellenar interminables listas de fichas de datos y, por quererme, junto al resto de mi familia; también junto a Pedro, Pilar, Miguel Ángel y Mari-Carmen entre otros buenos amigos.

Gracias a todos

**Tesis: Evaluación de sobrecargas de uso de vivienda en estructuras de edificación**

**Autor: Juan Roldán Ruiz**

**Índice:**

<b>1.-</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1.-	<b>El uso “vivienda” en la arquitectura reciente y futura .....</b>	<b>11</b>
1.1.1.-	Introducción .....	11
1.1.2.-	Breve reseña de la evolución histórica del uso “vivienda” .....	13
1.1.3.-	Estadísticas recientes .....	31
1.1.4.-	El alojamiento futuro.....	43
1.2.-	<b>Evolución de la normativa española de estructuras de edificación en el s. XX .....</b>	<b>51</b>
1.2.1.-	Situación hasta 1939.....	51
1.2.2.-	Desde 1939 hasta nuestro días.....	55
1.3.-	<b>La fiabilidad en estructuras.....</b>	<b>62</b>
1.3.1.-	Evaluación de la fiabilidad .....	64
1.3.2.-	La fiabilidad en el Eurocódigo 1 .....	68
1.4.-	<b>Evaluación de estructuras: fase de proyecto versus fase de peritación .....</b>	<b>73</b>
1.4.1.-	Finalidad de la evaluación .....	73
1.4.2.-	Características de la edificación .....	74
1.4.3.-	La normativa de aplicación .....	76
1.4.4.-	Acciones a considerar.....	78
1.4.5.-	Resistencia de la estructura .....	83
1.4.6.-	Fiabilidad . Objetividad y subjetividad .....	90
1.4.7.-	Procedimientos de análisis .....	92
1.4.8.-	Efectos de las decisiones .....	96
1.4.9.-	Aspectos económicos .....	101
<b>2.-</b>	<b>SOBRECARGAS DE USO. ESTADO Y ANÁLISIS DE LA CUESTIÓN.....</b>	<b>108</b>
2.1.-	<b>Introducción y definiciones.....</b>	<b>108</b>
2.2.-	<b>Metodología de evaluación de sobrecargas .....</b>	<b>111</b>
2.2.1.-	Principios y bases de evaluación de $Q_K$ . CM 1978. A-2 .....	111
2.2.2.-	Aplicaciones de determinación de $Q_R$ . CM 1978. A-3 .....	114
2.3.-	<b>La normativa de sobrecargas de uso de vivienda en España.....</b>	<b>120</b>
2.3.1.-	Primer tercio de siglo .....	121
2.3.2.-	Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas. hormigón armado y forjados de ladrillo armado - 1941 .....	122
2.3.3.-	Norma UNE 24003/1953. Sobrecargas mínimas, para el cálculo de estructuras de edificios y de sus piezas .....	125
2.3.4.-	Norma MV 101/1962 Acciones en la edificación .....	126

2.3.5.-	Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE-ECG/1976 Estructuras - Cargas Gravitatorias y revisiones.....	130
2.3.6.-	La Norma Básica de la Edificación NBE-AE/88 Acciones en la Edificación.....	133
2.3.7.-	Norma reglamentaria de edificación sobre acciones en la edificación en las obras de rehabilitación estructural de los forjados de edificios de viviendas. NRE-AEOR-93.....	135
<b>2.4.-</b>	<b>Normativas de sobrecargas de uso en otros países .....</b>	<b>144</b>
2.4.1.-	Norma alemana DIN-1055 .....	146
2.4.2.-	Norma americana ANSI- A 58.1 1982 .....	150
2.4.3.-	Norma americana UBC-1988.....	159
<b>2.5.-</b>	<b>El Código Modelo y los Eurocódigos .....</b>	<b>163</b>
2.5.1.-	El Código Modelo CEB-FIP 1990 .....	163
2.5.2.-	El Eurocódigo 1: ENV 1991. Parte 1 Bases de proyecto .....	165
2.5.3.-	Eurocódigo 1; parte 2.1: Acciones en edificación.....	169
<b>2.6.-</b>	<b>Sobrecargas repartidas y puntuales.....</b>	<b>176</b>
<b>2.7.-</b>	<b>Superficie tributaria de carga y área de influencia .....</b>	<b>189</b>
<b>2.8.-</b>	<b>La incertidumbre en las sobrecargas de uso. Investigación Culver-76 .....</b>	<b>193</b>
<b>3.-</b>	<b>INVESTIGACIÓN: OBJETIVOS, PLAN EXPERIMENTAL, Y RESULTADOS.....</b>	<b>206</b>
<b>3.1.-</b>	<b>Objetivos de la investigación .....</b>	<b>206</b>
<b>3.2.-</b>	<b>Plan experimental. Metodología.....</b>	<b>210</b>
3.2.1.-	Características del plan.....	210
3.2.2.-	Modelos de fichas de datos y parámetros .....	214
3.2.3.-	Tablas de evaluación de pesos de muebles.....	226
3.2.4.-	Tabla de evaluación de habitantes .....	234
3.2.5.-	Inspecciones y elaboración de las fichas .....	240
<b>3.3.-</b>	<b>Resultados de la investigación .....</b>	<b>244</b>
3.3.1.-	Introducción .....	244
3.3.2.-	Superficie útil de las estancias de la muestra ( <i>S.útil-RME</i> ).....	245
3.3.3.-	Sobrecarga de uso de las estancias de la muestra ( <i>SU-RME</i> ).....	250
3.3.4.-	Sobrecarga de uso de las viviendas de la muestra ( <i>SU-RMV</i> ).....	256
3.3.5.-	Resultados ponderados por estancias ( <i>RPE</i> ) .....	270
3.3.6.-	Resultados ponderados por viviendas ( <i>RPV</i> ) .....	271
<b>4.-</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>275</b>
<b>4.1.-</b>	<b>Introducción. Tablas resumen de resultados .....</b>	<b>275</b>
<b>4.2.-</b>	<b>Ajuste de curvas según mínimos cuadrados.....</b>	<b>283</b>
<b>4.3.-</b>	<b>Discusión de resultados en estancias.....</b>	<b>285</b>
4.3.1.-	Influencia de la tipología de vivienda en la superficie de las estancias.....	285
4.3.2.-	Relación entre el tipo de estancia y la sobrecarga de uso. Influencia de la tipología de vivienda .....	287
4.3.3.-	Relación entre la superficie útil y la sobrecarga de uso de las estancias. Área de influencia .....	290
4.3.4.-	Ajuste hiperbólico de la relación entre la sobrecarga de uso y el área de influencia .....	299
4.3.5.-	Factor reductor para sobrecargas provenientes de varios niveles.....	302
<b>4.4.-</b>	<b>Discusión de resultados en viviendas .....</b>	<b>305</b>

4.4.1.-	Superficie útil y peso del mobiliario en función de la tipología de la vivienda .....	305
4.4.2.-	Influencia de la tipología en la sobrecarga de uso de las viviendas .....	307
4.4.3.-	Valores representativos de la sobrecarga de uso de vivienda.....	310
<b>4.5.-</b>	<b>Discusión de los resultados ponderados.....</b>	<b>313</b>
<b>4.6.-</b>	<b>Propuestas de evaluación.....</b>	<b>316</b>
4.6.1.-	El método determinista (MD).....	316
4.6.2.-	Método del Área de Influencia (MAI).....	318
4.6.3.-	Método de la Evaluación Pormenorizada (MEP).....	320
<b>5.-</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>323</b>
5.1.-	Decálogo de conclusiones .....	323
5.2.-	Síntesis .....	504

#### **Anexos**

<b>Anexo 1.-</b>	Pesos unitarios, auxiliares y compuestos de mobiliario y elementos habituales en viviendas..	325
<b>Anexo 2.-</b>	Tablas de resúmenes de datos, parámetros y cálculo de resultados .....	398
<b>Anexo 3.-</b>	Índice y relación de figuras .....	508
<b>Anexo 4.-</b>	Índice y relación de tablas .....	513
<b>Anexo 5.-</b>	Relación de alumnos colaboradores .....	518

#### **Bibliografía**

Introducción .....	523
Relación bibliográfica .....	524
Bibliografía comentada .....	536

#### **ANEJO DE FICHAS**

<b>Fichas de datos y parámetros de la investigación .....</b>	<b>En tomo aparte</b>
---	-----------------------

Hace unos 10 años que mi dedicación a la patología de la edificación se intensificó con mi incorporación a la Agrupación de Expertos Periciales y Forenses del Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia y posteriormente, al formar parte del SAPA<sup>1</sup> de ASEMAS. En estos años he tenido la oportunidad de inspeccionar, informar y reparar un gran número de edificios cuyas dolencias eran muy variadas, pero en todos se presentaba un mismo signo de identidad, esto es, la ausencia de un procedimiento amparado en normativa o reglamento que permitiera objetivar las diferentes formas de abordar y concluir una peritación. Esta ausencia ha motivado, en mi opinión, que los métodos de análisis estructural y normativas pensados para fases de proyecto se vengán aplicando, en el día a día, a las peritaciones realizadas en los procedimientos entre particulares o a través de los juzgados españoles de forma rutinaria. Esta aplicación, a todas luces errónea, es especialmente significativa en la evaluación de acciones, donde en no pocas ocasiones la gran disparidad de criterio, entre respetados colegas, se ha centrado no tanto en los daños existentes como en las conclusiones derivadas del análisis estructural extraído de ecuaciones y, lo que es peor, de valores deterministas tabulados, como es el caso de la NBE-AE-88, donde se pretende saber la fiabilidad de un elemento estructural “comprobando del lado de la seguridad”, frase bienvenida en las hipótesis de proyecto y para concluir la bondad de una estructura, pero en absoluto suficiente para concluir la ruindad. A este respecto hace tiempo que acuñé el contraste entre fases con los términos, ***proyectar del lado de la seguridad y comprobar del lado de la realidad.***

Por otro lado, la necesaria actualización que me exigen mis clases desde el departamento de Estructuras de Edificación de la UCAM y con la experiencia acumulada durante quince años de ejercicio profesional, modesto pero intenso, me considero un necesario observador del panorama edificatorio donde, en mi opinión, el nivel de avance que han experimentado los procedimientos de análisis de estructuras y métodos de cálculo, sobre todo estos últimos diez años, ha sido muy notable, amparados especialmente en el enorme recurso que ha supuesto la informática para las estructuras de edificación. Sin

---

<sup>1</sup> SAPA: Servicio de Arquitectos Peritos de ASEMAS, Asociación de Seguros Mutuos de Arquitectos Superiores

embargo, no se puede decir lo mismo de las bases de partida (bases de cálculo) y de los sistemas y exigencias del proceso de ejecución. Se olvida muy a menudo que *“una tontería, con muchos decimales, pasa a ser una estupidez”*<sup>2</sup>, y lamentablemente, los datos que se introducen en los procedimientos de cálculo, actualmente tan sofisticados, no están a la altura ni en el nivel de afine necesario para que el procediendo dé resultados satisfactorios. Las bases, contienen valores extremadamente groseros comparados con los refinamientos de cualquier programa de ordenador del mercado; en el caso de las acciones, la dispersión es patente, los pesos propios - los de verdad -, están infravalorados, olvidados, mal aplicados; las sobrecargas de uso, lejos de ser cargas variables, se han convertido en valores deterministas, contenidos en una tabla de los años 60, la idealización correcta del comportamiento estructural ha desaparecido, etc, es decir, creo que es el momento de serenarse y hacerle caso a D. Eduardo Torroja, *“Todo proyectista que descuide el conocimiento de sus principios, está expuesto a graves fracasos; y el caso es que en las escuelas hay tanto que aprender que rara vez queda tiempo para pensar”*<sup>3</sup>. Creo que se debe recuperar el interés por las grandes bases, para que el gran y buen esfuerzo llevado a cabo en los procedimientos, se vea recompensado con la utilización de bases afinadas y acordes con los métodos de cálculo. A este propósito está dedicada modestamente ésta tesis, a estudiar una de las bases que incide, fundamentalmente, en la fase de peritación, esto es, la sobrecarga de uso.

Juan Roldán

Murcia, 2002

---

<sup>2</sup> Expresión repetida, incansablemente, por mi profesor y amigo D. Bernardo Perepérez

<sup>3</sup> TORROJA MIRET, E “Razón y Ser de los tipos Estructurales” CSIC, Madrid 1996

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

## Capítulo 1

### 1.- Introducción

#### 1.1.- El uso “vivienda” en la arquitectura reciente y futura

##### 1.1.1.- Introducción

El estudio y análisis de las sobrecargas de uso que se presentan en la edificación dedicada al uso “vivienda” exige, disponer de una definición del mismo suficientemente precisa para acotar la muestra de trabajo, así como, exponer la evolución e influencias que ha sufrido, especialmente, en los últimos años donde el concepto de vivienda ha estado y está incurso en numerosas reflexiones que, pretenden aportar acciones de futuro en aras de una respuesta arquitectónica capaz de absorber los conceptos de carga histórica, necesidades sociales y función (BARRERA, 1994)<sup>4</sup> de forma apropiada a la realidad del momento, incluyendo sus actuales, y a flor de piel, planteamientos de globalización.

La vivienda, entendida como lugar de alojamiento íntimo, ha tratado desde el origen del hombre de dar respuesta a *necesidades*, especialmente protección y abrigo. La evolución a situaciones de bienestar y cultura suficientes ha propiciado la inclusión de aspectos como comodidad, lujo, apariencia y poder, entre los factores que de forma más agresiva han atacado a la función primaria de la vivienda y está propiciando que las investigaciones en materia de vivienda sean “economía y comodidad para los países desarrollados, y necesidad para los no desarrollados” (BARRERA, 1994).

Es evidente la necesidad de acotar el campo de acción del trabajo que se pretende desarrollar, la evaluación de sobrecargas de uso en viviendas, ya que el estudio no puede ser ajeno a las realidades que el panorama actual arroja en materia de alojamientos. ¿A qué tipo de edificios de vivienda se refiere este trabajo?, ¿a las viviendas marginales de los barrios pobres de las ciudades tildadas de desarrolladas?, ¿a las viviendas unifamiliares de las numerosas urbanizaciones incursas en los distintos campos de golf de las zonas costeras?, ¿a los bloques de viviendas sociales de los barrios periféricos de las grandes ciudades?. Como se ve, debe clarificarse la muestra del trabajo porque de lo contrario incurriríamos en el mayor de los errores, es decir, cerrar los ojos a la diversidad de formas de uso que la realidad social obliga a llevar a cabo en los alojamientos (Figura 1).

Por otro lado, existen numerosos antecedentes sobre el debate del tipo y características de alojamiento que imperan en cada momento. Así, aparecen propuestas desde la remota repetición de asentamientos nómadas, con materiales de poca manufactura, pasando por las propuestas de Vitruvio para asentamientos militares y, ya en el siglo XVI,

---

<sup>4</sup> “Son, sin duda, los conceptos mencionados de relación con la sociedad y por tanto su historia, con sus nuevas necesidades y la nueva forma de uso, los que vertebran el análisis y reflexión en torno al concepto de alojamiento, el nuevo concepto demandado. (Introducción capítulo 1—BARRERA,1994)

Leonardo da Vinci con quien, como en otros avatares técnicos, se recoge la idea de industrializar un tipo de vivienda básico para la propuesta de ciudad que realizó al rey Francisco I de Francia en 1516<sup>5</sup>. Más recientemente, han sido países como Suecia, Alemania, EEUU, Francia, y también España, entre otros, los que han propiciado suficientes foros de debate sobre la adecuación del alojamiento a la demanda del momento, destacando en 1923 la creación de la Cooperativa H.S.B en Suecia, contribuyendo notablemente a la investigación y construcción de viviendas flexibles, en 1927, la exposición de Stuttgart con un claro intento de flexibilizar el interior de las viviendas; y de forma especialmente influyente los sucesivos concursos celebrados en los últimos 20 años por el Ministère de L'Équipement en Francia. También y en la misma línea están, HABITAT 67 en Canadá, Elementa 72 en la RFA, y el concurso ACTUR LACUA en España, para la construcción de unas 70.000 viviendas en Vitoria como respuesta a su Plan Director de 1977<sup>6</sup> (*BARRERA, 1994- Ver especialmente tabla I-2 del tomo 1º*).

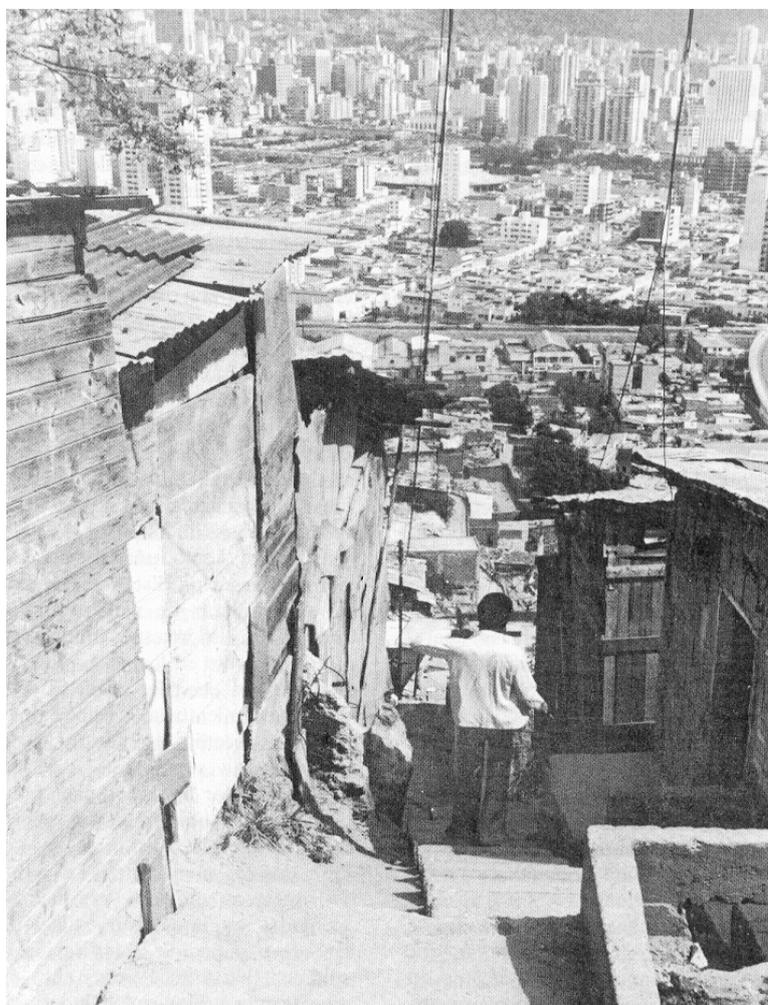


Figura 1 Dos formas de alojamiento: el necesario y el desarrollado

---

<sup>5</sup> *BARRERA, 1994*, “Antecedentes al debate del alojamiento: el papel de las instituciones y de los investigadores”.

<sup>6</sup> *Arquitectura* nº 208-209. Madrid 1977. *Cassabella* nº 453. Milán 1979

Necesitamos utilizar patrones de referencia que nos permitan centrar el tipo de vivienda y el uso con que se corresponde y, el diseño del futuro sólo puede realizarse desde el conocimiento del pasado (*CACHORRO, 1997*), por lo que parece prudente efectuar una breve mirada a la evolución histórica del concepto de alojamiento.

### 1.1.2.- Breve reseña de la evolución histórica del uso “vivienda”

Sin pretender abarcar la totalidad de los procesos que han conformado la evolución de la vivienda hasta nuestros días, pero sí rigurosidad en los datos y momentos, es prudente incorporar, en esta introducción, aquellos eventos que han perfilado la adaptación de las necesidades del lugar y época en la forma y contenido de la vivienda.

En el primer período de la denominada Edad de piedra, concretamente en el Paleolítico<sup>7</sup> los materiales utilizados eran muy primarios, la piedra tallada y los orgánicos troceados. Los alojamientos se disponían en **cuevas, grutas y oquedades naturales** del terreno, por lo que la intervención del hombre en el reto a la naturaleza sólo era para elegir el lugar, que de forma natural le venía dado, sin plantear retos a las singulares leyes del planeta; la vivienda era un espacio natural elegido para ello y muy superficialmente adaptado. No hacía falta el concepto de sobrecarga, ya que la carga de depositaba sobre el propio terreno.



Figura 2 Cueva de Menga (Antequera. Málaga)

En el segundo período de la Edad de Piedra, el Neolítico<sup>8</sup>, surgen tres tipologías distintas de alojamiento: **las chozas, los palafitos y los dólmenes**. Las chozas, aisladas o agrupadas, la mayoría ganadas al terreno con su excavación. Los palafitos, conformando

---

<sup>7</sup> Paleolítico: De paleo - antiguo, y lítico - piedra; período que de forma aproximada se asigna a los años comprendidos entre 30000 a. C. y el 5000 a. C. Se suele dividir en dos etapas: el paleolítico superior (30000 a. C – 10000 a. C.) y el Epipaleolítico o Mesolítico (10000 a. C. – 5000 a. C) (*MARTÍN, 1994*)

<sup>8</sup> Neolítico: Pertenciente o relativo a la segunda etapa de la Edad de la Piedra, o sea la de la piedra pulimentada. Período comprendido entre los años 5000 a. C y el 1700 a.C.

una primitiva vivienda construida por lo común sobre un lago o terreno pantanoso, mediante estacas o pies derechos. Y los dólmenes como elemento base de la cultura megalítica, es decir, aparece el reto, hasta ahora en vigencia, a la ley de la gravedad, y como consecuencia a la transformación y uso de materiales en función de sus posibilidades. Las tres tipologías reseñadas hacen del Neolítico el momento donde se produce la aparición de la vivienda organizada y en comunidades (AZCARATE, 1981). Es un período donde la sobrecarga sigue sin existir como reto específico, ya que la cubrición está exenta del peso de las personas y sus enseres, salvo excepciones, como es el caso de los palafitos, verdadero introductor del concepto de sobrecarga al menos formalmente, sin que se tenga aun conciencia de la necesidad de su control.

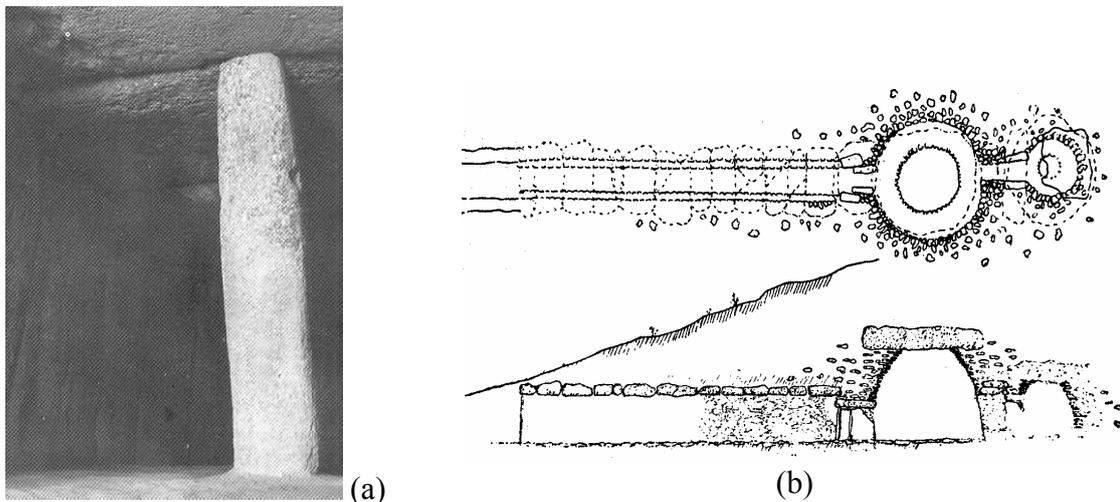


Figura 3 (a) Interior de la cueva de Menga. (b) Cueva del Romeral-Antequera- (sección y planta)

Dentro de la Edad de los Metales<sup>9</sup>, el primer período, el del bronce, se caracteriza por la continuidad de los tipos arquitectónicos y, la aparición de los **talayotes**<sup>10</sup>, torreones de planta cuadrada o circular en forma de cono truncado. Durante el segundo período, el del hierro, se avanzan las técnicas de manipulación de la piedra y otros materiales constructivos, pero se siguen manteniendo los tipos de alojamientos establecidos en base a las cuatro características que siguen (BARRERA, 1994)<sup>11</sup>: espacio único, delimitación con cerramiento y cubierta, crecimiento celular y, exterior tan relevante como el interior.

<sup>9</sup> Edad de los Metales: Período comprendido entre los años 1700 a. C y el periodo romano.

<sup>10</sup> Talayots en Catalán.

<sup>11</sup> BARRERA, 1994: “Hasta este momento cultural e histórico la arquitectura había conservado una serie de invariantes, que la arquitectura romana, paleocristiana y románica no mantendrán tan fielmente” (Párrafo del apartado 2.1.1 del primer tomo).



Figura 4 (a) Conjunto megalítico de Stonehenge. (b) Taula (Menorca)

En el período mesopotámico<sup>12</sup>, con la manipulación más certera de la piedra y del metal se logra incorporar elementos definitivos de evolución técnica, esto es, **el megarón** y **el zigurat**, semiesferas y formas piramidales de piedra realizadas con bloques, incorporándose materiales nuevos como ladrillos y adobes. Se incorporara más tarde la bóveda de cañón y se utilizan como elementos estructurales verticales, soportes de madera y de piedra. Las viviendas se desarrollaban en células unifamiliares por adición de células mínimas que empiezan a vislumbrar al patio como zona de interrelación.



Figura 5 Restos del zigurat de Heftete, cerca de Susa, en la zona Mesopotámica

---

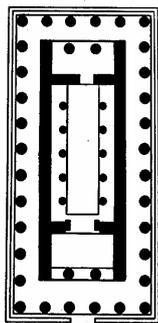
<sup>12</sup> Período comprendido entre el 4000 a. C y el 500-600 a. C.

En las culturas prehelénicas<sup>13</sup> las condiciones sociales y regímenes militares condicionarán el desarrollo comercial de las ciudades más representativas del período. Es la etapa donde se consolida la tipología de **casa con patio** como especial novedad sobre las culturas anteriores; y, se desarrolla una cultura rica y poderosa, donde arraiga el **palacio** como tipología de edificación pública y como alojamiento de lujo.



Figura 6 Palacio de Cnossos en Creta

La civilización griega, sin ser determinante en las aportaciones al concepto de alojamiento, sí que consigue aglutinar las tendencias anteriores y, especialmente confiere un carácter urbano a la adición de células en torno a un territorio, es decir, se acepta conscientemente la importancia de la configuración urbana. Se producen en ésta época diez aspectos que afectarán, en un futuro, al modo de habitar (*BARRERA, 1994*): la personalización de la arquitectura, la incorporación del estilo geométrico, la organización democrática de la política, el desarrollo de una cultura humanística, la exaltación del hombre, el interés por la perfección técnica, la relación con otras artes, la formalización del concepto de Polis, la negación del concepto de espacio interno, y el paso del megarón **al templo**.



(a)



(b)

Figura 7 (a) Templo griego de Afaia en Egina. (b) El Partenón

<sup>13</sup> Etapa Prehelénica: se desarrolla fundamentalmente en ciudades como Creta, Troya, Micenas, Siria, Palestina y Chipre, hasta el año 1000 a. C.

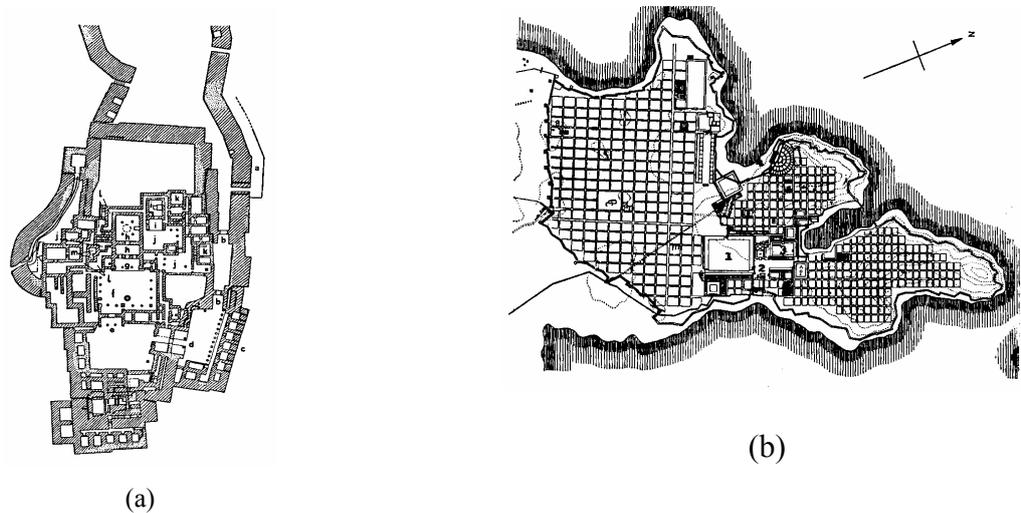


Figura 8 (a) Plano de la Ciudad de Tirinto . (b) Plano de la ciudad de Mileto

La importancia de la fachada, el pórtico, el vestíbulo, etc., consiguen dotar de protagonismo especial a **la ciudad**, apareciendo por un lado, la ciudad orgánica como Tirinto, donde el megarón conforma un entorno por adición pero aportando un trazado sobre el patio, sobre la plaza y sobre la calle; por otro, ciudades de trazado, como Mileto, donde el monumento y el templo adoptan la posición prioritaria en una cuadrícula que se rellena con elementales viviendas surgidas de arrancarle al megarón avances técnicos y funcionales que la conviertan en una de las primeras tipologías en las que la cultura romana basará su aportación al alojamiento colectivo (edificios de viviendas o al menos de habitaciones vivideras), donde la sobrecarga de uso adquiere un protagonismo especial.

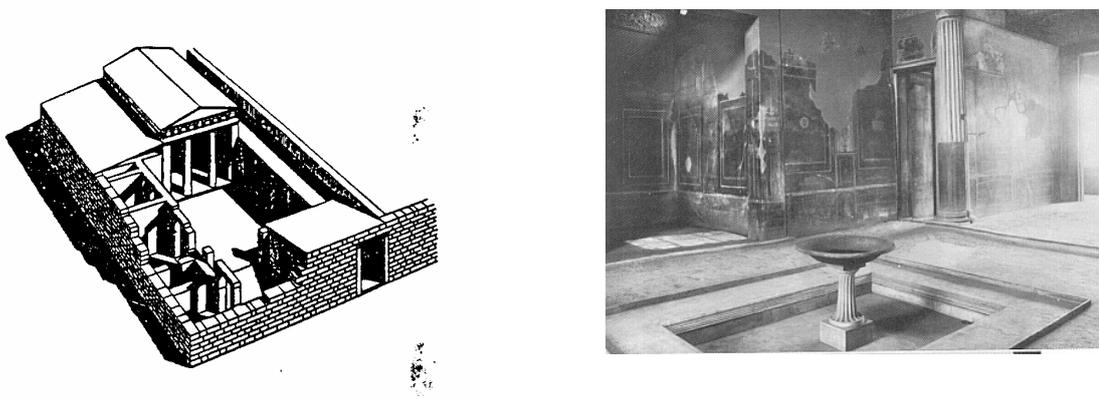


Figura 9 Tipología de la casa romana particular. Domus. Atrio de la casa de Menandro, Pompeya

En la civilización etrusca primero y, después en la romana, la vivienda se consolida entorno a un patio central con cubiertas hacia el exterior o interior, en función

de la necesidad de recoger o no el agua para consumo o utilización, es la denominada **domus** o vivienda particular, generalmente de un solo piso. Pero en la ciudad romana predominaban las casas de alquiler, **ínsulas**, formadas por varios pisos con balcones y ventanas a la calle. El piso bajo se destinaba a tiendas y almacenes. Eran, estas edificaciones, verdaderos bloques de habitaciones de alojamiento, donde la sobrecarga debió analizarse o, al menos, intuirse para los usos habituales de la época. (BARRERA, 1994; MARTÍN GONZALEZ, 1994).



Figura 10 Casas de alquiler romanas de varias plantas. Ínsulas

En las cercanías de las ciudades, la vivienda de los señores que explotaban el campo, contenían mayores comodidades que las domus, eran **las villas** y se corresponden con las actuales viviendas unifamiliares que pueblan las urbanizaciones periféricas de las grandes ciudades, generalmente inmersas en los entornos de un campo que siguen explotándolo, pero ahora, los campos son de golf.

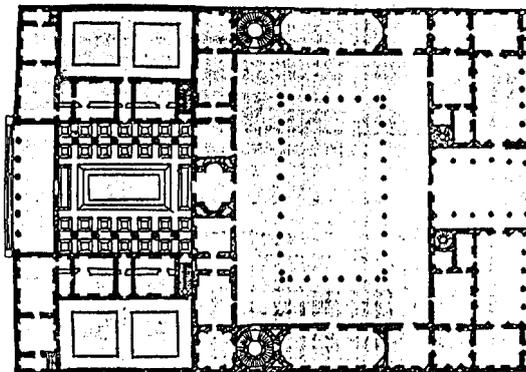


Figura 11 Casa de campo del Fauno. Villa en Pompeya

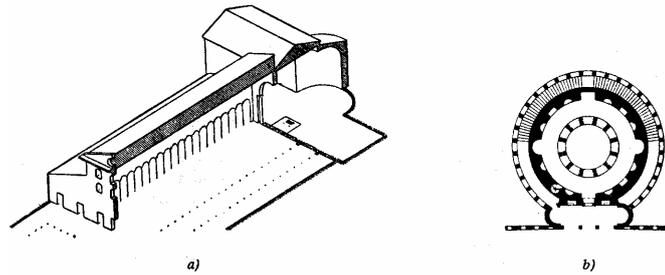


Figura 12 Tipologías de corte paleocristiano: basílica y central

La etapa paleocristiana, viene fundamentalmente caracterizada por la neutralidad en las aportaciones sustanciales al uso vivienda. Hasta el año 313<sup>14</sup> la clandestinidad cristiana hacia que sus reuniones y celebraciones se llevasen a cabo en casas de idénticas características a las del resto del imperio. Después, la aportación fundamental se centrará en el lugar de culto, apareciendo el tipo basilical y el central (Figura 12).

La división del imperio romano permitió dos situaciones de enorme interés para la evolución de la tipología del alojamiento.

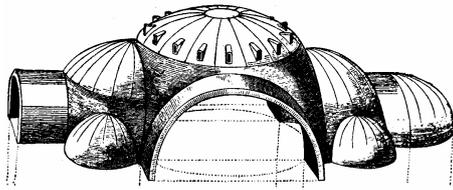


Figura 13 El contrarresto bizantino con bóvedas

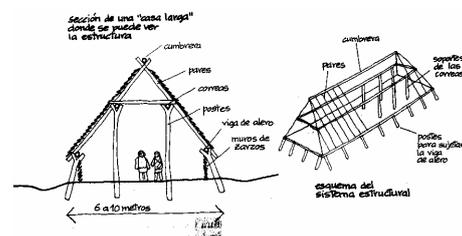


Figura 14 Casa larga germánica

Por un lado, la continuidad y perfección que alcanza el Arte Bizantino en la zona oriental consigue aportar el carácter científico en la construcción (MARTIN, 1994), que si bien no consigue general tipologías nuevas, si que permite el avance en las técnicas de su construcción, sobre todo las basadas en el adecuado uso de la cúpula (Figura 13).

Por otro, la Europa occidental cae en manos bárbaras, lo que da pie a la introducción de las tipologías procedentes de los países invasores, dando la sensación de retroceso, al menos formalmente, si bien estructuralmente la utilización de elementos simples para la construcción de formas volumétricas no puede considerarse sino una aplicación rudimentaria de lo ahora llamamos resistencia de materiales y esfuerzos simples (Figura 14). Las costumbres, el sistema económico, y las nuevas aportaciones bárbaras conformarán los principios del sistema feudal, base de la ciudad medieval (RISEBERO, 1991).

<sup>14</sup> Edicto de Milán, reconocimiento oficial del Estado- Constantino.

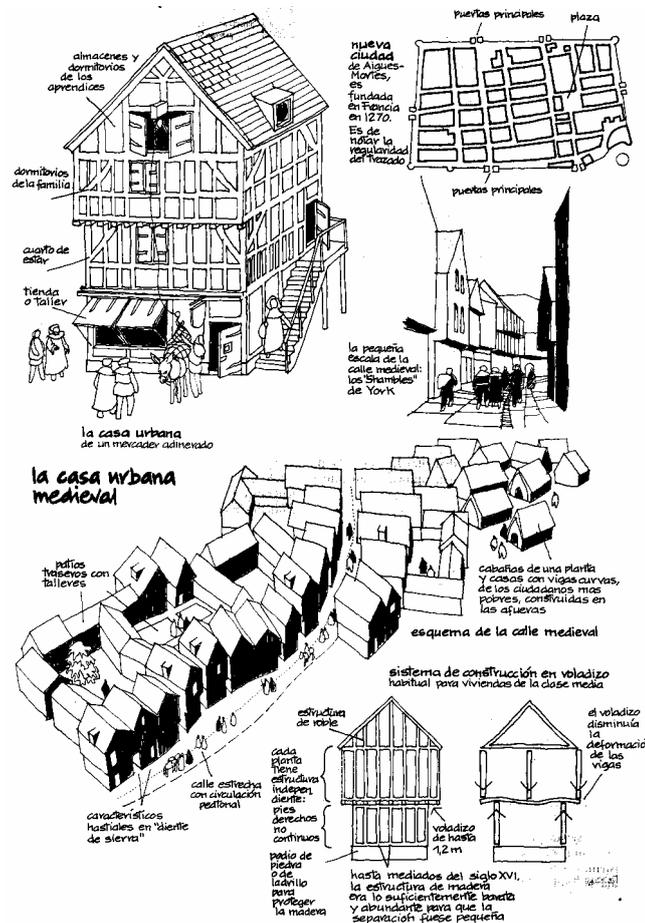


Figura 15 Casa urbana medieval (RISEBERO, 1991)

Las diversas aportaciones tanto en materiales elementales, como la madera (que no se han conservado), de los pueblos bárbaros, “con estructuras complicadas, donde se transmiten de elemento a elemento las cargas y fuerzas” (MARTÍN, 1994), y la continuidad de materiales como la piedra, con las técnicas bárbaras, en muchas ocasiones muy respetuosas con las romanas, propicia que entre los siglos VIII y X se genere un resurgir del protagonismo de muchos países, que con base en lo romano y la herencia bárbara culmina en el románico. Todo lo refinado y puro del románico se reservó para las basílicas, las viviendas de las gentes, dentro de un proceso feudal feroz recordaban más bien las mas primitivas herencias bárbaras, por lo que la evolución tipológica del alojamiento fue nula o negativa hasta la llegada de la ciudad gótica, artesanal y organizada.

En la cultura artesanal de la ciudad gótica, la vivienda representaba con gran exactitud el pensamiento medieval que imperaba en el momento. “La familia artesanal era al mismo tiempo unidad de producción, escuela de formación profesional, unidad

tributaria y centro asistencial”<sup>15</sup>. La **casa artesanal gótica** vivienda era en consecuencia el taller y almacén, el alojamiento privado, el hospedaje de criados y aprendices, y otras funciones afines al núcleo familiar, todas ellas desarrolladas en varias plantas, baja, piso y desván, generalmente de una sola crujía.



Figura 16 Casa gótica artesanal

La ciudad renacentista alberga viviendas de varios tipos, la del pueblo llano, que continua un esquema gótico artesanal; y la del palacio, claro exponente de la primacía de clase y de mecenas. Las tres tipologías clásicas de, domus, ínsula y villa, se recogen en las continuidades de la casa gótica, el bloque colectivo (habitaciones de alquiler) y la villa renacentista. El palacio alcanza la categoría de domus de lujo y villa urbana.

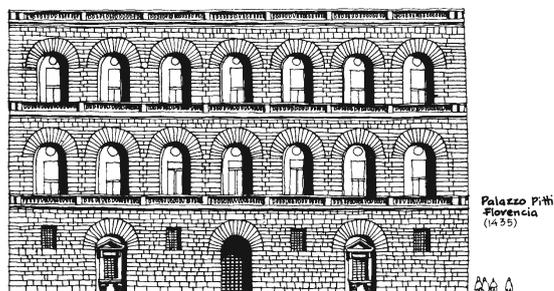


Figura 17 Villa (Rotonda-Palladio) y palacio renacentista (Pitti)

La cultura barroca, con el predominio de la plaza como lugar de encuentro y celebración, dan pie a bloques lineales que la conforman, desarrollándose en varias plantas con corredores superiores y balcones volados sobre la plaza .

Será bien entrado el siglo XVIII cuando la primitiva casa gótica, unifamiliar entre medianeras y en parcela estrecha, evolucione al **bloque plurifamiliar** entre medianeras en profundidad y en parcela ancha, tal y como lo entendemos en la actualidad, con planta

<sup>15</sup> Párrafo recogido en -BARRERA, 1994-, procedente de la Tesis Doctoral de Manuel Arranz, “Los profesionales de la construcción de Barcelona del siglo XVIII”, en Barcelona 1979.

baja y tres o cuatro plantas altas, como primer indicio de lo que traerá la revolución industrial (*BARRERA, 1994*).

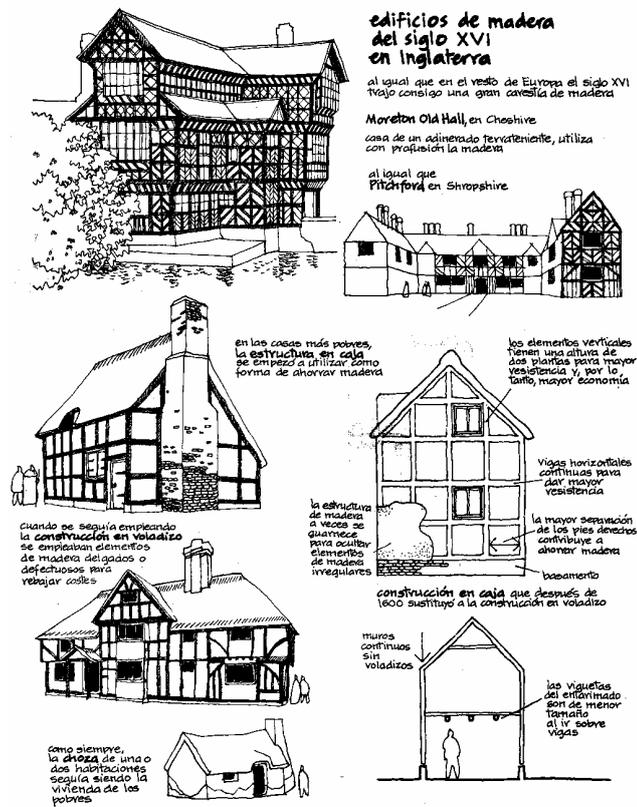


Figura 18 Edificios de madera del s. XVI en Inglaterra (RISEBERO, 1991)

El nacimiento de la ciudad industrial y las consecuencias de la revolución, dan pie al planteamiento capitalista de la adecuación del alojamiento de sus trabajadores, aparecen nuevas tipologías basadas en las primitivas pero con programas más amplios, a la vez que se consolidan las edificaciones colectivas en todas sus categorías.

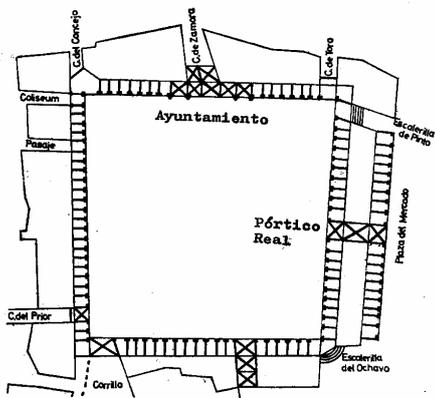


Figura 19 Plaza de Valladolid

Durante los siglos XVII y XVIII, las aportaciones al concepto de alojamiento no son muy importantes, según algunos autores, nulas<sup>16</sup>. Sin embargo, las aportaciones técnicas serán la base del desarrollo científico-técnico que aun perdura, sobre todo las constructivas y las estructurales, basadas en las instituciones que surgen para el estudio y desarrollo de artes y las técnicas como, arquitectura, construcción, mecánica, dibujo, etc.

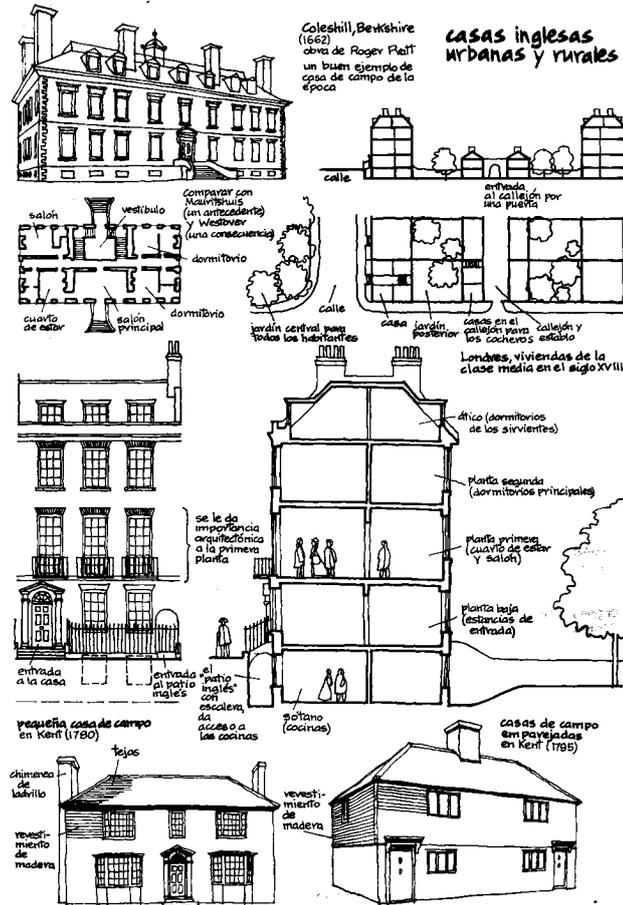


Figura 20 Casas inglesas urbanas y rurales del s. XVII

La ciencia de la construcción, fue evolucionando a lo largo de la historia, desde las técnicas antiguas, griegas y romanas, que perfilaron el dominio del material disponible, extrayendo su generosidad a la compresión y esquivando las situaciones de tracción, pasando por el dintel de piedra sobre ábacos, que da paso al arco romano propiciando la aparición de la funicular de la carga, que exige una adecuada intuición de la mecánica estructural y la resistencia del material, que apoyándose en la concepción estructural de la construcción gótica supone " *un razonamiento, un análisis de esfuerzos y transporte de los mismos hasta su entrega en los cimientos, muy distinto a la intuición* -

<sup>16</sup> BARRERA, 1994: El desarrollo de la evolución del alojamiento que contiene la Tesis de José M. Barrera (apartado 2.1.3) mantiene la nula o escasa aportación del periodo s. XVIII-XIX al uso vivienda. Sin embargo en mi opinión las aportaciones fueron enormes y muy valiosas, no ya técnicas, que nadie las discute, sino también conceptuales, a pesar del momento socioeconómico que supuso la revolución industrial y sus flecos. Ver si no, los rasgos que él mismo desarrolla en los sub-apartados a), b), c), d), y e).

*a veces genial - de la construcción anterior a esa época*<sup>17</sup>. Durante el renacimiento, será la figura de Leonardo de Vinci (como en tantas otras materias) quien aportó los primeros estudios sobre el problema de la flexión, comparando vigas de distintas luces y secciones sometidas a cargas verticales. Durante el siglo XVII hasta el XIX, la evolución técnica y científica de numerosos autores, supone un avance que podemos sintetizar en las siguientes aportaciones” (RODRIGUEZ-AVIAL, 1990):

- Galileo estudio el fenómeno hiperestático de las vigas.
- Aparecen academias y tratados para el progreso de las ciencias<sup>18</sup>.
- Newton y Leibnitz definen el cálculo infinitesimal.
- Roberto Hooke enuncia en 1678 su ley de la proporcionalidad.
- Leonardo Euler concluye sus estudios sobre pandeo.
- Coulomb establece con todo rigor el concepto de *tensión*.



Figura 21 Casas de la rue Rivoli, París 1805. Casas de Park Square, Londres 1812

Será en el siglo XIX cuando la ciencia de la construcción adquiera personalidad propia y experimente un avance del que aun se bebe en la actualidad. Los pasos más significativos que se produjeron pueden resumirse en los siguientes:

- Se empieza a utilizar en construcción el acero.
- Lamé y Navier desarrollan la Teoría de la Elasticidad.
- Cauchy aporta sus avances matemáticos a la teoría.
- En 1874, Morh aplicó el principio de los trabajos virtuales al cálculo de estructuras.
- En 1876, Castigliano estableció su Teorema, y lo aplicó a sistemas reticulares.

---

<sup>17</sup> Resistencia de Materiales. Tomo I. Fernando Rodríguez - Avial Azcunaga. Editorial Bellisco.1990.

<sup>18</sup> Ecole des Ponts et Chaussées (1747); De L'esprit des lois(1748); Aesthetica (1750); Nouve Traité de toute l'architecture (Cordemoy, 1706); Escuela de Arquitectura en Rue de la Harpe (Blondel, 1743); Metodologia Universal de la Edificación (Duran, 1802-09); Dictionari Raisone de Viollet Leduc

- Geber crea las vigas que llevan su nombre para eludir el problema hiperestático.
- Aparecen las primeras patentes del uso de armaduras con hormigón: Patentes Hennebique, Monier, etc.
- Cremona ideó a finales de siglo su método para vigas trianguladas.

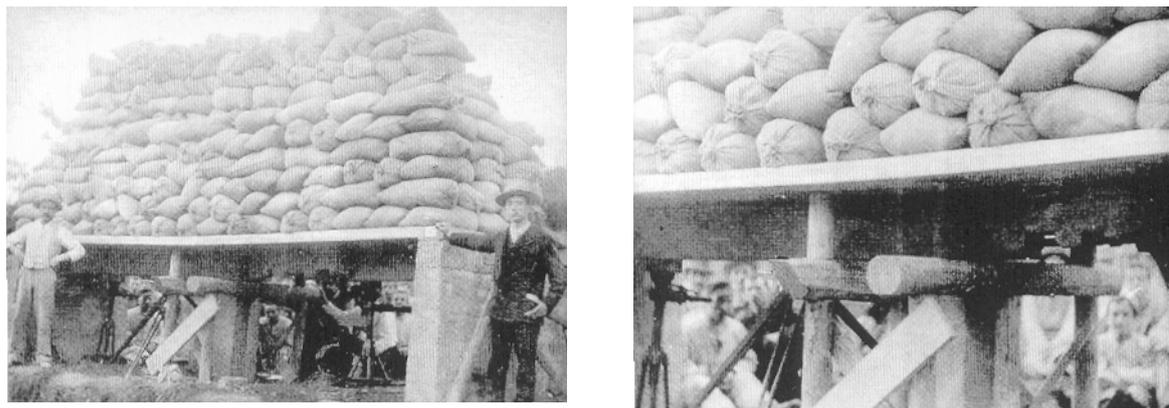


Figura 22 Pruebas de cargas realizadas para el sistema Hennebique en 1894

No obstante, a pesar de los indudables avances técnicos experimentados, el ambiente arquitectónico de estos siglos era continuista con base en los esquemas planimétricos de la vivienda de ensanche, donde la fuerte jerarquización social daba pocas posibilidades de evolución conceptual<sup>19</sup>. A pesar de ello, los rasgos más destacados de este período, anterior al siglo XX, fueron (*BARRERA, 1994*):

- Aparición, con la revolución industrial, de nuevas estructuras de alojamiento: New Towns, alojamientos laborales, organizaciones residencial cooperativistas. Ensanches con nuevas tipologías, estudio del hábitat mínimo, incorporación del baño privativo por vivienda en los tipos unifamiliares.
- Sigue la casa de alquiler marcando la tipología de alojamiento colectivo, si bien aparecen dos cedulas complementarias: la mínima de unos 15 m<sup>2</sup> de estancia única y baño comunitario; y la familiar con 3 o cuatro estancias distintas que incluyen aseo.
- Profundización de la estructura social en niveles; propietarios, inquilinos, y servicio.

---

<sup>19</sup> Es muy interesante contrastar la evolución artística y conceptual contenida en el apartado 2.1.3 de la Tesis Doctoral de José M. Barrera Puigdollers, (*BARRERA, 1994*) y las aportaciones técnicas desarrolladas durante los siglos previos al XX contenida en *RODRIGUEZ-AVIAL, 1990*.

- Avances en las tipologías dotacionales y de equipamientos: mercados, bibliotecas, escuelas, ferias, exposiciones, pabellones, etc., donde la posibilidades de experimentación son mayores en el alojamiento.
- La incorporación del pilar exento (fundición) permitirá al menos disponer de mayores dimensiones en las estancias.

En el siglo XX se produce una circunstancia importante, la aparición del hormigón armado , que propiciará el desarrollo específico de métodos y estudios para la mecánica de estructuras y su vinculación con la resistencia de materiales<sup>20</sup>. En ese sentido , el norteamericano Cross da a conocer su método de estructuras reticulares hiperestáticas en 1930, mientras que paralelamente se desarrolla una clara influencia americana en las tipologías, materiales y conceptos, sobre todo a través de figuras como Gropius, Neutra, Fuller, Mies, y especialmente Louis Khan.



Figura 23 Torres gemelas de apartamentos en Chicago. Mies van der Rohe

Especial incidencia tiene, durante el siglo XX, la evolución ideológica del alojamiento puesta de manifiesto, hasta el inicio de los años 60, en los sucesivos CIAM, Congresos Internacionales de Arquitectura, y hasta nuestros días, con los contenidos del Movimiento Moderno y el desarrollo de las diversas corrientes posteriores.

---

<sup>20</sup> Timoshenko , profesor de mecánica de la Universidad de Stanford recoge sus lecciones en la obra “ *Resistencia de Materiales. Teoría elemental y problemas* ” , editado en España por Espasa-Calpe en 1946. Odone Belluzzi, profesor de Ciencia de la Construcción en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Bolonia, publica sus cursos en cuatro tomos titulados “ *Ciencia de la Construcción* ” en 1957.

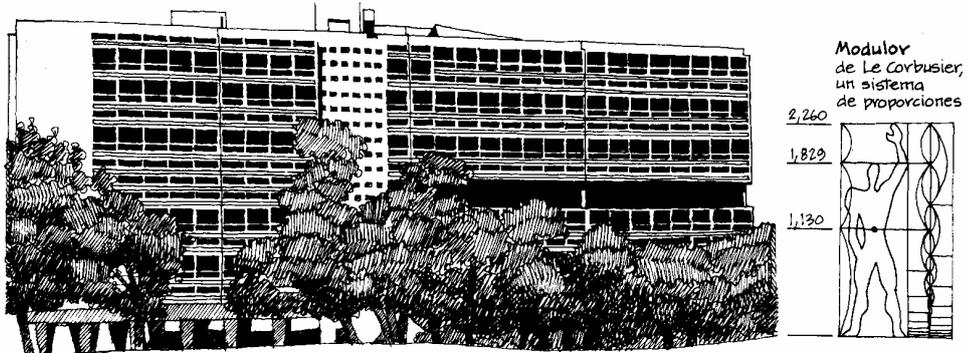


Figura 24 Unitte d' Habitation. Le Corbusier, 1952

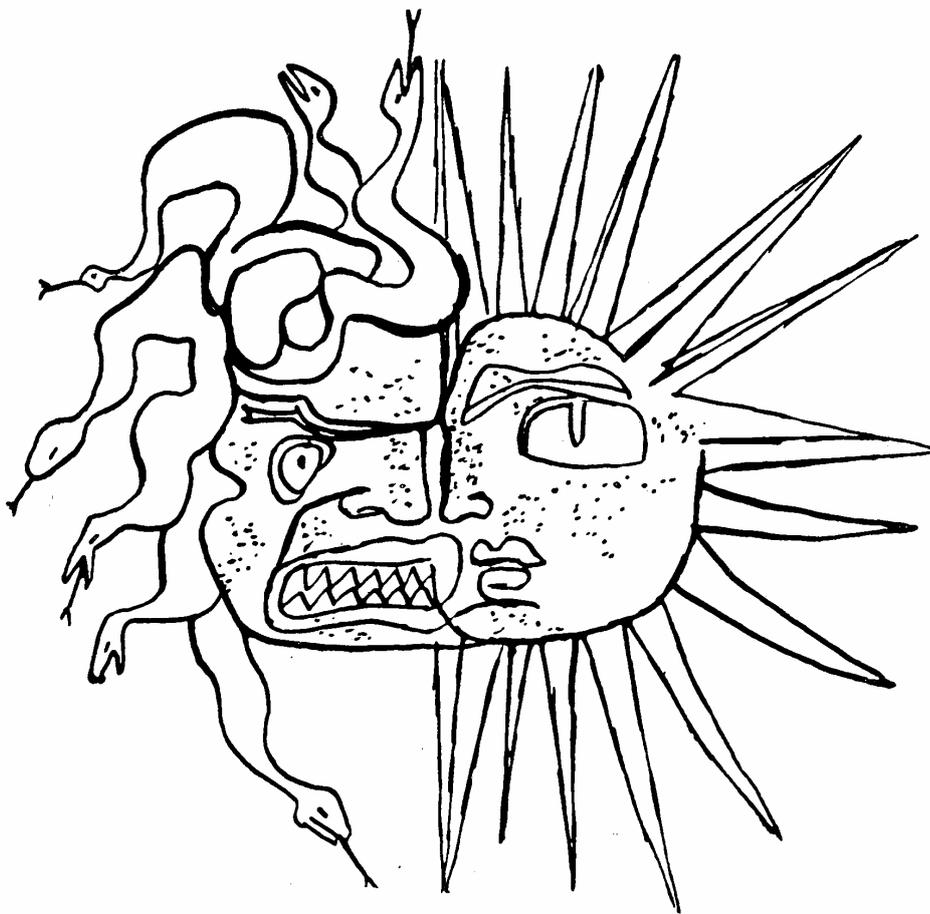


Figura 25 ¿ El desastre contemporáneo o la libertad de la organización espacial?. Le Corbusier

CIAM	Lugar	Principales Conclusiones
1	Sarraz. Suiza 1928	- Vinculación de la arquitectura a las cuestiones políticas y económicas - Dimensionamiento normalizado y métodos de producción eficientes
2	Frankfurt, 1929	- Hábitat mínimo ( <i>Existenzminimum</i> ) - Acuerdo sobre las la vivienda para el mínimo de necesidades
3	Bruselas, 1930	- Gestión del suelo y la reglamentación sobre alturas óptimas y espacio edificatorio
4	Patris. Atenas 1933	- Bajo la dirección de Le Corbusier - Se analiza la ciudad funcional y se concluye con la Carta de Atenas
5	París, 1937	- Bajo la dirección de Le Corbusier - De las cinco áreas de la Carta de Atenas: vivienda, ocio, trabajo, tráfico y transporte; el CIAM 5 se centra en las discrepancias sobre las dos primeras
6	Brigwater. Inglaterra, 1947	- Dominio de los técnicos ingleses y holandeses. - Frente al funcionalismo estricto se plantea un entorno físico vinculado a relaciones emotivas y materiales
7	La Grille, 1949	- Finaliza un terminología para el urbanismo: iniciativa del comité CIRPAC de 1931.
8	Hoddesdon. Inglaterra, 1951	- Lema: “La gente quiere edificios que representen su vida social y comunitaria, para obtener una mayor satisfacción funcional” <sup>21</sup>
9	Aix-en-Provence, 1953	- Bajo la dirección de Smithson y Aldo Van Eijck - Lema: Hábitat - Se cuestionan las cuatro áreas funcionalistas de la Carta de Atenas: vivienda, trabajo, ocio y transporte, y ello, por encima de la célula familiar.
10	Dubronik, 1956	Se le llamó Team X, y aportó la siguiente aclaración: “Todo arquitecto, con sus proyectos bajo el brazo, debe estar dispuesto a dar razones. Hemos de reconocer que hoy imperan nuevas ideas, que se hacen patentes en nuestra aversión a los principios mecánicos de ordenación..., nosotros los arquitectos asumimos nuestra propia responsabilidad”
11	Otterlo, 1959	Ruptura definitiva entre los fundadores de los CIAM y las nuevas generaciones. Supuso el fin de los CIAM

Tabla 1 CIAM: Congreso Internacional de Arquitectos Modernos

Después del movimiento moderno, las corrientes predominantes se han balanceado con el destaque de alguna de las características vitruvianas, firmeza, utilidad y belleza. Sin embargo el panorama actual, está algo alejado de las preocupaciones conceptuales del Movimiento Moderno.

<sup>21</sup> Manifiesto del grupo inglés MARS que bajo el título “ El corazón de la ciudad” influyó notablemente en el desarrollo del congreso.

Actualmente, el proceso edificatorio contempla un panorama algo distinto del que permitió a Vitruvio, hace 2000 años, introducir la firmeza, utilidad y belleza como premisas necesarias y suficientes para conseguir edificar *arquitectura*. Son varios los parámetros que el nuevo milenio tiene que aportar a la trilogía vitruviana, y entre ellos dos que ya no tienen espera: la rentabilidad y la responsabilidad (ROLDAN, 1999).

La rentabilidad por cuanto nos debemos convencer, de que toda arquitectura está asociada a una edificación, aunque no siempre toda edificación lo esté a un resultado arquitectónico, que es el resultado de un sistema de ecuaciones entre las que la finalidad cada vez se mide más en términos de rentabilidad, rentabilidad económica para el promotor, rentabilidad social para el político, rentabilidad comercial para los agentes afines, rentabilidad cultural para el patrimonio general, rentabilidad global para el usuario. Y este parámetro de rentabilidad no debe ser impedimento para llevar a cabo buena arquitectura, más al contrario, es un parámetro necesario de cumplir para su obtención.

Por otro lado, la responsabilidad, la responsabilidad como factor garante de la calidad de la arquitectura, arquitectura que se expresa ineludiblemente a través de la edificación, y ésta, intervenida por un conjunto de agentes cuya situación actual exige una clarificación, una individualización de respuestas, exige en definitiva una ordenación. En este contexto adquiere un protagonismo especial a reciente Ley de Ordenación de al Edificación<sup>22</sup>.

Es preciso identificar las tipologías de viviendas que surgen en la actualidad como representantes del alojamiento o uso vivienda. Recientes encuestas del CIS<sup>23</sup> nos indican que las tipologías en que viven los españoles son, la vivienda de bloque (57,8%), la vivienda adosada o agrupada (11%), y la vivienda aislada (31%). Así mismo, la incidencia del tipo de promoción, sea pública, subvencionada o privada incide en la tipología de alojamiento; la promoción pública centra su atención, fundamentalmente ,en la edificación de vivienda en bloque, mientras que la privada, desarrolla las tres formas de alojamiento; la subvencionada raras veces penetrar en la promoción de viviendas aisladas.

Promoción	Privada	Subvencionada	Pública
Tipología de vivienda			
Bloque			
Adosada/pareada			
Aislada			

Tabla 2 Relación entre tipo de alojamiento y su forma más habitual de promoción

<sup>22</sup> Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

<sup>23</sup> CIS: Centro de Investigaciones Sociológicas. Encuesta barómetro de junio 2001. La podemos encontrar en <http://www.cis.es/baros/frame.html>

### 1.1.3.- Estadísticas recientes

Tanto en estudios de iniciativa pública como privada, encontramos suficientes trabajos ,en España, que nos permiten extraer datos sobre al edificación en general y sobre las viviendas en particular. Así, las fuentes que han generado la información que sigue son:

- Censo de edificios de 1990 y Censos de Población y Viviendas de 1991, del Instituto Nacional de Estadística. (*INE, 1991 y 1992*).
- Boletines estadísticos nº 49 y nº 50, correspondientes al III y IV trimestres 2000 de la Consejería de Política Territorial y Ordenación del Territorio de la Región de Murcia (COPOT, 2000); y boletín nº 51 del I trimestre de 2000, (COPOT, 2001).
- Informes de coyuntura de edificación del III y IV trimestres de 2000, del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. (*CSCAE, 2000*); y informe de coyuntura del I trimestre de 2001 (*CSCAE, 2001*).
- Anuario estadístico de la Región de Murcia, 2000, tomos 1 y 2, realizado y editado por la Dirección General de Economía y Estadística de la Región de Murcia. (*DGEE, 2000*).
- Tesis doctoral de D. Emilio Cachorro Rodríguez sobre “Población y Vivienda en la Murcia del siglo XX, editada por la Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Cajamurcia y el Colegio Oficial de aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia. (*CACHORRO, 1997*)
- Series estadísticas de Obras de edificación 1998 y 1999 de la Dirección General de Programación Económica. (*M. FOMENTO, 2000*)

Los datos que se desarrollan a continuación pretenden recoger la situación de la edificación en los últimos años, utilizando para ello tres parámetros representativos, esto es: la población, los edificios, y las viviendas.

Un dato de gran trascendencia en la relación entre la población y la vivienda es, el número medio de miembros que componen los distintos hogares. En la Encuesta Sociodemográfica de 1991 del INE, se recoge el dato aludido para cada Comunidad Autónoma y para el total de España (Tabla 3). Como valores más representativos encontramos que el número medio de miembros por hogar mayor lo aporta la Ceuta y Melilla con el valor 4,04, mientras que el valor menor se da en Aragón con 3,03. El valor medio de España es de 3,28 miembros, que comparado con la media europea de 2,60 aportado por Eurostat para la CEE-12, nos pone a España un 16% por encima de la media de nuestros países cercanos.

Comunidad	Nº de miembros por hogar 1991
Andalucía	3,52
Aragón	3,03
Asturias	3,14
Baleares	3,06
Canarias	3,68
Cantabria	3,33
Castilla León	3,11
Castilla La Mancha	3,22
Cataluña	3,16
C. Valenciana	3,17
Extremadura	3,19
Galicia	3,41
C. Madrid	3,27
R. Murcia	3,46
Navarra	3,36
País Vasco	3,30
Rioja	3,05
Ceuta y Melilla	4,04
España	3,30
Europa	2,60

Tabla 3 Número de miembros por hogar 1991<sup>24</sup>

Igualmente, es de gran interés disponer del número de hogares que están censados en España y repartidos en función del número de miembros que los forman. Así en la Tabla 4 se recogen los datos que la Encuesta Sociodemográfica de 1991 aportó, destacando que, de los casi doce millones de hogares censados, casi el 80% (79,7%) están formados por no más de 4 miembros.

Nº miembros en el hogar	1991	
	Nº Hogares	%
1	1.585.477	13,40
2	2.621.944	22,15
3	2.424.360	20,48
4	2.801.837	23,67
5	1.433.357	12,11
6	689.787	5,83
7	218.963	1,85
8	76.854	0,65
9	30.587	0,26
10	12.083	0,10
>10	11.068	0,09
<b>Total</b>	<b>11.836.320</b>	<b>100,00</b>

Tabla 4 Número de hogares en función del nº de miembros que los componen<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Fuente: Encuesta Sociodemográfica 1991 INE y Eurostat para CEE-12

<sup>25</sup> Fuente: Encuesta Sociodemográfica 1991 INE y *CACHORRO 1997*

El número de edificios que los censos sucesivos desde 1970 hasta 1990 del INE recogen para España (Tabla 5), nos demuestran el crecimiento, casi constante, de aproximadamente un millón de edificios por década, existiendo en 1990, del orden del 50% más de edificios que en 1950. En los datos que disponemos de la última década, 1990-2000, el crecimiento porcentual se puede prever incluso superior al 15,5% de media de las dos décadas anteriores.

	1950	1970	1980	1990
Nº de Edificios en España	5.442.640	6.184.011	7.137.682	8.286.333
Índice de crecimiento relativo entre años consecutivos	1	-	1,15	1,16
Índice de crecimiento acumulado con referencia en 1950	1	1,15	1,31	1,52

Tabla 5 Número de edificios en España desde 1950. Índice de crecimiento<sup>26</sup>

De los más de 8 millones de edificios censados en 1990 (Tabla 5), es muy significativo reseñar que el 93% están destinados, como uso principal, a vivienda (Tabla 6). Es decir, en 1990, unos 7,7 millones de edificios estaban destinados, fundamentalmente, a albergar viviendas. Si a ello unimos que de los datos disponibles en 1990, el número medio de viviendas por edificio era de 2,2 (Tabla 10), podemos concluir que en 1990 existían unas 17 millones de viviendas, dato que coincide sensiblemente con el recogido en el censo de 1991 por el INE (Tabla 15).

Uso principal	1990	
	Nº edificios	%
<b>Vivienda</b>	7.690.885	93 %
<b>Otros usos</b>	595.448	7 %
<b>Total edificios</b>	8.286.333	100 %

Tabla 6 Uso principal de los edificios: 1990<sup>27</sup>

En la última década, y extraído de los datos contenidos en las Series Estadísticas de obras y Edificación de 1998 y 1999, elaboradas por el Ministerio de Fomento (M.

<sup>26</sup> Fuente: Censos de Edificios 1950, 1970, 1980 y 1990. INE

<sup>27</sup> Fuente: Censo de Edificio 1990. INE

*FOMENTO, 2000*), el número de viviendas por construir a reflejado unos porcentajes de distinción de la tipología, aislada, adosada y en bloque, muy parecidos. La media en el período 1992-1999 es del 10%, 21%, y 69% para las tipologías de vivienda aislada, adosada y en bloque, respectivamente (Tabla 8). Es decir, casi el 70% de las viviendas previsiblemente construidas en la última década, son viviendas contenidas en bloques, y sólo un 10% lo han sido como aisladas. De la evolución en los años censados, es de destacar que las viviendas adosadas han ido incrementando su porcentaje desde 1992 hasta 1999, pasando del 19% hasta el 22%. Las viviendas en bloque mantienen sus porcentajes de reparto y sólo se nota una ligera variación a la baja, en los porcentajes de ejecución de viviendas unifamiliares (Tabla 7).

Año		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Tipología									
<b>Aislada</b>	Nº	24.585	22.959	26.630	30.141	32.068	34.567	48.151	47.871
	%	11%	11%	10%	10%	11%	10%	11%	9%
<b>Adosada</b>	Nº	41.793	44.191	59.852	63.020	57.076	70.064	88.958	111.633
	%	19%	20%	22%	20%	20%	21%	21%	22%
<b>Bloque</b>	Nº	154.012	149.632	181.752	215.848	193.787	232.730	293.294	358.551
	%	70%	69%	68%	70%	68%	69%	68%	69%
<b>Total</b>	Nº	220.390	216.782	268.234	309.009	282.931	337.361	430.403	518.055
	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 7 Número de viviendas según su tipología y por año desde 1992 hasta 1999<sup>28</sup>

Actualmente, y a falta del Censo de Población y Vivienda del 2001, que el Instituto Nacional de Estadística tiene previsto elaborar en octubre de 2001<sup>29</sup>, el número de viviendas existentes puede ser extrapolado sin más que sumar los 17 millones que se pudieron censar en 1991 y los 2,5 millones computados en el periodo de 1992-1999 del Ministerio de Fomento (*M. FOMENTO, 2000*), lo que supone unos 19,5 millones, que junto a las 500.000 viviendas que contiene el último informe de Coyuntura de Edificación del Consejo Superior de Arquitectos de España (*CSCAE, 4T/2000*), supone unos **20 millones de viviendas** al inicio de este tercer milenio.

Tipología	Período 1992-1999	
	Nº viviendas	%
Aislada	266.972	10%
Adosada	536.587	21%
Bloque	1.779.606	69%
<b>Total viviendas</b>	<b>2.586.165</b>	<b>100%</b>

Tabla 8 Número y porcentaje de viviendas según su tipología en el período 1992-1999<sup>30</sup>

<sup>28</sup> Fuente: Series Estadísticas del Ministerio de Fomento: Obras en Edificación 1998 y 1999

<sup>29</sup> Así, al menos se recoge en su pagina web, a fecha 30 de julio de 2001 : <http://www.ine.es>

<sup>30</sup> Fuente: Series Estadísticas del Ministerio de Fomento: Obras en Edificación 1998 y 1999 y elaboración propia



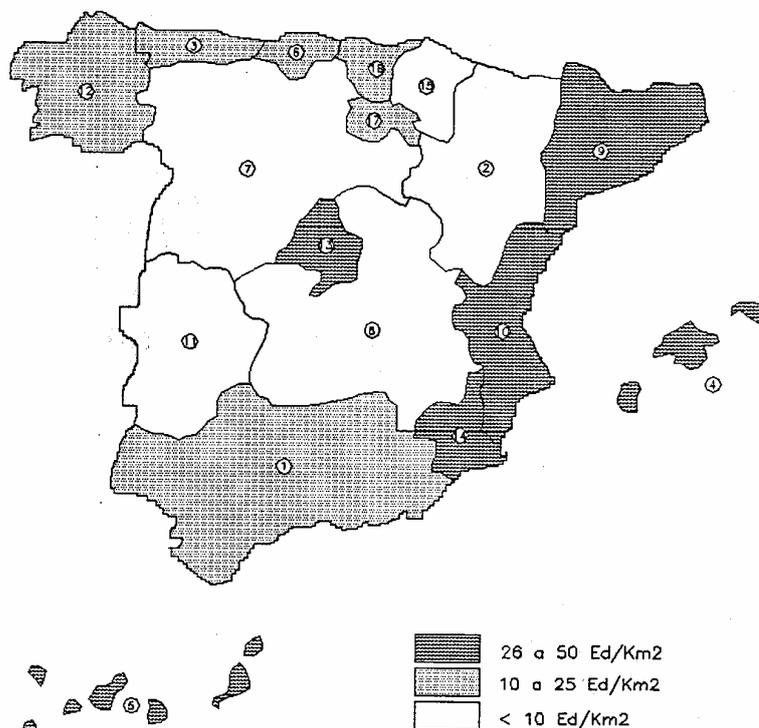


Figura 26 Densidades de edificación en España (1990)<sup>31</sup>

La forma en que distribuyen los más de 8 millones de edificios del país, según el último censo del año 1990, es abrumadoramente urbana, es decir, el 88% de los edificios se encuentran en núcleos ya conformados, ciudades, pueblos, etc. Sólo el 12% se desarrolla en lo que podríamos calificar en forma diseminada<sup>32</sup>, dispersa, sin formación de núcleo urbano (Tabla 9). Por otro lado, las zonas de mayor densidad de edificación se encuentran en toda la costa levantina, Murcia, Valencia y Cataluña, Las Islas Canarias, y Madrid en el interior (Figura 26).

	1990	
	Nº	%
<b>Edificios localizados en núcleos de población</b>	7.320.966	88 %
<b>Edificios localizados de forma diseminada</b>	965.367	12 %
<b>Total edificios</b>	<b>8.286.333</b>	<b>100 %</b>

Tabla 9 Localización de los edificios en núcleo o diseminados. 1990<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Fuente: Censo de Edificios 1990, INE y; *CACHORRO, 1997*

<sup>32</sup> Ver referencia: IETcc, CSIC, Informes nº 458 donde se desarrolla un estudio sobre la localización de las construcciones en el ámbito rural.

<sup>33</sup> Fuente: Censo de Edificios 1990, INE

Según hemos visto, el número de edificios en el último censo nacional (*INE, 1990*) era de unos 8 millones, de los que 7,7 estaban destinado al uso principal “vivienda”. En la Tabla 10 se puede ver la distribución de los edificios según el número de viviendas que contienen, destacando que casi el 84% son viviendas unifamiliares, es decir, unos 6,5 millones de edificios eran viviendas unifamiliares en 1990. Si tenemos en cuenta que el nivel de construcción de viviendas unifamiliares es, en la última década, del 31% (Tabla 8: aisladas+adosadas), podemos concluir que unas 800.000 son las construidas desde 1992 hasta 1999 (Tabla 8). En consecuencia, actualmente, junto a las 200.000 viviendas (aproximadamente) del año 2000, deben existir de forma aproximada unos 7,5 millones de viviendas unifamiliares<sup>34</sup> (aisladas+adosadas), lo que representa cerca del 40% de los 20 millones de viviendas que estimamos que existen actualmente en España.

Nº viviendas	% edificios. 1990
1	83,77
2	4,98
3	1,72
≥ 4	9,53

Tabla 10 Porcentaje de edificios según el nº de viviendas que contienen. 1990<sup>35</sup>

La vivienda adosada ha adquirido cierto ritmo de crecimiento durante la última década (21%), por lo que admitiendo hasta el año 1990 la mitad de la proporción de la última década (10,5%), podemos estimar que de los 20 millones de viviendas actuales unos 2,5 millones son viviendas adosadas y por tanto unos 5 millones son viviendas aisladas. El número de viviendas en bloque se estima en consecuencia en  $20 - (5 + 2,5) = 12,5$  millones. En términos porcentuales podemos estimar que actualmente existen los porcentajes que se indican en la Tabla 11, donde se comparan los datos extrapolados de los obtenidos de la Encuesta de Población y Vivienda del INE en 1990 y los datos de Encuesta Barómetro de junio de 2001 del Centro de Investigaciones Sociológicas (*CIS, 2001*).

	Extrapolación propia	CIS 2001	Media
Viviendas aisladas	25,0 %	31,0 %	<b>28 %</b>
Viviendas adosadas	12,5 %	11,2 %	<b>12 %</b>
Viviendas en bloque	62,5 %	57,8 %	<b>60 %</b>

Tabla 11 Porcentaje de viviendas en España según su tipología. 2000<sup>36</sup>

<sup>34</sup> Esta extrapolación se podrá confirmar cuando se disponga del censo de población y vivienda del INE 2000.

<sup>35</sup> Fuente: Censo de Viviendas 1990. INE

<sup>36</sup> Fuente: Extrapolación de INE, *CIS 2001* y aportación propia

Plantas \ Año	1	2	3	4	5	6	7 y 8	≥9
1950	39,33	45,04	12,49	1,92	1,23	-	-	-
1970	43,45	41,86	7,88	2,60	1,96	1,02	0,71	0,53
1980	44,92	38,92	7,66	3,04	2,33	1,23	1,06	0,84
1990	41,33	42,24	8,11	3,04	2,23	1,20	1,08	0,76

Tabla 12 Porcentaje de edificios según el nº de plantas<sup>37</sup>

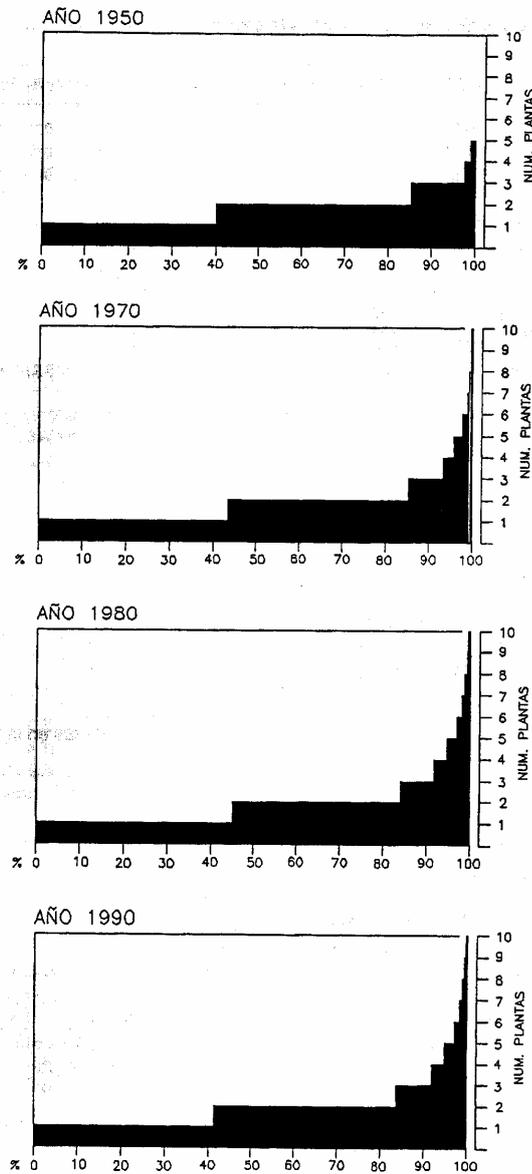


Figura 27 Perfil gráfico de los edificios según el nº de plantas<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Fuente: Censos INE 1950, 1970, 1980 y 1990 y CACHORRO, 1970

<sup>38</sup> Fuente: CACHORRO, 1970, gráfico 3.18.

Por otro lado, el número de plantas, más representativo de los edificios, hasta 1990 era de 1 ó 2 plantas, puesto que representaban más del 80% de los existentes. Si consideramos el número de los edificios que tenía no más de 3 plantas, estos representaban más del 90% (Tabla 12). El perfil de las edificaciones en España desde 1950 hasta 1990 lo aporta la Figura 27.

En cuanto a la edad del parque de viviendas, es importante reseñar como se va produciendo un autentico rejuvenecimiento del mismo; así en 1950, la edad media del parque de viviendas era de 98 años, mientras que en 1990 pasó a 44 años.

Año	Edad media
1950	98
1970	71
1980	52
1990	44

Tabla 13 Edad media de los edificios en España<sup>39</sup>

En consonancia con lo dicho, el estado de los edificios en las tres ultimas décadas a mejorando, destacando como en 1990 casi el 84 % de los edificios eran considerados como en buen estado, cuando en 1970 el porcentaje estaba en torno al 60%.

Estado Año	Ruina %	Malo %	Deficiente %	Bueno %
1970	0,99	9,75	28,62	60,63
1980	0,77	7,70	22,01	69,52
1990	0,62	3,66	11,73	83,99

Tabla 14 Estado de los edificios en España según distintos censos. %<sup>40</sup>

De los 17 millones de viviendas censadas en 1991 casi el 70% lo eran como viviendas principales, mientras que con carácter secundario sólo se contaba con un 15%. Es muy significativo el aumento de las viviendas en segunda residencia desde 1970 hasta 1991; así, pasó del 7,5 % al 15,3 %, es decir más del doble en términos porcentuales y ,as del triple en términos absolutos de número de viviendas (Tabla 15).

Año	Dedicación o uso								Total	
	Principal		Secundario		Desocupadas		Otros			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1970	8.505.251	79,8	796.185	7,5	1.137.742	10,7	219.704	2,0	10.658.882	100
1981	10.431.300	70,1	1.898.600	12,8	2.396.200	16,2	44.860	0,9	14.771.000	100
1991	11.824.851	68,9	2.628.817	15,3	2.226.563	13,0	492.455	2,8	17.147.879	100

Tabla 15 Número de viviendas en España en las tres últimas décadas. Distinción por dedicación uso<sup>41</sup>

<sup>39</sup> Fuente: *CACHORRO, 1997*

<sup>40</sup> Fuente: Censos de Población y Vivienda 1970, 1980 y 1990, INE; y *CACHORRO, 1977*

<sup>41</sup> Fuente: Censos de Población y Vivienda 1970, 1980 y 1990, INE

En cuanto al tamaño de la vivienda, de los estudios realizados, se puede extraer que en torno al 60% de las viviendas tienen una superficie útil no superior a 90 m<sup>2</sup>, y que la superficie media en los últimos años a pasado de los 82,22 de 1970, por los 91,46 de 1981, hasta los 89,48 de 1991. Es de destacar como el número de viviendas que superan los 150 m<sup>2</sup> está en torno al 5% (Tabla 16).

Año	1970	1981	1991
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	%	%	%
<31	3,10	0,99	0,56
31-60	17,92	10,80	8,89
61-90	45,04	42,59	50,32
91-120	25,67	32,01	28,79
121-150	4,75	7,42	6,47
151-180	1,96	2,78	2,33
>180	1,57	3,40	2,64
Valor medio de la superficie útil (m <sup>2</sup> )	<b>82,22</b>	<b>91,46</b>	<b>89,48</b>

Tabla 16 Superficies útiles de las viviendas. Evolución desde 1970 en %<sup>42</sup>

En la Región de Murcia, según los datos del último Anuario Estadístico (*DGEE, 2000*), la superficie construida y útil, media, según la tipología de vivienda se recoge en la Tabla 17, donde además hemos incluido la relación entre superficies como parámetro de comparación entre ellas. ES importante observar como la relación Su/Sc va creciendo según que la tipología de vivienda sea en bloque, adosada o aislada, lo que supone un mayor aprovechamiento de las viviendas unifamiliares en detrimento de las viviendas en bloque. Los valores medios han sido obtenidos aplicando los coeficientes de ponderación de la Tabla 11.

	Sup. útil (m <sup>2</sup> )	Sup. construida (m <sup>2</sup> )	Relación Su/Sc
Aisladas	128,6	146,1	<b>0,88</b>
Adosada	95,8	116,8	<b>0,81</b>
En bloque	80,8	103,6	<b>0,78</b>
Media	95,9	117,1	<b>0,79</b>

Tabla 17 Superficies útiles y construidas en función de la tipología de vivienda. Murcia, 1996-99<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Fuente: Censos de población y vivienda 1970, 1980, 1990, INE.

<sup>43</sup> Fuente: Anuario estadístico de la Región de Murcia, 2000, tomos 1 y 2. Dirección General de Economía y Estadística de la Región de Murcia. Murcia, 2000

Analizando el tamaño atendiendo al número de habitaciones, en 1991 más del 93% de las viviendas eran de no más de 6 estancias, lo que suponiendo como constantes la cocina y el salón-comedor, hace suponer que del orden del 93% son viviendas con no más de 4 dormitorios (Tabla 18). El valor medio del número de habitaciones era en 1991 de 4,80.

<b>Nº habitaciones</b>	<b>Año</b>	<b>1991 % de viviendas</b>
1		0,47
2		2,40
3		11,34
4		26,12
5		35,59
6		16,72
7		4,12
≥8		3,24
<b>Valor medio del nº de habitaciones</b>		4,80

**Habitaciones:** salón-comedor, cocina y dormitorios. Se excluyen baños, aseos y piezas de SU<4 m2

Tabla 18 Número de habitaciones de las viviendas. Porcentajes<sup>44</sup>

La superficie útil media de los 17 millones de viviendas censadas en 1991 era de 89,48 m2 (Tabla 19). Al estudiar la superficie útil en función de la dedicación (principal o secundaria) de la vivienda se concluye una mayor superficie útil media para las viviendas de carácter principal (92,78 m2) que para las de carácter secundario (81,93 m2)

<b>Dedicación</b>	<b>Año</b>	<b>Viviendas 1991</b>	
		<b>%</b>	<b>S. Útil media (m2)</b>
<b>Principal</b>		62,03	92,78
<b>Secundaria</b>		21,07	81,93
<b>Desocupada</b>		15,66	86,45
<b>Otras</b>		1,25	86,05
<b>Total</b>		100,00	<b>89,48</b>

Tabla 19 Reparto porcentual de viviendas y superficie útil media según su dedicación<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Fuente: Censo de población y vivienda, 1990, INE.

<sup>45</sup> Censo de población y vivienda de 1990, INE y elaboración propia

El estado de los edificios en 1990 cifraba en un 84% los que se consideraban en buen estado. Para el caso de las viviendas el porcentaje es muy similar, el 83,89 % eran considerados en buen estado.

<b>Año</b>	<b>1990</b>
<b>Estado</b>	<b>%</b>
<b>Ruina</b>	0,46
<b>Malo</b>	3,86
<b>Deficiente</b>	11,80
<b>Bueno</b>	83,89

Tabla 20 Estado de las viviendas. 1990<sup>46</sup>

Por último es importante reseñar como en España el régimen de tenencia de las viviendas es abrumadoramente en propiedad. Así, el 78% de las viviendas en 1991 eran en propiedad, mientras que sólo el 15% se utilizaban en régimen de alquiler. Recientemente, la encuesta del CIS incrementa aun más el régimen de propiedad al cifrarlos en el 84,9% de las viviendas y el 14,2% en régimen de alquiler, valores que comparados con las medias de los países europeos más cercanos (Francia 41% en alquiler, Reino Unido 45%, Alemania 62%, etc...), hace destacar aun más el carácter de disfrute en propiedad que prefiere el ciudadano español.

<b>Año</b>	<b>Régimen de tenencia</b>			
	<b>Propiedad</b>	<b>Alquiler</b>	<b>Facilitada</b>	<b>Otras formas</b>
1991	78,37	15,03	4,61	2,00

Tabla 21 Régimen de propiedad de las viviendas. 1991<sup>47</sup>

<sup>46</sup> Censo de población y vivienda de 1990, INE

<sup>47</sup> Censo de población y vivienda de 1990, INE

### 1.1.4.- El alojamiento futuro

Desde el final del Movimiento Moderno, las investigaciones sobre el desarrollo del alojamiento, han sufrido la singularidad del momento en los denominados estilos. Realmente los avances, en más de medio siglo, dejan atónito al observador que de forma serena y razonaba los analiza, ya que comparando el desarrollo industrial del resto de los productos cotidianos con el de la vivienda, podemos concluir que tal desarrollo está estancado o encauzado hacia una industrialización de componentes pero no del alojamiento.

Es importante observar al respecto, la Figura 28, recogida por Gropius en uno de sus artículos publicados por el Instituto de Diseño de Chicago, donde la industrialización del proceso de producción del automóvil, consiguió en Estado Unidos una bajada 20-50%, en 13 años de aplicación, mientras que la construcción, manteniendo el sistema tradicional, consiguió incrementarlo al doble.

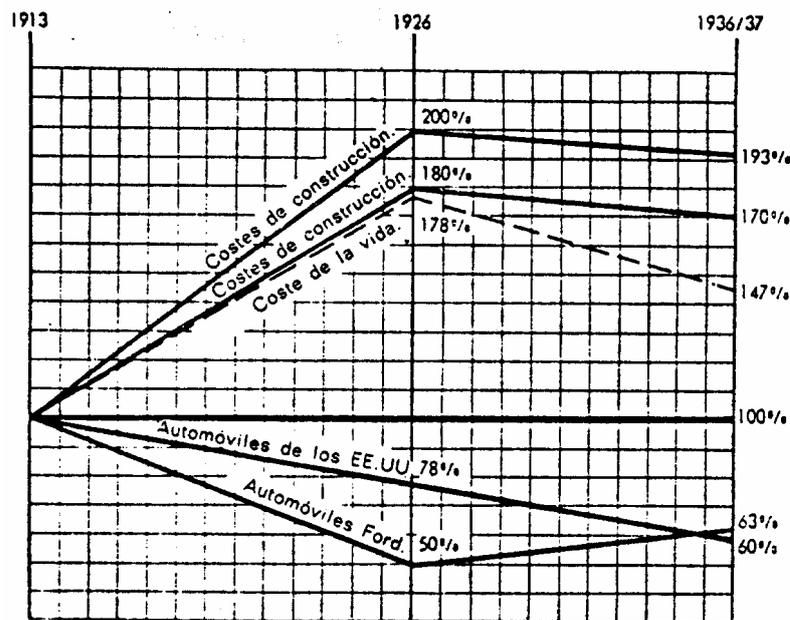


Figura 28 Evolución de los costes construcción / automóviles

Sin perjuicio de las singularidades que la arquitectura y el urbanismo precisan para resolver aspectos concretos de un lugar, una trama, un capricho, el alojamiento, entendido como un derecho del ciudadano exige, a quienes se dicen expertos, una reflexión sobre su futuro, sobre su concepto, sobre su sistema de producción y sobre su

uso<sup>48</sup>. Su justificación pasa, fácilmente, por las conclusiones a que se pueden llegar sin más que ojear “ *cualquier publicación al uso de arquitectura, en donde cualquier persona preocupada no deja pasar por alto, el gran número de disparates, o propuestas visionarias, por darles algún mérito, o aquellas que no aportan nada más que la visión particular, egoísta, antisocial y engreída de algunos “artistas”* (BARRERA, 1994).

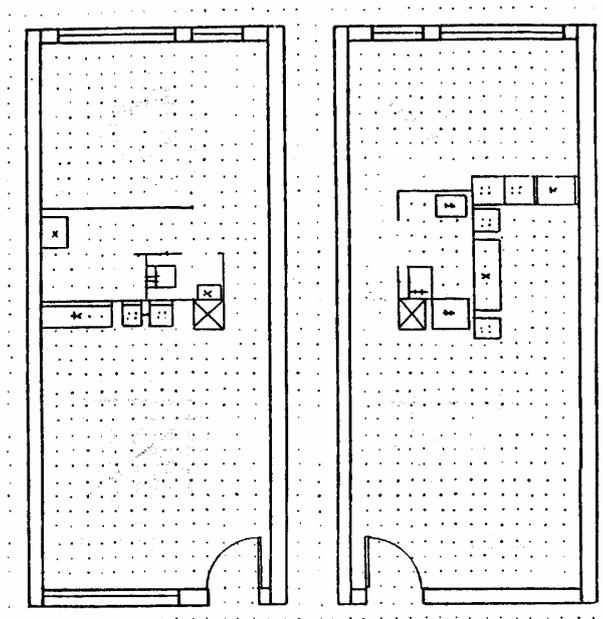


Figura 29 Proyecto de viviendas Keyenburg (Holanda)

Como respuesta a esta situación, se plantean distintas propuestas de entre las que destacan las que apuestan por una industrialización de la vivienda<sup>49</sup>. En este caso la industrialización pasaría por dos frentes: la de los componentes, y/o la del alojamiento. Esta última según la tesis de Barrera Puigdollers supondría entender el nuevo alojamiento como **el óptimo, adecuado y posible**<sup>50</sup>, y permitiría el análisis profundo del concepto, de la producción y del factor espacio-tiempo, generar un procedimiento o proceso que concluye en que la “*recuperación del espacio único permite la incorporación de la variable tiempo, en todas sus acepciones espaciales, es el resultado de la revisión de la producción y da respuesta a las exigencias sociales y funcionales nuevas*” (BARRERA, 1994).

Como ejemplo de espacio libre, en la Figura 29 se recoge la propuesta de viviendas Keyenburg (Holanda) que, recientemente, el profesor D. Pedro Pina explicó en

<sup>48</sup> Es interesante acudir al artículo que sobre la “Evolución de la prefabricación para la edificación en España. Medio siglo de experiencia” recoge la revista INFORMES en su número 448 de marzo-abril de 1997. Ver ref. “IETcc; CSIC. *Informes de la construcción n° 448, 1997*”.

<sup>49</sup> Industrialización entendida como una arquitectura de procesos. “Hacia una Arquitectura de Procesos” es el título de la Tesis Doctoral de D. José M. Barrera Puigdollers (BARRERA, 1994)

<sup>50</sup> Introducir aquí el término sostenible parece obligado para cubrir de forma adecuada las expectativas de futuro. Para desarrollar el concepto de sostenibilidad ver la referencia “IETcc; CSIC. *Informes de la construcción n° 451*”.

uno de los Seminario Científicos que desarrolló en la UCAM<sup>51</sup> (PINA, 2001), donde el contenedor de muros medianeros y de fachada sólo contiene, en la primera fase de ejecución, los bloques de instalaciones básicas que por otro lado permiten su movilidad; en la figura se observan dos de esas posibilidades

Por otro lado, la incorporación de las instalaciones prevé tres fuentes de futuro, la creación de espacios específicos, registrables y transitables para el discurrir de todas las instalaciones (Figura 30), la fabricación de módulos aislados de las instalaciones primarias, y la domótica como mecanismo bajo alguna de las dos formas anteriores.

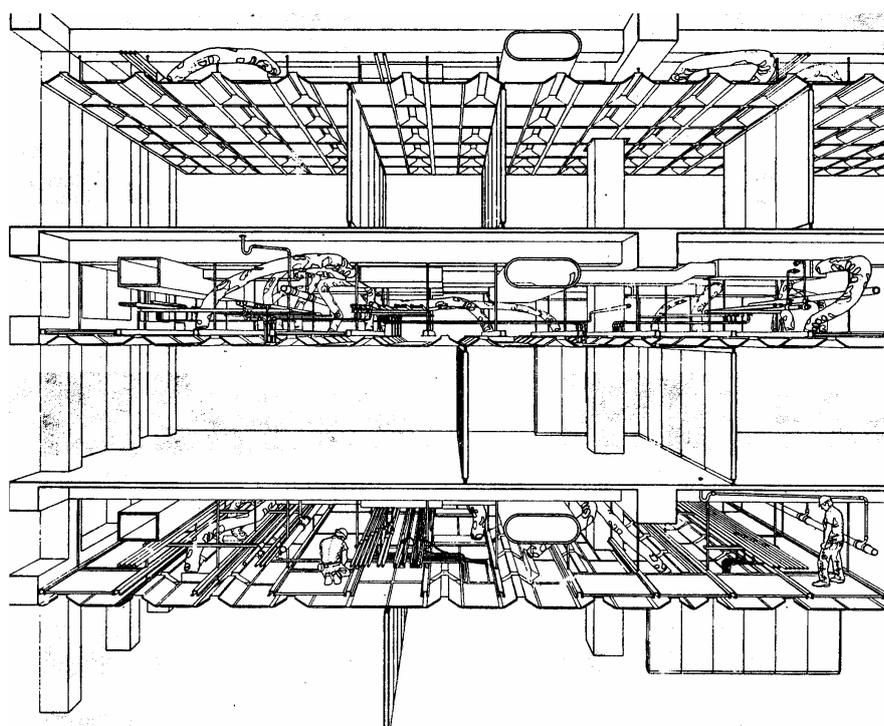


Figura 30 Espacios específicos y transitables para las instalaciones

Según lo dicho, el alojamiento futuro no hay que entenderlo como un lugar de permanencia, sino más bien como espacio compartido entre el núcleo familiar, lo que exige para dar cabida, además, al los tres postulados iniciales de óptimo, adecuado y posible, dar respuesta a las siguientes premisas: minimización de superficies, incremento de las necesidades, nueva concepción de la privacidad y, adaptación del espacio a los usos variables.

La forma de llevarlo a cabo pasará, entre otras, por atender las que Barrera Puigdollers denomina teorías exigenciales, también denominadas teorías de encuestación, entre las que destacan las de M. Oliveri, S. Chermayeff, Ch. Moore y las de Julián Salas a

---

<sup>51</sup> UCAM: Universidad Católica San Antonio de Murcia

partir de las propuestas de Magoni, que por su especial interés se resumen en los siguientes ítem: requisitos dimensionales, morfológicos, de correlación, de uso, y ecológicos y psicotécnicos.

El nuevo alojamiento, también exige cambios en el sistema de producción, tanto en el de los componentes como en el del alojamiento<sup>52</sup>. Así, son protagonistas en estos momentos, los sistemas de organización en botellero, en estantería o en núcleo central, este último con numerosas ventajas desde el punto de vista de las instalaciones y su versión en domótica. El primero parte de un esqueleto de pilares y vigas que permite la organización de núcleos previamente fabricados sobre un entramado espacial (Figura 31); el sistema de estantería es igual al anterior pero los elementos sobre los que descansan los módulos son forjados (Figura 32). En cuanto al sistema de núcleo central (NC) permite el acoplamiento en altura y con planta radial de módulos completos a los que sólo es preciso conectar al núcleo general de instalaciones (Figura 33).

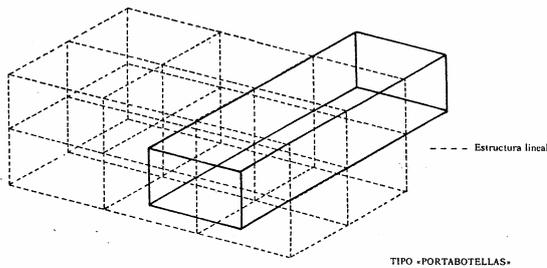


Figura 31 Sistema industrializado tipo botellero

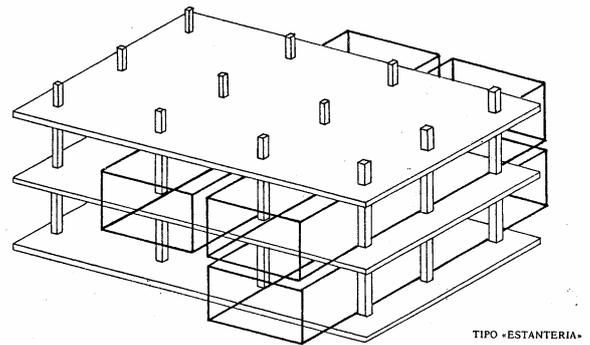


Figura 32 Sistema industrializado tipo estantería

El sistema de núcleo central permite el crecimiento parcial de la edificación ajustándose a las demandas de los usuarios, es decir, una vez ejecutado todo el núcleo sería posible el ensamblaje de viviendas modulares según la demanda. Igualmente permitiría el cambio de módulo una vez que este hubiera agotado sus posibilidades de uso o de durabilidad. La centralización de las instalaciones y de todos los servicios generales supone una adecuada relación entre la capacidad de prestar servicios y su mantenimiento

<sup>52</sup> Resulta relevante el método de evaluación para seleccionar una tecnología apropiada en la producción masiva de viviendas propuesto por Mariana Enet, en el estudio que realizó en el CEVE; ver *IETcc, CSIC, Informes 452*.

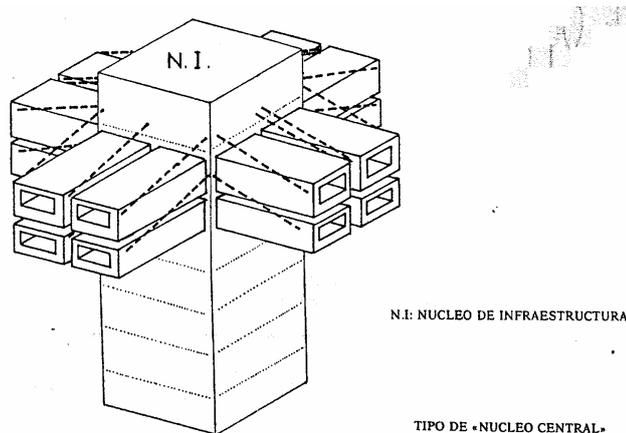


Figura 33 Sistema industrializado tipo núcleo central

Recientemente, en Construmat 2001, se han presentado una propuesta para el alojamiento del futuro que, más que representar una casa en sí, supone un análisis de cinco de sus componentes que determinan la esencia de la vivienda flexible. Los cinco componentes básicos son: el suelo, las paredes, las ventanas, la cocina y baño.

La idea, propuesta por Paricio<sup>53</sup> al equipo gestor de Construmat 2001, se ha desarrollado con la participación de cinco equipos de arquitectos, encargado cada uno de desarrollar uno de los elementos básicos, y un conjunto de empresas del sector que han posibilitado la producción de los prototipos<sup>54</sup>. Así, los elementos resultantes responden a las siguientes características:

- **El suelo:** se plantea como superficie registrable, permitiendo adaptarse a la flexibilidad de las particiones interiores. Esta característica no es una aportación al mundo de la edificación, ya que el las oficinas tienen ya asumida

---

<sup>53</sup> Ignacio Paricio, catedrático de Construcción en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

<sup>54</sup> La denominación acuñada durante la presentación en Construmat 2001 fue la de la “Casa Barcelona” y los cinco equipos que la desarrollaron fueron: El holandés Ben van Berkel, de UN Studio, y Technal Ibérica se hicieron cargo de la ventana perfecta; la partición interior la desarrolló el japonés Toyo Ito y el grupo Uralita (sólo al comienzo, después abandonó el proyecto); El suelo lo desarrollaron los catalanes Clotet y Paricio en colaboración con la empresa Simón; Dominique Perrault y el grupo Fagor desarrollaron la cocina modular; y, David Chipperfield y el grupo Ideal Standard que desarrollaron el conjunto de sanitarios y griferías.

esta tipología, pero si representa una innovación en el uso vivienda, sin que para ello sea preciso grandes investigaciones tecnológicas (Figura 35).

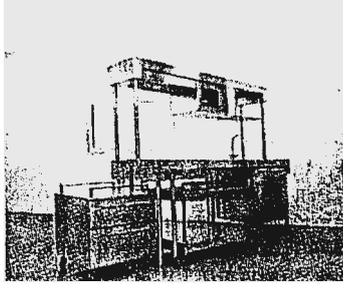


Figura 34 Cocina Modular (David Chipperfield)

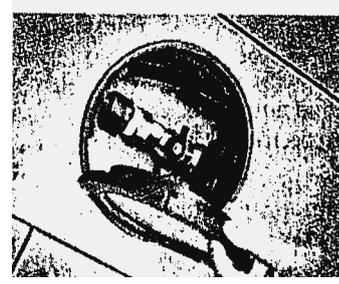


Figura 35 Pavimento registrable (Clotet y Paricio)

- **La paredes:** entendiéndose por tales las particiones interiores, se desarrollan como paneles o tabiques móviles de gran flexibilidad para adaptarse a cualquier distribución (Figura 36)

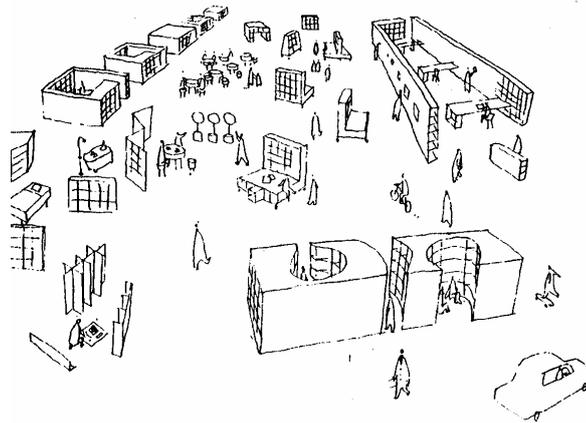


Figura 36 Tabique móvil. Distintas posibilidades según Toyo Ito

- **La ventana:** considerada con perfectible a tenor de las necesidades del momento y lugar, se plantea como un bastidor al que fácilmente se pueden añadir distintas hojas de ventana practicables (Figura 37).

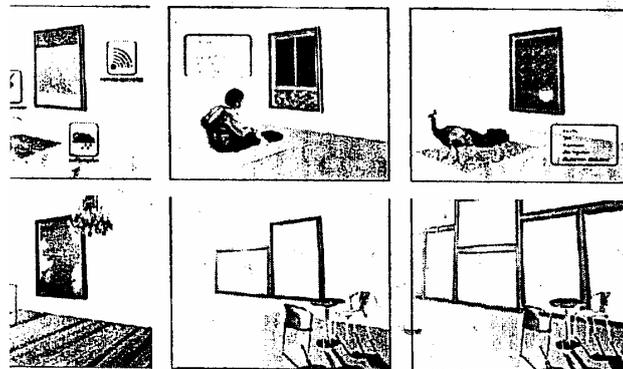


Figura 37 Esquemas de la ventana perfectible (Ben van Berkel)

- **La cocina:** queda concebida como un sistema modular de muebles y electrodomésticos cuyas necesidades tecnológicas están perfectamente desarrolladas en la actualidad, por su paso a un sistema de producción industrializado está sólo a la espera de la demanda social (Figura 34).
- **El baño:** incorpora un conjunto de sanitarios y griferías móviles adaptados a muebles de paño o módulos completos de instalación sencilla y flexible. Las griferías surgen del suelo (registrable) y el sistema de evacuación es por bombeo, eliminando así las incómodas servidumbres de localización de las piezas (Figura 38).

Según hemos visto, el alojamiento del futuro -la vivienda del tercer milenio-, debe ser capaz de dar respuesta a las actuales demandas de la sociedad y estar a tono con los avances tecnológicos que ya disponemos en la industria actual. Sin embargo, como se ha indicado en apartados anteriores, este debate no es nuevo, ya durante el Movimiento Moderno e inició, pero después sólo las distintas sugerencias de estilo han puesto alguna nota de colorido, no siempre brillante, en el concepto y en el proceso constructivo, lo que ha posibilitado que durante más de medio siglo y aun en la actualidad, estemos viviendo en alojamientos más propios del siglo XIX que del XXI, donde se sigue construyendo viviendas de 4 dormitorios en los conocidos 90 m<sup>2</sup> de superficie útil, lo que conforma un alojamiento de celdas, escasas de superficie, conectadas por un pasillo con exceso de longitud.

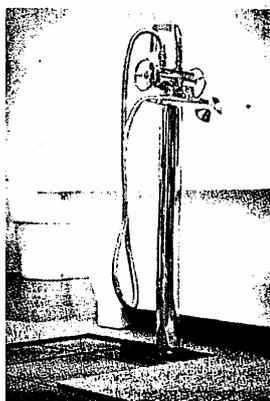


Figura 38 Los sanitarios-mueble (David Chipperfield)

Las divisiones interiores y los sistemas constructivos resultan tan arcaicos, artesanos y sucios, que no se puede dar una explicación técnica aceptable<sup>55</sup> para que no se haya producido el cambio a una *arquitectura de procesos*<sup>56</sup> integral, desde el componente al alojamiento en sí, donde el *discurrir de las instalaciones y los*

---

<sup>55</sup> Sólo desde las políticas de consenso laboral y prejuicios sobre los efectos de la industrialización sobre el mercado laboral de la edificación, primario y poco cualificado, se puede entender la poca evolución del mismo en contraposición con el desarrollo de otros sistemas de producción, perfectamente asumidos por la sociedad.

<sup>56</sup> Tesis doctoral defendida por José M. Barrera Puigdollers. *BARRERA, 1994*

*equipamientos quedan libres al torrente de novedades que impone la tecnología<sup>57</sup> actual y no encerrados en los tabiques, suelos y revestimientos como si de una cárcel se tratase.*

En definitiva se trata de apostar por una alojamiento *que sea más flexible, capaz de adaptarse a los distintos tipos de forma de vida de sus habitantes, y que admitan modificaciones y mejoras sin necesidad de obras costosas ni de derribar lo ya construido (SABATE, 2001)*. Resultando en todo ello un procedimiento, tanto de diseño como de ejecución, que permita introducir las ventajas de la industrialización en la vivienda del tercer milenio, pasando de la efímera y egoísta arquitectura de artista a, la necesaria y futura arquitectura de procesos<sup>58</sup>.

---

<sup>57</sup> Artículo de Joan Sabate en el País, arquitectura; 21 de abril de 2001. (SABATE, 2001)

<sup>58</sup> La evolución no sólo debe centrarse en la técnica sino también en la adecuada utilización de los recursos actuales, resultando para ello muy interesante la referencia *IETcc; CSIC*, Informes de la construcción nº 453. “Cerramientos Bioclimáticos para climas cálidos húmedos: la cuarta vivienda”, Francisco Mustieles y otros.

## 1.2.- Evolución de la normativa española de estructuras de edificación en el s. XX

Al igual que en otros avatares de la vida española, la evolución y desarrollo de las referencias al campo del diseño y análisis de estructuras quedan truncadas en los dos periodos característicos, en España, de este siglo XX, esto es, antes y después de la Guerra Civil. Empieza pues nuestro origen en el periodo de antes de 1939 para continuar, de forma más específica, con la evolución desde el 39 hasta nuestros días.

A modo de breve reseña conviene citar los momentos históricos que condujeron al estado de conocimientos que existía en España en el siglo XIX, así como en los años frontera de 1936-1939.

### 1.2.1.- Situación hasta 1939

Durante todo el siglo XIX se producen dos acontecimientos de decisiva importancia en el desarrollo posterior del panorama estructural: la utilización del acero dulce en construcción, y el desarrollo del estado tensional de sólidos sometidos a acciones exteriores debidos fundamentalmente a figuras como Lame, Navier, Cauchy, Mohr, Castigliano, Gerber, Cremona y Müller-Breslau entre otros (*Rodríguez-Avial, 1990*).

La utilización del acero como material estructural arranca desde finales del siglo XVIII en su aplicación a puentes y obras de ingeniería de carácter muy especial. Será en el XIX cuando la construcción de edificaciones significativas, como el Palacio de Cristal (1851) y la Torre Eiffel (1889)<sup>59</sup>, aporte una gran aplicación al campo de la edificación y así en España y en esos momentos, surgen algunos ejemplos en el Palacio de Cristal del Retiro o la Estación de Atocha, ambos en Madrid (*ITEA, 1997*).

Ya en el siglo XX, el periodo anterior a 1939 se caracteriza por la ausencia de normativa específica (*González, 1984*), es el momento del auge del hormigón armado si bien a un ritmo más lento que en otros países de Europa. En España, es a través de dos patentes francesas, Hennebique y Monier, como se introduce de forma reglada el uso del hormigón armado, la primera (Figura 39) bajo la representación de D. Eugenio Ribera, profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, donde introdujo en la segunda década del siglo la primera asignatura de “Hormigón Armado” que se impartió en un plan de estudios español (*Calavera, 1997*).

---

<sup>59</sup> Edificaciones construidas con motivo de las Exposiciones Universales de Londres en 1851 y Paris en 1889 respectivamente.



Figura 39 Publicidad de la patente Hennebique

La ausencia de normativa específica, se intenta suplir en los primeros años del siglo XX con tratados y publicaciones que contienen reflexiones de los propios autores y referencias a normativas de los países de origen (Pacheco, 2000). Así, la traducción realizada en 1903 por el ingeniero de caminos D. José Cebada Ruiz de la publicación original en italiano (1899) del ingeniero José Vacchelli titulada “Las Construcciones de Hormigón y de Cemento Armado” (Vacchelli, 1903) aporta una de las primeras referencias que se utilizan en España dentro del intento, de aquellos años, de dotar de rigor científico las decisiones técnicas sobre el análisis estructural. Después vendrían publicaciones<sup>60</sup> como la de Kersten en 1925 (Figura 40); Saliger en 1940, que en su traducción de 1963 (Saliger, 1940) incluye referencias a la norma sobre hormigón armado vigente en Alemania, la de 1932, y en su apéndice IV incluye la “Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón” de 3 de febrero de 1939 (Pacheco, 2000).

<sup>60</sup> También serían publicaciones importantes en el primer tercio del siglo XX el manual teórico-práctico de “Hormigón Armado” del ingeniero L. Malpehettes; El “Tratado práctico de edificación” del arquitecto E. Barberot; y el “Tratado teórico-práctico de construcciones civiles” del ingeniero C. Levi.

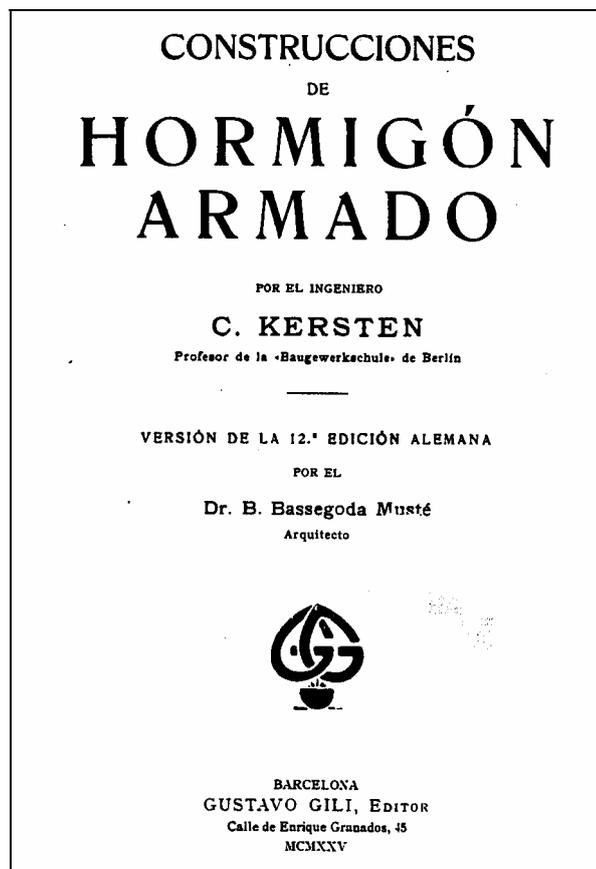


Figura 40 Portada del tratado de *Construcciones de Hormigón Armado* de C. Kersten. 1925

Especial mención, merece la dedicada a los forjados sin vigas que en 1960 editó EIC (Editora Inter Ciencia) y que provenía de la traducción de la publicación original de 1937 *Entrepisos sin Vigas* de Shtaerman y Ivianski, dos autores rusos que aportaron un gran avance en el diseño, cálculo y ejecución de los actuales forjados reticulares o sin vigas, y antes Loley, Galerkin, Lewe y Marcus, en la Rusia de principios de siglo XX. Mención especial merece la norma TsNIPS “*Norma de cálculo y proyecto de entrepisos sin vigas*” (proyecto de norma) de la Editorial del Estado para la Construcción en 1933. (Shtaerman; Ivianski, 1960).

Durante este periodo con falta de reglamentación es, entre otros, como el ya comentado José Cebada, a través del profesor Bassegoda Musté, con quien se introduce en España, en 1925, una de las publicaciones más destacadas del momento en Europa, y sobre todo en Alemania; nos referimos al tratado de “*Construcciones de Hormigón Armado*” del profesor Kersten, publicación que en palabras del traductor viene a “... *colmar la laguna que representa la legislación española en lo que atañe al cemento armado* ...”. Entonces, sólo se contaba en España con algunas referencias normativas procedentes de países cercanos, así, se disponía de varias circulares como la francesa de 1906 y la prusiana de 1907, bases de los pliegos de condiciones de las obras públicas y refundidas, sobre todo la segunda, en las “*Instrucciones Reglamentarias*” redactadas por el Laboratorio del Material de Ingenieros Militares (Kersten, 1925).

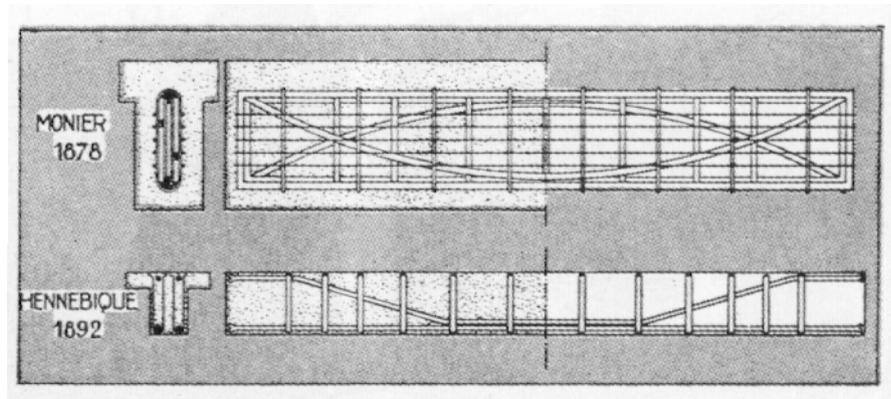


Figura 41 Diseño de vigas según Monier, 1879

De las realizaciones pioneras en el mundo del hormigón armado es de destacar dos momentos que recoge el profesor Casinello en su “Hormigonería”, los diseños de vigas planteados por Monier en 1878 y Hennebique en 1892 (Figura 41) y, la estructura prefabricada de hormigón armado de viviendas dominó que Le Corbusier aporta en 1914 (Figura 42) . Ambas, con otras, influyen notablemente en España por la capacidad y difusión de sus autores (*Casinello, 1996*).

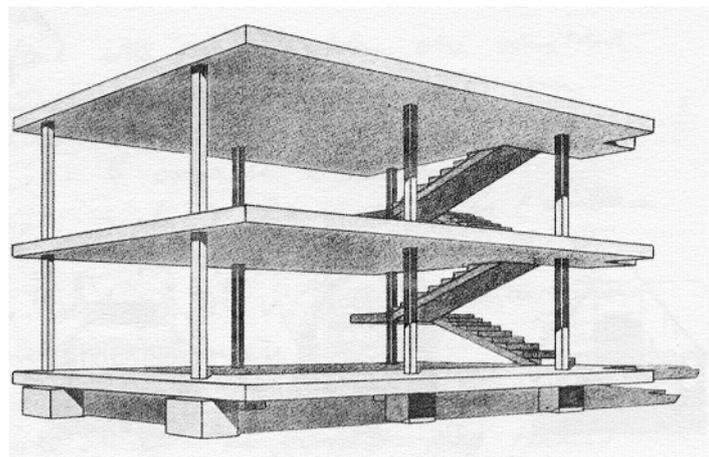


Figura 42 Estructura de forjados planos de Le Corbusier, 1941.

Igualmente, entorno a 1926, Eduardo Torroja utiliza de forma intuitiva la idea del pretensado para combatir las tracciones que le aparecían en el acueducto de Tempul (Figura 43) y después en la cubierta del mercado de Algeciras (Figura 44) en 1935 (*IETCC;CSIC, Informes 456-457,1998*). Pero será con plenitud técnica y principios

sólidos, procedentes de Freyssinet, cuando Torroja los aplique en 1939 en el acueducto de Alloz (Figura 45) si bien la falta de alambres de alta resistencia y técnicas eficaces en la puesta del tensado hizo que hasta los años 50 no se produjera el avance final de esta técnica. El empeño de Eduardo Torroja y la inventiva de Ricardo Barredo posibilitaron la aparición del Sistema Barredo para pretensado (Figura 46) sistema que rápidamente adquirió el reconocimiento y prestigio necesarios para su utilización (ATEP, 1970). Dando respuesta al auge de la técnica se constituyó en 1949 la Asociación Española del Hormigón Pretensado (AEHP) en el seno del Instituto Eduardo Torroja y posteriormente y ya de forma independiente la Asociación Técnica Española del Pretensado (ATEP).



Figura 43 Acueducto de Tempul, Cádiz, 1926. Eduardo Torroja Miret.

En este periodo es fundamental el avance que representó para el cálculo de estructuras de nudos rígidos el método del norteamericano Hardy Cross, “Analysis of Continuous Frames”, presentado en 1930 e introducido en España por el profesor Carlos Fernández Casado con su publicación “Cálculo de Estructuras Reticulares” (Rodríguez-Avial, 1990).

### 1.2.2.- Desde 1939 hasta nuestro días

En 1939 el Ministerio de Obras Públicas publica la primera instrucción sobre obras de hormigón con el título “Instrucción para el proyecto de obras de hormigón”, su prontitud tras la Guerra Civil trata de rellenar un vacío que era preciso regular, aportando sin embargo un gran rigor en aspectos de los que aun en la actualidad bebemos.



Figura 44 Cubierta del mercado de Algeciras, Cádiz 1935. Eduardo Torroja Miret

Completando la Instrucción del MOPU, en 1940-41 la Dirección General de Arquitectura, dependiente entonces del Ministerio de la Gobernación, publica la “Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas, hormigón armado y forjados de ladrillo armado”, conjunto reglado que de forma sintética y eficaz es capaz de regular los dos materiales que desde entonces siguen predominando en el mundo estructural, el acero y el hormigón, el ladrillo sólo aparece como elemento que conforma forjados cerámicos.



Figura 45 Acueducto de Allosa. Navarra, 1939. Eduardo Torroja Miret

Las normativas comentadas, la del MOPU de 1939 y las normas de la Dirección General de Arquitectura de 1940-41, confluyeron en su primera revisión en 1944 y, significan el arranque de la regulación del Hormigón Armado en España, este arranque se llevó a cabo siguiendo los métodos de cálculo en teoría clásica que se barajaban entonces (Calavera, 1984;González, 1984); teorías basadas en el comportamiento elástico del material apoyándose plenamente en la ley que Robert Hooke “ *Ut tensio sic vis*” enunció en 1678 (Belluzzi, 1977).

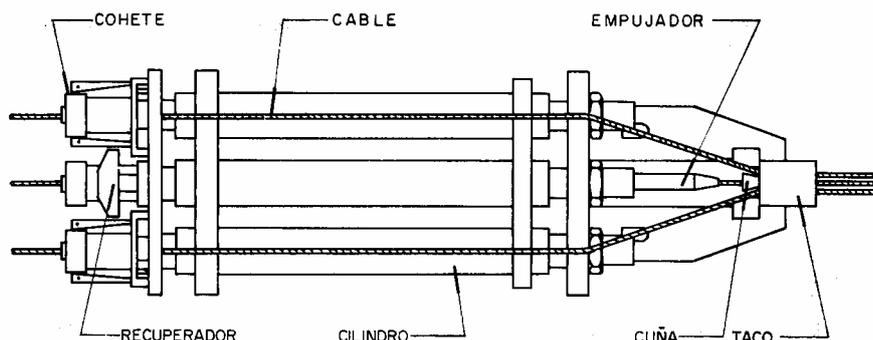


Figura 46 Sistema Barredo de pretensado

El Instituto de Racionalización del Trabajo, a través de una comisión de trabajo y bajo la dirección de D. Eduardo Torroja, publica en 1953 la norma UNE 24003 de sobrecargas mínimas para el cálculo de estructuras de edificios y de sus piezas, norma de gran interés, incluso en nuestros días, aun cuando recientemente ha sido cancelada por AENOR.

Será en 1958, cuando el primer tomo de la publicación sobre hormigón armado del Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento (actualmente Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - CSIC) vea la luz y, con su complemento de 1961, segundo tomo, se conforme el germen de las posteriores normativas tipo EH, dando pie al abandono de las teorías clásicas y actualizando la visión de cálculo según la línea del Comité Euro-Internacional del Hormigón (CEB) y de la Federación Internacional del Pretensado (FIP) y aportando, aunque tímidamente, la terminología HA-61 sin carácter obligatorio por ser de titularidad privada su redacción (Calavera, 1984;González, 1984).

En el año 1962 aparece la primera norma del Ministerio de la Vivienda, normas MV, ésta primera, referente a Acciones en la Edificación, denominada MV 101-1962 y elaborada por una comisión de expertos de la Dirección General de Arquitectura, Economía y Técnica de la Construcción. Esta norma incluía en su capítulo 7 las primeras referencias a las acciones sísmicas en edificación, mediante la introducción del coeficiente sísmico como relación entre la aceleración de las sacudidas horizontales previsibles por el sismo y la aceleración de la gravedad. Será en el año 68, con la publicación de la PGS 1-1968, con la que se refunden los contenidos del mencionado capítulo 7 de la MV 101-1962 y las determinaciones de la *Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas* existente hasta entonces, para ser aplicados a todo tipo de construcciones. Se incluyen entonces varios coeficientes que corrigen la distribución del sistema de fuerzas equivalentes en sintonía con lo que en Estados Unidos

se venía desarrollando desde el año 1957 con la creación del comité de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California que concluyó en 1959 con la norma SEAOC<sup>61</sup> (Green, 1980).

Como medida de control sobre los avances y nuevas aportaciones en el mundo del hormigón, se conformó en 1963 la Comisión Permanente del Hormigón (CPH)<sup>62</sup> (García, 1991). Su decreto de creación lo fue en septiembre de 1968 aprovechándose como primera aportación la publicación de la EH-68 (en el mismo decreto 298/1968 de 20 de septiembre), norma que completó y configuró la primera de la serie EH y de carácter obligatorio, aunque tuvo una escasa trascendencia práctica, reservándose para su sucesora, la EH-73 todo el protagonismo en la difusión de la teoría de cálculo en rotura y demás metodologías que el CEB-FIP estaba introduciendo simultáneamente por toda Europa, posicionando a España en primera línea en normalización equivalente (Calavera, 1991).

En el campo de las estructuras de acero serán las normas MV del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo referentes a ejecución de estructuras de acero laminado (MV-104-1966), roblones de acero (MV 105-1967), tornillos ordinarios (MV 106-1968), tornillos de alta resistencia (MV 107-1968), etc, y después sus homólogas, normas básicas de la edificación NBE, de la serie que va desde la NBE-102 a la NBE-111, las que protagonicen su regulación desde el año 1977, año en que se crean las NBE para sustituir a las MV determinando específicamente su obligatoriedad. La serie de normas antes mencionadas, fueron refundidas todas ellas en el año 1995 en la actual Norma Básica de la Edificación de Estructuras de Acero en Edificación NBE-EA-95.

En cuanto al ladrillo como material estructural, su dimensionamiento se efectúa de forma empírica (Castro, 1996) hasta que se publica en 1972 la MV-201/72 sobre “Muros resistentes de fábrica de ladrillo” influyendo notablemente en todo este contexto la figura del profesor Casinello, verdadero motor impulsor del ladrillo en todas sus vertientes constructivas<sup>63</sup>.

Una vez consolidadas las distintas tendencias normativas en los materiales estructurales tradicionales y siendo necesario completar de forma ágil y eficaz la toma de decisiones al respecto, el Ministerio de la Vivienda (Obras Públicas y Urbanismo) promulgó el desarrollo de las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) en diciembre de 1972, persiguiendo de forma ordenada la definición precisa para el diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento de los edificios y sus componentes. Así, es de especial significado para el área estructural las NTE que se desarrollan en los años 70 y 80 incluyendo normas sobre acero, hormigón, ladrillo y específicamente varias NTE sobre cargas a considerar en la edificación.

---

<sup>61</sup> Structural Engineers Association of California (Green, 1980)..

<sup>62</sup> Según el profesor Álvaro García Meseguer: “ Pocos años después de la aparición de la HA-61, en diciembre de 1963, si no recuerdo mal, se le ocurrió a Vicente Mortes crear la Comisión Permanente del Hormigón”. Ver Comentarios a la nueva EH-91 en la publicación de Textos ICCE de 1991.

<sup>63</sup> A comienzo de los años 70, Fernando Casinello publica varios manuales sobre el ladrillo dentro del Instituto Eduardo Torroja. Así “ El ladrillo y sus fábricas”, “Bóvedas y cúpulas de ladrillo”, etc.

En el año 1974 aparece la Norma Sismorresistente PDS-1-1974, norma que deroga la anterior PGS-1/1968 e incorpora nuevos criterios de distribución de las acciones sísmicas coincidiendo con las recomendaciones que en 1970 aportó el “Comité ad hoc” que la junta de Directores del SEAOC de California formó para la revisión de los criterios básicos de diseño sísmico de la norma SEAOC-1959 (*Green, 1980*). Simultáneamente, en España, se creó la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes que recientemente ha redactado la actual NCSE-94 Norma de Construcción Sismorresistente, actualmente en vigor<sup>64</sup>.

Como respuesta al avance que supuso la EH-73 para hormigón armado, se creó la necesidad, junto a las patentes de estirado de tendones de acero para pretensado (Sistema Barredo) ya totalmente extendidos por España (*ATEP; IETcc, 1970*), de redactar la “Instrucción para el proyecto y ejecución de obras con hormigón pretensado” en el año 1977, conocida como EP-77, instrucción en perfecta sintonía con las directrices de la Federación Internacional del Pretensado (FIP) y que fue posteriormente adaptada en las sucesivas EP-80 y EP-93.

En hormigón armado y siguiendo la línea de la EH-73 se desarrollaron posteriormente la EH-80 que fue ligeramente modificada por la CPH en la redacción de la EH-82 y después la EH-88 en cuyo decreto de publicación (824/1998 de 15 de julio) aparece la distinción para forjados de hormigón armado o pretensado con una instrucción específica, la EF-88. Se aprovecha también el decreto para derogar una instrucción que surgió en el año 1972 sobre fabricación y suministro de hormigón preparado EHPRE-72, ya que se incluyó en el articulado de la nueva EH-88 las referencias sobre fabricación y preparación del hormigón en todas sus formas de suministro.

En la última década del siglo, se han producido varias aportaciones sustanciales en el marco normativo.

Por un lado, y como actualización de la regulación sobre fábricas de ladrillo resistentes el MOPU refundió las determinaciones de las anteriores MV en la actual Norma Básica de la Edificación de “Muros resistentes de fábrica de ladrillo” en 1990 con la nomenclatura de NBE-FL-90.

Por otro lado y en el mundo del acero estructural en 1995 se refundieron las 10 normas NBE-MV en la actual NBE-EA-95; ello simplificó la documentación a manejar pero sigue manteniendo denominaciones arcaicas no coincidentes con las tendencias europeas y del mercado, situación que exigirá una nueva actualización.

Paradójicamente, es la madera como material estructural, uno de los primeros utilizados en la historia constructiva y sin embargo el gran olvidado de la normativa estructural española. Salvo algunas normas sobre protección y tratamientos previos, es

---

<sup>64</sup> En febrero de 1997, coincidiendo con la plena entrada en vigor de la norma NCSE, el profesor D. Rafael Blázquez, publicó en el número 447 de Informes de la construcción el artículo titulado “Enfoque y avances conceptuales de la nueva norma española de construcción sismorresistente NCSE-94, cuyo contenido es de gran interés para detectar los cambios que aporta esta nueva norma, sobre todo, al contrastarla con el Eurocódigo 8. Ver ref. – *IETcc, CSIC, Informes 447-*.

recientemente, cuando se elabora uno de los primeros borradores Norma Básica de la Edificación, NBE-EA, sobre estructuras de madera, intentando rellenar la gran laguna reglamentaria hasta el momento, sustituida, sin embargo, muy aceptablemente por las publicaciones y artículos de la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM)<sup>65</sup>, así como tratados y normas extranjeras.

Por último y dando paso a una demanda internacional sobre la fusión de las normativas de hormigón armado y pretensado, en 1998 el Ministerio de Fomento, a través de los trabajos de la Comisión Permanente del Hormigón, publicó la actual Instrucción de Hormigón Estructural EHE, que unifica las anteriores EH-91 y EP-93. Esta nueva normativa introduce especiales novedades en el campo del análisis estructural y sobre todo en las determinaciones de durabilidad de los elementos de hormigón estructural<sup>66</sup>.

---

<sup>65</sup> César Peraza Oranas, Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid, comenta en el prólogo a la publicación de AITIM “Estructuras de Madera, diseño y cálculo” de los profesores Argüelles y Arriaga, publicada en 1996, que se prevé la próxima publicación de la NBE-EM, indicando como la publicación de AITIM recoge planteamientos del Eurocódigo 5 y otras referencias de Comités Europeos de Normalización (Argüelles; Arriaga, 1996). Igualmente, en el Manual de Mantenimiento de Edificios redactado por los CATs del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España se prevé su próxima aparición en octubre de 1998 (CATs, 1997, apartado 7.2). Actualmente, sigue sin ser publicada la NBE-EM.

<sup>66</sup> Un análisis de edificaciones recientes, donde la aplicación de los métodos y avances tecnológicos lo podemos encontrar en el número 455 de la revista Informes, en la referencia IETcc, CSIC, nº 455 “ El hormigón de alta resistencia en la edificación. Tipología estructural” de D. Jesús Gómez Hermoso.

### Cuadro resumen de la evolución de normativas y eventos afines sobre estructuras de edificación en España

Año	Ladrillo	Acero	H. Armado	H. Pretensado
Anterior a 1939	Ausencia de normativas específicas Se utilizan tratados extranjeros, Vacchelli, Kersten, Saliger, referencias a normativas europeas, Instrucciones Reglamentarias de Ingeniería Militar y singularmente la influencia de grandes personalidades como D. Eduardo Torroja, D. Eugenio Ribera y el profesor Basegoda Musté			
1939			1ª Instrucción de hormigón -1939	
1940-41		Normas para el cálculo y ejec. de estruc. metálicas, h. armado y forjad. de ladrillo armado		
1944		Revisión de las normas de 1940-41		
1953	Aparición de la Norma UNE 24003			
1958			Primer Tomo HA del Instituto Torroja	
1961			HA-61. I. Torroja No obligatoria	
1962	Aparecen las MV. La primera: Acciones en la Edificación MV 101-1962			
1963			Surge la Comisión Permanente del Hormigón CPH	
1966		Ejecución ST acero MV-104-1966		
1967		Roblones MV-105-1967		
1968		Tornillos MV 106 y 107 -1968	Publicación del decreto de creación de la CPH	
			EH-68, Obligatoria	
	Aparece la PGS-1 Norma sismorresistente para todo tipo de construcciones			
	Aparecen las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE			
1972	Muros resistentes MV 201-1972	Cálculo ST acero MV-103-1972	Instrucción sobre fabricación y suministro de hormigón preparado EHPRE-72	
1973			EH-73 norma puntera en Europa	
1974	PDS-1 1974 Norma Sismorresistente			
1975		Perfiles acero MV-102-1975		
1976		Perfiles huecos MV-108-1976		
1977	Aparecen las NBE Normas Básicas de la Edificación			EP-77 primera regulación del HP
1980			EH-80 desarrolla ligeramente la EH-73	EP-80 ligeras modificaciones de la EP-77
1982			EH-82 ligeros matices sobre la EH-80	
1988			EH-88 ligeros matices sobre la EH-82	
			Instrucción sobre forjados de h. armado y pretensado EF-88	
	Acciones en la edificación NBE-AE- 88			
1990	Muros Resistentes NBE-FL-90			
1993				EP-93 revisión de la anterior EP
1994	NCSE-94 Norma de Construcción Sismorresistente			
1995		Estructuras de Acero NBE-EA-95		
1998			Instrucción de Hormigón Estructural EHE	

Se prevé, en breve, la aparición de la NBE-EM dedicada a Estructuras de Madera

### 1.3.- La fiabilidad en estructuras

Rara vez se intenta diseñar o construir estructuras por el placer de hacerlo. Las estructuras se diseñan y/o construyen para cumplir una serie de requisitos esenciales (EHE, 1999). La evaluación de cada una de las partes en que se divide todo el proceso de comprobación de estructuras es un tema complejo y vinculado con variables estocásticas y, otras situaciones, también aleatorias.

En todo el proceso general, la evaluación de las sobrecargas de uso que actúan sobre una edificación, es un proceso, con grandes implicaciones probabilísticas. No es posible, obtener un valor determinista que colme la realidad del fenómeno, si con ello, pretendemos hacerlo valer para toda la vida útil del edificio, e incluso, para un entorno suficientemente representativo de esa vida útil.

En general, el concepto de **fiabilidad de las estructuras**, involucra a todos los parámetros que intervienen para que una estructura cumpla, con probabilidad predefinida, su misión resistente en condiciones de servicio aceptable durante su vida útil

El CM 90 establece, que un nivel de fiabilidad, teniendo en cuenta el conjunto de parámetros que intervienen, debe asociarse a un porcentaje de fallos estadísticamente determinado, y que puede representarse por la probabilidad de ausencia de fallo durante un período prefijado. El nivel de seguridad lo hace depender de dos factores:

- Los métodos de cálculo
- Las medidas de garantías de calidad

Gráficamente lo podemos expresar en el siguiente esquema:

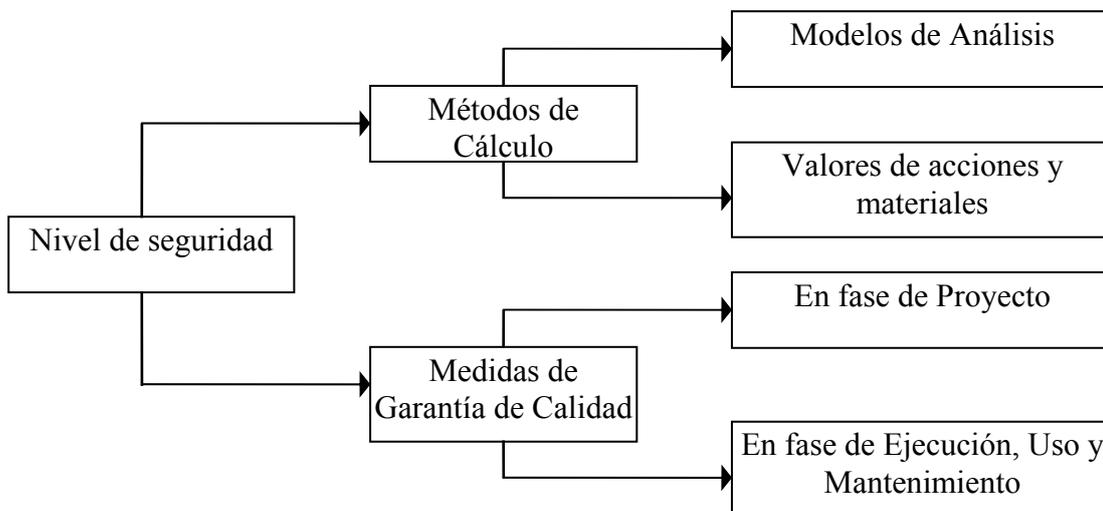


Figura 47 Esquema de dependencia de los niveles de seguridad EHE -CM 90

En cuanto a los métodos de cálculo, estos incluyen los modelos de análisis y los valores de las acciones y materiales. De los valores de las acciones, es de especial relevancia **la evaluación de las sobrecargas de uso**, por ser variables estocásticas, a veces, de gran significación dentro del conjunto de acciones a tener en cuenta. En cuanto a las medidas de garantías de calidad, éstas se deben aplicar tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución de las obras (*Apart. 1.1.3 CM, 1990*) así como durante el uso y mantenimiento en su vida útil, ver Figura 47.

Ante un determinado riesgo, la evaluación de la seguridad de una estructura, sólo admite dos posibilidades, la estructura es fiable o no lo es. En este contexto, **la fiabilidad**, abarca los conceptos de **seguridad, servicio y durabilidad de la estructura** (*EC 1-1, 1991*). En lo dicho, es necesario precisar el contenido de los términos utilizados. Así tendremos (*Tanner, 1995*):

1.- La posibilidad de sufrir daños se suele calificar como **RIESGO**. El riesgo, lo podemos cuantificar como la probabilidad de fallo de una estructura; esto es:

$$(Ec. 1) \quad R = p_f E(D)$$

siendo:

$R$  = Riesgo estructural:  $0 < R < 1$

$p_f$  = Probabilidad de fallo en la obtención del valor esperado  $E$  del daño  $D$

2.- Existe **SEGURIDAD** frente a un riesgo. La seguridad absoluta no se puede garantizar y, en estructuras, tal seguridad se refiere a las consecuencias que para las personas puedan derivarse de un fallo estructural. Es un concepto subjetivo, por cuanto depende del sentimiento humano y en consecuencia no es cuantificable.

3.- Contrariamente a la seguridad, la **FIABILIDAD** como valor asociado a la seguridad, sí la podemos medir, ya que conlleva la capacidad de una estructura de cumplir, con una probabilidad determinada, la misión para la que fue diseñada y/o construida. La podemos cuantificar como la probabilidad de ausencia de fallo, es decir:

$$Ec. 2) \quad F = 1 - R = 1 - [p_f E(D)]$$

siendo:

$F$  = Fiabilidad estructural:  $1 > F > 0$

$R$  = Riesgo estructural:  $0 < R < 1$

$p_f$  = Probabilidad de fallo en la obtención del valor esperado  $E$  del daño  $D$

De lo dicho, se desprende la necesidad de, conocer las variables que intervienen en el proceso de cálculo, más allá, del valor determinista que habitualmente sirve para ello; valores que, para el caso, se encuentran dados en tablas o condiciones recogidas en

los Códigos o Normas de cada material o códigos generales como es el caso de las acciones, así, el Eurocódigo 1 y la NBE-AE-1988. Sin embargo un análisis más profundo nos permitiría evaluar la fiabilidad estructural mediante el cálculo con variables estocásticas, y en consecuencia ampliar el conocimiento de las variables con la incorporación de sus parámetros estadísticos de probabilidad, esto es: el valor medio, la desviación típica y su función de distribución (*Tanner, Ortega; 2000*).

### 1.3.1.- Evaluación de la fiabilidad

De forma simplificada podemos **evaluar la fiabilidad** de una estructura admitiendo como variables aleatorias sólo su resistencia y sus solicitaciones; el resto de parámetros los consideraremos determinados. La metodología de evaluación sería la siguiente<sup>67</sup>.

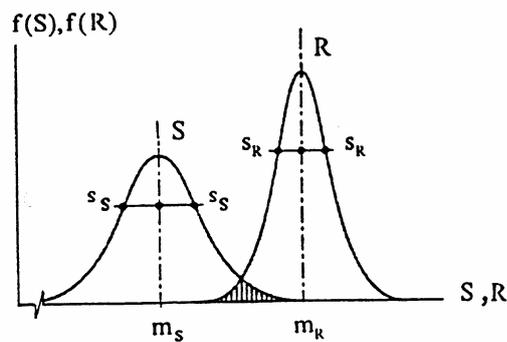


Figura 48 Funciones de distribución de la resistencia R y de la solicitación S

Supongamos una estructura cuya resistencia  $R$  viene dada por una función de distribución normal con valor medio  $m_R$  y con desviación típica  $s_R$ .

Supongamos también que la solicitación  $S$  a que está sometida la estructura, viene dada por otra función de distribución normal, con valor medio  $m_S$  y desviación típica  $s_S$ .

Gráficamente, las funciones de frecuencia o probabilidad  $R = f(R)$  y  $S = f(S)$  se han representado en la Figura 48. Si definimos la función límite (función  $G$ ) como la diferencia entre la función  $R$  y la función  $S$  podemos establecer como criterio de aceptación estructural el siguiente:

$$(Ec. 3) \quad G = R - S \geq 0$$

<sup>67</sup> Ver una aplicación en ACHE, Hormigón y acero nº 216. Rehabilitación de puentes del pasado. Una tarea del futuro. Peter Tanner; Luis Ortega Basagoiti; Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural. Número 216. 2T, 2000. También en ACHE, Hormigón y acero nº 217, Tanner y otros, 3T, 2000.

El área rayada de la Figura 48 nos indica que existe una cierta probabilidad de fallo  $p_f$ , entendiendo ésta como la probabilidad de que  $S$  sea mayor que  $R$ . Si representamos la función límite  $G = R - S$ , obtendremos otra función normal, con media  $m_G$  y con desviación típica  $s_G$ , donde para valores de  $G < 0$  la estructura falla. La probabilidad de que  $G$  sea menor que  $0$  la podemos expresar como la probabilidad de fallo  $p_f$  y coincide con la superficie del área rayada a la izquierda del eje  $f(G)$  de la Figura 49, esto es:

$$(Ec. 4) \quad p_f = 1 - p[(R - S) \geq 0] = p[(R - S) < 0]$$

Como se puede observar en la Figura 49, el alejamiento del valor medio de  $G$ ,  $m_G$ , del origen, nos da una medida de la probabilidad de fallo, ya que cuanto mayor sea ese alejamiento, más pequeña será el área rayada que mide  $p_f$ . Por ello, si definimos como parámetro que mida el alejamiento de  $m_G$ , el coeficiente  $\beta$ , denominado **índice de fiabilidad**, como el número de veces de desviación típica de  $G$ ,  $s_G$ , que representa aquel alejamiento, podemos concluir que la probabilidad de fallo, dada en la ecuación (Ec. 4), se puede expresar como función de  $(-\beta)$  en una distribución normal  $\psi$ , coincidente con  $G$  pero centrada y respecto al valor medio  $m_G$ . Es decir:

$$(Ec. 5) \quad p_f = \psi(-\beta)$$

siendo:

$\psi$  = función de distribución normal, centrada, equivalente a  $G$

$$(Ec. 6) \quad \beta = \frac{m_G}{s_G} \quad \text{Índice de fiabilidad}$$

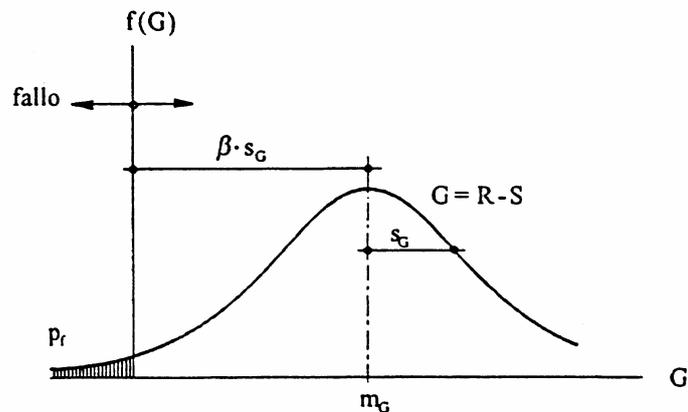


Figura 49 Densidad de distribución de la función límite  $G$

Para el caso considerado, de funciones de distribución normales, los parámetros de  $G$  serían:

$$(Ec. 7) \quad m_G = m_R - m_S$$

$$(Ec. 8) \quad s_G = \sqrt{s_S^2 + s_R^2}$$

Y, en consecuencia, el índice de fiabilidad de la estructura sería, el obtenido de sustituir en la ecuación (Ec. 6) los valores de las ecuaciones anteriores. Esto es:

$$(Ec. 9) \quad \beta = \frac{m_G}{s_G} = \frac{m_R - m_S}{\sqrt{s_S^2 + s_R^2}}$$

El índice de fiabilidad obtenido, es consecuencia de dos sumandos; uno debido a la influencia de  $R$  y otro debido a la influencia de  $S$ . Si descomponemos la ecuación (Ec. 9) en dos sumandos equivalentes pero función cada uno de la desviación típica de su influencia, tendremos:

$$(Ec. 10) \quad \frac{m_R - m_S}{\sqrt{s_S^2 + s_R^2}} = \beta_R \alpha_R + \beta_S \alpha_S$$

siendo:

- $\beta_R = m_R/s_R$     coeficiente de fiabilidad de  $R$
- $\beta_S = m_S/s_S$     coeficiente de fiabilidad de  $S$
- $\alpha_R =$  Coeficiente de influencia de  $R$  en  $\beta$
- $\alpha_S =$  Coeficiente de influencia de  $S$  en  $\beta$

Igualando los términos equivalentes de cada miembro de la igualdad anterior podemos obtener los valores de los coeficientes de influencia, que valdrán:

$$(Ec. 11) \quad \begin{aligned} \frac{m_R}{\sqrt{s_S^2 + s_R^2}} &= \beta_R \alpha_R \\ - \frac{m_S}{\sqrt{s_S^2 + s_R^2}} &= \beta_S \alpha_S \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores de  $\beta_R$  y  $\beta_S$ , y despejando los valores de  $\alpha_i$  tendremos:

$$\alpha_R = \frac{S_R}{\sqrt{S_S^2 + S_R^2}}$$

$$\alpha_S = -\frac{S_S}{\sqrt{S_S^2 + S_R^2}}$$

(Ec. 12)

Como es fácil demostrar, los factores  $\alpha_i$ , son tales que  $\sum \alpha_i^2 = 1$ , es decir su cuadrado representa el peso o influencia que tiene  $R$  y  $S$  en el índice de fiabilidad.

Los valores de cálculo de  $R$  y  $S$ ,  $R_d$  y  $S_d$ , respectivamente los podemos obtener teniendo en cuenta que representan la combinación más probable de valores para los que se produce el fallo de la estructura, es decir, los valores que anulan la ecuación (Ec. 3). Así, se tratará de encontrar los valores de  $R$  y  $S$  comunes a las curvas de la Figura 48. Es decir:

$$R_d = m_R - \beta \alpha_R S_R$$

$$S_d = m_S - \beta \alpha_S S_S$$

(Ec. 13)

Las expresiones de las ecuaciones (Ec. 13), contienen la ecuación de una circunferencia si utilizamos para su representación unos ejes de referencia que sean:

- Como eje de abscisas, la variable :  $\frac{R_d}{S_R}$
- Como eje de ordenadas, la variable:  $\frac{S_d}{S_S}$

Operando las expresiones (Ec. 13), podemos escribir:

$$\left( \frac{R_d}{S_R} - \frac{m_R}{S_R} \right)^2 = \beta^2 \alpha_R^2 \quad (a)$$

$$\left( \frac{S_d}{S_S} - \frac{m_S}{S_S} \right)^2 = \beta^2 \alpha_S^2 \quad (b)$$

(Ec. 14)

Sumando (a) y (b) y haciendo uso de los coeficientes de fiabilidad de  $R$  y  $S$ , es decir de  $\beta_R$  y  $\beta_S$ , , y utilizando los ejes cartesianos reseñados antes, obtenemos la ecuación de una circunferencia con radio definido por  $\beta$ , con centro en  $(\beta_R, \beta_S)$ ; y si consideramos la posibilidad de aceptar valores de fiabilidad iguales o superiores a  $\beta$ , el círculo interior a  $\beta$  nos proporciona la superficie de fallo, y el punto de tangencia que permite  $S_d$  máxima nos proporciona el punto de diseño (Figura 51); esto es:

$$(Ec. 15) \quad \left( \frac{R_d}{S_R} - \beta_R \right)^2 + \left( \frac{S_d}{S_S} - \beta_S \right)^2 = \beta^2$$

Operando las expresiones (Ec. 13) se puede comprobar que su diferencia es nula, como se desprenden de la condición de  $G = 0$ , y por otro lado los valores obtenidos, como parámetros de cálculo, lo son para distribuciones normales y cuando son dos las variables estocásticas. La realidad, cuando hablamos de exactitud del problema, es bien distinta; el número de variables suele ser importante, las funciones límites,  $G$ , no suelen ser lineales, y las variables suelen tener otras distribuciones distintas de la normal Figura 50 (Tanner, 1995).

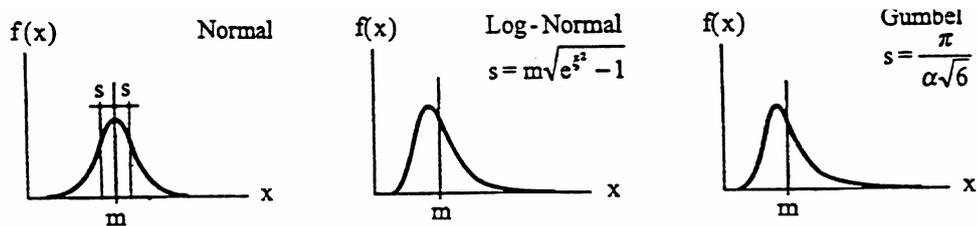


Figura 50 Funciones de distribución más habituales

Para otras distribuciones, como las recogidas en la Tabla 22, el Eurocódigo 1, parte 1 de bases de cálculo establece en su tabla A.3 del Anexo A, los valores de cálculo a utilizar para las distribuciones Lognormal y de Gumbel, además de la normal.

Distribución	Valores de cálculo	Observaciones
Normal	$\mu - \alpha\beta\sigma$	$\mu$ es la media $\sigma$ es la desviación estándar
Lognormal	$\mu e^{(-\alpha\beta V)}$	para $V = \frac{\sigma}{\mu} < 0,2$
Gumbel	$u - a^{-1} \ln\{-\ln \Phi(-\alpha\beta)\}$	$u = \mu - \frac{0,577}{a}$ , $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

Tabla 22 Valores de cálculo para varias funciones de distribución. EC 1-1

### 1.3.2.- La fiabilidad en el Eurocódigo 1

El Eurocódigo 1 establece como sistema de comprobación de la fiabilidad, entre otros, el método antes desarrollado, y lo denomina **Método del Valor de Cálculo**, y trata de determinar el punto de la superficie de fallo que tiene la más alta probabilidad de

ocurrencia (Figura 51)<sup>68</sup>, por lo que se desarrolla dentro del método probabilístico de nivel II (fiabilidad de primer orden FORM).

En el caso de las sobrecargas de uso, nos encontramos ante una variable cuya función de distribución, media y desviación típica, dependen de muchas condiciones, entre ellas, el tipo de edificio, la categoría de uso, de la superficie tributaria de carga, del tipo de elemento estructural, y otros factores.

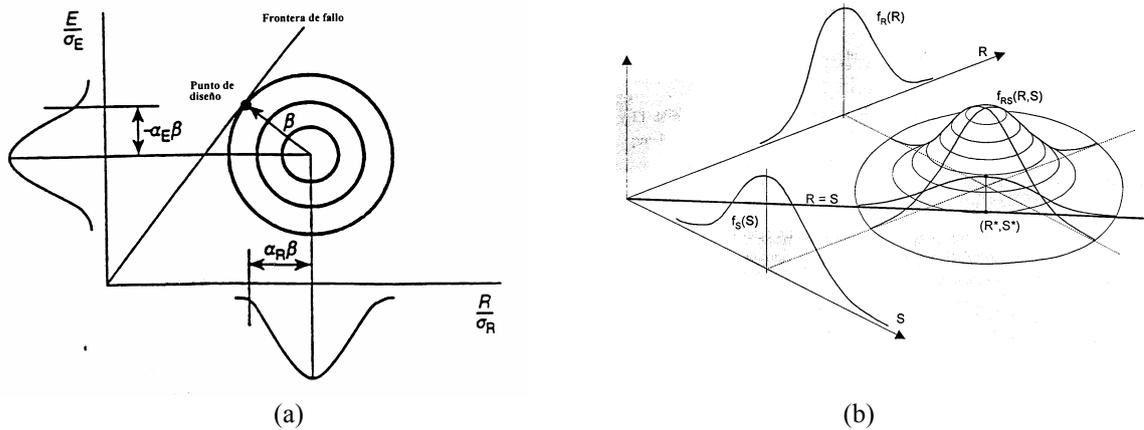


Figura 51 Definición del punto de diseño. FORM

La comprobación de la **fiabilidad de una estructura** pasa según el Eurocódigo 1, tres niveles de acceso:

- El **nivel I** que deriva de la utilización del proyecto con coeficientes parciales.
- El **nivel II** correspondiente a un método probabilístico de fiabilidad de primer orden, conocido como FORM.
- El **nivel III** de cálculo que se corresponde con un método probabilista exacto, donde todas las variables alcanzan sus funciones de distribución.

El nivel III queda fuera del acceso pretendido en un código con tendencias de aplicación práctica. El nivel que asume el **Eurocódigo** y que desarrolla según el método de los coeficientes parciales es, **el nivel I**. Sin embargo en el Anexo A acompaña, aun cuando brevemente, el desarrollo de las bases en que se fundamenta el FORM, método basado en variables estocásticas de procedimiento similar al desarrollado en este apartado.

Nº medio de personas en peligro	Consecuencias económicas en caso de fallo
---------------------------------	---

<sup>68</sup> La figura (a) ha sido obtenida del Eurocódigo 1 y la (b) de la referencia (Arrieta, 1998)

	Sin gravedad	Graves	Muy graves
Pequeño (< 0.1)	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$
Medio	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
Grande (>10)	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$

Tabla 23 Niveles de fiabilidad según JCSS. Probabilidades de fallo (riesgo)

Una forma de establecer el nivel de fiabilidad es acudir a los valores que establece el Comité Conjunto de Seguridad Estructural (JCSS) para la probabilidad de fallo o riesgo recogidos por el profesor García Meseguer (*García Meseguer, 1997*) y que figura en la Tabla 23.

El Comité establece además el límite de  $10^{-5}$ , como valor tolerable del riesgo individual anual, lo que exige para aplicar la Tabla 23, afectar sus valores por el coeficiente  $z$  según se define a continuación:

$$(Ec. 16) \quad N_{\text{indi. anual}} = n_f z$$

siendo:

$N_{\text{indi. anual}}$  = Riesgo individual anual

$z$  = coeficiente relación entre  $T$  y  $n$       $z = \frac{T}{n}$

$T$  = Duración en años esperada para la estructura

$n$  = N° medio de personas puestas en peligro en un año

Clase	Vida útil de proyecto (años)	Ejemplo
1	1-5	Estructuras temporales
2	25	Partes reemplazables de la estructura, por ejemplo, puentes grúa, apoyos,...
3	<b>50</b>	<b>Edificios y otras estructuras habituales</b>
4	100	Estructuras de edificios monumentales, puentes, y otras estructuras de ingeniería civil

Tabla 24 Clasificación de la vida útil del proyecto según EC 1-1, 1991

En cuanto a la duración esperada para la estructura, el Eurocódigo 1-1 introduce como vida útil de la estructura para la fase de proyecto los valores que se recogen en la Tabla 24 y como índices de fiabilidad admisibles los recogidos en la Tabla 25. La relación

entre la probabilidad de fallo y el índice de fiabilidad<sup>69</sup> lo establece el EC 1-1 según la siguiente relación:

$$(Ec. 17) \quad P_f = \Phi(-\beta)$$

siendo:

- $P_f$ = probabilidad de fallo
- $\Phi$ = Función de distribución normal
- $\beta$ = Índice de fiabilidad

La relación anterior la establece el EC 1-1, de forma tabulada para valores dados., en su anexo A, según el cuadro que sigue:

$P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	1,3	2,3	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2

Tabla 25 Valores del índice de fiabilidad en función de la probabilidad de fallo

La representación gráfica de las relaciones anteriores nos proporciona una curva aproximada de la ecuación (Ec. 17), representación que podemos ver en Figura 52.

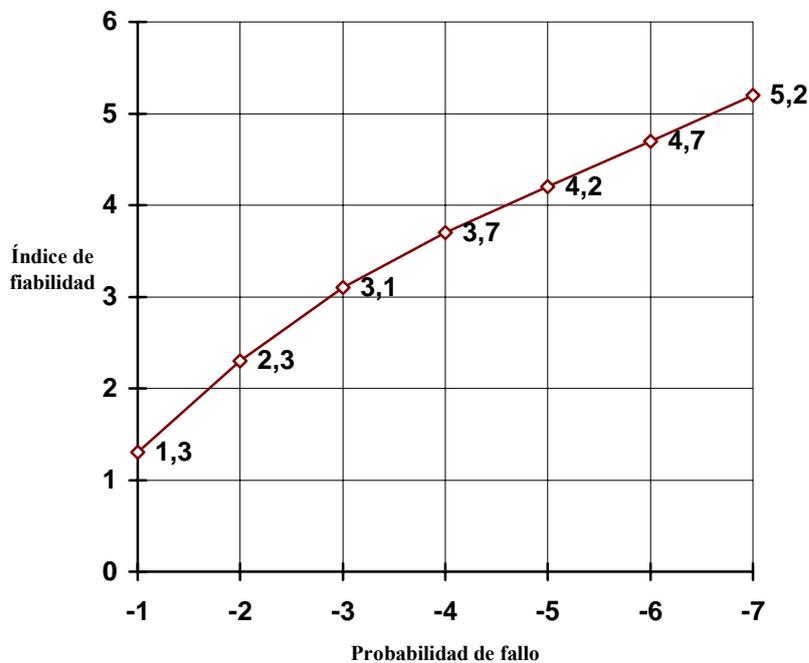


Figura 52 índice de fiabilidad  $\beta$  en función de la probabilidad de fallo  $P_f(10^x)$ . EC 1-1 1991

<sup>69</sup> Según EHE:  $\psi(\beta)=1-p_f$ , siendo  $\psi$  la función de distribución normal. Apartado 6.1. EHE

Igualmente, la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, en su artículo 6º, contiene los criterios en que se fundamenta la seguridad de una estructura frente a un riesgo, pregonando como procedimiento que asegura la fiabilidad requerida el Método de los Estados Límites, basado en la determinación previa de los coeficientes parciales de seguridad, correspondiéndose, al igual que propone el Eurocódigo 1, con un método de fiabilidad de nivel I, en el que se aceptan como índices de fiabilidad  $\beta$  los que se recogen en su tabla 6.1 que aglutina los valores de la probabilidad de fallo  $p_f$  y el índice de fiabilidad, en función del tipo de estado límite, último o de servicio (Tabla 26).

Estado Límite	Probabilidad de fallo $p_f$	Índice de fiabilidad $\beta$
Último	$7,2 \cdot 10^{-5}$	3,8
Servicio	$6,7 \cdot 10^{-2}$	1,5

Tabla 26 Índice de fiabilidad y probabilidad de fallo. EHE

Es interesante observar (Tabla 26), que la probabilidad de fallo que admite la Instrucción EHE para Estados Límites Últimos, es  $7,2 \times 10^{-5}$ , y para Estados Límites de Servicio de  $6,7 \times 10^{-2}$ , asociados ambos a un índice de fiabilidad de 3,8 y 1,5 respectivamente, valores que coinciden sensiblemente con los que se deducen de la curva dada en la Figura 52 y, es importante destacar, como la EHE, se desarrolla con un índice de fiabilidad en situaciones últimas en más de 2,5 veces superior a las de situaciones de servicio; correspondiéndose cada uno de esos índices con una probabilidad de fallo casi 1.000 veces inferior en situaciones últimas (agotamiento, inestabilidad, etc...) respecto a las de servicio (deformación, fisuración, etc...).

#### **1.4.- Evaluación de estructuras: fase de proyecto versus fase de peritación**

La evaluación de estructuras presenta, en general, dos formas distintas de enfocar su procedimiento. En estructuras por construir, nos enfrentamos a un problema puramente de proyecto, donde todas o la mayoría de las variables se deben elegir, establecer, etc., en función de las características del futuro edificio; es decir *“las características de la estructura se deben suponer”* (Tanner, 1995). Cuando el edificio está construido, y tenemos la necesidad de evaluar su fiabilidad, los parámetros y condiciones existentes son bien distintos de los que encontramos cuando proyectamos; algunas de las variables de la fase proyecto, siguen siéndolo, pero otras *“no son sucesos que ocurrirán en el futuro sino sucesos ya realizados y por tanto fácilmente medibles, con los que su carácter aleatorio y sus posibilidades de variación se reducen, hasta desvanecerse en muchos casos”*, (Calavera, 1984).

Una forma de distinguir sus diferencias es establecer lo singular de cada caso en función de los parámetros más representativos de cada metodología; esto es, en función de los siguientes factores:

- La finalidad de la evaluación
- Las características de la edificación
- La normativa a aplicar
- Las acciones o cargas a considerar
- La resistencia de la estructura, en general y de sus elementos en particular
- El establecimiento de las condiciones de fiabilidad.
- Los procedimientos de análisis estructural
- El efecto de las decisiones tras la evaluación
- Los aspectos económicos y sociales que entran en juego en todo el proceso.

##### **1.4.1.- Finalidad de la evaluación**

Cuando se procede al análisis de una estructura para ser construida, nos enfrentamos a un problema cuyo enunciado está poco o nada desarrollado, nos enfrentamos a un proyecto (algo futuro), el análisis y el diseño de la edificación se encuentran en una fase de perfecta interacción, y ello permite y exige que consideraciones que limitan uno u otro puedan ser superadas modificando, eligiendo, o adaptando los criterios iniciales.

En estructuras ya construidas, se trata de evaluar, en las condiciones más realistas su nivel de fiabilidad. La capacidad interactiva entre edificación y análisis no es tan amplia como en la fase de proyecto. Gran cantidad de parámetros que intervienen en el proceso no deben ser proyectados, sino inspeccionados para su obtención; son parámetros con los que se parte y sólo en la fase de intervención podrán ser modificados como consecuencia de la evaluación pretendida.

En definitiva podemos indicar que para estructuras por construir, la finalidad principal de la evaluación, es obligar a que el diseño de una estructura cumpla con la

fiabilidad preestablecida (códigos, cliente,...) en función de una serie de situaciones que se consideran límite para desempeñar el uso pretendido. A este propósito una estructura se *proyectará y construirá para que durante su vida útil, con la fiabilidad y economía apropiadas se mantenga en las condiciones de uso requeridas y soporte las acciones y situaciones previsibles durante la ejecución y servicio*. Lo anterior se consigue con medidas, entre otras, como las siguientes (EC I-1, 1991):

- Reduciendo los imprevistos que se deben soportar.
- Seleccionando una tipología estructural adecuada.
- Dimensionamiento elementos estructurales con capacidad de aviso en el colapso

En estructuras ya construidas, la finalidad de la evaluación, generalmente, deriva de una situación patológica (o anomalía en su servicio), que exige evaluar, acotar y establecer decisiones de intervención o no así como los niveles intermedios. Esta evaluación tiene un carácter subjetivo muy superior al caso de estructuras por construir, ya que la fiabilidad de una estructura existente no puede considerarse como una característica en sí de la estructura, sino que, al depender de los datos disponibles y de los conocimientos y procedimientos del técnico que evalúa, la fiabilidad alcanza más bien un gran paralelismo con el grado de confianza personal que se tiene en la estructura en un determinado momento (Tanner, 1995).

#### **1.4.2.- Características de la edificación**

En la fase de proyecto, la edificación aún no existe, sus características están por definir, las podemos vincular a otras decisiones, se deben limitar al cumplimiento de normativas, etc.; en esta situación de futuro, la seguridad de la estructura es una función que esquemáticamente la podemos representar como  $S=\psi(A, R, D, P, T,...)$ ; siendo  $A$ , las acciones externas;  $R$ , las resistencias;  $D$ , las dimensiones;  $P$ , los pesos propios; y  $T$ , las tolerancias de ejecución; siendo todas ellas variables estocásticas cuya dispersión debe ser prevista o estar sujeta a las exigencias del código o norma concreta de aplicación a la edificación (Calavera, 1984).

Los parámetros anteriores, en fase de peritación (comprobación), dejan de ser variables aleatorias y pasan a ser valores deterministas que podemos medir o contrastar. Es, en el procedimiento de cuantificación (plan de inspección, ensayos, catas,...) donde nos encontramos limitaciones que nos obligan a introducir distintos coeficientes de dispersión, pero evidentemente menores que en fase de proyecto. Así, el peso propio de una estructura, difícilmente incrementa su valor, de forma estimable, durante su vida útil, puede contener distintos valores a lo largo de una viga por cuanto sus secciones  $b \times h$  pueden aportar diferentes medidas, resultado de la tolerancia durante la ejecución, error de replanteo, movimiento del encofrado, etc, pero tales dispersiones con muy bajas en términos generales, por cuanto los podemos acotar midiendo en varios sitios las dimensiones necesarias. En definitiva, la dispersión, en muchos casos, la encontramos en el proceso de medida más que en su existencia real; y en este sentido, podemos concluir en que *“se pueden medir con buena precisión, determinando las dimensiones de diferentes secciones y pesos específicos de los materiales, siendo en consecuencia admisible la reducción de los*

*coeficientes de seguridad parciales*” aplicables a tales parámetros (Tanner, 1985). Los parámetros más influyentes que intervienen y que interesa su cuantificación se han recogido en la Tabla 27, donde se recogen, esquemáticamente, las fuentes de determinación más habituales.

	<b>Determinación en fase de proyecto</b>	<b>Determinación en fase de peritación</b>
Uso del edificio	Cliente Normativa	Visitas específicas Plan de utilización <sup>70</sup>
Características del terreno	Estudio Geotécnico e información complementaria (I.C)	Estudio Geotécnico e I. C. Ordenes de obra Documentación de ejecución
Tipología de cimentación	Diseño adecuado	Proyecto y catas de comprobación
Dimensiones de cimentación (Incluye armaduras en hormigón estructural)	Dimensionamiento	Inspección generalmente estadística contrastada con proyecto y demás ordenes de ejecución
Tipología de supraestructura	Diseño adecuado	Proyecto y catas de comprobación
Dimensiones de supraestructura. (Incluye armaduras en h. estructural)	Dimensionamiento	Inspección generalmente estadística contrastada con proyecto y demás ordenes de ejecución
Elementos de albañilería	Diseño adecuado	Proyecto y catas de comprobación. Colaboradores
Elementos de instalaciones	Diseño adecuado	Proyecto y catas de comprobación. Colaboradores y empresas especializadas que intervienen
Limitaciones en deformaciones	Diseño y análisis según códigos o exigencias propias compatibles con las normativas	Medición en puntos estratégicos. Generalmente flechas en forjados y desplazamientos de pilares. Información al 100% en zonas dañadas, incluyendo planos de fisuras
Limitaciones en fisuraciones	Diseño y análisis según códigos o exigencias propias compatibles con las normativas	Medición en puntos estratégicos, tanto de los elementos estructurales como de divisiones de albañilería y obras complementarias
Limitaciones en durabilidad	Diseño y análisis según códigos o exigencias propias compatibles con las normativas	Inspección de zonas propensas o con daños manifiestos: oxidación, ambientes de servicio real, etc.
Historial del proceso de ejecución	Se define en el proyecto de ejecución y se completa en ordenes de obra	Se obtiene de la documentación técnica disponible y de entrevistas con los agentes del proceso
Historial del período en servicio	Algunas variables se definen en el libro del edificio; plan de mantenimiento y servicio	Control de los documentos de mantenimiento y uso. Entrevistas con agentes responsables del mantenimiento y uso y con los usuarios.

Tabla 27 Características de la edificación. Obtención en fase de proyecto versus fase de peritación

<sup>70</sup> Ver (Tanner, 1995). En el apartado 3.1 recomienda la consulta de (Kunnz, ..., 1994) páginas 66-73.

### 1.4.3.- La normativa de aplicación

Las determinaciones de la mayoría de normativas españolas vinculadas al proceso de análisis de estructuras, están pensadas y redactadas para ser utilizadas en fases de proyecto, es decir, son códigos que contienen las limitaciones y exigencias que ha de cumplir una estructura para garantizar el servicio adecuado al uso previsto. Sin embargo, durante la evaluación de estructuras existentes, en el actual estado de la normativa, el perito que interviene debe aportar un gran número de decisiones de carácter subjetivo, amparándose en su experiencia, en la normativa tangencial a la cuestión y en tratados y normas extranjeras que abordan la situación de comprobación.

En fase de peritación el “ *técnico disfruta aquí de especial libertad y responsabilidad y habrá de guiarse, con frecuencia, más por su buen juicio que por reglamentaciones concretas*” (Calavera, 1984). En la fase de proyecto el autor tiene, sino la obligación de atenerse a las determinaciones de todas las normativas al respecto, sí la de conocerá la normativa al respecto y en caso de no aplicarla, justificar las desviaciones, con especial mención a la no-disminución de las garantías de seguridad. Así, al actual EHE Instrucción de Hormigón Estructural (EHE, 1999) se indica en su artículo 1º:

- “ El Autor del Proyecto y la Dirección de Obra, están obligados a conocer y tener en cuenta las prescripciones de la presente Instrucción, pero, en uso de sus atribuciones, pueden, bajo su personal responsabilidad y previa justificación de que no se reducen los niveles de prestaciones, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc., diferentes”<sup>71</sup>.

Las normativas habitualmente utilizadas en fase de proyecto exigen una reflexión previa antes de ser aplicadas en fase de peritación. Así, en la determinación de acciones la actual NBE-AE-88, sólo debe aplicarse en fases de proyecto y con las salvedades que aporta la no adaptación, aún, de sus tablas a valores característicos (Calavera, 1996). En Cataluña, el Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat, ha publicado recientemente, en 1994, la norma NRE-AEOR-93 *Norma Reglamentaria d'edificació sobre accions en l'edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d'edificis d'habitatgers*, cuyo campo de aplicación es precisamente la evaluación de acciones para fases de intervención, adelantando valores, procedimientos y criterios que en breve tienen tendencia a difundirse en el ámbito estatal. Otra alternativa, más acorde con la globalización europea, es la utilización del Eurocódigo 1, de Bases de Proyecto y Acciones en Estructuras, donde si bien estando pensado para la fase de proyecto, incluye metodologías y referencias de evaluación de cargas exteriores (variables) de forma más afinada que aporta el carácter determinista de sus tablas.

En cuanto a normativas que contienen metodologías de análisis y dimensionamiento, es de destacar que la reciente EHE incluye como Anejo 8 la formulación simplificada para el cálculo en fase de proyecto y en fase de comprobación de secciones rectangulares o T sometidas a flexión simple o compuesta. Hasta la EHE, las

---

<sup>71</sup> En el propio artículo 1º de EHE, se indica como opción alternativa las especificaciones del actual Eurocódigo 2, 1992 (UNE-ENV-1992.1.1).

anteriores EH sólo incluían referencias a métodos y formulaciones en fase de proyecto<sup>72</sup>. En estructuras de acero, la actual NBE-EA-95 reduce su campo de aplicación a la fase de proyecto, y aún cuando podamos considerar la intervención como una operación que se realiza con un proyecto previo, las bases de cálculo, las especificaciones de seguridad, y las exigencias de control no pueden estar contempladas, con las mismas exigencias, para estructuras por construir que, para estructuras construidas. Igualmente sucede con los procedimientos de dimensionamiento, donde se debería distinguir entre los dos tipos de actuaciones.

Por otro lado, en fases de peritación, el conocimiento de la normativa que fue de aplicación en el momento y lugar donde se desarrolló la fase de proyecto y ejecución de la obra, es especialmente significativo por cuanto representa una gran ayuda para la interpretación de los datos obtenidos (*Calavera, 1996*), contraste de situaciones extrañas<sup>73</sup>, y especialmente para determinar el índice de responsabilidad de los agentes que intervienen en el momento del proyecto y ejecución de la edificación, para el caso de peritaciones judiciales. En absoluto, se ha de confundir el cumplimiento de una normativa en un momento y lugar determinado con al obtención de un nivel de fiabilidad aceptable en el momento de llevar a cabo la peritación; a este respecto, “*Una estructura correctamente dimensionada y ejecutada en un momento determinado según un conjunto consistente de normas de acciones y de construcción, se considera fiable en este momento y en el marco de dichas normas*” (*Tanner, 1995*)<sup>74</sup>

Con el ánimo de clarificar el campo de aplicación de normas habituales en los procedimientos de evaluación estructural, se ha elaborado el contenido de la Tabla 28, en el que en función de los cinco principales agentes que intervienen, acciones y bases, metodología de análisis, dimensionamiento, ejecución y control del proceso, se establecen las recomendaciones y actuales normativas vigentes en función de, actuar en fase de proyecto o en fase de peritación / intervención. Igualmente para el conocimiento de la evolución de la normativa española sobre estructuras de edificación, se ha desarrollado el apartado correspondiente en el capítulo 2 de este trabajo, donde para los cuatro materiales fundamentales en estructuras se han referenciado sus normas y fechas significativas.

---

<sup>72</sup> No en vano la denominación de las EH anteriores contenían el título de Instrucción para el proyecto y la ejecución de .....”, actualmente la EHE adquiere la denominación de Instrucción para Hormigón Estructural, queriendo abarcar con ello al hormigón armado y al pretensado. Sin embargo la aplicación a las distintas fases de utilización, proyecto e intervención, no ha supuesto avances significativos, quizás por no corresponderle a la EH sino a otra norma concreta.

<sup>73</sup> Por ejemplo: ausencia de estribos en estructuras de hormigón armado anteriores a1940; práctica, entonces dominante en muchos países incluido España (*Apart. 11.11 de Calavera, 1996*).

<sup>74</sup> Peter Tanner lo recoge en (*Tanner, 1995*) en su apartado 4.3.2 dando como referencia de origen (*Schneider, J;...,1994*).

	<b>Fase de Proyecto Nueva Construcción</b>	<b>Fase de Peritación / Intervención</b>	<b>Observaciones</b>
Acciones y Bases	NBE-AE-88 EC 1- 2-1	Recomendable EC 1- 2-1 ANSI-82 UBC-88 NRE-AEOR-93	Recomendable evaluación específica en fase de peritación
Métodos de análisis	EHE, CM 90, EC 2 (Hormigón)	Evaluación por fases de aproximación (*)  EC 1-1	(*) Fase 1: Aproximada Fase 2: Determinista Fase 3. Probabilista
Dimensionamiento	NBE-EA-95, EC 3 (Acero) NBE-EM-98, EC 5 (Madera)	Guía CEB-FIP (Reparación Hormigón)	Recomendable consultar tratados específicos
Ejecución	NBE-FL-90, EC 6 (Ladrillo)	Metodologías especializadas	Valoración del uso actual en fase de intervención
Control	Estadístico según norma	Recomendable Chequeo 100%	Plan de seguimiento y utilización
NBE-AE-88: Norma Básica de la Edificación, Acciones en la Edificación NBE-EA-95: Norma Básica de la Edificación, Estructuras de Acero en Edificación NBE-EM-88: Norma Básica de la Edificación, Estructuras de Madera NBE-FL-90: Norma Básica de la Edificación, Estructuras de Fabrica de Ladrillo Resistente EHE, Instrucción de Hormigón estructural CM 90: Código modelo CEB-FIP 1990 EC 1-1: Eurocódigo 1, Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 1, Bases de proyecto EC 1-2-1: Eurocódigo 1, Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 2-1, Acciones en estructuras EC 2: Eurocódigo 2, Proyecto de Estructuras de Hormigón EC 3: Eurocódigo 3, Proyecto de Estructuras de Acero EC 5: Eurocódigo 5, Proyecto de Estructuras de Madera EC 6: Eurocódigo 6, Proyecto de Estructuras de Ladrillo Guía CEB-FIP: Reparación y Refuerzo de Estructuras de Hormigón			

Tabla 28 Normativa y recomendaciones según fase de proyecto y de peritación / intervención

#### 1.4.4.- Acciones a considerar

Las acciones que intervienen en el análisis de estructuras por construir, están determinadas en los códigos o normativas que en cada momento y lugar son de aplicación para el proyecto en cuestión. En España, la norma en vigor es la NBE-AE-88, es decir la Norma Básica de la Edificación de Acciones en la Edificación, y recientemente también se cuenta con la norma experimental derivada del Eurocódigo 1 de Bases de Proyecto y acciones en Estructuras, que en formato UNE se denomina UNE-ENV 1991-1 y UNE-ENV 1991 2-1. Un desarrollo completo de la normativa al respecto de sobrecargas, se ha desarrollado en el apartado de Normativa española de sobrecargas de uso en viviendas del capítulo 2 de este estudio.

En estructuras construidas, la evaluación de cargas, en principio no está recogida en ninguna normativa<sup>75</sup>, por cuanto se trata de estudiar el comportamiento de la edificación en la situación real de carga. Sin embargo con la intención de simplificar los métodos de evaluación es posible y conveniente acudir a normas que recojan específicamente acciones a considerar en fase de peritación, donde la prudencia con que se suele trabajar en fase de proyecto debe sustituirse por el mayor grado de acercamiento a la realidad<sup>76</sup>. En fase de proyecto podemos y debemos evaluar del lado de la seguridad, en fase de peritación se trata de evaluar del lado de la realidad (Calavera, 1996)<sup>77</sup>, para establecer los niveles de fiabilidad de la forma más afinada posible, acudiendo para ello al procedimiento de evaluación por fases sucesivas de aproximación.

El establecer distintos valores de acciones, según la fase de evaluación, tiene justificación por cuanto en fase de proyecto, el uso se prevé, las dimensiones se proyectan, la combinación de acciones se prefija, etc., el valor de las acciones, sobre todo la parte variable de las acciones, no representa, en edificación, un porcentaje elevado del total (en torno al 25-30%) y tanto el análisis, como el dimensionamiento de la estructura admite valores del lado generoso de la seguridad, sin que lo contrario contenga beneficios a tener en cuenta.

En peritación, el establecimiento riguroso de las acciones, y sobre todo de las cargas variables, es una exigencia del método, ya que de lo contrario, las conclusiones de la evaluación sólo servirían para aceptar resultados positivos de fiabilidad, pero en absoluto para desestimar la estabilidad de una edificación por resultados negativos de fiabilidad. La situación real del estado de cargas, exige aquí el establecimiento de al menos tres formas de determinación de las acciones, especialmente las sobrecargas de uso:

- Un valor determinista tabulado y singular para la peritación
- Una expresión  $S=\psi(A, T, \dots)$  que implique niveles de probabilidad aceptados en función de parámetros determinantes:  $A$ = Área de carga;  $T$ = Tipo de elemento estructural, etc.
- Un método de evaluación mediante inspección específica

Por otro lado, en fase de peritación, la evaluación real de las acciones servirá para fijar la situación de fiabilidad actual; en función de ésta se podrán fijar otros valores de acciones, sobre todo sobrecargas, para su uso futuro (Apart. 3.4.1; Tanner, 1995).

---

<sup>75</sup> Ver (Calavera, 1996) en 11.1, donde a propósito de la NBE-AE-88 se indica: “ ..., la NBE-AE-88, coincidente con la antigua MV-101 de 1962, deben considerarse como datos generales de aplicación, pero ciertamente un estudio tan especializado y concreto como es el de patología o rehabilitación debería profundizar más sobre las acciones a utilizar, puesto que pueden afectar de forma importante a las decisiones derivadas que han de tomarse y a los costes de la operación.”

<sup>76</sup> Para evaluación mediante pruebas de carga ver GEHO boletín nº 1, diciembre de 1998

<sup>77</sup> En el apartado 11.1 párrafo primero (Calavera, 1996) se dice. “Un aspecto de especial importancia en los problemas de rehabilitación y patología, que, en definitiva siempre encierran un proceso de revisión de los cálculos y una contemplación de un nuevo coeficiente de seguridad, es el establecimiento realista de las acciones a que va estar sometida la estructura”.

Tema especialmente significativo en la evaluación de acciones, lo representan las sobrecargas, por cuanto sobre todo en fase de peritación, son estas las que principalmente determinan, entre otros parámetros, el nivel de fiabilidad en el uso presente de la edificación. Se acude para ello al coeficiente de seguridad a sobrecargas, entendiendo por tal el valor  $C_{ss}$  según la expresión siguiente:

$$(Ec. 18) \quad C_{ss} = \frac{S_R - S_g}{S_q}$$

siendo:

- $C_{ss}$  = Coeficiente de seguridad a sobrecargas
- $S_R$  = Solicitación de agotamiento
- $S_g$  = Solicitación producida por las acciones permanentes
- $S_q$  = Solicitación producida por las sobrecargas

El valor de  $C_{ss}$ , representa la cantidad de veces que se tiene que incrementar la sollicitación debida a las sobrecargas para llegar al agotamiento, y aporta una medida a tener en cuenta del nivel de fiabilidad de la estructura en servicio habitual, por cuanto el coeficiente de seguridad global, definido como  $C_{sn} \approx \gamma_R \cdot \gamma_f$ , siendo:

$$(Ec. 19) \quad C_{sn} \approx \gamma_R \cdot \gamma_f$$

$\gamma_R$  = Coeficiente de seguridad de resistencia principal del material. Por ejemplo:

$\gamma_R = \gamma_c = 1.50$  Para hormigón a compresión (por ejemplo: pilares)

$\gamma_R = \gamma_s = 1.15$  Para armaduras de acero en piezas flechadas de H.A (por ejemplo: vigas)

$\gamma_f$  = Coeficiente de seguridad de las acciones a carga total  $\approx 1,60$  (generalmente)

$C_{sn}$  = Coeficiente de seguridad global de la estructura o elemento. Por ejemplo:

$C_{sn} \approx 1,50 \times 1,60 = 2,40$  Piezas comprimidas de hormigón armado

$C_{sn} \approx 1,15 \times 1,60 = 1,84$  Piezas flechadas de hormigón armado

; no permite saber cual es el alejamiento de una situación crítica respecto a las acciones que pueden incrementarse, cuales son las variables, ya que el peso propio (en general cargas permanentes) de los elementos que intervienen rara vez incrementa su efecto, y en cualquier caso la probabilidad de variabilidad de las acciones permanentes y de las acciones variables, es obvio que arroja valores muy extremos. Así pues, tendremos como valor del coeficiente de seguridad global a carga total, en función de las sollicitaciones, el siguiente:

$$(Ec. 20) \quad C_{sn} = \frac{S_R}{S_g + S_q}$$

Despejando el valor de  $S_R$  en la ecuación (Ec. 20), y sustituyéndolo en la expresión de (Ec. 18), tendremos:

$$(Ec. 21) \quad C_{ss} = (C_{sn} - 1) \frac{S_g}{S_q} + C_{sn}$$

La expresión anterior recoge la dependencia del coeficiente de seguridad a sobrecargas de, la relación entre la sollicitación derivada de las acciones permanentes y la acción derivada de las sobrecargas, así como del coeficiente de seguridad global a carga total. La Tabla 29, recoge los valores de  $C_{ss}$  en función de  $C_{sn}$  para los valores más habituales de carga permanente y sobrecarga en edificación, en el supuesto de relación lineal entre acciones y sollicitaciones.

Sg/ Sq	Csn															
	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
2.00	1.00	1.30	1.60	1.90	2.20	2.50	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00	4.30	4.60	4.90	5.20	5.50
2.50	1.00	1.35	1.70	2.05	2.40	2.75	3.10	3.45	3.80	4.15	4.50	4.85	5.20	5.55	5.90	6.25
2.75	1.00	1.38	1.75	2.13	2.50	2.88	3.25	3.63	4.00	4.38	4.75	5.13	5.50	5.88	6.25	6.63
3.00	1.00	1.40	1.80	2.20	2.60	3.00	3.40	3.80	4.20	4.60	5.00	5.40	5.80	6.20	6.60	7.00

Tabla 29 Valores del coeficiente de seguridad a sobrecargas  $C_{ss}$  en función de  $C_{sn}$  y la relación  $S_g/S_q$

En la tabla anterior se puede observar como el coeficiente de seguridad a sobrecargas aumenta a medida que lo hace el coeficiente de seguridad global a carga total, pero el incremento es mayor cuanto mayor es la relación entre la carga permanente y la variable (sobrecarga). La gráfica que recoge los valores anteriores es la reflejada en la figura siguiente.

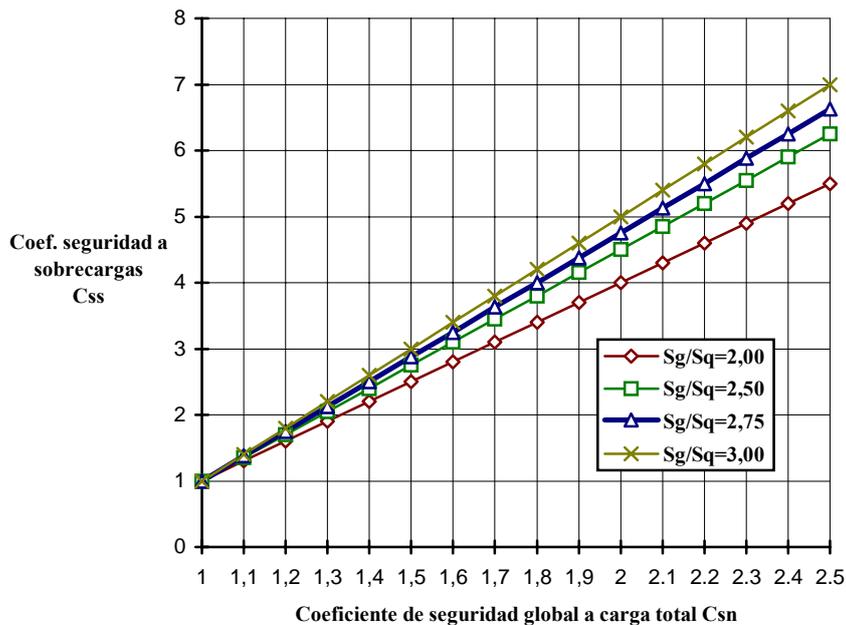


Figura 53 Valores del coeficiente de seguridad a sobrecargas  $C_{ss}$  en función de  $C_{sn}$  y de la relación  $g/q$

En situación habituales de edificación para viviendas (incluyendo la linealidad entre acciones y solicitaciones), la carga total está entorno a los 750 Kg/m<sup>2</sup>, de la que unos 200 Kg/m<sup>2</sup> corresponde a sobrecargas de uso (en fase de proyecto y según NBE-AE-88), lo que supone unos 550 Kg/m<sup>2</sup> de carga permanente (de baja probabilidad de variabilidad), con lo que la relación habitual de  $g/q$  está entorno a 2,75, y si admitimos como valor de referencia medio de  $C_{sn}$  el de 2,00 para la fase de proyecto y el de 1,60 para la fase de peritación, encontramos como valores de  $C_{ss}$  equivalentes y a tener en cuenta, los de 5,00 y 3,00 respectivamente.

Por otro lado podemos establecer la gráfica alternativa de la ecuación (Ec. 21) fijando los valores de  $C_{sn}$  y, dejando variar las relaciones de carga permanente a carga variable (sobrecargas). Para ello es preferible introducir como relación variable el porcentaje de carga variable que representa la sobrecarga respecto a la carga total, ya que es una referencia más fácil de manejar a la hora de estimar los valores en juego. Es decir, hagamos:

$$\delta = \frac{S_q}{S_g + S_q} \quad (a)$$

(Ec. 22)

$$\beta = \frac{S_g}{S_q} = \frac{1}{\delta} - 1 = \frac{1 - \delta}{\delta} \quad (b)$$

Con estas variables, relacionadas por la ecuación (Ec. 22 b), la expresión de  $C_{ss}$  dada en (Ec. 21), queda como sigue:

$$C_{ss} = (C_{sn} - 1) \frac{1}{\delta} + 1$$

(Ec. 23)

Los valores del coeficiente de seguridad  $C_{ss}$  que recoge la ecuación anterior se han llevado a la tabla siguiente, donde se expresan en función del coeficiente de seguridad global  $C_{sn}$  y del coeficiente  $\delta$  que refleja el tanto por uno de carga variable (sobrecargas) respecto a la total, en hipótesis lineal entre acciones y solicitaciones.

$C_{sn}$	$\delta = S_q / (S_g + S_q)$ expresado en %									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
<b>1,0</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>1,5</b>	6.00	3.50	2.67	2.25	2.00	1.83	1.71	1.63	1.56	1.50
<b>2,0</b>	11.00	6.00	4.33	3.50	3.00	2.67	2.43	2.25	2.11	2.00
<b>2,5</b>	16.00	8.50	6.00	4.75	4.00	3.50	3.14	2.88	2.67	2.50
<b>3,0</b>	21.00	11.00	7.67	6.00	5.00	4.33	3.86	3.50	3.22	3.00

Tabla 30 Valores del coeficiente de seguridad a sobrecargas  $C_{ss}$  en función de  $C_{sn}$  y de  $\delta = S_q / (S_g + S_q)$

La representación gráfica de los valores recogidos en la tabla anterior, permite observar la dependencia hiperbólica entre el coeficiente en estudio, el de seguridad a sobrecargas, respecto al coeficiente de variación  $\delta$  que mide el porcentaje de la carga variable respecto a la total aplicada a la estructura o al elemento estructural en cuestión. La relación hiperbólica es anómala para situaciones evidentemente atípicas y sólo reflejadas a

los efectos de representación gráfica de la curva que refleja la ecuación (Ec. 23). La gráfica de la Figura 54 incluye los valores hasta  $\delta = 0,1$ ; para  $\delta = 0$  el valor de  $C_{ss}$  es indeterminado o infinito, según se utilicen, consideraciones estructurales o matemáticas<sup>78</sup>.

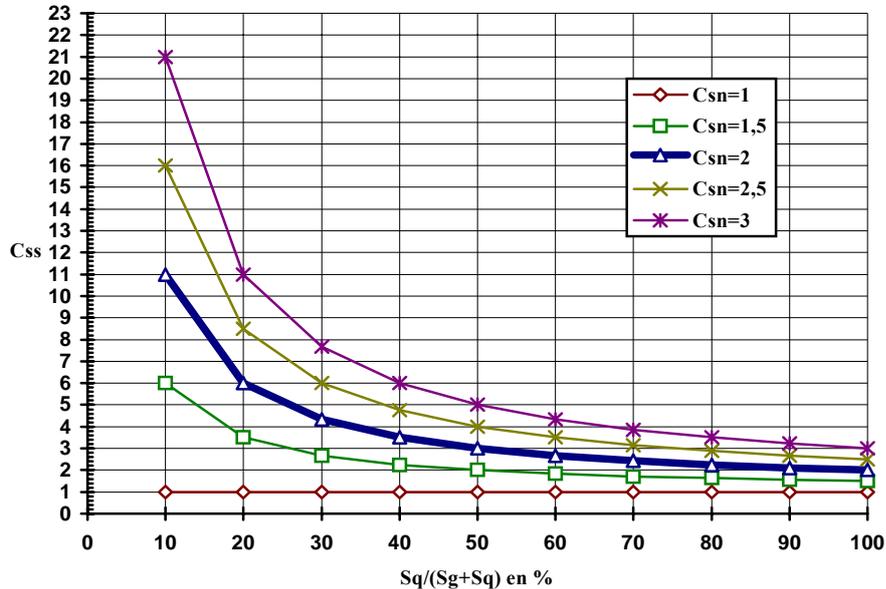


Figura 54 Representación gráfica de  $C_{ss}$  en función de  $\delta$

Para los entornos más habituales, el coeficiente  $\delta$  adopta valores cercanos al 25%, para los que con coeficiente global a carga total igual a 2, encontramos coeficientes de seguridad a sobrecargas del orden de 5; valor coincidente con el que obteníamos en la Figura 53.

#### 1.4.5.- Resistencia de la estructura

El conocimiento de la resistencia de una estructura o de sus elementos estructurales pasa, en el caso de estructuras a construir, por fijar un valor de la resistencia de los materiales que intervienen. Este valor en la mayoría de los casos proviene de exigencias reguladas en normativas e instrucciones, que pretenden asegurar una determinada relación calidad/resistencia y en ocasiones, como es el caso del hormigón estructural, determinar una exigente relación resistencia/durabilidad, o resistencia/nivel de control (EHE, 1998).

En muy raras ocasiones se admite acudir a ensayos sobre estructuras equivalentes y construidas, para obtener la resistencia de la por construir. (*Ver apartados 6.2 y 6.3 de EHE, 1991*).

<sup>78</sup> Para contrastar las gráficas obtenidas es interesante acudir al apartado 4.2 de (*Valcuende, 94*), donde la ecuación obtenida para relacionar el coeficiente de seguridad a sobrecargas y la relación entre sobrecargas y cargas totales, no se hace con el coeficiente  $\delta$  aquí utilizado, sino el coeficiente  $\alpha$  resultado de relacionar las cargas permanentes con las totales, es decir, siendo  $\alpha=1-\delta$ .

Cuando la estructura está construida, la obtención de su resistencia, permite dos formas comúnmente admitidas por las normas de aplicación. Por un lado podemos someter a la estructura a un proceso de ensayos, pruebas de carga y análisis complementarios que nos permita determinar su capacidad resistente o mejor aún, su fiabilidad ante un determinado riesgo, resultado de, su situación actual de uso o futura. Por otro lado, podemos acudir a la obtención de la capacidad resistente mediante, métodos analíticos que parten de las resistencias de los materiales que intervienen. De los dos métodos, el primero, presenta en la mayoría los casos grandes inconvenientes y, exige tomar en consideración un gran número de precauciones y limitaciones que, realmente hacen que se desaconseje su utilización, salvo, situaciones muy específicas que lo puedan reclamar. En cuanto al segundo, de procedimiento similar a cuando la estructura está construida exige tener en cuenta algunas precauciones que se pasan a considerar.

La resistencia que interesa es, la de la estructura o sus elementos que, están contruidos. Las probetas, en el caso del hormigón (y en general para cualquier otro tipo de material), sólo son, elementos que forman parte del proceso de evaluación, pero en absoluto se deben confundir sus resultados con los que debemos utilizar para los elementos estructurales<sup>79</sup>. A este propósito, “la relación entre los valores medidos en ensayos y la resistencia en el sitio y en el momento considerados introduce una incertidumbre adicional en la evaluación”, (Tanner, 1985), que puede suponer altos porcentajes de dispersión.<sup>80</sup>

Los ensayos de probetas, en hormigón, deben realizarse en el estado de saturación que arroje un nivel de fiabilidad equivalente al de la estructura, para su coincidencia con el estado que probablemente tenga esta en su uso o servicio real<sup>81</sup>. Ello es especialmente relevante, por cuanto la resistencia del hormigón seco es del orden de un 15% al 20% mayor que la del hormigón saturado, como en reiteradas referencias se ha puesto de manifiesto; (ver :Calavera, 1996; Delibes, 1984 y 1993)

La edad de la estructura en el momento de su evaluación y las correlaciones de resultados entre probetas testigo y las moldeadas en fase de ejecución exige factores de conversión que dependen de la utilidad o uso que se le prevea a los datos obtenidos. Así para evaluar la resistencia real del elemento, debemos utilizar los resultados a esa edad, no los resultados a 28 días ni ningún otro tabulado en normativas que incorporan especificaciones de exigencia de cumplimiento en función de varios parámetros, entre ellos la edad; por ejemplo, necesidad de alcanzar el hormigón un determinado valor de resistencia a una determinada edad para extrapolar decisiones de aceptación o rechazo. Sin embargo es muy importante tener en cuenta que a igualdad de edad y estado de saturación, la resistencia que arroja una probeta testigo es inferior a la que corresponde a su homóloga

---

<sup>79</sup> En el apartado 4.1.1 de (Tanner, 1985) encontramos: “...Lo que interesa realmente para la evaluación no es tanto la resistencia del hormigón en probetas, sino más bien en los elementos estructurales investigados...”.

<sup>80</sup> Interesante, como método de evaluación alternativo al de EHE , es el contenido de la referencia ACHE, nº 214; “Un método para la determinación analítica de la distribución de probabilidad de los estimadores de EHE; Eduardo Moreno almansa y Manuel Fernandez Canovas. 4T, 1999.

<sup>81</sup> “Es claro que, en un Estudio de Patología, la resistencia del hormigón (p. Ej.: la de los testigos) debe ser medida en el estado más húmedo que pueda tener la pieza, pero no forzosamente saturado”. (Apart. 11.5 del tomo 1 de Calavera, 1996).

moldeada, cuando la referencia es el mismo elemento estructural, por lo a determinados efectos<sup>82</sup>, se

deberán dividir los resultados obtenidos por el coeficiente  $c$  dado en la Figura 55 (Calavera, 1995), que para valores habituales de edificación, hormigón entre 25 y 30 N/mm<sup>2</sup>, arroja aproximadamente un coeficiente del orden de 0,9.

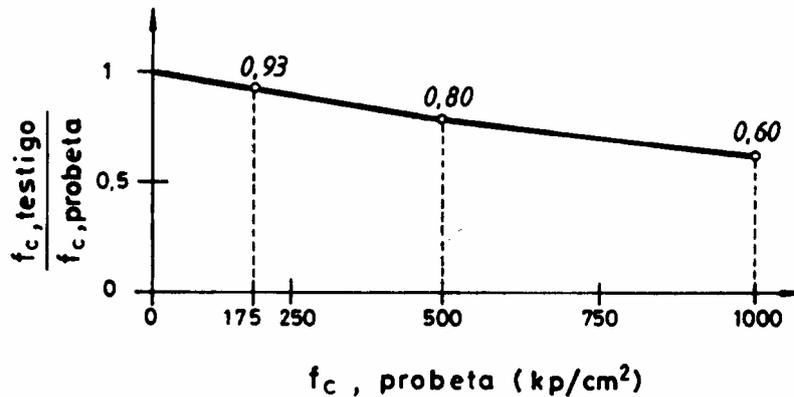


Figura 55 Relación entre  $f_c$ , probeta moldeada y el cociente entre  $f_c$  testigo y  $f_c$  probeta moldeada (Calavera, 1995)

Según la figura anterior, en el intervalo habitual de edificación, hormigón de resistencia entre 175 y 500 Kg/cm<sup>2</sup>, podemos encontrar la ecuación que proporciona el coeficiente  $c$  sin mas que obligar al cumplimiento de las condiciones de entorno en sus extremos y admitir una relación lineal. Es decir:

$$(Ec. 24) \quad c = a f_{cpm} + b$$

; para  $f_{cpm} = 175 \text{ Kg/cm}^2$  obtenemos como coeficiente  $c$  el valor de 0,93 (93%)

, para  $f_{cpm} = 500 \text{ Kg/cm}^2$  obtenemos como coeficiente  $c$  el valor de 0,80 (80%)

; y en consecuencia, tendremos:

$$(Ec. 25) \quad \begin{aligned} 0,93 &= a175 + b \quad (a) \\ 0,80 &= a500 + b \quad (b) \end{aligned}$$

Operando las ecuaciones (Ec. 25), y específicamente restando la (b) a la (a), obtenemos el valor de la pendiente de la recta, de valor  $a = - 0,0004$ . Despejando  $b$  de cualquiera de las ecuaciones (a) o (b) obtenemos como término independiente el valor  $b = 1$ . Es decir, en el intervalo habitual de edificación el coeficiente  $c$  en términos porcentuales viene dado por la ecuación siguiente:

$$(Ec. 26) \quad c = 100 - 0,04 f_{cpm}$$

; siendo:

$$c = \text{coeficiente relación } f_{c, p. \text{ testigo}} / f_{c, p. \text{ moldeada}} \text{ expresado en \%}$$

<sup>82</sup> Por ejemplo, para discernir sobre el cumplimiento o no de una especificación de proyecto o contrato entre las partes.

$f_{cpm}$  = Resistencia del hormigón en probeta moldeada (Kg/cm<sup>2</sup>)

Los valores de  $c$  para los hormigones más comunes se han obtenido en la tabla que sigue en función del valor de  $F_{cpm}$ .

Resistencia $f_{c, p \text{ moldeada}}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente $c$
175	93 %
200	92 %
225	91 %
250	90 %
275	89 %
300	88 %
325	87 %
350	86 %
375	85 %
400	84 %
425	83 %
450	82 %
475	81 %
500	80 %

Tabla 31 Valor del coeficiente  $c$  ( $f_{c, p \text{ testigo}}/f_{c, p \text{ moldeada}}$ ) en función de  $f_{c, p \text{ moldeada}}$

La representación gráfica de la relación obtenida queda reflejada en la figura siguiente:

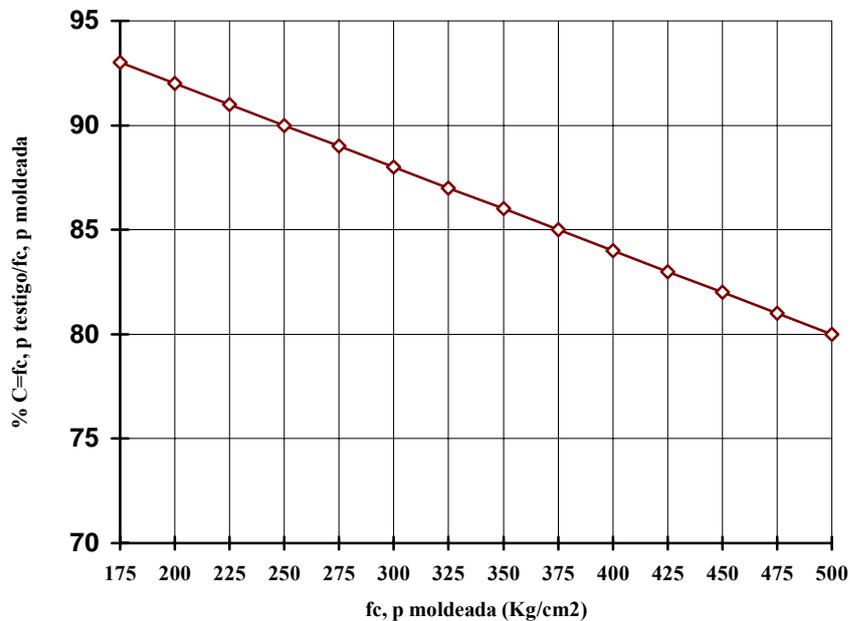


Figura 56 Representación gráfica del coeficiente  $c$  ( $f_{c, p \text{ testigo}}/f_{c, p \text{ moldeada}}$ )

Quizás, para mejor operatividad en la utilización del coeficiente  $c$ , sería conveniente representar el valor inverso y en tanto por uno, es decir el coeficiente  $k$  por el que

multiplicar el valor de la resistencia obtenida en probeta testigo para ser comparado o equivalente al que debería haberse obtenido, en igualdad de saturación y edad, con probetas moldeadas, es decir:

$$(Ec. 27) \quad k = \frac{1}{c} = \frac{1}{1 - 0,0004 f_{cpm}}$$

siendo:

$k$  = coeficiente inverso a  $c$ , por el que multiplicar  $f_{cpt}$  para su comparación con  $f_{cpm}$ ; es decir:

$$f_{cpm} = k f_{cpt}$$

$f_{cpt}$  = Resistencia en Kg/cm<sup>2</sup> obtenida en probeta testigo

$f_{cpm}$  = Resistencia en Kg/cm<sup>2</sup> obtenida en probeta moldeada

La curva que representa la ecuación (Ec. 27), se ha representado en la figura siguiente:

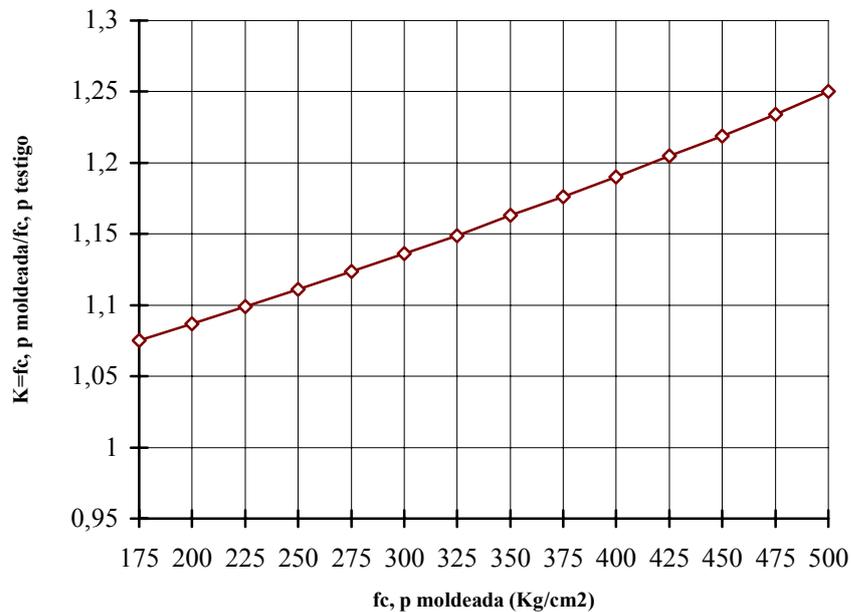


Figura 57 Coeficiente  $K$  igual a la relación entre  $f_{cpm}$  y  $f_{cpt}$  en función de  $f_{cpm}$

Son más las consideraciones a introducir en la obtención de la resistencia con que trabajar a los efectos de evaluar la capacidad portante de una estructura o sus elementos en función de si es a construir o si ya está construida, pero entre ellas y para el caso de peritación, vamos a destacar dos:

- La influencia de la localización de la probeta testigo en la pieza en estudio

- Y la correlación entre los tres métodos de información más habituales, esto es: esclerómetro, ultrasonidos y probetas testigo.

En cuanto a la primera, los estudios llevados a cabo han sido numerosos, mereciendo especial consideración las gráficas al efecto que aporta el profesor Calavera en la referencia (Calavera, 1996)<sup>83</sup> tomada de (Bungey, 1981), y que se han incorporado en la Figura 58, de la que se derivan las siguientes consideraciones:

- En coronación de muros se pueden alcanzar bajas del orden de hasta el 35%
- En la cara superior de vigas se llegan a obtener bajas del orden del 30%
- En cabezas de pilares se pueden obtener bajas del orden de hasta el 20%
- En la cara superior de losas se alcanzan bajas del orden de hasta el 15%

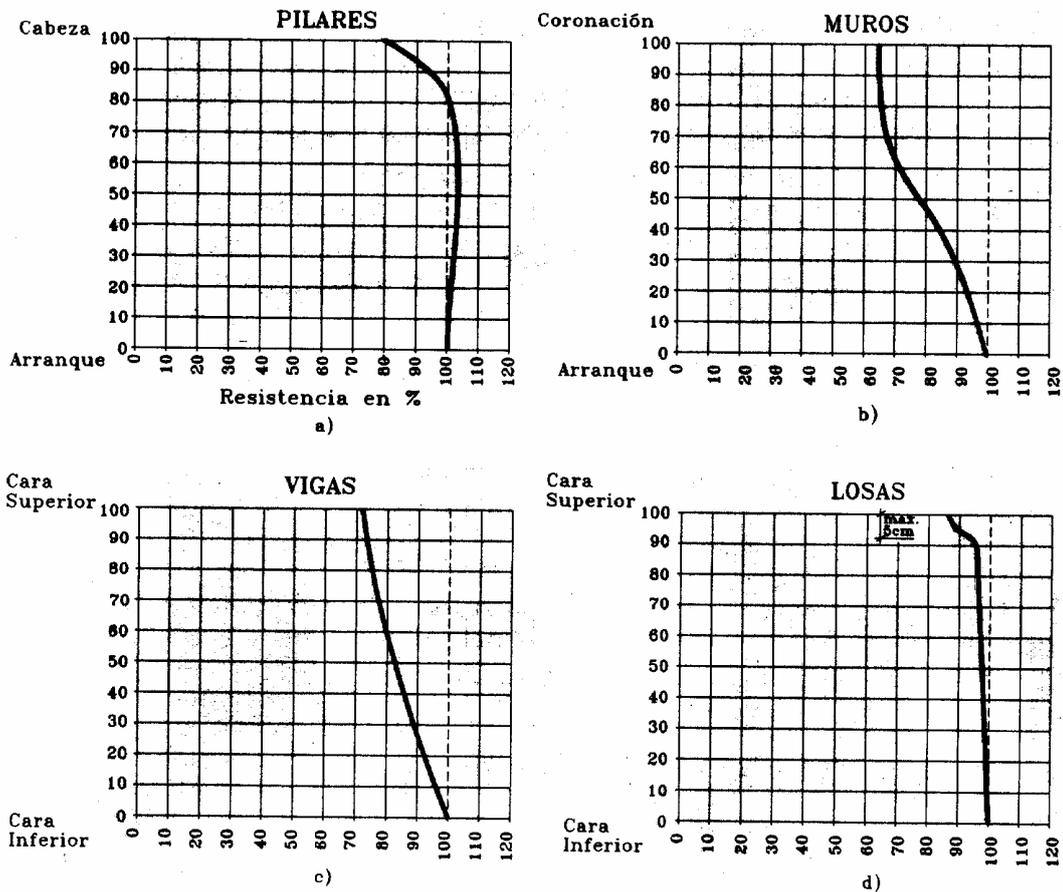


Figura 58 Variaciones de resistencia a lo largo de altura / espesor de diferentes elementos estructurales

En cuanto a las correlaciones entre las tres fuentes de información más habituales es de destacar el trabajo llevado a cabo por J.M Izquierdo Bernaldo de Quirós en el seno de INTEMAC en 1970 (Calavera, 1996) y en el cual se establece un sistema por el cual con

<sup>83</sup> Ver el párrafo g) del apartado 10.2.3 de la referencia (Calavera, 1996).

un costo mínimo en probetas testigo se puede obtener el dato de la resistencia a utilizar con un alto porcentaje de fiabilidad. (Ver Figura 59).

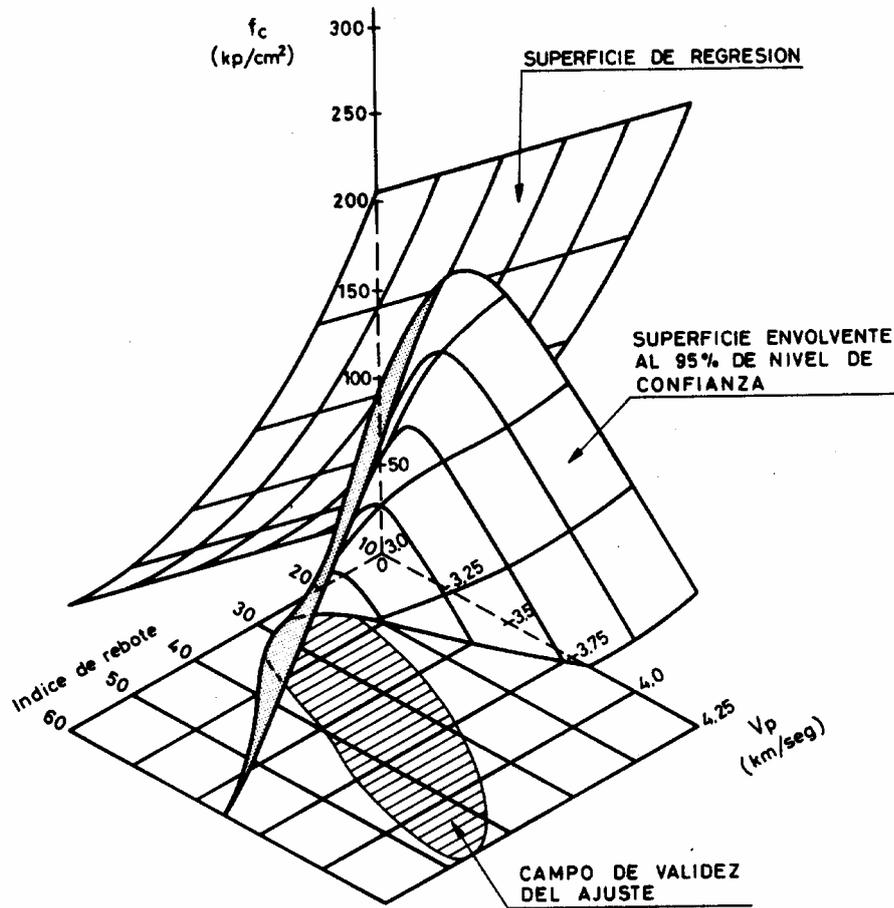


Figura 59 Correlación entre ultrasonidos, esclerómetro y probetas testigo. J.M Izquierdo

En definitiva debemos concluir con dos premisas:

- La resistencia del material en general y en particular de la estructura o elemento estructural en cuestión, adquiere un carácter totalmente **determinista en el caso de estructuras por construir**, el valor es establecido por el autor del proyecto según sus propios criterios o en consonancia con los exigidos por las normativas de aplicación, pasando a ser prioritario las garantías y control establecidos para garantizar el valor inicialmente supuesto.
- Para **estructuras ya construidas**, la resistencia buscada es una función de variables cuyo conocimiento y obtención influyen notablemente en la evaluación final y fiabilidad buscada, es por tanto un dato de carácter eminentemente **probabilista**, es decir:

Ec. 28

$$r = f(ME, GS, T, PT, E, \dots)$$

siendo:

$R$ = Índice de resistencia de la estructura  
 $ME$ = Metodología de evaluación  
 $GS$ = Grado de saturación de las probetas  
 $T$ = Edad del hormigón  
 $PT$ = Probetas testigo, localización  
 $E$ = Tipo de elemento estructural en evaluación

#### 1.4.6.- Fiabilidad . Objetividad y subjetividad

Parece evidente que la fiabilidad que se espera de un acontecimiento futuro, por venir, como es el hecho del dimensionamiento de una estructura para ser construida, sea distinta (generalmente menor) que la fiabilidad que nos debe proporcionar la evaluación de una estructura ya construida, donde un gran número de parámetros ya no son futuribles, sino existentes y en gran medida cuantificables con escasa probabilidad de error. Es decir, el índice de fiabilidad depende del nivel y tipo de información disponible por el evaluador, y en este sentido “*la fiabilidad de una estructura existente no se puede considerar como una característica de ésta, ya que depende de la información disponible, así como de los conocimientos de la persona que la evalúa, por lo que es fuertemente subjetiva*” (Tanner, 1995). Es decir, en fase de peritación, el carácter **subjetivo** de la fiabilidad<sup>84</sup> exige procedimientos y criterios de aceptación y rechazo que permitan decisiones derivadas de la evaluación, criterios que en ausencia de normativa específica deben ser suplidos por el resto de los agentes que intervienen en el proceso edificatorio y no sólo por el técnico que evalúa ya que en la toma de decisiones intervienen consideraciones de aceptación del riesgo, y es comúnmente admitido que “*la opinión pública espera que los fallos estructurales sean eventos extremadamente poco frecuentes*” (Tanner, 2000).

---

<sup>84</sup> Por el carácter tan didáctico del ejemplo, a propósito de la subjetividad de la fiabilidad (Teorema de Bayes, 1763), se reproduce a continuación el que recoge Peter Tanner en la ponencia que desarrolló en el año 1995 en las Jornadas que organizó el GEHO sobre Reparación y Refuerzo de Estructuras de hormigón en Madrid (Tanner, 1995):

“ *Al principio de la temporada, dos hinchas (pacíficos) de los clubes M y B, respectivamente, coincidieron en una tertulia radiofónica que tenía como fin evaluar lo que nos esperaba en el campeonato por venir. A pesar de tratarse de dos eminentes expertos en la materia, tenían opiniones muy divergentes sobre distintas cuestiones. El hincha del club M, por ejemplo, estimaba la probabilidad de que el club M ganara la liga en un 90%, mientras que el hincha B la estimaba en un 20%. Naturalmente sólo existen dos posibilidades: el club M gana o no gana la liga; no la puede ganar ni al 20% ni al 90%. A falta de dos jornadas para el final de la liga, cuando el club M tenía seis puntos de ventaja sobre el segundo clasificado, nuestros dos contertulios se reunieron otra vez para analizar la temporada prácticamente finalizada. En esta ocasión el hincha del club M declaró que la liga estaba ganada ya por su club, lo que correspondería a una probabilidad de ganarla del 100%, mientras que el hincha del club B estimaba dicha probabilidad en un 97%, argumentando que todavía podía salir a la luz algún posible fraude cometido por el club M.*

*Este ejemplo pone de manifiesto lo siguiente:*

- *La evaluación de la probabilidad de que el club M gane la liga es subjetiva: según su estado de conocimiento e información y sus preferencias personales, cada experto (contertuliano) llega a una conclusión diferente en su evaluación de la situación.*

- *La disponibilidad de información adicional influye en la opinión de un experto sobre el tema: en el transcurso de la liga los dos contertulios han aumentado el grado de confianza en el club M, y sus opiniones, inicialmente muy divergentes, se han acercado de manera espectacular.”*

En una estructura por construir, el carácter **objetivo** de la fiabilidad (*Tanner, 1995*) es más posible, por cuanto los parámetros que intervienen se han elegido u obtenido en función de criterios normativos o exigencias de diseño y en consecuencia se puede considerar que su fiabilidad es una característica intrínseca al proyecto, basada en valores supuestos y en consecuencia su nivel de incertidumbre es mayor que para estructuras construidas, por lo que para estas últimas es más fiable su nivel de seguridad obtenido (*Sobrino, 2000*).

En la aplicación de métodos de estados límites, parecería adecuado distinguir las diferentes incertidumbres analizadas en fase de proyecto y de peritación, mediante la utilización de coeficientes de seguridad parciales distinto para cada una de las fases. En estructuras por construir los coeficientes a utilizar deben ser, obviamente, los que marquen las normativas de aplicación. En estructuras ya construidas, actualmente no existe normativa que contenga tales valores por lo que se deberá estar al criterio del técnico que realiza la evaluación<sup>85</sup>.

A modo de ejemplo y para dejar patente los valores que empiezan a ser comúnmente admitidos en trabajos de peritación estructural en comparación con los valores habituales en fase de proyecto se ha elaborado la Tabla 32 que recoge sólo a título informativo los que de la experiencia personal en la intervención de expedientes periciales de ASEMAs<sup>86</sup> he podido observar en los últimos 10 años de colaboración.

	<b>Fase de proyecto</b>	<b>Fase de peritación</b>
Acciones permanentes	1.35	1.10
Sobrecargas	1.60	1.40 - 2.00
Viento	1.44	1.20
Sismo	1.28	1.00
Hormigón	1.50	1.20
Acero	1.15	1.00

Tabla 32 Ejemplo de coeficientes parciales de introducción de la seguridad en ELU de uso habitual

La aplicación tradicional de los coeficientes dados en la tabla anterior, se produce para fase de proyecto, incrementando las acciones y disminuyendo las resistencias según los valores apuntados; para la fase de peritación, el procedimiento trata de, a partir de la aplicación de los coeficientes parciales para las resistencias, obtener el coeficiente de seguridad frente a distintas hipótesis de acciones (gravitatorias, viento y sismo), para compararlo con los valores de la tabla. En el caso de acciones gravitatorias, la comparación pasa por evaluar el coeficiente general a cargas (comúnmente admitido el valor de 1,35 por multitud de autores) o evaluar con el coeficiente de seguridad a sobrecargas, admitiéndose valores que varían entre 1,40 y 2,00 en función de las características de las acciones y de la

<sup>85</sup> En España, sólo la norma NRE-AEOR-93 elaborada por la Generalitat de Catalunya incluye coeficientes de seguridad específicos para la fase de peritación. (Ver apartado correspondiente del capítulo 2 de este trabajo).

<sup>86</sup> ASEMAs. Asociación de Seguros Mutuos de Arquitectos Superiores

estructura (*Calavera, 1996*) tal y como se desarrolló en el apartado de acciones a considerar.

#### 1.4.7.- Procedimientos de análisis

Si la estructura a evaluar se encuentra en momentos y con variables distintas, según esté ya construida o por construir, parece apropiado que el procedimiento de evaluación sea, también distinto<sup>87</sup>.

En fase de proyecto, el procedimiento de cálculo puede, y generalmente es, el preconizado por la normativa correspondiente, el que podemos denominar **procedimiento general de dimensionamiento de estructuras** (*Tanner, 1996*), que según recoge la Figura 60 trata de, partiendo de las condiciones de diseño y exigencias normalizadas, establecer las hipótesis de cálculo y proceder a la verificación de las distintas condiciones establecidas como límites (en el caso de Estados Límites)<sup>88</sup>.

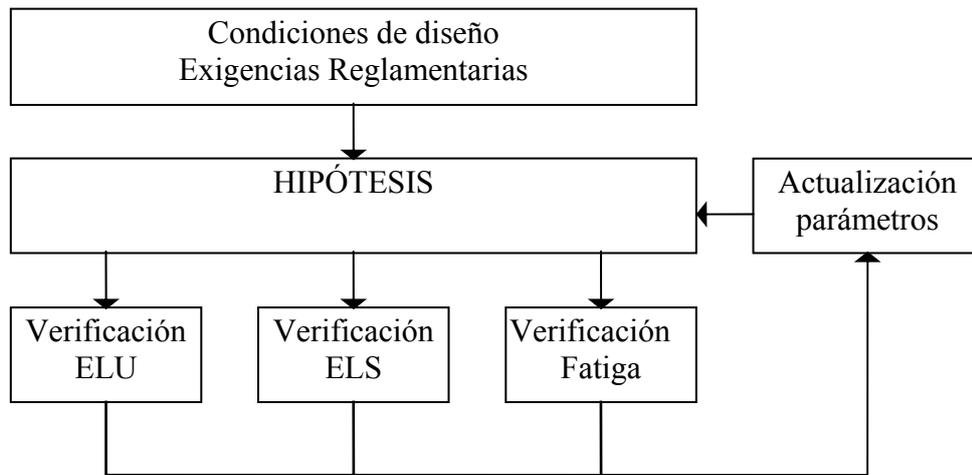


Figura 60 Método general de evaluación en estructuras por construir

Para el caso concreto del hormigón, el profesor Álvaro García Meseguer aporta el esquema recogido en la Figura 61 para establecer el esquema general de dimensionamiento

<sup>87</sup> Resulta interesante el análisis sobre la importancia del diseño de estructuras como parte, sino principal si, complementaria del análisis que el profesor Vázquez Espí realiza en la referencia “IETcc; CSIC. *Informes de la construcción n° 449, 1997*”.

<sup>88</sup> En la figura, recogida de (*Tanner, 1995*), se incluye la verificación de fatiga, como aspecto distinto a la verificación de ELU. Actualmente, también antes, la fatiga es considerada uno de los estados límites últimos, por lo que su significación sólo se justifica por mantener el esquema original del autor.

y la diferencia entre el dimensionamiento en Estados Límites y mediante el Método Tradicional en tensiones admisibles.

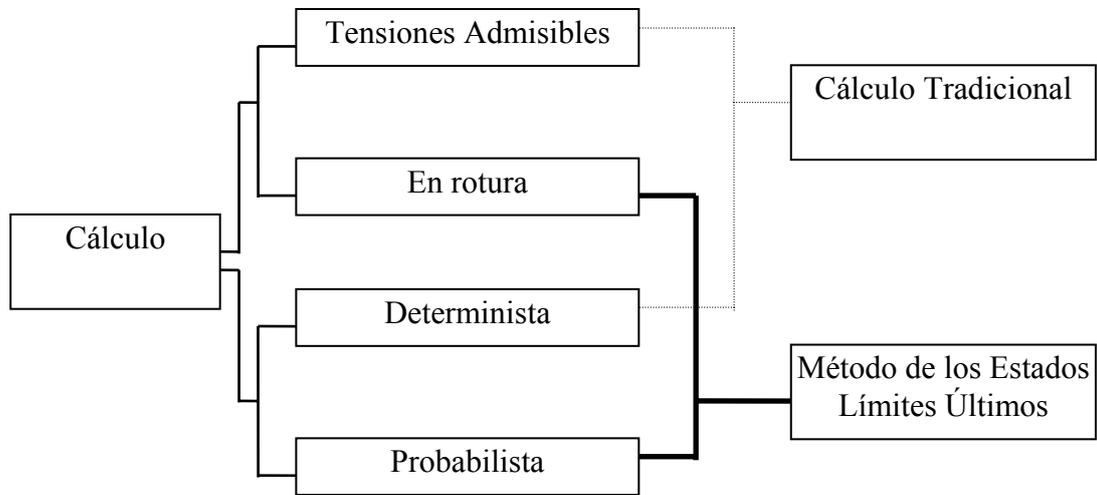


Figura 61 Esquema del proceso de cálculo y dimensionamiento en estructuras por construir (García Meseguer, 1997) especialmente para hormigón armado

Sin embargo en fase de peritación, en estructuras ya construidas, la metodología de evaluación se presta a un **procedimiento por fases**, donde la actualización de la información va generando un mayor índice de fiabilidad en los resultados obtenidos, y en consecuencia se pueden ir mejorando las hipótesis de cálculo mediante inspecciones, ensayos y mediciones in situ, aunque, “sin embargo, no es necesario proceder a la siguiente fase de evaluación si es posible llegar a una conclusión inequívoca con respecto a la fiabilidad de la estructura analizada” (Tanner, 1995), como generalmente se corresponde al resultar aceptable tal fiabilidad con consideraciones del lado de la seguridad, pero en absoluto admisible para conclusiones de inaceptabilidad sin agotar la última de las fases evaluación según un profundo análisis probabilista.

El esquema de la Figura 62, lo aporta Peter Tanner en la ponencia sobre “La evaluación de la fiabilidad en estructuras existentes” recogida en la referencia (Tanner, 1995). Recientemente (noviembre de 2000), y con motivo de dos jornadas celebradas en Murcia, bajo la organización del Instituto Levantino del Cemento y sus Aplicaciones - IECA LEVANTE- sobre “Técnicas Avanzadas de Evaluación Estructural, Rehabilitación y Refuerzo de Estructuras”, tanto Peter Tanner, como otros ponentes (Bellmunt, Calavera, González Valle, Sobrino etc.) han desarrollado lo contenido en el esquema, con metodologías probabilísticas de gran interés contenidas en la referencia bibliográfica (IECA, 2000)<sup>89</sup>.

<sup>89</sup> Además de la ponencia de Peter Tanner (Tanner, 2000), especial interés tienen las ponencias desarrolladas por Juan A. Sobrino Almunia (Sobrino, 2000) y por Calavera Ruiz (Calavera, 2000). El primero desarrolla varios ejemplos comparativos sobre la evaluación de la fiabilidad estructural según métodos deterministas tradicionales (semiprobabilistas) y según métodos probabilistas. El profesor Calavera desarrolla un trabajo donde se comparan los niveles de seguridad de los métodos semiprobabilistas (MC-90, EC-2, EHE) y el método norteamericano de ACI 318-95, incluyendo un valioso conjunto de gráficos muy ilustrativos.

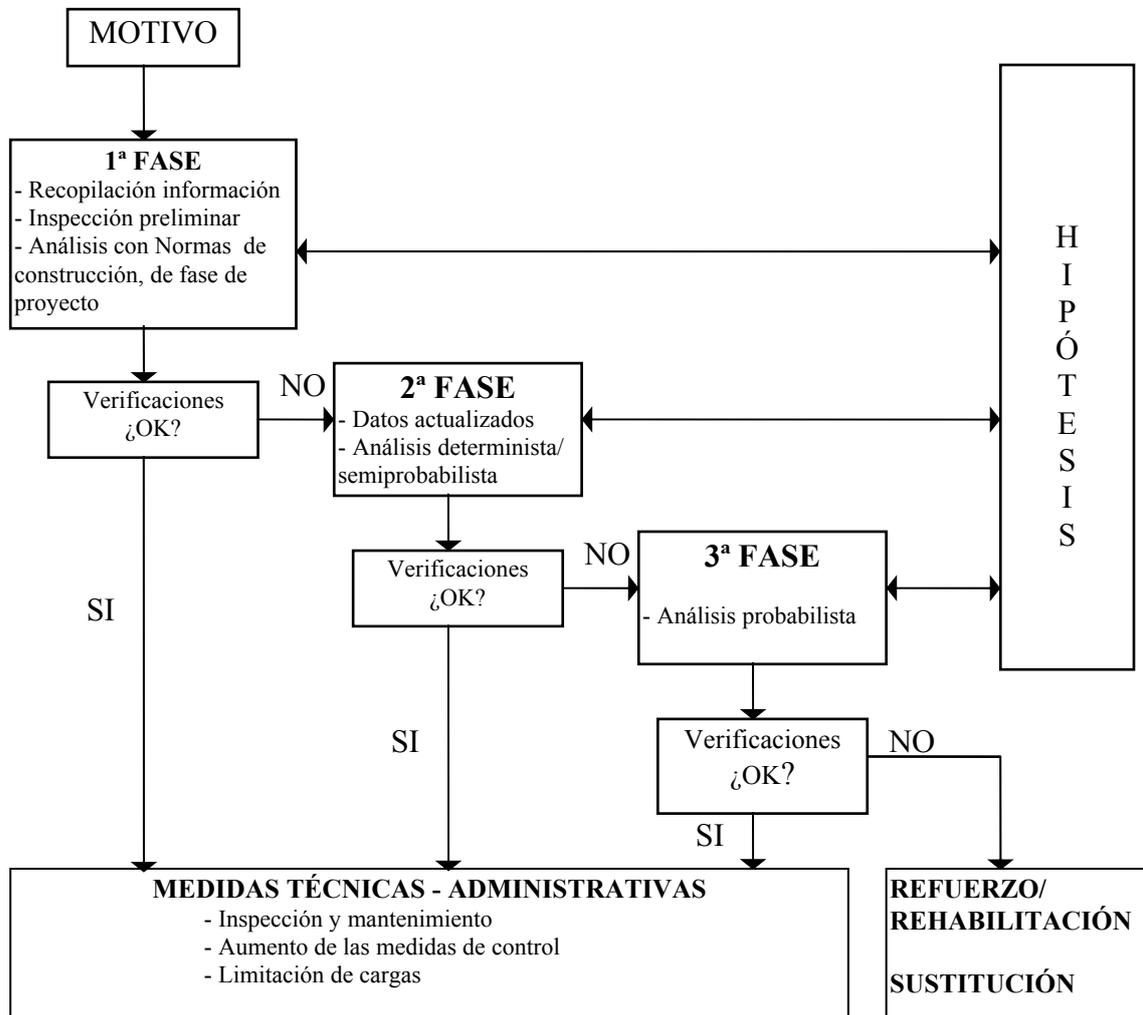


Figura 62 Principio del procedimiento de evaluación por fases. Estructuras existentes

El procedimiento se desencadena ante cualquier motivo: síntomas patológicos, evaluación periódica, proceso de mantenimiento, etc. En una **primera fase** se procedería a la recopilación de la información imprescindible para la evaluación, información documental y obtenida de las inspecciones preliminares oportunas. La comparación de los resultados de análisis con las normas de aplicación para estructuras por construir que, si bien no es suficiente, sí que proporciona datos útiles como base de comparación y representaría el primer chequeo de evaluación del que se pueden detectar los entornos o partes críticas aun cuando sea de forma muy primaria.

En caso de no conformidad en la verificación, pasaríamos a una **segunda fase**, donde se actualiza toda la información disponible, acciones, resistencias y datos sobre el comportamiento estructural de la edificación y se perita o comprueba la estructura con métodos deterministas o incluso semiprobabilistas, intentando determinar los coeficientes de seguridad a carga total o de sobrecargas de servicio real, según las hipótesis barajadas.

En esta fase, la evaluación adecuada de las cargas, especialmente las de más incertidumbre, como son las sobrecargas, adquiere una especial relevancia, por cuanto se han de utilizar los valores más realistas posible, o incluso los valores prefijados en concordancia con la propiedad; en absoluto tenemos que utilizar los valores de la normativa existente para fase de proyecto, salvo para establecer estados comparativos de cumplimiento de valores a efectos contractuales o facetas similares. Empieza, ya en esta fase, a ser necesario establecer los métodos de evaluación de sobrecargas en conjunción con la incertidumbre de su determinación.

Nuevamente, si el resultado de la verificación de las condiciones de aceptación arroja conclusiones negativas, debemos acceder a una **tercera fase** donde, se vuelve a actualizar la información al respecto, esta vez, acudiendo a métodos de análisis probabilistas, donde al menos debemos obtener las funciones de distribución de las acciones más representativas y de las resistencias más relevantes. El procedimiento puede llegar a niveles de complejidad altos, lo que aconseja que esta fase se reserve a casos de gran trascendencia o singularidad.

#### **1.4.8.- Efectos de las decisiones**

Resulta necesario distinguir entre los efectos que se derivan de una evaluación en fase de proyecto de los que resultan de una evaluación en fase de peritación.

En el primer caso, cuando estamos proyectando una edificación, ésta obviamente no está construida, por lo que el proceso de evaluación pasa por su dimensionamiento según los métodos o procedimientos de la normativa de aplicación, y cualquier incidencia o incertidumbre nuevamente planteada se resuelve fácilmente sin más que modificar las base de cálculo y volver a desarrollar el dimensionamiento correspondiente. Los efectos derivados de tales reconsideraciones afectan a un entorno muy reducido y sus consecuencias son fáciles de asumir ya que pueden ser resueltas durante el proceso de análisis estructural del proyecto.

En el caso de estructuras existentes, la evaluación estructural afecta de forma decisiva al futuro de la edificación, al de sus propietarios, al de los usuarios, e incluso involucra a la Administración al poder contener conclusiones que afectan a la ruindad de las construcciones. Los efectos o consecuencias de una peritación afectan a un amplio entorno, lo que unido a la inseparable subjetividad de la misma, hace que las conclusiones deban ser establecidas con gran prudencia y agotando todas las fases de análisis (*Tanner, 1995*).

En el intento de aportar, en la medida de lo posible, el máximo de objetividad en la toma de decisiones en la fase de peritación, y ante la ausencia de normativa específica, se han desarrollado ya métodos estimativos que ayudan a establecer criterios, tanto para los límites tolerables de variaciones resistentes, como para dotar de procedimientos de evaluación ágiles y fiables. Son métodos interesantes los dos siguientes:

- El método de la Variación Resistente (VR), del profesor *Calavera*, contenido en capítulo 12 de la referencia (*Calavera, 1995*).

- El método de los Indicadores Empíricos (IE), expuesto por el profesor *Bellmunt* en la referencia (*IECA, 2000*), y desarrollado por él mismo y dos colaboradores (*Genescà, J.M y Gibert, V*) en 1996 por encargo de la subcomisión SC3 de la Comisión Técnica de Calidad en la Vivienda y en la Edificación del ITEC<sup>90</sup> y con la colaboración del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (*ICCET*).

El método de la **Variación Resistente**, aporta recomendaciones para el establecimiento del límite de refuerzo como suma de coeficientes porcentuales parciales en función del tipo de información que sea de aplicación, es decir, establece:

$$(Ec. 29) \quad VR > VLR \Rightarrow INTERVENCION$$

siendo:

$VR$ = Variación de la capacidad resistente en %

$VLR$ = Variación límite de la capacidad resistente para la intervención en %

En la Tabla 33 se contienen los coeficientes parciales para la determinación del valor de  $VLR$  para decidir la intervención, estableciéndose  $VR$  según la (Ec. 30), es decir:

$$(Ec. 30) \quad VR = \frac{R_{u,a} - R_{u,n}}{R_{u,n}} 100$$

siendo:

$VR$ = Variación de la capacidad resistente en %

$R_{u,a}$ = Resistencia última alterada (es decir: peritada)

$R_{u,n}$ = Resistencia última nominal (es decir: proyectada)

El valor de  $VLR$  se obtiene según la (Ec. 31):

$$(Ec. 31) \quad VLR = \sum \alpha_i$$

siendo:

$VLR$ = Variación límite de la capacidad resistente para la intervención en %

$\alpha_i$ = coeficiente en % establecido en la Tabla 33 según sea de aplicación

---

<sup>90</sup> ITEC: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya

Tipo de información		Semiprobabilista	Determinista
		%	
Valor Base		9	12
Revisión del cálculo estructural	Reducida	0.3	0.4
	Completa	1	1.3
Investigación de los materiales	Reducida	0.3	0.4
	Intensa	1	1.3
Revisión de la ejecución	Reducida	0.2	0.3
	Intensa	0.5	0.7
Importancia del fallo de la pieza en el conjunto	Baja	1.2	1.7
	Alta	0.4	0.5
Probabilidad de ocurrencia de las acciones	Baja	0.5	0.6
	Alta	0.1	0.2
Seguridad a sobrecargas	Baja	0.1	0.2
	Alta	0.5	0.6
Capacidad de aviso	Ni fisuraciones ni deformaciones	0	0
	Fisuraciones o deformaciones	0.4	0.6
	Fisuraciones y deformaciones	0.8	1.1
Colaboraciones fiables de las partes no estructurales	Despreciable	0	0
	Importante	0.5	0.7
Valor límite de reducción $\Sigma\alpha_i$			

Tabla 33 Coeficientes  $\alpha_i$  para determinación de  $VLR=\Sigma\alpha_i$ 

Como se puede obtener de la tabla anterior, sin más que sumar los coeficientes de aplicación en su situación más desfavorable, el valor máximo de variación de la capacidad resistente para el caso de información determinista es del 20%, mientras que para el caso de información semiprobabilista se cifra en el 15%.<sup>91</sup>

El método de los **Indicadores Empíricos** (IE), aparte de determinar como debe ser una prospección, propone como actuar en el caso de una diagnosis o comprobación estructural de tipo empírico, asumiendo como comprobación empírica aquella que fundamenta su validez en el tiempo transcurrido y la respuesta del edificio en ese tiempo, “*el axioma sería que, una estructura sin lesiones funciona para unas determinadas solicitaciones, porque así lo ha demostrado durante un cierto tiempo*” (Bellmunt, 2000).

El procedimiento que se propone, y contenido en la “*Guía d’actuacions en sostres existents de formigó armat o precomprimi*” (Bellmunt, R; Genescà, J.M; Gilbert, V, 1996), se basa en la obtención de los denominados factores indicadores N, que se dividen

<sup>91</sup> Justificación de los valores dados se puede encontrar en el apartado 12.1.7 de la referencia (Calavera, 1995).

en dos tipos, los geométricos y los mecánicos. La metodología es de carácter general para estructuras, si bien su desarrollo específico lo está más para el caso de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado, ya que la guía se elaboró en el año 1996 como respuesta a una herramienta ágil que permitiera evaluar rápidamente la situación de un forjado ante la avalancha de patologías que originó la llamada “aluminosis”, en aquellos años.

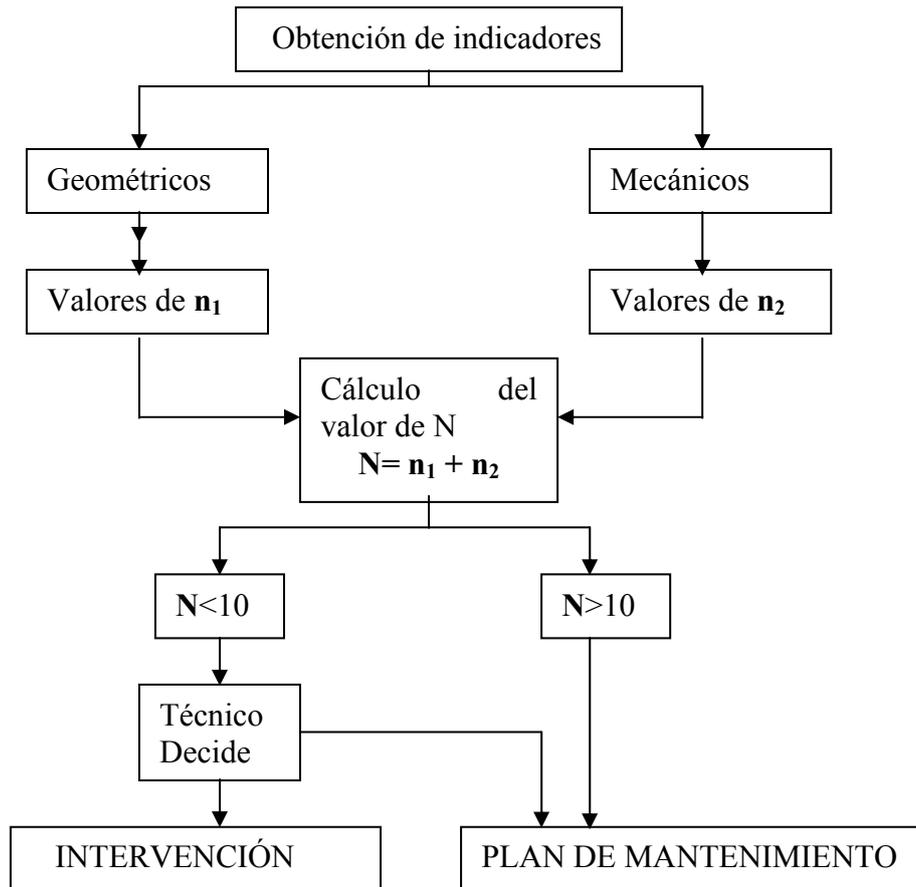


Figura 63 Organigrama del procedimiento del método de los indicadores empíricos

En la Figura 63 se representa el esquema del proceso a seguir para la utilización del método de los indicadores empíricos (BELLMUNT R., 2000), y en él se contiene lo sencillo de su aplicación, por cuanto basta con sumar los indicadores obtenidos para cada tipo, geométricos y mecánicos, y comparar su resultado con el valor 10, en caso de ser mayor, se podrá aconsejar directamente un plan de mantenimiento que deberá contar con un seguimiento técnico, y en caso de ser inferior a 10, será el técnico quien decida si es preciso intervenir o aún se puede recomendar un plan de mantenimiento concreto que evidentemente deberá arrojar una intensidad de inspección y seguimiento técnico superior al primer caso.

Para completar la información sobre el método, se acompaña a continuación la Tabla 34, donde se recogen los valores de los indicadores empíricos recomendados para el

caso de evaluación de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (BELLMUNT R , 2000; IECA LEVANTE,2000).

Indicadores geométricos (Los valores desconocidos dan valor $n_1=0$ )		$n_1$		Observaciones					
		Sí	No						
¿Hay información previa de la vigueta? Autorización de uso (Ficha Técnica)		2	0	Autorización de uso. Ministerio de Fomento o el correspondiente					
¿Existe capa de compresión? No existe y la cabeza es > que la base de la vigueta No existe y la cabeza es $\leq$ que la base de la vigueta		1	0	Se considera: Sí, $\geq 2$ cm					
			0	Cabeza de compresión aceptable					
			-1	Cabeza de comp. inaceptable					
¿El aligerado es de buena calidad?		0,5	0	Prefabricado: bovedilla con arco intermedio (Si)					
¿El intereje es pequeño?		0,2	0	Menor de 60 cm: Sí					
¿El material de relleno de senos es correcto?		1	0	Hormigón de resistencia superior a la mínima: Sí					
¿La vigueta es continua?		2	0	Presencia de armaduras superiores: Sí					
¿La entrega en la pared o dintel es correcta?		0,5	0						
Indicadores mecánicos ( $n_2$ )									
Canto forjado	Resistencia estimada del Hormigón $F_{est}$ (Kp/cm <sup>2</sup> )			Armado del forjado (Clase de armado)					
	Tipo de vigueta			Liso	Corrugado	Alambre	El definido por $F_y$		
H(cm)	$n_2$	Armada	Pretensada	$n_2$	A(cm <sup>2</sup> )	A(cm <sup>2</sup> )	A(cm <sup>2</sup> )	$A * F_y$	$n_2$
$<L_{max}/30$	1	< 100	< 150	1	$\leq 4,55 * 10^{-4} K$	$\leq 2,38 * 10^{-4} K$	$\leq 0,83 * 10^{-4} K$	$\leq K$	0
Intermedio	2	Valor intermedio		2	$\leq 5,91 * 10^{-4} K$	$\leq 3,09 * 10^{-4} K$	$\leq 1,08 * 10^{-4} K$	$\leq 1,30 * K$	1
$>L_{max}/20$	3	> 150	> 200	3	$\leq 6,82 * 10^{-4} K$	$\leq 3,57 * 10^{-4} K$	$\leq 1,25 * 10^{-4} K$	$\leq 1,50 * K$	2
					$\leq 7,50 * 10^{-4} K$	$\leq 3,93 * 10^{-4} K$	$\leq 1,37 * 10^{-4} K$	$\leq 1,65 * K$	3
					Valores intermedios			4	
					$\geq 8,25 * 10^{-4} K$	$\geq 4,32 * 10^{-4} K$	$\geq 1,51 * 10^{-4} K$	$\geq 1,81 * K$	6
Observaciones					Observaciones				
H= Canto total del forjado en cm					A= Armadura a tracción (cm <sup>2</sup> )				
$L_{max}$ = Luz máxima del forjado en cm					$K= Q * i * L^2 / (6.4h)$				
					Q= Carga total del forjado (Kp/m <sup>2</sup> )				
					i= intereje (cm)				
					h= Canto total del forjado incl.capa de compresión (cm)				
					$F_y$ = Límite elástico del acero en Kp/cm <sup>2</sup>				

Tabla 34 Valor de los indicadores geométricos y mecánicos para forjados unidireccionales de HA y HP

#### 1.4.9.- Aspectos económicos

Las consideraciones económicas que se presentan en el proceso edificatorio son muy distintas si el proceso está en fase de proyecto o si nos encontramos en fase de intervención cuando aquel, ya fue construido. No se puede obviar la importancia del coste de la construcción o de la intervención y sus implicaciones si pretendemos considerar plenamente el hecho constructivo. La rentabilidad, las garantías en las inversiones, el coste de mantenimiento, etcétera, son factores que deben chequearse, como un aspecto más a tener en cuenta, antes de adoptar procedimientos y decisiones sobre el análisis estructural y sus resultados. En este sentido, *“los propietarios, ingenieros y arquitectos necesitan considerar los aspectos económicos tanto como la significación histórica y la funcionalidad a largo plazo (FIP, Guía 1989) para tomar las decisiones oportunas encaminadas a solventar las incidencias que el estado de las edificaciones demandan.*

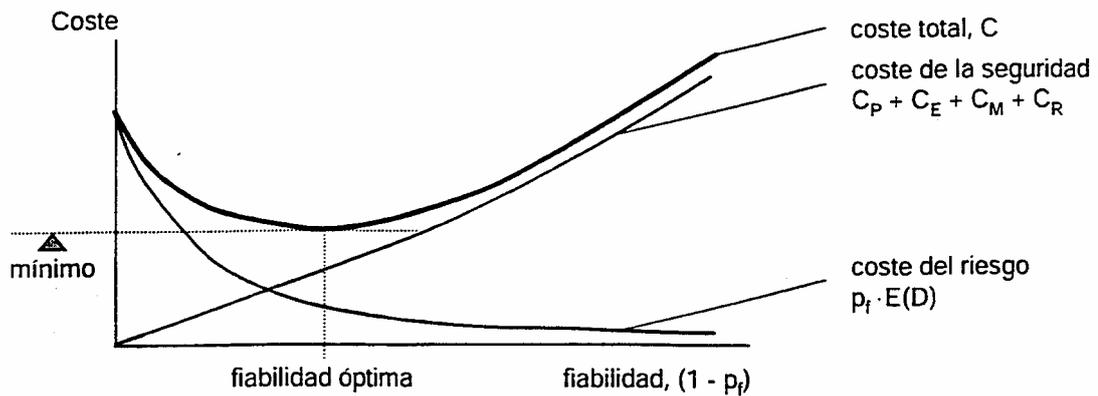


Figura 64 Optimización del coste total acumulado (representación esquemática)

En fase de proyecto, el establecimiento de la adecuada relación entre la calidad de la ejecución y el coste total acumulado de la inversión nos proporciona una referencia para acometer la optimización del problema. Este planteamiento nos permite identificar *“la probabilidad de fallo admisible mediante la optimización del coste total acumulado a lo largo del período de servicio de una estructura”* (Tanner, 2000)<sup>92</sup>. Para ello, se define el coste total acumulado como sigue:

$$(Ec. 32) \quad C = C_p + C_e + C_m + C_r + p_f \cdot E(D)$$

; siendo:

<sup>92</sup> Se puede completar esta cuestión con el artículo de Peter Tanner aparecido en *“ACHE. Hormigón y acero n° 210. Análisis de riesgos y planificación de medidas. Peter Tanner. IETcc-CSIC. Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural. Número 210. 4T, 1998”*.

$C$	Coste total acumulado a lo largo del período de servicio de la estructura
$C_p$	Coste de la planificación
$C_E$	Coste de la ejecución
$C_M$	Coste de la explotación y el mantenimiento
$C_R$	Coste de las reparaciones, incluido el coste para los usuarios
$p_f$	Probabilidad de fallo de la estructura
$E(D)$	Valor esperado, $E$ , del daño, $D$ , en caso de que se produzca un fallo

Los cuatro primeros términos de la ecuación (Ec. 32) dan una referencia del coste de la seguridad, y el último, puede representar el coste del riesgo (*Tanner, 2000*)<sup>93</sup>. La fiabilidad óptima, que podemos expresar como la seguridad que se introduce en fase de proyecto, puede obtenerse como el valor de la fiabilidad ( $1-p_f$ ) que hace mínimo el valor de  $C$ . De forma esquemática se ha representado el procedimiento en la Figura 64.

Una vez establecidos los niveles de referencia de la probabilidad de fallo admisible<sup>94</sup>, se pueden establecer los valores de fiabilidad o coeficientes de seguridad consiguientes. Así actúan las diferentes comisiones nacionales e internacionales para el establecimiento de los coeficientes parciales de seguridad que se introducen en los procedimientos de análisis estructural y específicamente en el Método de los Estados Límites recogidos en el Eurocódigo 1 y en la mayoría de nuestras normativas nacionales como, EHE, NBE-EA-95, NBE-EM-98 y también en el Código Modelo de 1990.

En cualquier caso, las consideraciones económicas en fase de proyecto arrojan sólo condiciones previas al análisis y en consecuencia ajustable en los estudios económicos de viabilidad o rentabilidad urbanística de la promoción o en la autoconstrucción, según el caso.

Sin embargo, en procesos de intervención, se debe además tener en cuenta factores como la relación entre coste de la intervención y el valor de reposición, incidencia económica en la situación y disposición de los usuarios o propietarios, rentabilidad urbanística de las inversiones de la intervención (renovación / rehabilitación), valoración patrimonial del inmueble, etcétera.

Entre todos los factores afines a los usuarios y/o propietarios, en el momento de intervenir sobre una edificación existente, debe contemplarse con especial relevancia, la necesidad o no del desalojo, la reubicación, el coste de sus operaciones y en definitiva la previsión real del procedimiento de actuación, factores totalmente ajenos a la fase de proyecto.

<sup>93</sup> En (*Tanner, 2000*) se recoge esta metodología y se apunta como referencia originaria la de (*Schneider, 1994*). *Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen - Grundwissen für Ingenieure*. Verlag der Fachvereine AG, Zürich und Teubner Verlag. Stuttgart, 1994.

<sup>94</sup> Ver *EUROCÓDIGO 1. Bases de Proyecto y Acciones en Estructuras* y, Capítulo 11 de la referencia (*JIMÉNEZ MONTOYA, 2000*). También se desarrollan aspectos interesantes en el Capítulo 16 de la referencia (*MESEGUER, 1997*)

Igualmente, la actual legislación sobre suelo y edificación<sup>95</sup> recoge valores objetivos que permiten establecer la situación de ruindad de una edificación en función de tres frentes distintos: la inconveniencia urbanística de la rehabilitación, la utilización de medios constructivos desproporcionados, y que el coste de la intervención supere el 50% del valor de reposición. Es pues preciso compaginar las consideraciones dadas antes con las que la propia legislación impone para concluir en una toma de decisiones suficientemente razonada, donde en cualquier caso, *la extensión de la intervención debe ser elegida de acuerdo con el estado actual, las condiciones medioambientales esperadas, las condiciones de carga y la calidad del mantenimiento de la estructura durante su vida de servicio remanente* y muy especialmente, será necesario una decisión racional sobre la **viabilidad económica de la opción de intervención**, que se debe llevar a cabo bajo la evaluación de la vida útil remanente y de su capacidad de carga (*FIP, Guía 1989*).

De forma esquemática, la evolución de los procesos de intervención quedan recogidos en las gráficas de la Figura 65<sup>96</sup>.

---

<sup>95</sup> Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre régimen del suelo y valoraciones, y Reglamentos de desarrollo de Planeamiento Urbanístico, de Gestión Urbanística y de Disciplina Urbanística. En cuanto a la edificación, recientemente se aprobó la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, de gran trascendencia en el desarrollo futuro del proceso edificatorio, con la introducción de un gran número de factores innovadores que dan respuesta a las demandas tanto de los usuarios como de las propias organizaciones técnicas del sector.

<sup>96</sup> Las gráficas han sido obtenidas del apartado 1.3 de la referencia (*GEHO-ATEP, 1994*).

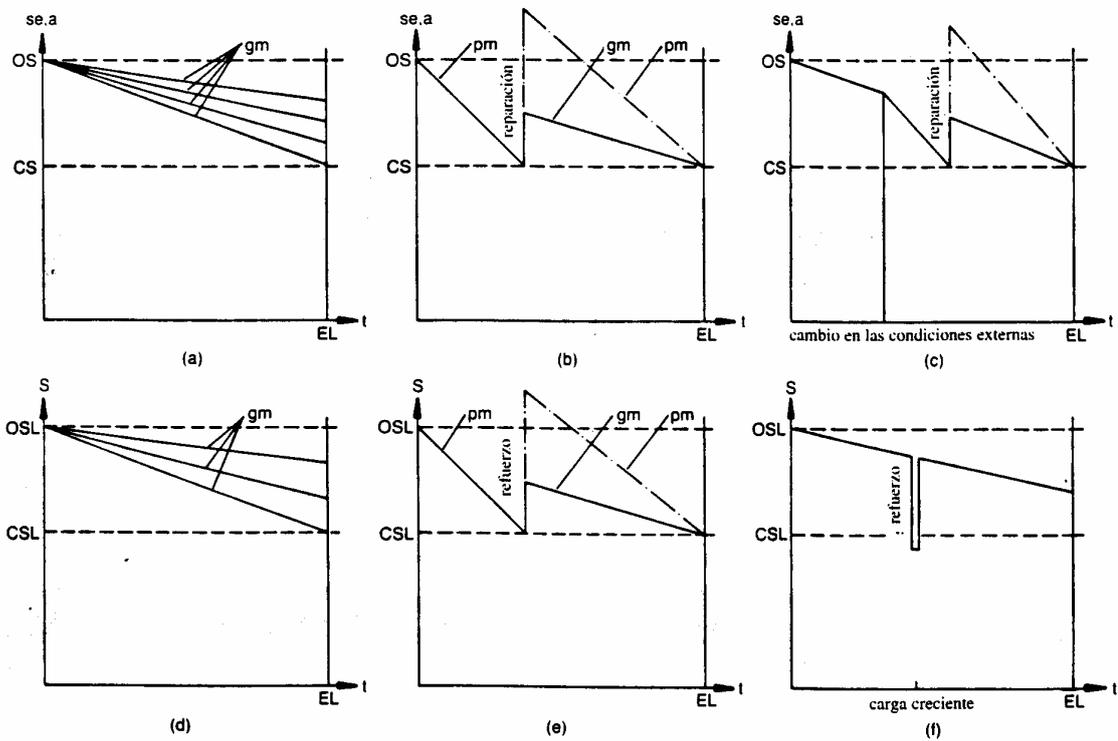


Fig. 1. Influencia del estado actual, medio ambiente esperado y las condiciones de carga y de la calidad del mantenimiento sobre la necesidad de tomar medidas de reparación o refuerzo de una estructura (se: capacidad de servicio; a: apariencia; s: seguridad; gm: buen mantenimiento; pm: mantenimiento pobre; OS: estado original; CS: estado crítico; EL: vida de servicio esperada; OSL: nivel original de seguridad; CSL: nivel crítico de seguridad).

Figura 65 Evolución de los procesos de intervención

En la Figura 65 se analiza la evolución de los distintos procesos de intervención en función del estado actual, del mantenimiento llevado a cabo y de la aparición de condiciones externas que aconsejen la intervención.

Las edificaciones deben aportar una capacidad portante durante su vida útil que proporcione seguridad contra los fallos y funcionalidad para las condiciones previamente establecidas. Estas condiciones de seguridad y funcionalidad pueden disminuir con el paso del tiempo, siendo la durabilidad la cualidad que garantiza que tal disminución no sobrepasa estados límite que la dejen fuera de servicio. Un mal diseño, una mala construcción y un mantenimiento pobre, sumados a un uso incorrecto y a nuevas condiciones ambientales o a un incremento de las cargas o de la vida de servicio pueden hacer necesaria la intervención (reparación, refuerzo, etc). (FIP, 1989)

En la Figura 65 se analizan tres situaciones distintas de evolución de la capacidad de servicio y la seguridad en función de su situación actual. Así:

- Las figuras (a) y (d) muestran la evolución de la edificación con un adecuado mantenimiento durante su vida esperada.
- Las figuras (b) y (e) se recogen la necesidad de intervenir en la edificación dado el mal mantenimiento a que ha sido sometido
- Las figuras (c) y (f) ofrecen la necesidad del refuerzo ante cambios inesperados de las condiciones de externas y de las cargas

La nomenclatura que se utiliza es la siguiente:

- **se**: capacidad de servicio de la edificación
- **a**: apariencia de la edificación
- **s**: seguridad
- **gm**: buen mantenimiento
- **pm**: mantenimiento pobre
- **OS**: estado original de la edificación
- **CS**: estado crítico
- **EL**: vida de servicio esperada
- **OSL**: nivel original de seguridad
- **CSL**: nivel crítico de seguridad

En definitiva, los aspectos económicos influyen de forma distinta para llevar a cabo la construcción de una edificación nueva, que para intervenir en una ya construida. De forma simplificada una relación de los distintos factores que determinan unas u otras decisiones se recogen en la tabla siguiente.

<b>Factor</b>	<b>Fase de proyecto</b>	<b>Fase de intervención</b>
Ejecución material (EM)	Predecible con suficiente precisión	Presenta grandes dificultades de ajuste inicial
Gastos Generales	Salvo pequeñas dispersiones estos gastos están acotados en un entorno reducido	Dependen de muchos factores, presentando variaciones muy importantes en función del tipo de intervención
Beneficio de la construcción	Las horquillas de las empresas constructoras están marcadas por márgenes poco variables	Al ser intervenciones muy especializadas, el beneficio de la constructora suele ser muy superior al de una obra de EM equivalente en obra nueva
Impuestos y ayudas	Dependen del uso de la edificación, y en términos generales los impuestos son superiores a los de reparación	Al poder considerarse intervenciones necesarias para dotar de las debidas condiciones de habitabilidad y adecuación estructural a los inmuebles, tanto los impuestos como las ayudas con más generosas que para obra nueva
Rentabilidad de la promoción	Es un parámetro decisivo para llevar a cabo la ejecución de la obra. Generalmente la decisión en función de la rentabilidad de la promoción recae en empresas o figuras distintas del usuario	En la mayoría de los casos de intervención, tal rentabilidad no existe. Suele ser el mismo usuario, a través de la comunidad de propietarios o agente similar quién decide la intervención por motivos de seguridad o de necesidad y no por rentabilidades económicas
Coste total	Se adoptan criterios de optimización del coste de la seguridad más el coste del riesgo	Se adoptan criterios de mantenimiento, vida útil y seguridad frente al estado antes de la intervención frente a la vida en servicio esperada
Coste del riesgo	Se manejan funciones de probabilidad de fallo, teniendo en cuenta la aceptación social del riesgo	La importancia del riesgo gana como factor real del estado actual de la edificación frente a funciones de probabilidad
Coste del mantenimiento	Se estudio como valores futuros pero no es prioritario a la hora de ejecutar la obra nueva	La intervención exige como factor determinante tener en cuenta el coste del mantenimiento no solo de las obras de reparación y o refuerzo sino de las heredadas de la obra nueva no afectadas
Plan de inspección	Es una condición que se llevará a cabo en función de las características definitivas de la ejecución y será llevado a cabo, probablemente, por el usuario, como figura distinta de quien lo elaboró	Dentro del proyecto de intervención debe ir incluido el plan de mantenimiento, como pieza clave para verificar los resultados de las obras, y para adelantarse a futuros deterioros
Valor histórico	Es determinante en entornos de protección y en edificaciones de interés histórico-artístico	Las obras de intervención que superan los costes razonables en función del valor actual de las edificaciones sólo encuentran una justificación económica en el valor histórico de los inmuebles para la sociedad o para los propietarios

Tabla 35 Aspectos económicos influyentes en la fase de proyecto versus fases de intervención

**Capítulo 2**  
**Sobrecargas de uso**  
**Estado y análisis de la cuestión**

## Capítulo 2

### 2.- Sobrecargas de uso. Estado y análisis de la cuestión

#### 2.1.- Introducción y definiciones

En lo que sigue se tratará de establecer el estado de la cuestión sobre la evaluación de sobrecargas de uso en general, y en particular el de las sobrecargas de uso en edificios de viviendas.

Para ello desarrollaremos las metodologías de evaluación de sobrecargas, fundadas especialmente en los principios y bases establecidos en el Código Modelo de 1978 (CM, 1978) y a las aplicaciones que el “*Joint Committee on Structural Safety*” (comité Mixto sobre Seguridad Estructural para el Código Modelo CEB-FIP) incluyó en el apéndice 3 del CM-78.

Igualmente, y para referenciar la evolución del estado de la cuestión en España, reseñaremos y analizaremos la relación de normativas que de una u otra forma han influido en la situación actual de nuestra NBE-AE-88.

La situación en otros países, principalmente Inglaterra, Alemania y Estados Unidos, nos permitirá desarrollar una de las normativas, la ANSI-A 58.1 1982 más completa en la materia probabilística de las sobrecargas de uso, conjuntamente con las determinaciones del Código Modelo de 1990 y del actual Eurocódigo 1 sobre bases de proyecto y acciones en estructuras de edificación.

Las diferentes normas y reglamentos contienen términos y conceptos que si bien son muy parecidos, no siempre son totalmente coincidentes. En otras ocasiones los factores utilizados por unas referencias no lo son en otras. Como ayuda a reconocer fácilmente cada término, se ha elaborado el conjunto de definiciones que se recogen a continuación, conjunto que no pretende ser exhaustivo en cantidad pero si en precisión cualitativa, y se basa, fundamentalmente, en las consideraciones del Eurocódigo 1 y de la Norma Básica de la Edificación NBE-AE-88.

**Vida útil:** Período en el cual se supone que una estructura se va a utilizar para el propósito deseado, previendo su mantenimiento pero no siendo necesaria ninguna reparación sustancial. (EC-I).

**Disposición de la carga:** Identificación de la posición, intensidad y dirección de una acción libre. (EC-I).

**Hipótesis de carga:** Disposición compatible de cargas, conjunto de deformaciones e imperfecciones consideradas simultáneamente con acciones variables y permanentes para una comprobación específica. (EC-I).

**Estados límites:** Situaciones más allá de las cuales la estructura no satisface alguno de los requisitos funcionales de proyecto. (*EHE-98; EC-1*).

**Mantenimiento:** Conjunto de actividades realizadas durante la vida útil de la estructura para mantener su función. (*EC-1*).

**Riesgo:** La posibilidad de sufrir daños se suele calificar como RIESGO. El riesgo, lo podemos cuantificar como la probabilidad de fallo de una estructura (*Tanner, 1995*)

**Seguridad:** Capacidad de una estructura de quedar libre y exenta de todo peligro, daño o riesgo. La seguridad absoluta no se puede garantizar y, en estructuras, tal seguridad se refiere al margen mas haya del cual se aceptan las consecuencias que para las personas puedan derivarse de un fallo estructural. (*Tanner, 1995*)

**Fiabilidad:** Capacidad de una estructura de cumplir, con una probabilidad predefinida, la misión que se le encomendó. Abarca los conceptos de seguridad, servicio y durabilidad de una estructura. (*Tanner, 1995; EC-1*).

**Incertidumbre:** Ausencia de certeza en los valores que adopta una acción. Se puede calibrar conociendo de una variable su función de densidad, su valor medio y su desviación típica.

**Acción:** Carga, deformación o aceleración impuesta, aplicada a una estructura. (*EC-1*).

**Acción permanente:** Acción que probablemente actuará durante una situación de proyecto determinada y cuya variación en el tiempo es despreciable en relación a su valor medio, o cuya variación es monótona hasta que se alcance un determinado valor límite, (*EC-1*). Es decir, actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud, incluye el peso propio, elementos embebidos y equipamientos fijos, (*EHE-98*).

**Acción variable:** Acción que es improbable que actúe durante una situación de proyecto determinada o cuya variación en el tiempo no es monótona ni despreciable respecto al valor medio, (*EC-1*). Es decir, son aquellas que puede actuar o no, e incluyen las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc. (*EHE-98*).

**Acción accidental:** Acción, habitualmente de corta duración, que es improbable que ocurra con una magnitud importante en el período de tiempo en consideración durante la vida útil. (*EC-1*).

**Acción fija:** Acción que tiene una distribución fija sobre la estructura y cuya magnitud y dirección están determinadas de forma inequívoca para el conjunto de la estructura. (*EC-1*).

**Acción libre:** Acción que puede tener cualquier distribución espacial sobre la estructura, sin límites dados. (*EC-1*).

**Valor representativo de una acción:** Valor utilizado para la comprobación de un Estado Límite. (*EC-1*).

**Valor característico de una acción:** Es el principal valor representativo de una acción. Se fija mediante variables estadísticas que garantizan una probabilidad preestablecida de no ser superado durante un período de referencia que tiene en cuenta la vida útil de la estructura y la situación de proyecto. (EC-1).

**Valores de combinación:** Valores asociados al uso de combinaciones de acciones para tener en cuenta la reducción de probabilidad debida a la simultaneidad de la ocurrencia de los valores mas desfavorables de varias acciones independientes. (EC-1).

**Combinación de acciones:** Conjunto de valores de cálculo utilizados para la comprobación de la fiabilidad estructural para un Estado Límite bajo la influencia simultanea de diferentes acciones. (EC-1).

**Valor frecuente de una acción variable:** Valor de la acción variable que en un cierto periodo, el tiempo total o la frecuencia en que es excedido están limitados valores dados. (EC- 1).

**Valor cuasipermanente de una acción variable:** Valor de la acción variable que en un cierto período, el tiempo total en que es excedido es muy considerable. (EC- 1).

**Valor determinista:** El que adopta una magnitud con carácter fijo previamente concertado y/o tabulado.

**Valor probabilista:** Aquel que teniendo en cuenta la incertidumbre de una magnitud, conlleva manejar su función de distribución, el valor medio y su desviación típica.

**Sobrecarga de uso:** Es la acción variable debida al peso de todos los elementos que puedan gravitar, por el uso, sobre una estructura. Incluye el peso de personas, muebles, instalaciones amovibles, materias almacenadas, y otros enseres propios del uso en cuestión (NBE-AE-88).

**Superficie tributaria de carga:** Superficie de forjado cuya carga puede imputarse a un determinado elemento estructural. (CM-78)

**Área de influencia:** Superficie de forjado vinculada estructuralmente a un elemento que, de estar cargada en alguna medida, conlleva una probabilidad significativamente diferente de cero de que el elemento reciba carga. (CM-78; ANSI-A 58.1-82)

**Reducción de sobrecarga:** Valor en que se reduce una sobrecarga expresado en valor absoluto o porcentual ( $\alpha\%$ ).

**Coefficiente reductor:** Factor por el que multiplicar el valor de una sobrecarga para obtener el valor reducido de la esta. ( $1- \alpha\%$ ).

## 2.2.- Metodología de evaluación de sobrecargas

El Eurocódigo 1-1 1991, (*EC 1-1, 1991*), establece como una de las medidas para conseguir la fiabilidad requerida, relativa a la seguridad estructural (ELU) y al servicio (ELS), la utilización de valores representativos de las acciones. De todas las acciones, las acciones variables (tipo  $Q$ ) contienen a las que el propio EC 1-1 denomina **cargas exteriores**, que vienen a coincidir, sensiblemente, con la denominación de sobrecargas de uso según la NBE-AE-88. La evaluación de tales sobrecargas puede proceder de diferentes formas de acometer su carácter variable<sup>97</sup>. Así, se puede partir de dos formas, inicialmente válidas, para fijar el valor característico de  $Q_k$  como su principal valor representativo, para llegar a sus valores de cálculo; esto es:

1.- Considerar el valor característico de la acción  $Q_k$ , entendiéndolo como “*un valor superior con una determinada probabilidad de no ser superado, o un valor inferior con una determinada probabilidad de ser superado, durante un período de referencia*” (*EC 1-1. 4.2 (7)*).

2.- Considerar un valor nominal, en el caso de no conocer la distribución estadística que la define.

El CM 90, establece que los niveles de fiabilidad son función de los métodos de cálculo y de las medidas de calidad; entre los primeros incluye la determinación de las acciones, para lo que remite a diferentes formas de obtención, entre ellas la metodología de determinación de valores característicos que contenían los Apéndices 2 y 3 del CM 78, y las consideraciones de los propios códigos nacionales.

Fijar una metodología que propicie la obtención de los valores característicos de las acciones variables, posibilita enfrentarse a su evaluación de forma sistemática, y permite singularizar la obtención de valores, según el caso concreto de aplicación, sin perjuicio de los valores tabulados que también admite.

Con esta intención, en el Código Modelo de 1987, se incluyeron los Apéndices 1 y 2, destinados a la evaluación de valores característicos y los valores representativos (acciones variables) respectivamente de las acciones. La importancia de las recomendaciones y sistemática de evaluación justifica tener en cuenta esos criterios como base de partida para la consecución de los objetivos de esta investigación.

### 2.2.1.- Principios y bases de evaluación de $Q_k$ . CM 1978. A-2

---

<sup>97</sup> Puede resultar interesante contrastar el método de evaluación para sobrecargas en puentes publicado en “*ACHE. Hormigón y acero n° 209. Un modelo global de tráfico para la evaluación y gestión de puentes construidos. Joan Ramón Casas y César Crespo Minguillón. ETSIC, UPC. Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural. Número 209. 3T, 1998*”.

El desarrollo de las consideraciones que siguen, forma parte a modo de Apéndice del Código Modelo de 1978, el Apéndice 2, y lo hace como anejo a su apartado 10.2 (Acciones). La metodología propuesta permite elegir los valores característicos de las acciones para la comprobación de los estados límites últimos, y por ello, para comprobaciones distintas, como ELS (servicio), los valores obtenidos deberían sufrir algún tipo de adaptación.

El método pretende fijar las **RCU-1976**, “Reglas Comunes Unificadas” para su utilización a nivel internacional, y parte, de entender el valor de la **acción variable como aquel cuya probabilidad de no ocurrencia del valor máximo alcanzado, en un determinado período, es muy alta**, quedando vinculado el período de retorno medio  $T$  de un valor con su probabilidad de ocurrencia,  $p$ , en un año, por la expresión siguiente:

$$(Ec. 33) \quad T = \frac{1}{\ln\left(\frac{1}{1-p}\right)}$$

Para valores habituales de  $(1-p)$ , se pueden obtener como valores de  $T$ , los que contiene la tabla siguiente:

Probabilidad de <b>no ocurrencia</b> en 1 año $1-p$	Probabilidad de <b>ocurrencia</b> en 1 año $p$	Período de retorno $T$ (años)
0,80	0,20	4,48
0,82	0,18	5,04
0,84	0,16	5,73
0,86	0,14	6,63
0,88	0,12	7,82
0,90	0,10	9,49
0,92	0,08	11,99
0,94	0,06	16,16
0,96	0,04	24,49
0,98	0,02	49,49
0,99	0,01	99,49

Tabla 36 Período de retorno en función de la probabilidad de ocurrencia de una variable

El Eurocódigo establece como probabilidad de no ocurrencia para las cargas variables el 98% en un período de referencia de 1 año (*Apart. 4.2 (8) EC 1-1 1991*), por lo que el período de retorno esperado del valor dado es de 50 años (49,49 años según la Tabla 36), que coincide con el período de vida útil que considera el propio Eurocódigo (*Tabla 2.1. EC 1-1 1991*).

Para la elección de los valores representativos, en general, y característicos, en particular, en el caso de acciones variables, se parte de registros estadísticos y consideraciones periódicas con sujeción a los siguientes **principios y bases numéricas**:

- 1.- Los valores a registrar son los máximos obtenidos en el período de estudio.

2.- Ninguna ley de distribución clásica, se ajusta bien al comportamiento real de las variables, pero resulta cómodo y aceptable elegir la más similar sin cometer grandes errores.

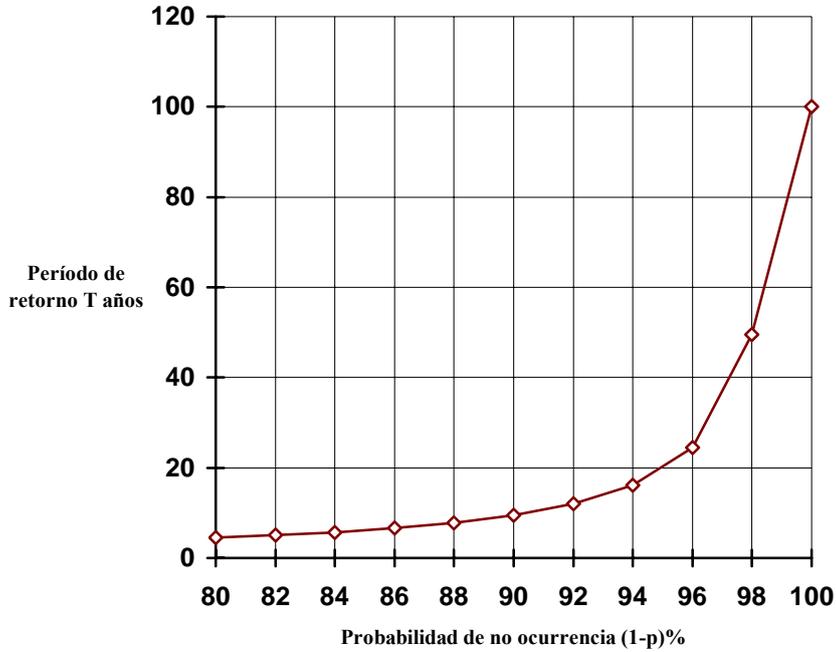


Figura 66 Período de retorno  $T$  de una acción variable en función de su probabilidad de no ocurrencia

3.- Una posibilidad de evaluación como valor característico fiable, es utilizar las leyes de distribución de los máximos anuales de las acciones en un período de 50 años. En ausencia de una función de distribución aceptable, se podría admitir la utilización del valor medio de los máximos anuales, obtenidos en un período de 50 años, es decir:

$$(Ec. 34) \quad Q_k = \frac{\sum_{i=1}^{50} Q_i^{\max}}{50}$$

4.- Es conveniente que el valor característico a utilizar no sea inferior al valor extremo mayor dividido por el coeficiente parcial de seguridad que el método de cálculo le asigne (Ec. 35). Para la EHE y CM 90, este coeficiente de seguridad es 1,6 para condiciones de ejecución normales. En general la condición será:

$$(Ec. 35) \quad Q_k \geq \frac{Q_{\max}}{\gamma_Q}$$

5.- Práctica y económicamente es imposible considerar, en las cargas en los edificios, cualquier cambio de uso imaginable, pero sí conviene no olvidar los cambios o situaciones frecuentes en los usos de diseño inicial. Las faltas graves en el uso del edificio, por parte de los usuarios, se deben combatir desde las responsabilidades civiles o penales que pudieran derivarse, y no desde su consideración en los valores característicos de las acciones.

6.- Cuando se disponga de pocos datos como elementos de juicio para determinar valores característicos de acciones variables, es recomendable dejarse llevar por la extrapolación y valores que se obtengan de las leyes teóricas elegidas para definir el comportamiento real.

7.- En orden a simplificar los cálculos, al considerar los valores característicos de las sobrecargas de uso, es admisible su consideración como un valor uniformemente repartido en toda la superficie de carga. Sin embargo ésta es una consideración que se aleja notablemente de la realidad por cuanto la carga, de este tipo, sobre un elemento estructural no es independiente de la superficie que le tributa carga, ya que estadísticamente aquella disminuye cuando aumenta la superficie tributaria (*Apart. 3.3 A.2 CM 1978*). En este sentido cuando la utilización de valores deterministas de la sobrecarga de uso suponga incrementos significativos de la fiabilidad de las estructuras, convendrá arbitrar mecanismos de reducción o consideración más realista en la intervención de las superficies tributarias y de influencia de las cargas.

### **2.2.2.- Aplicaciones de determinación de $Q_R$ .CM 1978. A-3**

Atendiendo a los trabajos llevados a cabo por el Comité Mixto sobre Seguridad Estructural para el Código Modelo CEB-FIP, “*Joint Committee on Structural Safety*”, se incluyó en el CM 1978 en calidad de Apéndice 3 el titulado “*Aplicaciones Concretas a la Determinación de los Valores Representativos de las Acciones Variables*”, el cual, entre otras pretensiones, nació con las siguientes:

1.- Acotar las idealizaciones recomendadas para el uso estadístico de los valores locales sobre acciones variables, con el fin de determinar sus valores representativos y propiciar la utilización de métodos semiprobabilísticos y probabilísticos en la evaluación de sus valores.

2.- Posibilitar, aun cuando fuese a largo plazo, la homogeneización de criterios y valores en los códigos y reglamentos de los distintos países, para lo que se preveía su adaptación y difusión a través de Normas ISO.

El Apéndice está dividido, principalmente, en dos partes, una dedicada a las cargas de uso, y la otra dedicada a las cargas naturales (viento, temperatura, sismo, etc). En lo que aquí interesa nos centraremos en el contenido de la primera parte, y de ella, es de especial relevancia la parte dedicada a *cargas sobre forjados en viviendas*, y en similar medida los apartados dedicados al uso de oficina. Las consideraciones más importantes sobre la cuestión se desarrollan, en los términos expresados, en los párrafos siguientes.

En cuanto a la idealización de las cargas, se indica que, ésta debe hacerse depender del uso concreto, apostando por su singularización en función del uso general o por zonas del edificio.

Para la determinación de los valores representativos, es suficiente, referirse al uso concreto de la edificación. Así se determinarían los valores de servicio, de combinación, frecuentes, a largo plazo<sup>98</sup> y cuasipermanentes. Sin embargo, para la determinación de los valores característicos, sí que entiende conveniente tener en cuenta esos cambios de uso temporales, puntuales o prolongados, pero en cualquier caso, excepcionales.

Otra consideración de especial importancia, es tener presente su carácter libre; es decir deben ser consideradas como cargas móviles o desplazables (sobre todo en cargas sobre forjados), y se deben interpretar buscando leyes de distribución cuyos parámetros sean función de la superficie estudiada (*Apart. 1.0.3 A.3 CM 1978*), por cuanto la libertad indicada, aporta distintas probabilidades, en función de, la superficie sobre la que se puede llevar a cabo la movilidad o desplazamiento. A este propósito se deben incluir como “coeficientes de concentración **Kq**” los factores que multipliquen los valores de densidad **q** (reparto uniforme de la carga), ya que el reparto real de la carga no es uniforme.

Se incluye el concepto de “**Área de Influencia**”, para definir las superficie de forjado que sin ser la superficie tributaria de carga que corresponde a un elemento estructural, tiene influencia en la probabilidad de que aquella esté cargada plenamente. En este sentido indica la posibilidad de incluir **coeficientes reductores** de la carga proveniente de consideración simultánea de varios pisos. Estos coeficientes deben ser distintos en función del tipo de carga representativa a considerar; esto es, para valores de combinación, frecuentes, de largo plazo y cuasipermanente, el coeficiente reductor a utilizar debe ser menor que lo aplicables a valores extremos, característicos y de servicio.

La determinación concreta de valores para el uso vivienda y de oficina es de especial relevancia por cuanto incluye consideraciones de gran utilidad para futuros estudios e investigaciones, como el presente. En consecuencia, se desarrollan a continuación.

---

<sup>98</sup> Se ha de entender como “valores a largo plazo”, aquellos que se vinculan a la fluencia y al posible cambio de uso esporádico en el tiempo. Por ejemplo: reunión no escolar en un aula, hacinamiento residencial en viviendas en tiempo de guerra, etc.

## Cargas sobre forjados en viviendas

Se refiere a las cargas variables que derivan del peso de los equipos (muebles parcialmente llenos) y concentraciones de personas. Los pesos debidos al pavimento, revestimientos, tabiquerías<sup>99</sup> y equipos fijos se consideran cargas permanentes.

La determinación, como variable estadística, responde, con la generalidad requerida a una **carga uniformemente repartida**, con los siguientes parámetros:

- Tipo de distribución:	tipo 1	
- Valor medio:	1,00 kN/m <sup>2</sup>	102 Kg/m <sup>2</sup>
- Desviación típica	0,40 kN/m <sup>2</sup>	40 Kg/m <sup>2</sup>

Los parámetros anteriores se basan en las siguientes consideraciones:

- Se refiere a una **distribución de máximos** en 50 años (coincidente con las recomendaciones del Apéndice 2 de CM 1978 y el Eurocódigo 1-1 1991).

- La asimilación a carga uniformemente repartida se realiza teniendo en cuenta un coeficiente de concentración aleatorio  $K_q$  y la influencia del área cargada de forjado. (*Comentarios Apart. 1.1.2 A 3 de CM 1978*).

- La ley utilizada **cubre generalmente los usos excepcionales previsibles para vivienda**, salvo biblioteca, depósitos y sala de baile.

- Se completa la ley con la necesidad de considerar una carga puntual de 1,00 kN sobre cualquier punto del forjado en una superficie pequeña de 20 cm de diámetro<sup>100</sup> (10x10 cm<sup>2</sup> según ISO 2103; 5x5 cm<sup>2</sup> según Eurocódigo 1-2-1)

- Los valores representativos que se derivan de la ley y parámetros indicados son:

- Valor característico <sup>101</sup>	( $Q_k$ )	1,50 kN/m <sup>2</sup>	153 Kg/m <sup>2</sup> <sup>102</sup>
- Valor de servicio		1,15 kN/m <sup>2</sup>	118 Kg/m <sup>2</sup>

<sup>99</sup> Es importante observar como las cargas de tabiquerías son consideradas como cargas permanentes y no como variables como parece desprenderse de la intención de la actual NBE-AE-88. Como cargas permanentes, son también consideradas por el reciente Eurocódigo 1-1 1991.

<sup>100</sup> Esta consideración es independiente y no acumulable a la carga uniformemente repartida, y según la ISO 2103 puede ser sustituida por alguna de las siguientes prescripciones de diseño y/o uso: limitar la carga que puede transmitir una pata de mueble, o limitar la superficie soportada por una viga de forjado. A propósito de todo esto se ha desarrollado en el apartado de *carga q repartida equivalente a una P puntual*, donde queda demostrado la poca influencia que tiene la consideración de carga puntual, con los valores manejados en casi todos los códigos consultados, incluido el español, en luces de forjados habituales.

<sup>101</sup> Se corresponde el valor de  $Q_k=1,5$  kN/m<sup>2</sup> al que indica el apartado 2.32 del Apéndice 2 de CM 1978 para una distribución tipo 1 con un coeficiente de variación superior a 0,2 y es tal que 1,4 veces  $Q_k$  sólo tiene como máximo una probabilidad del 5% de sobrepasarse en el periodo de 50 años de referencia.

<sup>102</sup> Este valor también lo aporta la norma ISO 2103.

- Valor de combinación $\Psi_0 Q_k$	$\Psi_0=0,30$	0,45 kN/m <sup>2</sup>	46 Kg/m <sup>2</sup> ?
- Valor frecuente $\Psi_1 Q_k$	$\Psi_0=0,35$	0,53 kN/m <sup>2</sup>	54 Kg/m <sup>2</sup>
- Valor cuasipermanente $\Psi_2 Q_k$	$\Psi_0=0,20$	0,30 kN/m <sup>2</sup>	31 Kg/m <sup>2</sup>

### Cargas sobre forjados de oficinas

El análisis de la determinación de cargas variables, para el uso de oficina, que contiene el apartado 1.2 del Apéndice 3 de CM 1978, adquiere un especial interés para nuestro estudio, por dos motivos:

1º.- Por la determinación tanto nominal (valor determinista con similares argumentos que para viviendas) como mediante ecuaciones funcionales tipo  $Q_k=f(x)$ .

2º.- Por la inclusión en la función  $f(x)$  de la variable  $A$  definida como área de carga sobre el elemento considerado (Área Tributaria de Carga).

Con similares consideraciones a las desarrolladas para el uso vivienda, las características de valores de carga variable (sobrecarga de uso) en oficinas, se asientan en una **carga uniformemente repartida**, con los siguientes parámetros (*Apart. 1.2.2 A3 CM 1978*):

- Tipo de distribución: tipo 1

- Valor medio:

$$(Ec. 36) \quad m = 1,25 + \frac{15,8}{A+6} \quad \text{kN/m}^2$$

- Desviación típica

$$(Ec. 37) \quad s = 0,32 + \frac{8,8}{A+6} \quad \text{kN/m}^2$$

$A$  = Área cargada con  $A$  no menor de 10 m<sup>2</sup>

Los valores representativos que se derivan de la ley y parámetros indicados son:

- Valor característico ( $Q_k$ )

$$(Ec. 38) \quad m = 1,52 + \frac{28,6}{A+6} \quad \text{kN/m}^2$$

Admite la utilización de un valor nominal de: 2,5 kN/m<sup>2</sup><sup>103</sup>                      255 kg/m<sup>2</sup>

<sup>103</sup> El Comité Mixto de Seguridad Estructural propuso, cuando elaboró el documento que sirvió de base para el Apéndice 3 del CM 78, reducir el valor a 2 kN/m<sup>2</sup>, coincidiendo con el valor nominal de ISO 2103

- Valor de servicio

$$(Ec. 39) \quad m = 1,37 + \frac{19}{A + 6} \quad \text{kN/m}^2$$

- Valor de combinación  $\Psi_0 Q_k \quad \Psi_0=0,60$

- Valor frecuente  $\Psi_1 Q_k \quad \Psi_1=0,60$

- Valor cuasipermanente  $\Psi_2 Q_k \quad \Psi_2=0,30$

Los valores que adoptan los diferentes parámetros analizados, los podemos encontrar en la tabla siguiente:

Área cargada $A$ (m <sup>2</sup> )	Valor Medio $Q_m$	Desviación típica $s$	Valor característi co $Q_k$	Valor de servicio $Q_s$	Valor de combinación $\Psi_0 Q_k$	Valor frecuente $\Psi_1 Q_k$	Valor cuasiperm. $\Psi_2 Q_k$
10	228	89	337	261	202	202	101
20	189	67	267	214	160	160	71
30	172	58	236	194	142	142	71
40	163	52	218	182	131	131	66
50	156	49	207	174	124	124	62
60	152	46	199	169	120	120	60
70	149	44	193	165	116	116	58
80	146	43	189	162	113	113	57
90	144	42	185	160	111	111	56
100	143	41	183	158	110	110	55
110	141	40	180	156	108	108	54
120	140	40	178	155	107	107	53
130	139	39	176	154	106	106	53
140	139	39	175	153	105	105	53
150	138	38	174	152	104	104	52
160	137	38	173	151	104	104	52
170	137	38	172	151	103	103	51
180	136	37	171	150	102	102	51
190	136	37	170	150	102	102	51
200	135	37	169	149	102	102	51

Tabla 37 Valores de los parámetros de **cargas variables** en oficinas. Apend. 3 CM 1978

Las ecuaciones que determinan los valores de valor medio, desviación típica, valor característico, valor de combinación, valor de servicio, valor frecuente y valor cuasifrecuente, para el uso de oficina, y que se encuentran en la tabla anterior, los hemos representado en la Figura 67.

Es importante observar como el valor de 250 Kg/m<sup>2</sup>, que admite el propio Anexo 3 de CM 1978, en calidad de valor nominal del característico (determinista), en sustitución de la ecuación (Ec. 38), supera ampliamente la curva que lo define salvo en el tramo de superficie tributaria igual o inferior a 23 m<sup>2</sup>, que podemos entender como la perteneciente a una sola planta, y en consecuencia para soportes siempre encontraríamos valor muy inferiores. Por ello, se entiende que la Comisión Mixta de Seguridad Estructural y la Norma ISO 2103, hubieran propuesto como valor característico no el de 250 Kg/m<sup>2</sup> sino el de 200 Kg/m<sup>2</sup>, valor que corresponde al que la ecuación (Ec. 38) aporta para una superficie de unos 60 m<sup>2</sup>. Lo dicho alcanza valores más discordantes con lo que pregona nuestra NBE-AE-88, que indica una sobrecarga de uso para oficinas públicas de 300 Kg/m<sup>2</sup>, si bien para privadas lo mantiene en 200 Kg/m<sup>2</sup> como para el uso de vivienda.

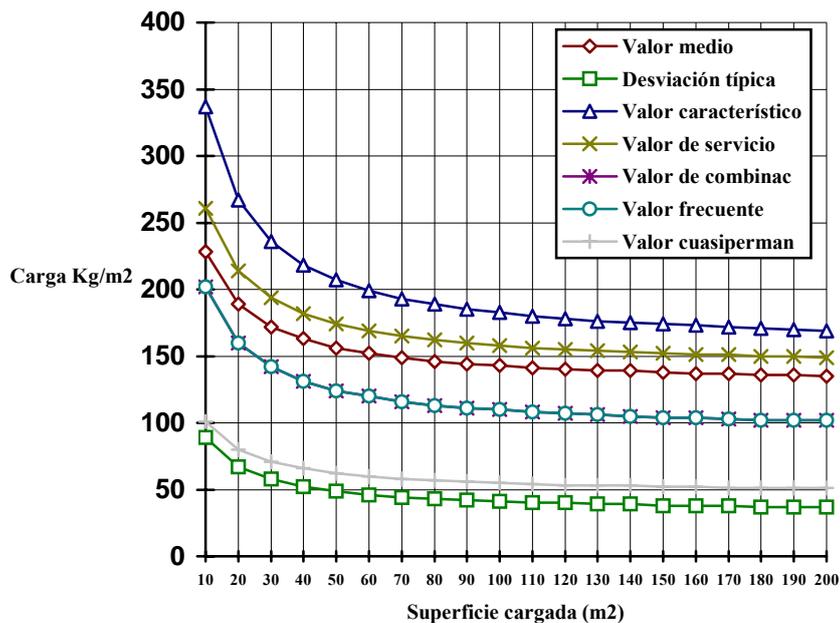


Figura 67 Curvas de valores de los parámetros de **cargas variables** en oficinas. Apend. 3 CM 1978

### 2.3.- La normativa de sobrecargas de uso de vivienda en España

Fue, ya transcurrida la primera mitad del siglo XX, cuando en España se empezó a considerar imprescindible abordar la normalización de las acciones como respuesta al avance en los métodos de cálculo, al perfeccionamiento de los materiales de construcción, hormigón y acero sobre todo, y a la necesidad de regular las previsiones de cargas en fase de proyecto (MOPU; NBE-MV 101/1962, 1979), factor este último de especial significación por cuanto hasta los años 60 se presentaba un gran número de fallos que en opinión del profesor Calavera<sup>104</sup> eran originados por “...el falseamiento intencionado de las acciones al establecer la hoja de cargas para el cálculo de la estructura” (Calavera, 1996). Así, se crean comisiones de estudio en el entonces Ministerio de la Vivienda, como la que propició el proyecto de Normas que desembocó en la MV-101 Acciones en la Edificación<sup>105</sup> del año 1962 desarrollada dentro de la Dirección General de Arquitectura, Economía y Técnica de la Construcción.

Especial significación alcanza la publicación en 1953 de la norma UNE 24003 referente a “sobrecargas mínimas para el cálculo de estructuras de edificios y de sus piezas”, norma desarrollada en el seno del entonces Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo y bajo la dirección del profesor D. Eduardo Torroja.

Por otro lado se desarrollan instrucciones sobre materiales y estructuras que exigen cada vez una mayor precisión en las consideraciones previas recogidas en sus bases de cálculo. En el desarrollo sucesivo de las distintas normativas vinculadas con las sobrecargas de uso en edificación, desde sus inicios hasta nuestros días, se pueden considerar como hitos significativos los que se recogen a continuación:

- Periodo anterior a 1939: no existe normativa española específica ni vinculada con la determinación de acciones. Se utilizan tratados clásicos y reglas particulares de organismos avanzados, así como normas extranjeras (Calavera, 1984; Calavera 1991; González, 1984).

- Aparición en 1939 (tras la Guerra Civil) de la 1ª Norma en España, del Ministerio de Obras Públicas sobre hormigón “ Instrucción para el proyecto de obras de hormigón”. H-39. Cálculo clásico con referencias leves a las sobrecargas de uso.

---

<sup>104</sup> José Calavera Ruiz; “Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” , tomo I, capítulo 5, apartado 3 , Pág. 138. INTEMAC 1996.

<sup>105</sup> La introducción del Decreto 195/1963, de 17 de enero, por el que se establecía la Norma MV 101/1962, «Acciones en la edificación» recogía la motivación de su aparición con gran sencillez en su primer párrafo que decía: “ la regularidad y posibilidades del mercado de determinados materiales para la construcción, especialmente del hierro, las orientaciones y tendencias técnicas de la edificación y la conveniencia de normalizar las previsiones de los proyectos en garantía del interés y la seguridad pública, como de los interesados, aconseja y justifica la correspondiente reglamentación de las denominadas «acciones en la edificación».

- “Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas, hormigón armado y forjados de ladrillo armado”. Dirección General de Arquitectura 1940-41.

- Norma UNE 24003 “Sobrecargas mínimas, para el cálculo de estructuras de edificios y de sus piezas” publicada en 1953.

- Norma MV 101/1962 Acciones en la edificación.

- Establecimiento de las Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre (BOE 15 de enero de 1973).

- Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ECG/1976 Estructuras-Cargas Gravitatorias.

- Aparición de las Normas Básicas de la Edificación. NBE. R D 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación (BOE 9 de julio de 1977).

- Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ECG/1988 Estructuras-Cargas Gravitatorias. Modificación de la anterior NTE-ECG/1976 por Orden de 15 de julio de 1988.

- Norma NBE- AE-88 Acciones en la edificación. R D 1370/1988 de 11 de noviembre que modifica la anterior MV-101/1962.

- Norma Reglamentaria d’edificació sobre accions en l’edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d’edificis d’habitatgers NRE-AEOR-93.

Cada una de las referencias anteriores merece un desarrollo concreto para ubicar su influencias en la situación actual de la cuestión.

### **2.3.1.- Primer tercio de siglo**

En el periodo anterior a la Guerra Civil Española, la ausencia de reglamentación o normas específicas que regulasen las acciones a tener en cuenta, era paralela a la ausencia de normativa general sobre estructuras (*Calavera, 1984; Calavera, 1997; González, 1984*). Se acude a la estimación de pesos y en general a la estimación comparativa con la experiencia anterior, salvo en contados círculos de clara vinculación científica donde se manejan reglamentos europeos y entre ellos y a través del profesor Bassegoda Musté, las determinaciones de circulares francesas (1906) y prusianas (1907) y sobre todo en la década de los años 30, las prescripciones de la *Comisión Alemana del Hormigón Armado* a través de la publicación del tratado de “Construcciones de Hormigón Armado” del profesor Kersten, traducido bajo la supervisión de Bassegoda en 1925 por primera vez (*Kersten, 1925*) y revisada la publicación hasta 1948 (*Kersten, 1948*).

En la primera traducción de 1925, el tratado de Kersten se limitaba a referenciar que las cargas a tener en cuenta estaban contenidas en el capítulo 14 del Reglamento Alemán, donde se recogía otra referencia a las “...disposiciones oficiales de cada uno de Estados del Imperio...”<sup>106</sup> y con carácter supletorio a un Apéndice del Reglamento Alemán. De especial interés es la nota contenida en el apartado A del capítulo VI donde se hace referencia a las disposiciones del Reglamento Inglés, en el que las estimaciones de sobrecargas ya se entendían como dependientes, para columnas y pilares con tres o más pisos, del número de pisos que cargan, y así, se establecía la siguiente reducción:

- Para el último piso	1º desde arriba	0 % de reducción de SU	
- Para el penúltimo	2º desde arriba	10 %	“
- Para el siguiente	3º desde arriba	20 %	“
- Para el siguiente	4º desde arriba	30 %	“
- Para el siguiente	5º desde arriba	40 %	“
- Para los siguientes	6º y ss desde arriba	50 %	“

En ediciones posteriores, como la traducción de Bassegoda de 1945, Kersten introduce a modo de anexo el Reglamento de la “Comisión Alemana del Hormigón Armado” de 1932, donde las referencias a las sobrecargas de uso son muy tangenciales por cuanto en el capítulo 15 dedicado a sobrecargas, en lo referente a la edificación, se limita a decir que “... se admitirán las sobrecargas fijadas por las Ordenanzas locales...”. En los capítulos 18 y 19 recoge la necesidad de utilizar la posición más desfavorable de las sobrecargas así como la consideración de aisladas o uniformemente repartidas pero no indica valor alguno que sirva de referencia.

### 2.3.2.- Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas. hormigón armado y forjados de ladrillo armado - 1941

Con el objeto, entre otros, de restringir el uso del acero en la edificación a las necesidades técnicas precisas, la Presidencia del Gobierno decretó el 22 de julio de 1941 la aprobación del Reglamento de Restricciones del Hierro en la Edificación (*MG, 1941*), en adelante RRHE, que contenía dos partes: las normas técnicas y las normas de aplicación de las anteriores. En la primera (*NORMAS-41*), es decir, **en las normas técnicas para la aplicación del decreto se recoge, por primera vez en España, valores base de sobrecargas en vivienda sobre los que fundar los cálculos posteriores**. Así, se establece un primer apartado dedicado a “*Cargas y Sobrecargas*” donde se recoge que para el cálculo de cualquier construcción donde se utilice hierro se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se definen las sobrecargas como “... una carga representativa del peso de personas, mobiliario, productos de almacenamiento, etc., y en general de toda carga cuya actuación no es permanente”

<sup>106</sup> C. Kersten. “Construcciones de Hormigón Armado”. Versión de la 12ª Edición Alemana por el profesor Dr. B. Bassegoda Musté. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 1925. Ver capítulo VI, páginas 180 y 181.

- Para viviendas, se reseña como valor de la sobrecarga el intervalo de 150-200 kg/m<sup>2</sup>, sin especificar como utilizar el rango reseñado.

- Introduce posibles reducciones de sobrecargas de uso para edificios de varios pisos, concretamente para viviendas las reducciones permitidas son:

- Suma de sobrecarga de cubierta y dos pisos                      sin reducción
- Suma de sobrecarga de cubierta y tres pisos                      10 %
- Suma de sobrecarga de cubierta y cuatro pisos                      20 %
- Suma de sobrecarga de cubierta y cinco pisos                      30 %
- Suma de sobrecarga de cubierta y seis o más pisos                      33 %

Comparando la tabla de reducciones anterior con la que se indicó que recogía el Reglamento Inglés anterior a 1925 previa conversión aproximada de sus porcentajes a pisos con igual sobrecarga de uso<sup>107</sup>, se pueden establecer varios paralelismos (Tabla 38).

Norma	Reglamento Inglés < 1925	NORMAS-41 (España) 1941	Observaciones
≤ 2 pisos de carga	0 %	0%	Los porcentajes lo son para la suma de las sobrecargas de uso que cargan
3 pisos de carga	10 %	0%	
4 pisos de carga	15 %	10 %	
5 pisos de carga	20 %	20 %	
6 pisos de carga	25 %	30 %	
7 pisos de carga	28 %	33 %	
8 pisos de carga	31 %	33 %	
≥ 9 pisos de carga	33 %	33 %	

Tabla 38 Reducciones de sobrecarga de uso. Reglamento Inglés y NORMAS-41

El Reglamento Inglés establece reducciones individuales para cada nivel, llegando hasta el 50% para los pisos 6º y siguientes, mientras que las normas españolas indican la reducción total a la suma de sobrecargas de los pisos que cargan, estableciéndose como valor máximo el 33% para 7 pisos o más, y en consecuencia se admitían reducciones del orden del 30% mayores en los valores máximos. Sin embargo para 4 pisos o menos la norma inglesa era más tolerante que la española. A partir de los 7 pisos la norma española era estable, mientras que la inglesa, al permitir un 50% de reducción en la cada nivel que carga por debajo del 6º, va incrementando el porcentaje en función de la ecuación:

<sup>107</sup> Los porcentajes aportados por el Reglamento Inglés anterior a 1925, lo son para reducción de la carga accidental que actúa en cada piso. Sin embargo las deducciones de RREH-NORMAS-41 español aporta porcentajes de reducción aplicables a la totalidad de la carga variable que actúa en función del número de pisos que gravitan sobre el elemento en estudio. Por ello, es necesario plantear la conversión aludida, que de forma aproximada para pisos con igual carga es la siguiente: para uno o dos pisos no hay reducción; para tres pisos sólo se permite reducción del 10% para el penúltimo y del 20% para el siguiente, lo que a igualdad de carga supone el 30% del tercio de la carga, es decir el 10% de la total; para cuatro pisos además de las anteriores podemos reducir del piso 4 el porcentaje del 30%, lo que supone el 60% del cuarto de la carga, es decir el 15% de la total. Sucesivamente hemos obtenidos el resto de los porcentajes de la tabla.

(Ec. 40) 
$$r = \frac{1 + (n - 5)0,5}{n} 100$$

; expresión que operada y mantenida en los términos de tanto por ciento se puede simplificar según la siguiente:

(Ec. 41) 
$$r = 50 - \frac{150}{n}$$

; siendo:

$r$  = coeficiente de reducción en %

$n$  = nº de plantas que cargan con  $n \geq 6$

En la expresión (Ec. 41) podemos ver como la curva (Figura 68) que representa el valor de  $r$  en función de  $n$  es asintótica al valor 50%. Es decir el valor máximo teórico de la curva es el de  $r = 0,5$  en tanto por uno y de forma habitual para la época, anterior a 1925, con una estimación de 20 plantas en situación máxima, se obtendría un coeficiente reductor de 42,5%.

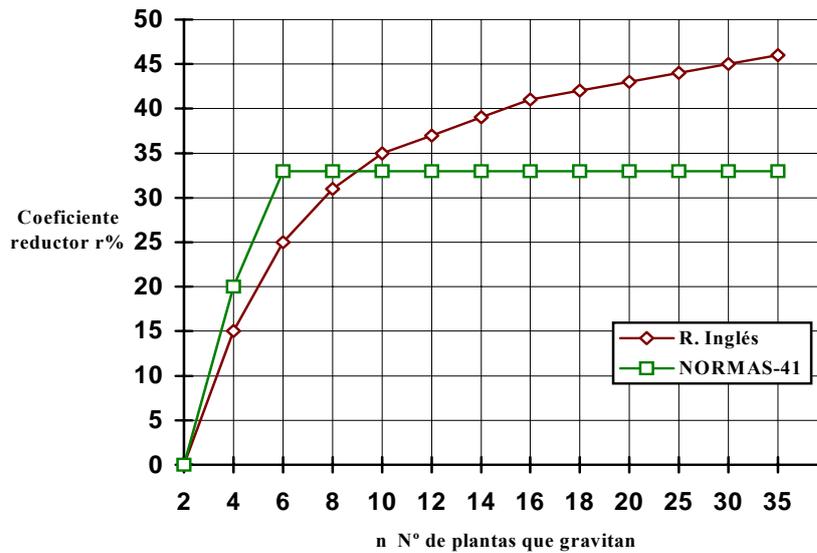


Figura 68 Coeficiente reductor del Reglamento Inglés anterior a 1925, RRHE-NORMAS 41

### 2.3.3.- Norma UNE 24003/1953. Sobrecargas mínimas, para el cálculo de estructuras de edificios y de sus piezas

El Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo publicó en 1953, bajo la dirección de D. Eduardo Torroja (*Valcuende, 1994*), la norma UNE 24003, al objeto de especificar las cargas mínimas con que debían ser calculadas las estructuras resistentes de los edificios y sus piezas para que se alcanzase la debida seguridad en el uso de los mismos (*UNE, 1953*).

La norma contenía varios aspectos de gran importancia para la evaluación de sobrecargas de uso, por cuanto de avance representaba respecto a las normas posteriores e incluso actuales. Así, reflejaba como valores deterministas de sobrecargas de uso superficiales los valores de 150 y 200 Kg/m<sup>2</sup> correspondientes a viviendas económicas y vivienda particulares respectivamente, de forma similar a lo que recogió posteriormente la MV-101 en 1962.

En cuanto a la reducción de sobrecargas, la UNE 24003, establecía porcentajes de reducción, para pilares, muy similares a los que actualmente son admitidos en reglamentaciones europeas y americanas de gran prestigio (*UBC, 1988; ANSI, 1982*), valores que permitían alcanzar hasta el 50% de reducción de la sobrecarga cuando ésta provenía de seis o más pisos de carga, en confrontación con nuestra actual NBE-AE-88 cuya reducción máxima está limitada al escaso valor del 30%. (Tabla 39). Para obtener una visión relativa de los porcentajes de reducción de otras normas con la UNE 24003 ver las gráficas que se desarrollan en la Figura 69.

Nº de pisos que cargan	% Reducción
1	0
2	10
3	20
4	30
5	40
≥ 6	50

Tabla 39 Porcentaje de reducción de sobrecargas de uso según UNE 24003

Además, en cuanto a la consideración de sobrecargas puntuales, establecía la necesidad de distribuir su efecto sobre un cuarto de metro cuadrado, es decir sobre un cuadrado de 0,5 m de lado, lo que entra en gran sintonía con la realidad de cargas localizadas en viviendas cuya incidencia, sobre todo en lo referente al mobiliario, es imposible que sea la puntual teórica.

Como dice el profesor Calavera<sup>108</sup>, lamentablemente esta norma fue derogada en el año 1989, por lo que su aplicación queda amparada en la decisión del técnico que

<sup>108</sup> “Desgraciadamente la Norma UNE 24003 ha sido cancelada por AENOR recientemente”. (Calavera, 1985). Además, en párrafos anteriores se alude al interés de la norma en comparación con alguna americana

asumiendo lo racional de la misma está dispuesto a su consideración, sobre todo en lo referente a los porcentajes de reducción de sobrecargas, en comparación con los de la actual NBE-AE-88.

### 2.3.4.- Norma MV 101/1962 Acciones en la edificación

La necesidad de regular de forma específica el establecimiento de acciones en fase de proyecto, llevó al Ministerio de Vivienda, en enero de 1963, a generar la Norma MV 101/1962. Como se observa, su denominación acuñó el año 62, que fue cuando se redactó, si bien se publicó a principios del año 63 entrando en vigor, con obligado cumplimiento para todos los proyectos de edificación, en abril de ese mismo año.

La norma fue y es de importancia especial para la reglamentación de las acciones en España, por cuanto representa el origen de la actual NBE-AE-88 y en su contenido se desarrollan criterios y bases de gran profundidad, sobre todo teniendo en cuenta los escasos precedentes de que se disponía. Así, para su elaboración se constituyó una Comisión de Expertos, en el seno de la Dirección General de Arquitectura, Economía y Técnica de la Construcción, que procedió al estudio y consideración del estado de la cuestión del momento y de los problemas y consecuencias de la normalización de las acciones en la edificación (*MV, 1963*).

Con la entrada en vigor de la MV-101 quedaron derogadas las disposiciones que se oponían a ella, pero de forma especial se mencionaba en el art. 4º del Decreto 195/1963 las disposiciones restrictivas del uso del hierro en la edificación, disposiciones recogidas en las “Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas, hormigón armado y forjados de ladrillo armado” de la Dirección General de Arquitectura del año 1941.

La norma se estructuró en nueve capítulos: generalidades, acciones gravitatorias, **sobrecargas de uso**, sobrecargas de nieve, acciones del viento, acciones térmicas y reológicas, acciones sísmicas, presiones en terreno de cimentación y empujes del terreno. En el capítulo I se estableció la obligatoriedad de incorporar en los proyectos un apartado en la memoria denominado “*Acciones adoptadas en el cálculo*” donde el autor del proyecto debía detallar todos los valores que había considerado, reseñando explícitamente los que se ajustaban o no a la norma, ya que bajo su personal responsabilidad podía adoptar valores distintos a los de la norma si bien estaba obligado a conocer los de ésta (*Ver artículo nº 1.3 de MV-101/1962*).

La clasificación de acciones establecía en primer término las gravitatorias, desarrolladas en el capítulo II y dividiéndolas en concargas y sobrecargas (Tabla 40). Las sobrecargas incluían las de uso, cuyo desarrollo se centró en el capítulo III, y su contenido establecía como determinaciones más relevantes las que se recogen a continuación.

---

como la UBC-88, para su aplicación por el técnico, evidentemente bajo su responsabilidad y previa justificación de su uso.

Definía la sobrecarga de uso en un elemento resistente como “*el peso de todos los objetos que pueden gravitar sobre él por razón de uso : personas, muebles, instalaciones amovibles, materias almacenadas, vehículos, etc.*”

Dentro del concepto general de sobrecarga de uso, la norma, incluía cinco tipos distintos: sobrecarga uniforme en pisos, sobrecarga de tabiquería, sobrecargas aisladas, sobrecargas de balcones volados y sobrecargas horizontales.

Para la sobrecarga uniforme en pisos, aportaba en la *tabla 3.1* una relación de valores de sobrecarga de uso según el adecuado al destino de cada parte del edificio. Este valor venía expresado en Kg/m<sup>2</sup> y para el caso de viviendas los valores que recogía eran los siguientes:

- Habitaciones de viviendas económicas	150 Kg/m <sup>2</sup>
- Habitaciones en otro caso	200 Kg/m <sup>2</sup>
- Escaleras y accesos públicos	300 Kg/m <sup>2</sup>
- Balcones volados	s/ art. 3.5 <sup>109</sup>

En los valores dados se incluía el efecto dinámico de las sobrecargas según se indicaba en el apartado 3.9 del capítulo III. Este efecto, la norma, lo consideraba con la inclusión de un coeficiente amplificador del valor de uso habitual, denominado *coeficiente de impacto*, y que en el caso de viviendas ya había sido tenido en cuenta en los valores de 150 y 200 Kg/m<sup>2</sup> de la tabla 3.1 de MV-101-1962.

Aunque la propia norma indicaba que la tabiquería no formaba parte de una sobrecarga<sup>110</sup>, aquella era considerada por similitud como una sobrecarga superficial a añadir a la de uso. En el caso habitual de edificación el valor propuesto era de 100 kg/m<sup>2</sup>.

Gravitatorias	Concarga	Peso Propio
		Carga Permanente
	Sobrecarga	De uso
		De nieve
Viento		
Térmicas		
Reológicas	Retracción	
	Fluencia	
	Otras	
Sísmicas		
Acciones del terreno	Empuje activo	
	Empuje pasivo	

Tabla 40 Clasificación de las acciones según MV-101 /1962

En cuanto a las sobrecargas aisladas, se establecía una carga puntual de 100 Kg, que se consideraría actuando no simultáneamente con las restantes, y considerándola en la

<sup>109</sup> El art. 3.5 además de incluir como sobrecarga de uso la que correspondía según el uso de la estancia con que comunicaba, incluía la obligación de considerar una sobrecarga lineal de 200 Kg /ml de balcón en sus bordes frontales.

<sup>110</sup> Ver apartado 3.3 de MV-101-1962 Acciones en la Edificación.

posición más desfavorable. Los esfuerzos de esta sobrecarga son prácticamente absorbidos por los obtenidos de la aplicación de la uniformemente repartida, por lo que sólo en elementos con poca carga (zunchos, viguetas o nervios) era preciso su consideración.

La sobrecarga de uso que se establecía para los balcones volados, era adicional a la uniforme, de tipo lineal, y en dos direcciones, una vertical aplicada en sus bordes de valor 200 Kg/ml, y otra horizontal aplicada en su coronación, y de valor 50 Kg/ml para el caso de viviendas.

Especial relevancia tiene la reducción de sobrecargas que en el apartado 3.7 contenía la norma. Así en edificios<sup>111</sup> de 4 o más pisos se permitía una reducción tabulada en tanto por ciento respecto a la total que correspondía al elemento estructural en cuestión en función del nº de pisos de los que recibía sobrecargas.

Nº de pisos que actúan sobre el elemento	Reducción en la suma de sobrecargas %
1, 2, 3	0
4	10
5	20
6 o más	30
La cubierta se considera un piso	

Tabla 41 Reducción de sobrecargas de uso MV-101/1962

Este leve tratamiento de la cuestión de reducciones de sobrecargas, junto a los valores de sobrecarga que proponía, muy conservadores, sobre todo comparados con otras normativas europeas y americanas, permite adelantar cierto exceso de evaluación en las sobrecargas de uso, incluso, utilizando los valores de la Tabla 41, exceso que posiblemente fue propiciado conscientemente por la comisión de expertos que formuló la MV 101. Ver Figura 69.

Es de destacar que en los años precedentes a la aparición del MV 101, años 50, las únicas normas que recogían exigencias de obligado cumplimiento en cuanto a bases de cálculo en España, eran la inicial del año 1939 del Ministerio de Obras Públicas, la posterior del año 1940-41 de la Dirección General de Arquitectura sobre cálculo de estructuras de acero, hormigón armado y forjados de ladrillo armado y la UNE 24003. En la segunda y tercera se hacía, como hemos visto, una leve referencia a las sobrecargas de uso para cifrarlas en el caso de viviendas entre 150 y 200 Kg/m<sup>2</sup> permitiendo una reducción de cargas en la línea que luego recogería la MV 101 en 1962, si bien ésta se manifestó algo más prudente (Figura 69). Sin embargo, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja aporta en 1958 el primer tomo de lo que en el año 1961 será la referenciada como norma HA-61 (Hormigón Armado del año 1961) que si bien no era de obligado cumplimiento, sí que debió propiciar notables influencias en la Comisión de

<sup>111</sup> Sólo para edificios que la norma incluía en los grupos B y C, viviendas, hoteles, hospitales, cárceles...

Expertos que intervino en la redacción de la MV 101 por cuanto mientras que se elaboraba ésta se redactó y publicó la HA.

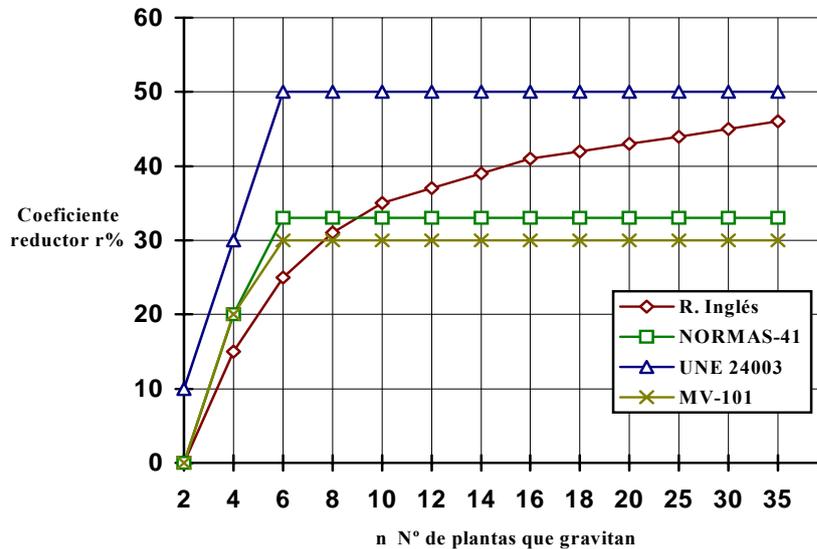


Figura 69 Reducciones de sobrecargas según varias normas

En definitiva, la MV 101 de 1962 aporta los valores deterministas de 150 y 200 Kg/m<sup>2</sup> para la sobrecarga de uso en viviendas al igual que el RRHE.NORMAS/41 con la salvedad de que la primera especifica el valor de 150 Kg/m<sup>2</sup> para habitaciones de viviendas económicas y el de 200Kg/m<sup>2</sup> para habitaciones de viviendas en otros casos, de forma análoga a lo especificado por la UNE 24003 en el año 1953.

En 1988, tras la aparición de las NBE, la MV-101 será revisada y adaptada a la terminología NBE- AE-88, sin que su contenido se varíe notablemente, salvo lo referente a la desaparición del término *habitaciones de viviendas económicas* y su asignación de 150 Kg/m<sup>2</sup>, pasando a establecer como valor único de sobrecarga superficial de uso el de 200 Kg/m<sup>2</sup> para el uso vivienda sin diferenciación alguna en función del tipo. Ello evidentemente significaba una clara apuesta por la uniformidad del criterio, por su simplificación y sobre todo por la descartada discriminación que para algunos estamentos suponía la diferenciación entre vivienda económicas y otros tipos.

### **2.3.5.- Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE-ECG/1976 Estructuras - Cargas Gravitatorias y revisiones**

Con el Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre (BOE 15 de enero de 1973) se establecieron la Normas Tecnológicas de la Edificación, las NTE. Para el desarrollo posterior de las distintas normas, se constituyó un grupo de trabajo (GITSE)<sup>112</sup> al que se le encomendó la tarea de traducir de modo operativo los conceptos generales contenidos en las Normas Básicas, cuando estas existiesen, hasta entonces consideradas como tales las normas MV del Ministerio de la Vivienda, y en previsión de las que saldrán después del año 1977 al amparo del Real Decreto 1650/1977 de 10 de junio, donde la terminología “*Norma Básica de la Edificación NBE*” se recoge y define en los siguientes términos:

- “*Son normas básicas de la edificación (NBE), las que a partir de los fundamentos del conocimiento científico y tecnológico, establecen las reglas para su correcta aplicación en el proyecto y la ejecución de los edificios*”.

Las NBE así definidas, eran y son de obligado cumplimiento. Sin embargo las NTE no nacieron con la finalidad de obligar, sino de traducir y aclarar, desde un punto de vista operativo y práctico para establecer recomendaciones en los casos más frecuentes de edificación. En contra de lo ocurrido con otros muchos grupos de trabajo que en materias afines en la edificación se han ido formado, sobre todo en la Administración, destaca la efectividad del GITSE tanto en la cantidad como en los contenidos. Basta para ello reseñar que hasta el año 1988 se publicaron 144 NTEs de las 155 previstas, y de ellas, casi la cuarta parte fueron publicadas el mismo año de establecimiento de las NTE, es decir en 1973, y en los dos años siguientes se publicó un 30%, con lo que a los tres años de su constitución estaban redactas más del cincuenta por ciento de las normas publicadas en el rango de 15 años (1973-1988) más prolijo de NTEs (Figura 70).

Dentro de ese periodo, se publica la NTE-ECG/1976 “Estructuras. Cargas Gravitatorias”, según orden de 10 de junio de 1976, que se basó en los contenidos de la MV-101/1962 como se puede observar en el establecimiento del “*Ámbito de Aplicación*” donde se recoge que éste es la “*Determinación de pesos de elementos constructivos, sobrecargas gravitatorias y empujes sobre paredes de depósitos, deducidos de la Norma MV-101-1962 Acciones en la Edificación*”.

---

<sup>112</sup> Grupo Interministerial de Trabajo para la Seguridad en la Edificación.

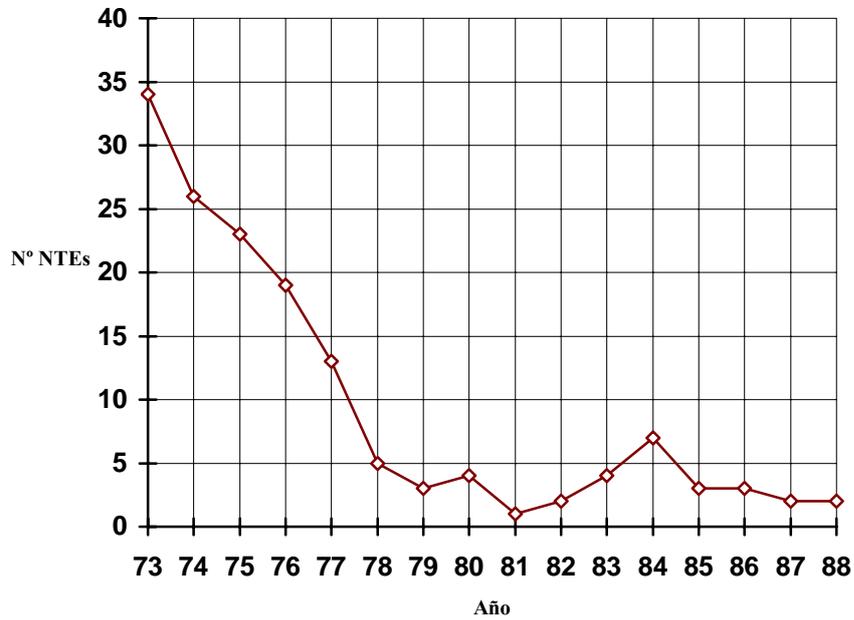


Figura 70 Nº de NTEs publicadas en los 15 años primeros de su establecimiento

En el apartado 3, la norma proporciona las sobrecargas gravitatorias, y dentro de ellas, las sobrecargas de uso superficial, lineal y puntual. Respecto a las primeras, en la tabla 19 se recogía el valor de 200 Kg/m<sup>2</sup> para el caso de habitaciones de viviendas. No aparece referencia alguna al valor de 150 Kg/m<sup>2</sup> que en el caso de viviendas económicas establecía la MV-101-1962. Para las sobrecargas lineales se recogían las mismas que MV-101, 200 Kg/ml en vertical y 50 Kg/ml en horizontal, ambas para el caso de balcones volados en viviendas. En cuanto a las sobrecargas puntuales, éstas eran de 100 Kg en la posición más desfavorable tal y como indicaba la MV-101.

También, y en el mismo apartado tercero, la norma recogía los coeficientes de reducción de sobrecargas de uso, con la diferencia de determinar el *coeficiente "a" que multiplicará a las sobrecargas de uso*, a diferencia de la MV-101 que fijaba el porcentaje de reducción admisible. La tabla de coeficientes **a** y su comparación con las reducciones de MV-101 se recogen en la Tabla 42 y en la Figura 71.

Nº de plantas que actúan	NTE-ECG-1976		MV-101-1962
	Coeficiente <b>a</b>	Reducción %	Reducción %
≤ 3	1,00	0	0
4	0,95	5	10
5	0,90	10	20
6	0,80	20	30
≥ 7	0,70	30	30

Tabla 42 Cuadro de reducciones de sobrecargas de uso NTE-ECG-1976 y MV-101-1962

Según vemos la NTE-ECG-1976, sólo recogía dos diferencias significativas respecto a la MV-101-1962; ignorar el valor de 150 Kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga superficial para viviendas económicas, e incluir un cuadro de reducciones más conservador que la propia MV. Ambas diferencias están en la misma línea de ampliar la incidencia de la sobrecarga de uso en las consideraciones del cálculo de estructuras. Por otro lado se elude cualquier aclaración sobre el coeficiente de impacto que MV-101 recogía en su apartado 3.9.

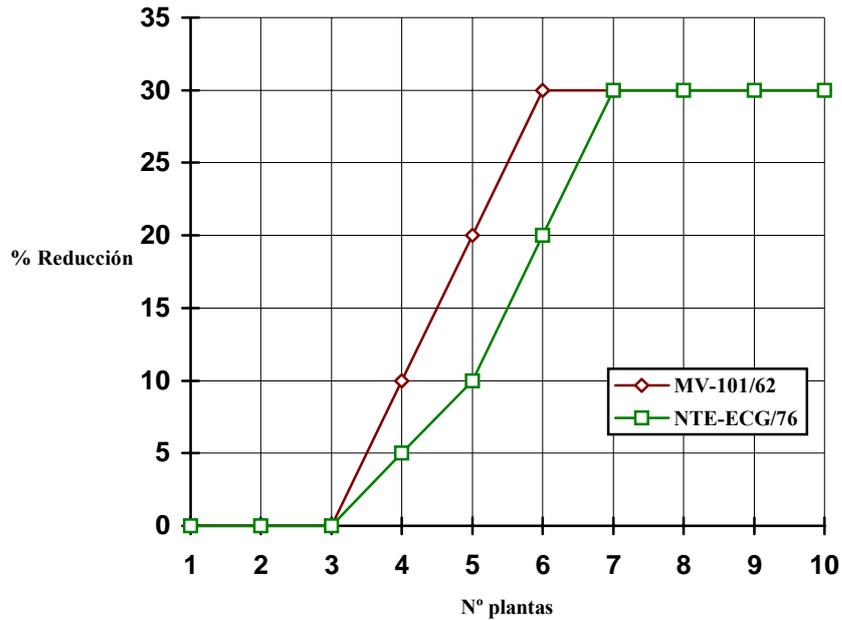


Figura 71 Porcentajes de reducción de sobrecargas según MV-101 y NTE-ECG

La primera revisión de la NTE-ECG/76 se llevó a cabo 12 años después, en 1988 mediante Orden de 15 de julio, publicada en agosto de 1988 y en la que se aprobaba la modificación parcial de la NTE (*NTE-ECG/1988*) si bien tales cambios no afectaron a los valores de sobrecargas de uso que establecía la inicial del año 1976.

### 2.3.6.- La Norma Básica de la Edificación NBE-AE/88 Acciones en la Edificación

Las Normas Básicas de la Edificación, las NBEs, aparecen en el panorama español en el año 1977 (BOE 09/06/77), mediante la publicación del Real Decreto 1650/1977 de 10 de junio sobre Normativa de la Edificación y con la pretensión de establecer las reglas necesarias para su correcta aplicación al proyecto y la ejecución de los edificios y con carácter obligatorio. Todas las normas básicas publicadas por el entonces Ministerio de la Vivienda (MV) pasaron a integrar el primer cuerpo de NBEs, entre ellas evidentemente estaba la MV-101-1962.

Mediante el Real Decreto 1370/1988, de 11 de noviembre, se modificó parcialmente la norma MV-101/1962 sobre acciones en la edificación, subsanando algunos errores no vinculados con las sobrecargas de uso y derogando el contenido del capítulo 7º, que MV-101 dedicaba a las acciones sísmicas, por cuanto era ya de aplicación la PDS-1-1974 como norma sismorresistente. Esta modificación incluía la adaptación del nombre al de NBE-AE-88 Acciones en la Edificación aun cuando el contenido era prácticamente el mismo que el de MV-101.

Sin embargo, ya en ese momento se advertía la necesidad de actualizar algunos criterios y valores dado el avance que entonces ya existía y sobre todo se preveía en las técnicas constructivas, admitiendo el retraso de la revisión profunda, como resultado de la participación que España estaba desarrollando en el seno de la Comunidad Económica Europea (CEE), donde “... se está elaborando una normativa relacionada con las acciones que afectan al cálculo de las estructuras...” (MOPU, 1988, exposición de motivos). Evidentemente se estaba refiriendo el legislador a los actuales Eurocódigos, concretamente el número 1 de *Bases de Cálculo y Acciones en Estructuras*, que actualmente ya está disponible en versión UNE-ENV 1991-1 con carácter experimental en cuanto a su régimen de aplicación.

En cuanto al contenido de la NBE-AE-88, hay que decir que no sufre significativas modificaciones respecto a la antecesora MV-101-1962, si bien, como ya he indicado, se eliminó la distinción de habitaciones de viviendas económicas y de otro tipo para la asignación de 150 y 200 Kg/m<sup>2</sup> respectivamente de sobrecarga de uso superficial.

Por otro lado, la NBE-AE-88, es la actual norma de obligado cumplimiento, en el ámbito del proyecto y en la obra de toda edificación, cualesquiera que sea su clase y destino según recoge su apartado 1.1 y por lo que se desprende de las normas e instrucciones sobre cálculo estructural para cada material, se pueden considerar como valores característicos para la aplicación de los diferentes métodos de análisis. Esta consideración es especialmente significativa por cuanto los métodos de cálculo, basados fundamentalmente en consideraciones probabilistas, parten de valores de acciones no deterministas, sino amparados en curvas cuya probabilidad de no ser superados sea generalmente del 95%, como sucede con el método de los estados límites que pregona nuestra reciente EHE (así como las anteriores EH) y como ya avanzaron las sucesivas versiones del Código Modelo, pero los valores contenidos en NBE-AE-88 no son valores

característicos, ya que carecen del estudio estadístico correspondiente, del histograma de frecuencias experimental, y en definitiva de un chequeo sobre una muestra representativa que permita la obtención de sus valores característicos en función de la distribución que presenten (no siempre Gaussiana) y que sustituyan a los deterministas hasta ahora utilizados.

Al hilo de esta cuestión, es interesante contrastar los comentarios que el profesor Calavera recoge en varias de sus publicaciones; así:

*“... para los casos frecuentes, vienen manejándose los valores proporcionados por al Norma MV-101-1962 como valores característicos, aunque en sentido estricto no lo son” (Calavera, 1985 apart. 26.4.2.b).*

*“... Un aspecto de especial importancia en los problemas de rehabilitación y patología,..., es el establecimiento realista de las acciones a que va a estar sometida la estructura. En este sentido,..., la NBE-AE-88 debe considerarse como datos generales de aplicación, pero ciertamente un estudio tan especializado y concreto como es el de patología o rehabilitación debería profundizar más sobre las acciones a utilizar.” (Calavera, 1996, apart. 11.1)*

A la vista de las exigencias de los códigos, normas, e instrucciones, tanto nacionales como europeas, de utilizar *valores característicos* (ahora también *“representativos”*) en el uso de sobrecargas, y dado que nuestra norma básica, la NBE-AE-88, no contiene tales valores, sino sólo referencias, se hace preciso abordar las diferentes metodologías y procedimientos que permiten la obtención de aquellos y en la medida de lo posible aportar, para la metodología habitual, valores deterministas que sustituyen a los de referencia actuales, así como arbitrar la introducción de los avanzados conceptos probabilistas de los Eurocódigos y otras normas similares de otros países. Parte de ese objetivo se pretende en este trabajo.

Es de destacar que en 1998 se firmó un convenio de colaboración para la revisión de la NBE-AE-88, entre la Dirección General de Vivienda , Arquitectura y Urbanismo, a través de la Subdirección General de Arquitectura y el Consejo General de Investigaciones Científicas, a través del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. El convenio incluye la aportación de un documento que ayude a la actualización de la norma.

### 2.3.7.- Norma reglamentaria de edificación sobre acciones en la edificación en las obras de rehabilitación estructural de los forjados de edificios de viviendas. NRE-AEOR-93

La Generalitat de Catalunya, según el Decreto 314/1993 de 9 de diciembre instó al Departamento de Política Territorial y Obras Públicas a que se dictara la norma NRE-AEOR. Con la intervención de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda y a propuesta del Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya y mediante la Orden de 18 de enero de 1994 se aprobó la **Norma Reglamentaria d'edificació sobre accions en l'edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d'edificis d'habitats NRE-AEOR-93** atendiendo así a las exigencias del Decreto 314/93, el cual en su exposición de motivos aludía claramente a la laguna normativa existente en el campo de las acciones y coeficientes de seguridad a utilizar en fases de comprobación o en general de aplicación a edificaciones ya construidas.

Con base en lo expuesto, la norma NRE-AEOR-93 tiene por objeto concretar las cargas que debe soportar un edificio que ha de ser objeto de actuaciones de rehabilitación estructural, aportando los elementos de cálculo necesarios para garantizar con la debida seguridad la estabilidad de la edificación.

La norma contiene solamente dos capítulos, el primero dedicado a las “*Acciones*”, y el segundo a los “*Coefficientes de seguridad*”. Se han incluido tres anexos de gran interés tanto en la forma como en sus contenidos. El anexo 1 recoge la tabulación de pesos de diferentes materiales y elementos constructivos; el segundo, la metodología de trabajo para la determinación de las sobrecargas; y el tercero, los tipos de prospecciones que se entienden como adecuados para la aplicación de la norma. Se completa la publicación con un ejemplo de aplicación de los conceptos en ella contenidos.

En lo que a sobrecargas se refiere, en el artículo 3 define éstas como las “*cargas que en magnitud y posición pueden variar en el tiempo*”, y las clasifica en cinco tipos: de uso, de divisiones, aisladas, en terrazas, y horizontales. Es especialmente destacable que las sobrecargas de divisiones no las considera como sobrecargas de uso como la NBE-AE-88 sino que adquieren personalidad independiente.

Las sobrecargas de uso se definen en la NRE-AEOR-93 como “*la sobrecarga debida al peso de todos los usuarios y objetos que pueden gravitar por el uso*” sobre el forjado en consideración y en consecuencia su obtención se debe a la cuantificación de esos dos frentes, los usuarios y los objetos, y con base en ello se definen cada uno como sigue (NRE-AEOR-93, 1994, apart. 3.2):

- Sobrecarga de usuarios es la debida al peso de las personas que **simultáneamente** pueden ocupar los diferentes espacios de una vivienda por un **uso normal** de sus estancias.

- Sobrecarga de objetos es la debida al peso de todos los objetos (**muebles y equipamiento**) que pueden ocupar las diferentes estancias de una vivienda.

Así mismo establece que sobre un forjado, la posición de las personas y objetos que constituyen la sobrecarga de uso, es variable e indeterminada en general, por lo que a efectos de cálculo admite su sustitución por un valor de sobrecarga superficial uniforme.

Sobrecargas de uso	Sobrecargas de usuarios	Personas
	Sobrecargas de objetos	Muebles
		Equipamientos
Sobrecargas de divisiones	Peso de la división: entre 84 y 124 Kg/m <sup>2</sup> Repartido uniformemente	
Sobrecargas aisladas	100 Kg en la posición mas desfavorable	
Sobrecargas en terrazas	200 Kg/ml	
Sobrecargas horizontales	50 Kg/ml	

Tabla 43 Clasificación de sobrecargas según NRE-AEOR-93

No obstante de la separación que establece entre sobrecarga de uso y sobrecarga de divisiones (tabiquería, para NBE-AE-88), aporta un dato extremadamente significativo de las dispersiones entre los valores deterministas utilizados en fase de proyecto respecto a las fases de intervención; así, en el apartado 3.4 se recoge que para aquellos casos en que la determinación de las sobrecargas no siga el procedimiento de la norma, según el anexo 2, se utilice como sobrecarga, de uso más divisiones, el valor mínimo de 240 Kg/m<sup>2</sup>. Este valor, comparado con el de 300 Kg/m<sup>2</sup> (200 de SU+100 de tabiquería) que se deduce para el uso vivienda de la NBE-AE-88, representa un 20% menos, lo que como valor de partida representa una dispersión muy significativa y a tener en cuenta en las decisiones que se pueden derivar de peritaciones sobre edificaciones a intervenir.

En cuanto a los coeficientes de seguridad, la NRE-AEOR-93 diferencia ,en la línea general de las normativas del sector, entre coeficientes de seguridad para las concargas y para las sobrecargas (Tabla 44) . Respecto a estas últimas, el valor lo hace depender del nivel de prospección llevado a cabo para la determinación de las sobrecargas, según los tipos de prospección reducida, normal o intensa de acuerdo a las indicaciones del anexo 3.

Concargas <sup>113</sup>		Sobrecargas	
Determinación	Cs	Prospección	Cs
Estimada	1,35	Reducida/mínima	1,6
Analítica	1,25	Normal	1,5
Empírica	1,15	Intensa	1,4

Tabla 44 Coeficientes de seguridad según NRE-AEOR-93

Para llevar a cabo las determinaciones o prospecciones utilizadas en la asignación de los distintos coeficientes de seguridad, el anexo 3 establece el siguiente procedimiento:

- Se divide el edificio en *Unidades de Actuación*, entendiéndose por tales, las superficies de forjados homogéneos, construidos con materiales tipos iguales o equivalentes y en condiciones de uso similares.

- Se divide cada *Unidad de Actuación* en *Lotes*, función del tipo de prospección, reducida, normal o intensa.

- Se procede, para cada *Lote*, a la *Determinación* de los datos necesarios para la identificación buscada: tipo de forjado, tipo del elementos estructural, geometría, características mecánicas, etc.

Prospección	Unidad de Actuación	Lotes por UA	Determinaciones por lote	Cs (Sobrecargas)
Reducida (Mínima)	Tantas como zonas homogéneas y de uso similar	$\geq 1$	$\geq 3$	1,6
Normal	Tantas como zonas homogéneas y de uso similar	$\geq 1/500 \text{ m}^2$	$\geq 3$	1,5
Intensa	Tantas como zonas homogéneas y de uso similar	$\geq 1/250 \text{ m}^2$	$\geq 3$	1,4

Tabla 45 Tipos de prospección y coeficientes de seguridad de sobrecargas según NRE-AEOR-93

La cuantía de los estadillos anteriores es función del tipo de prospección. La prospección queda regulada en la norma en función de la intensidad con que se desarrolla la investigación previa a la intervención y pretende vincular tal intensidad con el

<sup>113</sup> Los tres tipos de determinaciones se corresponden con su nivel de acercamiento a la realidad, y así: *determinación estimada* se refiere a la utilización de valores tabulados directamente del anexo 1; *determinación analítica*, se refiere a la cubicación y cálculo por pesos específicos de los diferentes elementos constructivos intervinientes; y *estimación empírica*, la utilización de valores provenientes del peso directo de muestra representativa del elemento en consideración.

coeficiente de seguridad a sobrecargas. Esta relación queda algo diluida en las explicaciones que en el anexo 3 se da para las consideraciones de determinaciones, lotes, unidades de actuación, etc. A modo de resumen, las características de cada uno de los tres tipos de prospecciones que recoge la norma son los de la Tabla 45.

En el anexo 2 se acompaña la *Metodología de trabajo para la determinación de sobrecargas* en el caso de que el técnico quiera acudir a su obtención de una forma suficientemente realista. Por el interés que representa tal metodología, al ser la primera regulada por norma en España, y por la singularidad de algunos conceptos, se pasa a continuación a describir la ficha (Tabla 46) que sirve de referencia para el método y a continuación se incluye una breve descripción de cada uno de los factores que recoge la ficha, al igual que las tablas de referencia de pesos de elementos y mobiliario habitual en una vivienda (Tabla 47) y el número de usuarios a considerar según las distintas estancias (Tabla 48).

Ficha núm.:		
Dirección:		
Población:	Fecha:	Forjado:
	Código Tipología:	
	Descripción Tipología:	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Estancia	Superficies		Elementos							Habitantes Usuarios			Sobrecarga Kg/m2		Total	Total
	Útil m2	Ocupada m2	Tipo	Nº	Sup. unit m2	Sup. total m2	Peso unit Kg	Peso total Kg	% ocup	Nº	Peso unit Kg	Peso total Kg	Elem (E)	Hab (H)	(E+H)	
Vestíbulo																
Estar Comedor																
Cocina																
Dormit. 1																
Dormit. 2																
Dormit. 3																
Dormit. 4																
Baño 1																
Baño 2																
Distribuid.																
Galería																
Totales													Altura libre (m)			
<b>Divisiones</b>					<b>Superficies</b>		<b>m2</b>				<b>Resultados finales</b>					
	5cm	10 cm			Construida						Sobrecargas		Media	Máx.		
Longitud					Útil						Elementos					
Superficie					Ocupada						Habitantes					
Peso					Útil+Divisiones						Elem+Habitant					
Sobrecarga divisiones											General Kg/m2					

Tabla 46 Ficha tipo de evaluación de sobrecargas según NRE-AEOR-93

### **Aclaraciones al contenido de la ficha NRE-AEOR-93**

**Encabezamiento:** El cuadro inicial recoge las referencias que identifican la vivienda y nivel del forjado en estudio, se incluye la numeración de la propia ficha, la dirección y el tipo de vivienda según que sea unifamiliar aislada, entre medianeras, en bloque, etc.

**Columna 1:** Relación de las distintas estancias de la vivienda.

**Columna 2:** Superficie útil en m<sup>2</sup>.

**Columna 3:** Superficie ocupable en m<sup>2</sup>. Es la útil menos la superficie que no puede ser ocupada por muebles (áreas de barrido de puertas y otras equivalentes).

**Columna 4:** Relación de elementos y muebles que contiene la estancia.

**Columna 5:** Cantidad de elementos iguales o similares.

**Columna 6:** Superficie que ocupa cada elemento o mueble relacionado en la columna 4. (Tabla 47)

**Columna 7:** Superficie total que ocupan los elementos iguales o equivalentes:  $(7)=(5) \times (6)$ . La suma de todos ellos se refleja para cada estancia.

**Columna 8:** Peso unitario en Kg (tabulado por la norma) de cada elemento o mueble incluyendo los enseres que contiene o supone su uso (agua en bañeras, ropa en armarios, libros en estantería, etc). (Tabla 47)

**Columna 9:** Peso total en Kg de los elementos iguales o equivalentes:  $(9)=(5) \times (8)$ . La suma de todos ellos se refleja para cada estancia.

**Columna 10:** Tanto por ciento de ocupación de la estancia, es decir lo que ocupan los elementos o muebles respecto a la superficie ocupable:  $(10)=100 \times (\text{suma } 7)/(3)$ .

**Columna 11:** Número máximo de usuarios que pueden estar en una estancia. Por defecto la norma establece valores mínimos. (Tabla 48)

**Columna 12:** Peso medio de una persona adulta. Por defecto la norma establece 75 Kg.

**Columna 13:** Peso total de los usuarios de la estancia:  $(13)=(11) \times (12)$ .

**Columna 14:** Sobrecarga en Kg/m<sup>2</sup> de los elementos o muebles para cada estancia. Se obtiene dividiendo su peso total entre la superficie ocupable:  $(14)=(\text{suma } 9)/(3)$ .

**Columna 15:** Sobrecarga en Kg/m<sup>2</sup> de los usuarios para cada estancia. Se obtiene dividiendo su peso total entre la superficie útil :  $(15)=(13)/(2)$ .

**Columna 16:** Sobrecarga de uso total para cada estancia en Kg/m<sup>2</sup> debida a elementos y usuarios:  $(16)=(14)+(15)$ .

**Columna 17:** Sobrecarga total en Kg/m<sup>2</sup> debida al uso y a las divisiones:  $(17)=(16)+\text{Sobrecarga de divisiones}$ .

**Cuadro de divisiones:** Se distingue entre divisiones de 5 y 10 cm, indicando su longitud y la superficie que ocupan (ésta, sin más que multiplicar la longitud por el espesor). En función del peso por metro cuadrado (para ello se dispone del dato de altura libre entre forjados) se obtiene el peso total para cada espesor (84 Kg/m<sup>2</sup> para 5 cm, y 124 Kg/m<sup>2</sup> para 10 cm). La sobrecarga total de las divisiones se obtiene dividiendo el peso total de divisiones entre la superficie útil+divisiones. Se admite descontar en la longitud de las divisiones, el número de puertas multiplicado por 0.70.

**Cuadro de superficies:** Se recogen las distintas superficies que intervienen en el proceso de cálculo.

**Cuadro de resultados finales:** Se recogen todos los valores de sobrecargas en valores medios y máximos obtenidos.

Sobrecarga de elementos: el valor medio es la media aritmética de las sobrecargas de elementos de las distintas estancias. El valor máximo es el máximo de entre los de las distintas estancias.

Sobrecarga de usuarios: el valor medio es la media aritmética de las sobrecargas de usuarios de las distintas estancias. El valor máximo es el máximo de entre los de las distintas estancias.

Sobrecarga de elementos+usuarios: el valor medio es la media aritmética de las sobrecargas de E+H de las distintas estancias, que coincide con la suma de la sobrecarga de elementos y la de usuarios. El valor máximo es el máximo de entre los de las distintas estancias debidos a E+H.

Sobrecarga General: Es la sobrecarga total, debida al uso y a las divisiones. Se obtiene sumando la sobrecarga de elementos+usuarios y la sobrecarga de divisiones.

Estancia	Mueble o elemento	Sup. ocup (m2)	Peso (Kg)	Estancia	Mueble o elemento	Sup.ocu (m2)	Peso (Kg)	
Vestíbulo	Armario	0.6	54	Baño	Lavabo peque.	0.24	37	
	Mueble	0.92	40		Lavabo grande	0.24	50	
Comedor	Mueble	0.92	40		Inodoro	0.21	45	
	Mueble	0.4	20		Bidé	0.21	40	
	Mesa	1.12	52		Bañera 1	0.84	130	
	Silla	0.25	7		Bañera 2	0.98	150	
Salón	Sofá 1 plaza	0.56	22		Bañera 3	1.05	165	
	Sofá 2 plazas	1.12	44		Bañera 4	1.12	180	
	Sofá 3 plazas	1.68	66		Aseo	Lavabo peque.	0.24	37
	Mesilla	0.51	13			Lavabo grande	0.24	50
	Mueble	0.92	100	Inodoro		0.21	45	
Butaca/sillón	0.64	32	Ducha 1	0.49		30		
Cocina	Nevera/frigo.	0.36	70	Ducha 2	0.64	33		
	Cocina/horno	0.36	53	Distribuidor	Mueble	0.45	50	
	Lavaplatos	0.36	106		Pasillo	Mueble	0.90	100
	Lavadora	0.36	106	Galería	Mueble	0.45	50	
	Fregadero	0.36	25		Mesa	0.56	25	
	Armario	0.72	82		Silla	0.25	5	
	Mesa	0.48	20	Despacho	Mesa	1.00	50	
	Silla	0.25	4		Silla	0.25	10	
	Dispensero	0.61	150		Mueble	1	50	
	Dormitorio	Cama simple	1.71	44	Trastero	Diversos	2	100
Cama doble		3.04	55	Armario		0.9	75	
Mesilla		0.18	17	Lavadero	Lavadero/pila	0.15	75	
Silla		0.25	7		Lavadora	0.36	106	
Armario alto		0.9	75	<b>Observaciones</b>				
Armario bajo		0.9	36	Mueble Despensa en cocina	0.61	150		
Mesa		0.66	43	Lavadero anterior a 1930	1.2	106		
Mueble		0.67	50					

Tabla 47 Pesos y superficies de muebles y/o elementos habituales en viviendas, según NRE-AEOR-93

Estancia	Tipo	Nº usuarios (75 Kg/Ud)
Vestibulo, pasillo y distribuidor	Superficie > 3 m2	3
	1 m2 < Superficie < 3 m2	2
	Superficie < 1 m2	1
Comedor y salón	Todos	Nº de personas acomodables según el mobiliario
Cocina	Superficie > 6 m2	1 usuario/2 m2
	Superficie < 6 m2	2 usuarios
Dormitorios	Todos	Nº camas+1
Baños	Todos	1
Safareig	Todos	1
Despachos	Todos	Nº de personas acomodables según el mobiliario

Tabla 48 Número de usuarios según estancias en viviendas. NRE-AEOR-93

Como se ha podido observar de las breves descripciones efectuadas para aclarar la aplicación de la norma, ésta es de especial significación por varios motivos:

1.- Es la primera norma sobre acciones destinada a la fase de intervención de edificaciones, toda vez que las anteriores fueron elaboradas fundamentalmente para la fase de proyecto (edificaciones por construir).

2.- Separa la sobrecarga tabiquerías del concepto de sobrecarga de uso, si bien admite su adición como valor superficial uniforme, aceptando un valor mínimo de ambas de 240 Kg/m<sup>2</sup> en vez de los 300 Kg/m<sup>2</sup> habituales de la aplicación de NBE-AE-88.

3.- Aporta un método de evaluación para la determinación de sobrecargas, tanto de tabiquería como de uso, en función de un sistema de prospección estadístico.

Un aspecto no incluido en la norma es la posibilidad de reducciones en función de parámetros habituales en otras normas, así en función del tipo de elemento estructural, localización, número de plantas que cargas, área tributaria de carga, etc, pero no hay que olvidar que la NRE-EOR-93 está dirigida al estudio de forjados, no incluyendo pilares, cimentación, etc, donde la incidencia de tales parámetros es más importante.

Es evidente que los tres aspectos antes reseñados son un primer intento de afinar la incidencia de los valores de las sobrecargas en la edificación, muy especialmente para la fase de intervención y/o peritación, pero con posibilidad se extrapolarse, con las debidas correcciones, a la fase de proyecto.

## 2.4.- Normativas de sobrecargas de uso en otros países

En la evolución descrita en los apartados anteriores sobre la normativa española, ya se han apuntado las influencias de normativas francesas y alemanas. En lo que sigue se intenta desarrollar la situación normativa de algunos países tradicionalmente influyentes en el panorama nacional e internacional, siguiendo el camino de algunas de sus normas más importantes en lo referente al tratamiento de las sobrecargas de uso en edificios de viviendas.

Así se desarrollan algunas normas americanas, de gran calado actual, de aplicación general en EE.UU. y de las que derivan reglamentos particulares para cada localidad, región o estado. En ello, son tres los grandes reglamentos generales que suponen referencias obligadas de las normativas de construcción de cada región específica en EE.UU. (*PARKER, 1996*):

- El *Uniform Building Code (UBC)*, de gran utilización en la zona oeste ya que incorpora los datos más completos para el diseño sísmico.
- El *Basic National Building Code (BOCA)*, utilizado en el este y medio oeste.
- El *Standard Building Code (SBC)*, de frecuente uso en el sureste.

De ellos, se desarrolla lo contenido en el *UBC*, que aporta en su edición de 1988 importantes criterios sobre sobrecargas de uso, incluyendo valores de reducción dependientes del área tributaria de carga.

Por otro lado referencias esporádicas y no menos importantes sobre valores deterministas de sobrecargas de uso para viviendas quedan recogidas en el la Tabla 49, donde se puede apreciar que la mayoría de ellas mantienen como valores de referencia los que varían entre los 150 y los 200 Kg/m<sup>2</sup>.

<b>País/norma</b>	<b>Sobrecarga Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Referencia</b>
Suiza	200	(Baud,1978) Cap. IX apart. 1
Francia	175	(Baud,1978) Cap. IX apart. 1
Ale mania DIN 1055	150-200	(Neufert, 1995) DIN 1055 p 3 <sup>a</sup>
EEUU ANSI-82 A.58	195	(White, R.N; Salmon,C.G) ANSI-82 Tabla 2.1
EEUU UBC-88	195	(Hart, G.C) pag.139 (Parker-Ambrose,1996) Tabla 11.3 UBC-88
Código Modelo 1978	153	(CM,1978), Apéndice 3
Código Modelo 1990	153	(CM, 1990)
España- Normas -41	150-200	(MG- Normas-41) Capítulo 1, apart. 2º Sobrecargas
España UNE 24003/53	150-200	(IRANOR, UNE 1953)
España MV-101/62	150-200	(MV-101/62) Tabla 3.1
España NTE-ECG/76	200	(NTE-ECG/76) Tabla 19
España NBE-AE-88	200	(NBE-AE-88) Tabla 3.1
España/Cataluña NRE- AEOR/73	Evaluación pormenorizada	Decreto 314/93 Generalitat de Catalunya
Eurocódigo 1	204	(EC 1-2-1) Tabla 6.1

Tabla 49 Valores deterministas de sobrecarga de uso para viviendas según varios países

### 2.4.1.- Norma alemana DIN-1055

El Instituto Alemán de Normalización, entre las normas DIN (Deutsche Industrie-Norm) que publica, contiene la DIN-1055 de indudable interés para el estado de la cuestión normativo en Alemania (DIN-1055). La parte 3ª de la norma está dedicada al establecimiento de las sobrecargas de uso a tener en cuenta en las obras de edificación, incluye el uso vivienda según varias formas entre las que establece un rango de **150 a 200 Kg/m<sup>2</sup>** en función de la capacidad del forjado de repartir cargas transversalmente y de que se transmitan sobrecargas a elementos verticales.

En cuanto a la posibilidad de reducir sobrecargas, establece una tabla (Tabla 50) de coeficientes parciales de reducción para cada planta actuante y aporta el coeficiente  $\alpha$  por el que obtener la proporción de sobrecarga global a considerar en el cálculo en función de la total, en caso de que éstas sean equivalentes en todos los niveles que cargan.

Planta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Coef. $R_p$	0	0	0	20	40	60	80	80	80	40	40	40
Coef. $R_g$	0	0	0	5%	12%	20%	29%	35%	40%	40%	40%	40%
Coef. $\alpha$	1	1	1	0,95	0,88	0,80	0,71	0,65	0,60	0,60	0,60	0,6

$R_p$ = Coeficiente de reducción parcial, aplicable a la sobrecarga de la planta en cuestión  
 $R_g$ = Coeficiente de reducción global, aplicable a la suma de las sobrecargas de todos los niveles  
 $\alpha$ = Coeficiente reductor global para obtener la sobrecarga reducida

Tabla 50 Coeficientes parciales y globales de reducción de sobrecargas según DIN 1055 p3ª

En la Tabla 50 encontramos el coeficiente  $R_g$  de reducción global de la suma de sobrecargas (deducido de los que aporta la norma DIN) y cuyo estado comparativo con la NBE-AE-88 lo encontramos en la Figura 72.

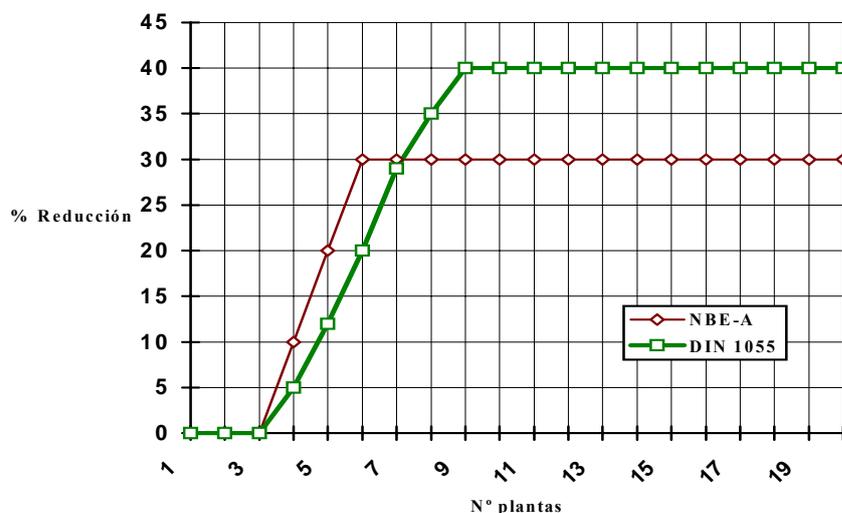


Figura 72 Coeficiente reductor  $R_g$  de sobrecargas de uso según DIN 1055 y NBE-EA-88

Por otro lado no admite reducciones cuando el número de plantas que cargan es inferior a 4, como la NBE-EA-88, y el valor máximo de reducción lo centra en el 40% de la total sobrecarga que tributa sobre el elemento mientras que la española sólo admite el 30%.

Es algo extraño el tratamiento que da la norma alemana a los coeficientes de reducción, por cuanto parece permite aplicar coeficientes de reducción parciales para cada planta (de especial interés para cuando la sobrecarga no sea igual en todas las plantas) en la obtención de la sobrecarga total. Es el mismo tratamiento que encontrábamos en el Reglamento Inglés anterior a 1925 y cuyos valores de reducción parcial ( $R_p$ ) fueron especificados en el apartado que estudia el periodo español anterior a 1939. Por ello, tiene especial interés establecer la comparación de los coeficientes parciales de reducción para cada planta independientemente del de las demás, que de forma expresa están reseñados en la norma DIN 1055, y que para la norma española NBE-AE-88 podemos obtener sin más que suponer (como la DIN) que el valor de la sobrecarga sea el mismo para todas las plantas y que para las 3 primeras  $R_p=0$ , en cuyo caso se cumplirá:

- Para las **plantas 1ª, 2ª, y 3ª** el coeficiente de reducción  $R_p$  será igual a **cero**.

- Para la **planta 4ª**, el coeficiente global de reducción es  $R_g=20\%$ , es decir:

$$R_g = \frac{x\%}{4} = 20\%$$

Expresión en la que despejando el valor  $x=R_p$  nos da igual al 80% para la p.4ª.

- Para la **planta 5ª**, el coeficiente global de reducción es  $R_g=30\%$ , es decir:

$$R_g = \frac{(80 + x)\%}{5} = 30\%$$

Expresión en la que despejando el valor  $x=R_p$  nos da igual al 70% para la p.5ª.

- Para la **planta 6ª**, el coeficiente global de reducción es  $R_g=40\%$ , es decir:

$$R_g = \frac{(80 + 70 + x)\%}{6} = 40\%$$

Expresión en la que despejando el valor  $x=R_p$  nos da igual al 90% para la p.6ª.

- Para la **planta 7ª** y siguientes, el coeficiente global de reducción es  $R_g=40\%$ , es decir:

$$R_g = \frac{(80 + 70 + 90 + x)\%}{7} = 40\%$$

Expresión en la que despejando el valor  $x=R_p$  nos da igual al 40% para la planta 7ª y siguientes.

Los valores obtenidos, tabulados y representados en una gráfica nos proporcionan una visión del proceso de reducción tan disperso que tal procedimiento de coeficientes parciales puede llegar a producir.

Norma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIN 1055	0	0	0	20	40	60	80	80	80	40	40	40
NBE-AE-88	0	0	0	80	70	90	40	40	40	40	40	40

Tabla 51 Coeficientes parciales de reducción  $R_p$ (%) para cada planta que carga según DIN 1055 y NBE-AE-88

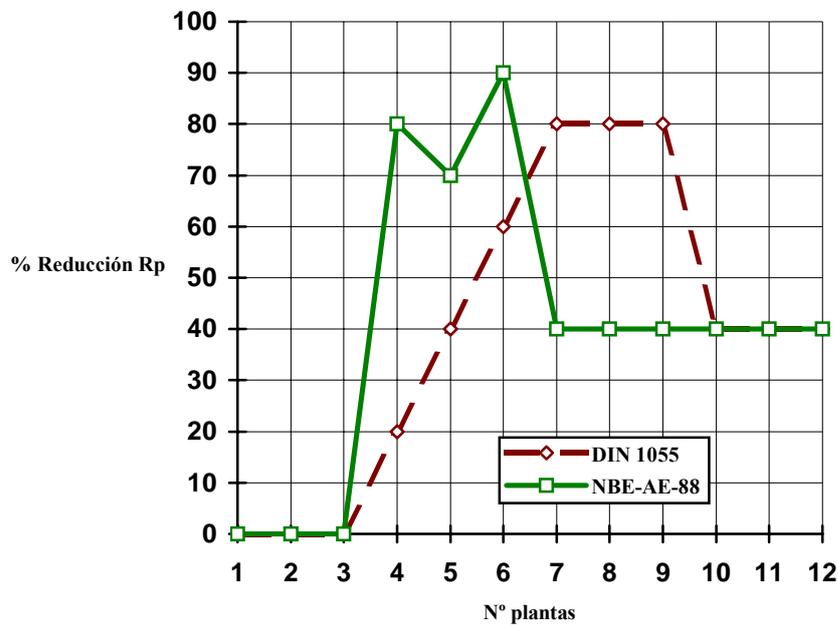
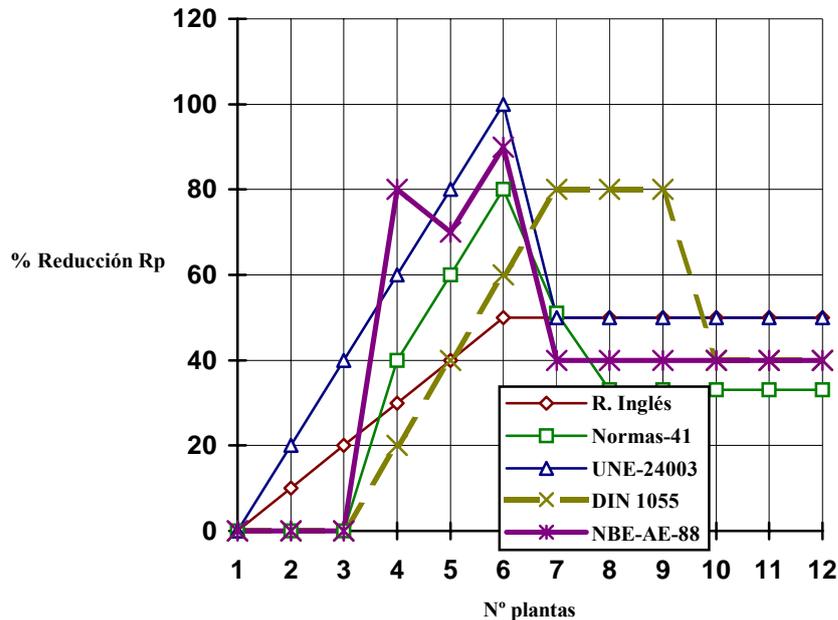


Figura 73 Coeficientes de reducción parcial  $R_p$  según DIN 1055 y NBE-AE-88

Realizando las mismas operaciones para los valores propuestos por las NORMAS-41 españolas, por la norma UNE 24003 y recogiendo las aportadas por el Reglamento Inglés anterior a 1925 se puede establecer el cuadro comparativo que se recoge en la Tabla 52 y de forma gráfica en la Figura 74.

Norma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R. Inglés	0	10	20	30	40	50	50	50	50	50	50	50
Normas-41	0	0	0	40	60	80	51	33	33	33	33	33
UNE-24003	0	20	40	60	80	100	50	50	50	50	50	50
DIN 1055	0	0	0	20	40	60	80	80	80	40	40	40
NBE-AE-88	0	0	0	80	70	90	40	40	40	40	40	40

Tabla 52 Coeficientes parciales de reducción  $R_p$ (%) para cada planta que carga según varias normasFigura 74 Coeficientes de reducción parcial  $R_p$  según varias normas

La Figura 74 demuestra lo disperso del método de coeficientes parciales de reducción, además de no representar rigor al determinar el porcentaje de reducción de la planta en estudio, ya que es aleatorio la elección de la más reducida sin que ello influya sobre el resultado obtenido. Por otro lado, en aquellas normas donde se aporta, sólo el valor del coeficiente de reducción global, no es posible de forma rigurosa asignar valores parciales a cada planta; así sucede con los cálculos que hemos realizado para NBE-AE-88, por lo que sus resultados son puramente subjetivos.

Por lo dicho, resultan más interesantes las normas que aportan coeficientes globales de reducción sin significar el porcentaje concreto de reducción para cada una de las plantas que intervienen. Todo ello aconseja pensar en relaciones que vinculen no tanto el número de plantas sino el factor que pretende comprender este, cual es, el área tributaria de carga y, más aún, el área de influencia, como recogen ya varias normas americanas.

### 2.4.2.- Norma americana ANSI- A 58.1 1982

Una de las normas que desarrolla, más intensamente, la vinculación de las sobrecargas de uso y el área tributaria de carga, e incluso el tipo de elemento estructural, es la norma ANSI-A58 “*American National Standard Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*” del Instituto Nacional Americano de Normalización, norma en gran consideración y uso en EE.UU (*LEW, H.S*)(ANSI-52-1982).

La norma maneja el esquema habitual de asignación determinista de un valor uniforme en la superficie de afección en función del uso específico. Para el caso de vivienda, diferencia entre usos afines como viviendas unifamiliares, residencias de más de una familia, zonas de dormitorios de áticos en plantas altas, etc. No obstante el valor que maneja con mayor similitud al uso vivienda (general) es el de 40 psf<sup>114</sup> ; es decir , unos 195 Kg/m<sup>2</sup>.

Aporta como forma de evaluación de sobrecargas, la reducción del valor tabulado, en función de dos parámetros de gran interés como son, el área tributaria de carga y el tipo de elemento estructural, ambos involucrados en el concepto de área de influencia ( $A_I$ ). La forma analítica se recoge en la siguiente expresión:

$$(Ec. 42) \quad L = L_0 \left( 0.25 + \frac{15}{\sqrt{A_I}} \right)$$

siendo:

$L$ = Sobrecarga de uso reducida en psf (*Libras/pie<sup>2</sup>*)

$L_0$ = Sobrecarga de uso tabulada en psf (*Libras/pie<sup>2</sup>*). Para viviendas 40 psf

$A_I$ = Área de influencia en sq ft (*pie<sup>2</sup>*)

Como es fácil de deducir, el valor de  $L$  es inferior a  $L_0$ , sólo cuando el Área de Influencia es superior a 400 sq ft (unos 40 m<sup>2</sup>)<sup>115</sup>.

Cada uno de los valores anteriores exige una explicación que aclare su concepto y oportuna utilización. Así,  $L$  y  $L_0$ , se expresan por unidad de superficie de la que soporta el elemento estructural en estudio, lo que convenimos en llamar área tributaria de carga. Sin embargo, el área de influencia  $A_I$  que aparece en la ecuación (Ec. 42), representa el área para la que, a efectos estructurales, la probabilidad de que exista sobrecarga de uso sobre el elemento estructural es significativamente importante. El valor de  $A_I$  así definido, depende

<sup>114</sup> Equivalencia de unidades: 1 psf (libra/pie<sup>2</sup>) = 4,8824318 Kp/m<sup>2</sup>

<sup>115</sup> 1 sq ft=0,0929 m<sup>2</sup>, por lo que la cantidad exacta es 37,16 m<sup>2</sup>

del tipo de elemento estructural y de su localización, y adopta los siguientes valores (MERRITT, F.S; RICKETTS, J.T., 1977):

- Para pilares interiores: área de los cuatro vanos circundantes, más las áreas similares de los pisos apoyados arriba, si los hay.

- Para vigas interiores y pilares de borde: área de los dos vanos adyacentes, más las áreas similares de los pisos apoyados arriba, si los hay.

- Para vigas de borde y pilares de esquina : área del vano adyacente, más las áreas similares de los pisos apoyados arriba, si los hay.

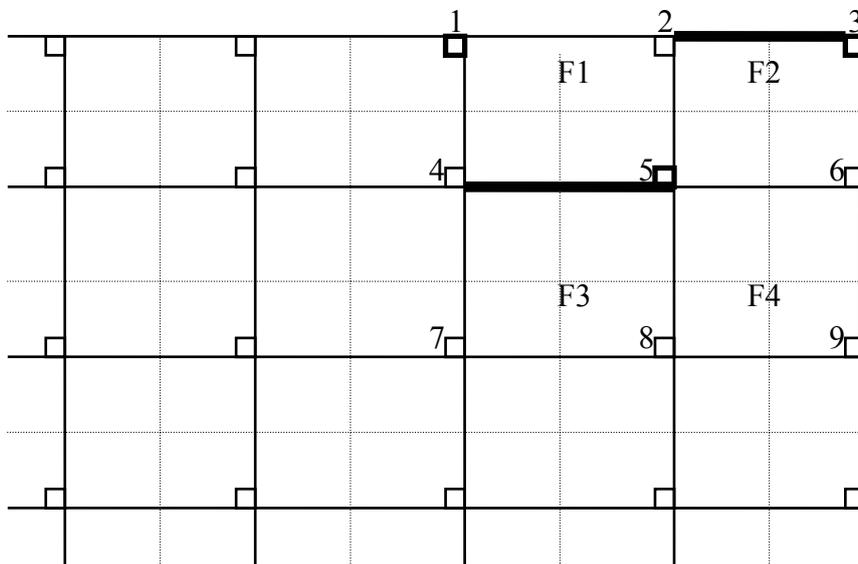


Figura 75 Esquema de posiciones y elementos tipo de vanos, pilares y vigas

Atendiendo a la Figura 75, para cada elemento de los descritos, el área de influencia correspondiente sería:

- Para el pilar 5 (pilar interior) :  $A_I = F1 + F2 + F3 + F4$

- Para el pilar 2 (pilar de borde):  $A_I = F1 + F2$

- Para el pilar 3 (pilar de esquina):  $A_I = F2$

- Para la viga 4-5 (viga interior):  $A_I = F1 + F3$

- Para la viga 2-3 (viga de borde):  $A_I = F2$

- Para la viga 6-9 (viga de borde):  $A_I = F4$

Según vemos, la norma permite distintas consideraciones a distintos elementos estructurales, en función de su tipología y de la posición que ocupan, todo ello lo encauza a través del concepto de Área de Influencia ( $A_I$ ) como un factor que podríamos establecer directamente relacionado con el Área Tributaria ( $A_t$ ) de carga sin mas que introducir un coeficiente *beta* ( $\beta$ ) (LEW, H.S; ELLINGWOOD, B; SIMIU E.), que los ligue, es decir:

$$(Ec. 43) \quad A_I = \beta A_t$$

siendo:

$A_I$  = Área de influencia en *sq ft* ( $pie^2$ )

$A_t$  = Área tributaria de carga sobre el elemento en estudio

$\beta$  = Coeficiente función del tipo de elemento estructural (ver Tabla 53)

	Pilares	Vigas	Losas reticulares	Forjados unidirecc
$\beta$	4	2	1	1

Tabla 53 Coeficiente de Área de Influencia según ANSI-58-1982

Sustituyendo la ecuación (Ec. 43) en la expresión (Ec. 42), y posibilitando el cambio de unidades, tal que, pasemos las de  $A$  expresadas en *sq ft* ( $pie^2$ ) para poderlas utilizar en  $m^2$  tal y como nos es habitual en el SI<sup>116</sup>, tendríamos:

$$(Ec. 44) \quad L = L_0 \left( 0.25 + \frac{15}{\sqrt{\beta \frac{A_t}{0,3048^2}}} \right) = L_0 \left( 0.25 + \frac{4,572}{\sqrt{\beta A_t}} \right)$$

Por otro lado las expresiones que maneja ANSI-58, nos proporcionan el valor de  $L$  reducido en vez del coeficiente de reducción global  $R_g$  (aplicable a la suma de todas las sobrecargas que tributan sobre el elemento en cuestión), como otras normativas, por ejemplo, la española NBE-AE-88. Podemos obtener  $R_g$  sin mas que restar a la unidad, el valor del paréntesis de la ecuación (Ec. 44), y obtendríamos:

$$(Ec. 45) \quad R_g = 75 - \frac{457,2}{\sqrt{\beta A_t}}$$

siendo:

$R_g$  = Coeficiente de reducción de sobrecargas en %

$A_t$  = Área tributaria de carga sobre el elemento en estudio en  $m^2$

<sup>116</sup> 1 ft (*pie*) = 0,3048 m; 1 *sq ft* ( $pie^2$ ) = 0,3048<sup>2</sup> m<sup>2</sup> = 0,0929 m<sup>2</sup>

$\beta$ = Coeficiente función del tipo de elemento estructural según Tabla 53

La reducción expresada por la ecuación (Ec. 45), según ANSI-58, cumplirá no ser superior al 50% cuando sobre el elemento actúa un sólo nivel, y no superior al 60% en el resto de los casos. Además sólo es de aplicación cuando la superficie tributaria de carga sea al menos de 10 m<sup>2</sup> en pilares, 20 m<sup>2</sup> en vigas y 40 m<sup>2</sup> en losas, que son las magnitudes de superficie tributaria equivalentes al Área de Influencia de 40 m<sup>2</sup> en cada elemento estructural referido<sup>117</sup>.

Los valores representativos de la expresión obtenida se resumen en el barrido de 0 a 100 m<sup>2</sup> de área tributaria recogido en la Tabla 54.

Área Tributaria (m <sup>2</sup> )	Elemento estructural		
	Pilares	Vigas	Losas reticulares
	$\beta=4$	$\beta=2$	$\beta=1$
<b>9,29</b>	0	-	-
10	2,71	-	-
15	15,98	-	-
<b>18,58</b>	22,00	0	-
20	23,88	2,71	-
25	29,28	10,34	-
30	33,26	15,98	-
35	36,36	20,35	-
<b>37,16</b>	37,50	22,00	0
40	38,86	23,88	2,71
45	40,92	26,81	6,84
50	42,67	29,28	10,34
55	44,18	31,41	13,35
60	45,49	33,26	15,98
65	46,65	34,90	18,29
70	47,68	36,36	20,35
75	48,60	37,67	22,21
80	49,44	38,86	23,88
85	50,20	39,93	25,41
90	50,90	40,92	26,81
95	51,55	41,83	28,09
100	52,14	42,67	29,28
232	60,00	53,78	44,98

Tabla 54 Valores del coeficiente de reducción según ANSI. 58-1982

<sup>117</sup> Los valores exactos de aplicación serían: 9,29 m<sup>2</sup> en pilares, 18,58 m<sup>2</sup> en vigas, y 37,16 m<sup>2</sup> en losas

La representación gráfica de la curva de reducción es asintótica al 75% en cualquiera de los tipos estructurales evaluados, pero limitada por el 50% y 60% según los valores máximos permitidos por ANSI-58 (ver Figura 76). Asimismo, la reducción de sobrecargas queda limitada por debajo (sin reducción) en los valores de superficie tributaria de 9,29 m<sup>2</sup> para el caso de pilares, 18,58 m<sup>2</sup> para el caso de vigas y 37,16 m<sup>2</sup> para el caso de losas reticulares.

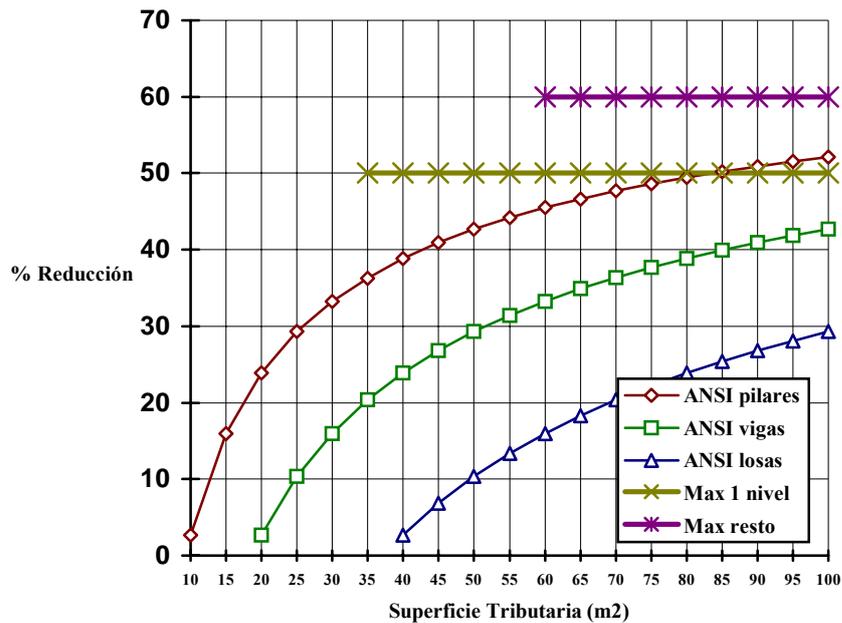


Figura 76 Coeficiente de reducción de sobrecargas según ANSI.58-1982

En la Figura 76 podemos observar como el coeficiente de reducción aumenta conforme aumenta el área tributaria de carga, y a su vez en función del área de influencia, representado en la gráfica por los tres tipos estructurales, de pilares, vigas y losas reticulares, también la relación es creciente, es decir a igualdad de área tributaria de carga es mayor el coeficiente de reducción para pilares, que para vigas, que para losas reticulares, dado que en ese orden está también el aumento del valor de área de influencia.

Una forma de poder comparar los valores anteriores con los de otras normas es homogeneizar las referencias ya que, las de ANSI.58 están expresadas por área de influencia mientras que otras, la mayoría (por ejemplo NBE-AE-88, UNE 24003, DIN 1055, etc), lo están por número de plantas que cargan. El procedimiento puede ser, convertir de forma equivalente el valor de la superficie tributaria en número de plantas, o lo contrario, ver el valor equivalente del número de plantas que cargan expresándolo en superficie tributaria de carga. Ambos procedimientos exigen valores aproximados, y para facilitar las interpretaciones vamos a desarrollar los dos sistemas.

Primero estudiaremos la conversión de la superficie tributaria en número de plantas equivalentes. Para ello, vamos a utilizar una estimación que traslade los valores recogidos en la Tabla 54 al equivalente, de forma aproximada pero habitual, al número de plantas que

cargan sobre el elemento en estudio. Así, podemos estimar como habitual (casi mínimo) el vano compuesto por una superficie de unos 20 m<sup>2</sup> por planta (p. ejemplo: 4,5x4,5 m<sup>2</sup>; 4,0x5,0 m<sup>2</sup>, etc), con lo que la equivalencia de área tributaria con el número de pisos que carga, serían los contenidos en la Tabla 55, donde los valores de superficie equivalente al número de plantas se han obtenido sumando 20 m<sup>2</sup> por nivel, en el caso de pilar central, menos en el piso primero de arranque, cuyo valor se ha considerado de 10m<sup>2</sup>, un 50% menor que el tipo de planta, y coincidente con el límite inferior de superficie tributaria de carga, para aplicar la reducción según la norma; ello además, consigue tener un margen de seguridad para no elevar en exceso la cantidad de superficie asignada a los niveles. La superficie asignada a los niveles de pilares de borde y de esquina, ha sido respectivamente, la mitad y cuarta parte del central. Los valores de reducción se han redondeado a la baja y limitado al valor máximo del 60%, tal y como establece la norma.

N <sup>a</sup> de plantas	Tipo de elemento estructural									
	Pilar central		Pilar de borde		Pilar de esquina		Viga interior 1 nivel		Viga de borde y Losa reticular 1 nivel	
	m <sup>2</sup>	R <sub>g</sub> (%)	m <sup>2</sup>	R <sub>g</sub> (%)	m <sup>2</sup>	R <sub>g</sub> (%)	m <sup>2</sup>	R <sub>g</sub> (%)	m <sup>2</sup>	R <sub>g</sub> (%)
1	10	2	-	-	-	-	10 15 20 25 30	- - 2 10 15	40	2
2	30	33	15	15	-	-				
3	50	42	25	29	13	10				
4	70	47	35	36	18	20				
5	90	50	45	40	23	26				
6	110	53	55	44	28	31				
7	130	54	65	46	33	34				
8	150	56	75	48	38	37				
9	170	57	85	50	43	39				
10	190	58	95	51	48	41				
11	210	59	105	52	53	43				
12	230	60	115	53	58	44				
13	250	60	125	54	63	46				
14	270	60	135	55	68	47				
15	290	60	145	56	73	48				
16	310	60	155	56	78	49				
17	330	60	165	57	83	49				
18	350	60	175	57	88	50				
19	370	60	185	58	93	51				
20	390	60	195	59	98	51				

Tabla 55 Coeficientes de reducción de ANSI.58 según el n° de plantas equivalentes que cargan

La comparación gráfica de los valores obtenidos, con los ya aportados en gráficas anteriores, la podemos ver en la Figura 77. En ella es significativo resaltar las siguientes observaciones:

- La actual NBE-AE-88, queda en una posición excesivamente conservadora en todos los casos, pero especialmente en pilares interiores, donde por ejemplo a partir de la planta 12 el coeficiente de reducción de la NBE-AE-88 es el 30% y en ANSI.58, el doble. Igualmente para edificaciones de altura muy habitual como son 5 plantas, la NBE-AE-88 permite una reducción del 20% mientras que la ANSI-58, para pilares interiores permite hasta un 50%.

- Valores más en sintonía con la norma americana lo proporciona la lamentablemente cancelada UNE 24003, donde su curva parece representar la media de las tres de ANSI-58. Así en los casos comparados antes, la UNE 24003 proporciona un 50% y un 40% respectivamente, valores mucho más cercanos al 60% y 50% de ANSI-58 que los extremadamente prudentes de nuestra NBE-AE-88, 30% y 20%, también respectivamente.

- Es importante observar como la introducción del coeficiente de área de influencia (coeficiente  $\beta$ ) hace descender los valores de reducción en la norma ANSI.58, pero ni la curva más baja se acerca a la norma española NBE-AE-88, salvo en el intervalo de 5 a 7 plantas donde esta última se acerca ligeramente a la curva de pilares de esquina de ANSI-58.

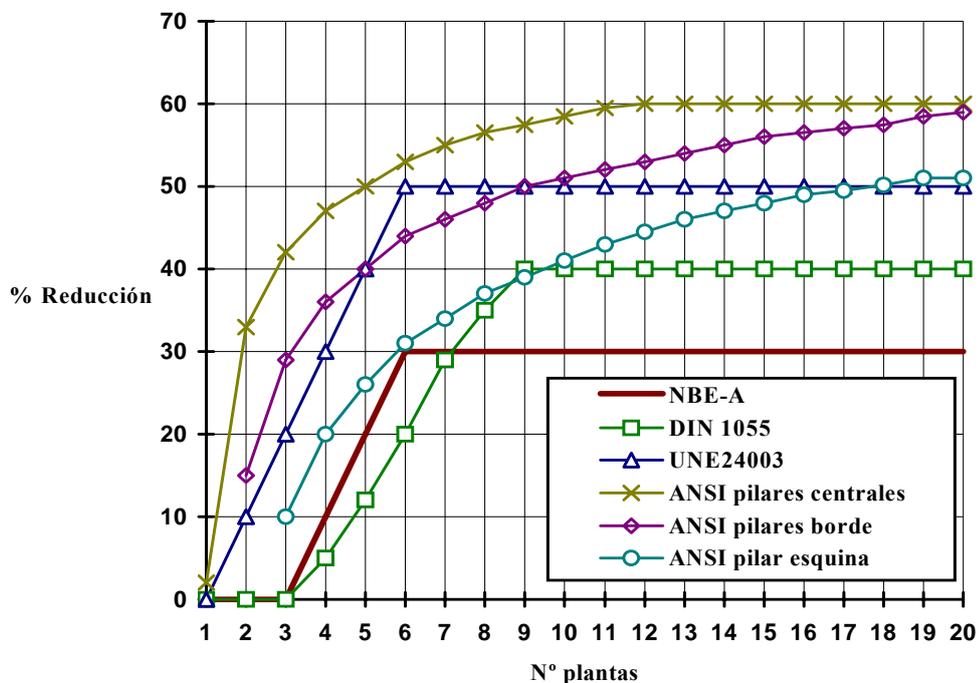


Figura 77 Reducciones según ANSI. 58 en función del nº de plantas. Incluye otras normas

La comparación inversa que se planteaba en párrafos anteriores, consistía en estimar un cuadro que vinculara para cada número de plantas que carguen su equivalente en m<sup>2</sup> de superficie tributaria de carga. Así, manteniendo el vano que consideramos tipo y habitual en situaciones mínimas (20m<sup>2</sup>), podemos establecer la equivalencia de la Tabla 56.

Nº de pisos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P. central m <sup>2</sup>	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290
P. borde m <sup>2</sup>	-	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
P. esquina m <sup>2</sup>	-	-	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73
NBE-AE-88 Coef. reducción $R_g$ %	0	0	0	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabla 56 Estimación de equivalencia entre nº de pisos y superficie tributaria y  $R_g$  de NBE-AE-88

Con la Tabla 56 podemos construir los valores de reducción de las normas reseñadas antes, en función de esa estimación de equivalencia, y concretamente para la NBE-AE-88 la relación buscada es la recogida en la Figura 78.

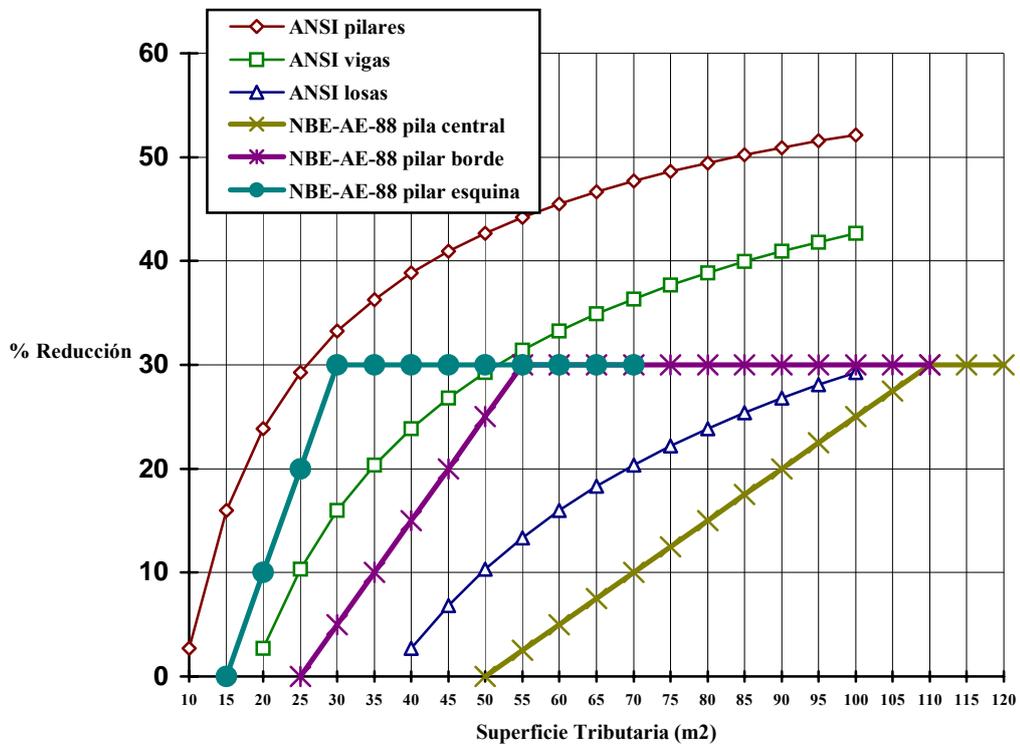


Figura 78 Coef. Reducción de ANSI.58 y NBE-AE-88 según sup. tributaria (Estimación)

La comparación entre ANSI.58 y NBE-AE-88, utilizando el coeficiente reductor en función de la estimación de equivalencia entre nº de pisos que cargan y superficie tributaria de carga, aporta observaciones muy interesantes. Así:

- Para la NBE-AE-88 el coeficiente reductor de sobrecarga disminuye a igualdad de área tributaria cuando el pilar es central, respecto a otro de borde, y este respecto a otro de esquina. Así, por ejemplo, admite un 20% de reducción de sobrecargas para un pilar de esquina con tan sólo unos 25 m<sup>2</sup> de área tributaria, mientras que para un pilar central exige del orden de 80-90 m<sup>2</sup> de superficie tributaria, cuando se intuye una mayor probabilidad de que el pilar de esquina esté sometido a la sobrecarga tabulada que el pilar central, ya que el área de influencia necesaria para la el de esquina es de unos 100 m<sup>2</sup> y para el pilar central del orden de 320-360 m<sup>2</sup>.

- Resulta también significativo que la NBE-AE-88 permita, a igualdad de superficie tributaria, mayores reducciones a los pilares en esquina que a los de borde y, a estos más que a los centrales, cuando a igualdad de elemento estructural (pilar) y de superficie tributaria de carga, la norma ANSI-58 adjudica el mismo coeficiente reductor de sobrecarga.

- Por otro lado, se pone de manifiesto que, las limitaciones máximas de reducción de NBE-AE-88, están muy por debajo del límite del 50-60% de la norma ANSI.58.

### 2.4.3.- Norma americana UBC-1988

La norma noroeste-americana Uniform Building Code -1988 (*UBC-1988*), recoge como valor determinista de sobrecarga de uso en vivienda (carga viva) el valor general de 40 lb/pie<sup>2</sup> (**195 Kg/m<sup>2</sup>**) pero distingue otros valores tradicionalmente vinculados con el uso residencial, como son el de *baños* y *balcones*. (Tabla 57)

	Carga viva /Sobrecarga de uso		Observaciones
	lb/pie <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	
Uso residencial general	40	195	Incluye vivienda
Baños	50*	245	* o el del área servida
Balcones	60	293	En viviendas

Tabla 57 Valores deterministas de sobrecarga de uso en viviendas según UBC-88

Por otro lado, permite reducir los valores de la sobrecarga de uso en función de su área tributaria, incluso para elementos estructurales de la misma planta, lo que supone una diferencia importante con la norma española que sólo admite reducciones a partir de la 4ª planta de carga (*Calavera, 1996*).

El coeficiente de reducción que plantea *UBC-88*, para piezas cuya superficie tributaria de sobrecarga exceda de 15 m<sup>2</sup>, excluido el uso industrial, es el siguiente:

$$(Ec. 46) \quad R = r(10,75A - 150)$$

siendo:

$R$ = Reducción en % , con un valor máximo ( $R_{max}$ ) según las siguientes limitaciones:

- 40% para piezas que reciban sobrecargas de un sólo nivel
- 60% para piezas que reciban sobrecargas de más de un nivel
- En cualquier caso:

$$(Ec. 47) \quad R_{max} = 23,1 \left( 1 + \frac{g}{q} \right)$$

$r$ = Coeficiente tabulado en función del uso del edificio (Tabla 58). Para vivienda  $r=0,08$

$A$ = Área de forjado o cubierta soportada por la pieza, en  $m^2$ .  $A > 15 m^2$  para  $R \neq 0$

$g$ = Carga permanente más sobrecargas fijas, por  $m^2$ .

$q$ = Sobrecarga variable por  $m^2$ .

Tipo de uso	Valor de $r$ (%)	Valor máximo de $R$ $R_{max}$ (%)
Locales de reunión pública	-	0
Locales de sobrecarga de almacenamiento superior a 488 Kg/m <sup>2</sup> :		
- Vigas y forjados	-	0
- Pilares	-	20
Otros locales:		
- Sobrecarga procedente de un sólo nivel	0,08	40
- Otros casos	0,08	60
Cubiertas:		
- Pendiente inferior a 1/3	0,08	40
- Pendiente $\geq 1/3$ y $< 1/1$	0,06	25
Garajes para automóviles con un máximo de nueve pasajeros	0,08	40

Tabla 58 Valores del coeficiente  $r$  para reducción de sobrecargas según UBC-1988

Para el caso concreto de edificación, el valor de  $R_{max}$  dado por (Ec. 47) no representa el límite a tener en cuenta, ya que los porcentajes del 40% y 60% de las condiciones previas son más restrictivos, como se puede observar en la Figura 79, sin más que comparar el entorno habitual en edificación en cuanto a la relación de carga variable respecto a la permanente que en ningún caso supera el 60% <sup>118</sup> para el cual empezaría a ser restrictiva la expresión de  $R_{max}$ , siendo el valor habitual no superior al 40%, en cuyo entorno la Figura 79 recoge el claro dominio de las reducciones máximas del 40% para un sólo nivel y el 60% para más de un nivel.

Según lo visto, la reducción admisible por UBC-88 para el caso de viviendas, la podemos obtener sin más que sustituir el coeficiente  $r$  por su valor (0,08) y limitar los resultados al 40 y 60% en los casos de un sólo nivel o más. La expresión obtenida sería:

$$(Ec. 48) \quad R = r(10,75A - 150) = 0,08(10,75A - 150)$$

Operando la expresión dada por (Ec. 48) se obtiene:

<sup>118</sup> El porcentaje exacto es el 62,6 %, obtenido sin más que igual (Ec. 47) a 60.

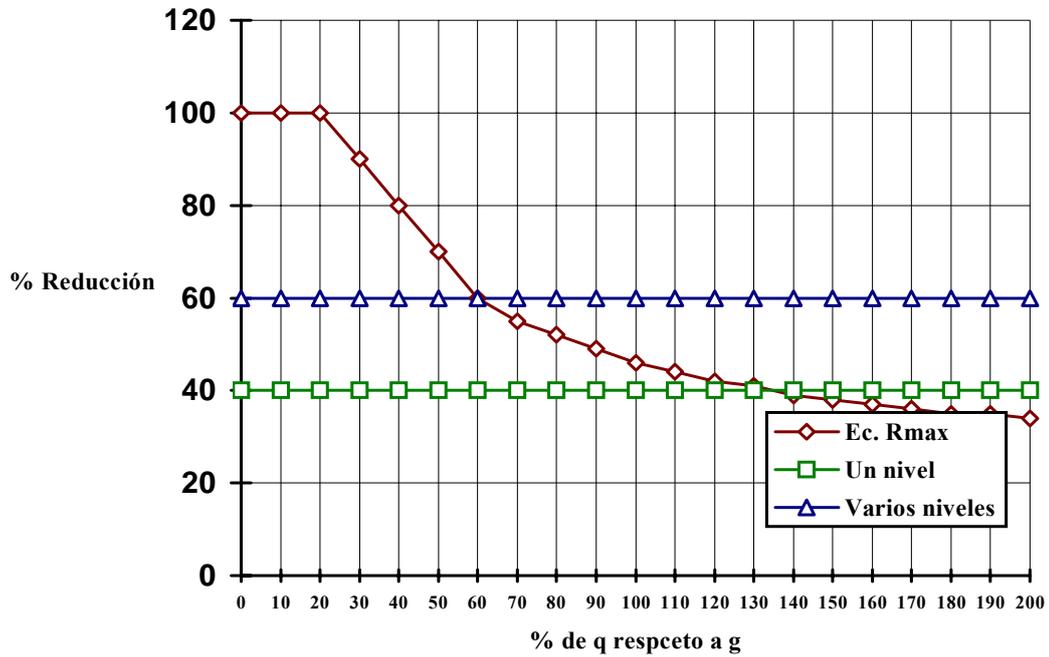


Figura 79 Reducción máxima admitida por UBC-88 en función del q/g%

(Ec. 49)

$$R = 0,86A - 12$$

Ecuación que representa el valor de la reducción admitida por UBC-88 para el uso vivienda en función del área tributaria de carga A (no menor de 15 m<sup>2</sup>, exactamente no menor de 13.95 m<sup>2</sup>) y con las limitaciones de no superior al 40% cuando la sobrecarga proviene de un sólo nivel o no superior al 60% cuando proviene de más de un nivel. La representación gráfica de la expresión (Ec. 49) se puede ver comparada con la NBE-AE-88 en la Figura 80.

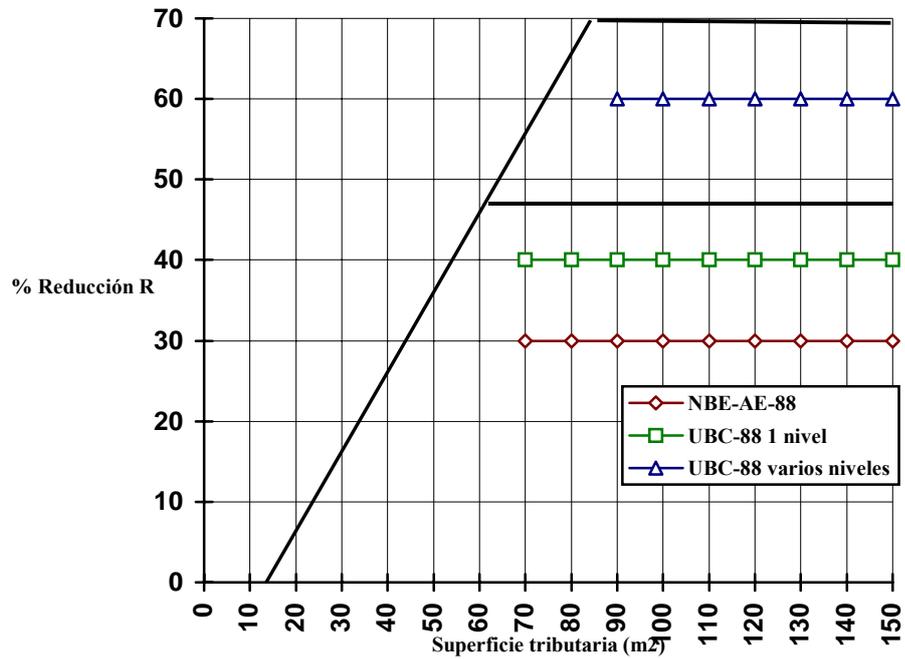


Figura 80 Coeficiente R reductor de sobrecargas según UBC-88 y NBE-AE-88

Las principales diferencias con la NBE-AE-88 están en la posibilidad de considerar reducciones en elementos como vigas, nervios, capiteles, y elementos generales de un forjado, aun cuando la sobrecarga provenga de un sólo nivel y admite valores máximos muy por encima del 30% de la española, acercándose más a la cancelada UNE 24003 (Calavera, 1996).

## 2.5.- El Código Modelo y los Eurocódigos

En el panorama internacional y especialmente en el ámbito europeo se están desarrollando, en la actualidad, una serie de normas para el proyecto de edificaciones y obras de ingeniería civil cuya finalidad es la de compartir los avances y formas reglamentarias entre los distintos países que intervienen. En este sentido son dos los frentes abiertos en lo que al mundo estructural respecta:

- Por un lado disponemos del Código Modelo para hormigón estructural, que aporta nuevas metodologías en la consideración de las acciones, generalizables en el diseño y cálculo de estructuras, independientemente del material. El actual CM 90 proviene de la actualización del anterior CM 78, el cual aporta especificaciones de gran interés para la cuestión que nos ocupa. (Ver apartado “*Metodologías de evaluación*” en la introducción de este estudio).

- Por otro lado tenemos los Eurocódigos Estructurales, y especialmente el Eurocódigo 1 de *Bases de proyecto y acciones en estructuras* de aplicación en las consideraciones y bases previas del análisis estructural.

### 2.5.1.- El Código Modelo CEB-FIP 1990

Tras el primer Código Modelo de 1964 (Recomendaciones del CEB), y su actualización de 1970, apareció el Código Modelo CEB/FIP de 1978 para estructuras de hormigón que tuvo un gran impacto en numerosos códigos e instrucciones nacionales, entre ellos los españoles, sirviendo de base para el desarrollo del Eurocódigo 2 “*Proyecto de estructuras de hormigón*”, recientemente publicado.

El Comité Europeo del Hormigón y la Federación Internacional del Pretensado - CEB-FIP-, en septiembre de 1991 ratificó la propuesta de Código Modelo (Model Code) que el Comité CMC, al efecto, elaboró durante los años anteriores, dando lugar al actual Código Modelo 1990<sup>119</sup> (CM 90) (*Código Modelo, 1990*).

El CM 90, en su capítulo 1 de *Bases de cálculo* recoge que, “*las estructuras deben comportarse con un nivel adecuado de seguridad, tanto durante su construcción, como durante el transcurso de su vida útil; y más particularmente deben resistir todas aquellas acciones e influencias medioambientales que puedan presentarse ...*” para lo que se diseñan dos criterios que permiten comprobar el cumplimiento de tales exigencias, esto es:

- métodos de diseño, cálculo, inspección y mantenimiento adecuados y,

---

<sup>119</sup> Se acuñó, en la denominación, el año 1990, a pesar de haber sido aprobado en la 28ª Sesión Plenaria del CEB celebrada en Viena en septiembre de 1991, por ser en el año 90 cuando se presentó el primer borrador completo del Comité del Código Modelo (CMC) en el 11º Congreso de la FIP en Hamburgo 1990 y la 27ª Sesión Plenaria del CEB en París 1990.

- medidas de garantía de calidad.

Ambos los vincula, el CM 90, a un determinado **nivel de fiabilidad** que dependerá, en definitiva, de los métodos de cálculo, de los valores de las resistencias y las **acciones** y de las medidas de garantía de calidad asociadas al proyecto y al proceso constructivo.

En el apartado 1.4 dedicado al *Método de los coeficientes parciales*, indica que los valores de cálculo de las acciones serán:

$$(Ec. 50) \quad F_d = \gamma_F F_{rep}$$

siendo:

$F_{rep}$  : Valor representativo de la acción  
 $\gamma_F$  : Coeficiente parcial de seguridad

Las sobrecargas de uso, las contempla el CM 90, en el grupo de variables, en la clasificación que por su origen contiene el conjunto formado por acciones permanentes, **variables** o accidentales, y su valor representativo ( $F_{rep}$ ) lo hace depender de su frecuencia y consideración en el proceso de cálculo, aportando como valores los siguientes:

- Valor característico	$Q_k$
- Valor de combinación	$\Psi_0 Q_k$
- Valor frecuente	$\Psi_1 Q_k$
- Valor cuasi-permanente	$\Psi_2 Q_k$

Los valores anteriores deben ser aportados por los códigos nacionales, según indica el CM 90, la referencia más directa en España es la NBE-AE-88, que no contiene valores característicos, como ya se expuso en las consideraciones contenidas en el apartado de su análisis, y aún menos los valores o coeficientes de combinación ( $\Psi_i$ ), frecuente, o cuasi-permanente. Se viene admitiendo la utilización de los valores tabulados de la NBE-AE-88 como característicos, en espera de una actualización en sintonía con normativas más recientes, como por ejemplo el Eurocódigo 1<sup>120</sup>.

El propio CM 90 indica la posibilidad de acudir a los valores de acciones variables que contienen los Apéndices 2 y 3 del Volumen I del Código Modelo de 1978 en ausencia de valores propios en los códigos nacionales, como es nuestro caso en España. Los apéndices están dedicados a dos asuntos de gran interés:

- En Apéndice 2 está dedicado a establecer una metodología para la determinación de los valores característicos de las acciones, según varios tipos, entre ellos las sobrecargas de uso. (Ver apartado de metodologías de evaluación).

---

<sup>120</sup> Respecto a los valores deterministas de la NBE-AE-88 es interesante tener en cuenta los comentarios al respecto contenidos en *Calavera, 1985*, apart. 26.4.2.b y en *Calavera, 1996* apart. 11.1.

- El Apéndice 3 se centra en aplicaciones concretas para la determinación de valores representativos de las acciones variables, sobrecargas de uso, viento, etc.

De ellos se pueden extraer, para el caso de sobrecargas de uso en viviendas, los siguientes datos (1.1.2 y 1.1.3 de Apéndice 3, *CM, 1978*):

- Admite una distribución de los máximos, en un periodo de 50 años, que contiene como valores representativos los que siguen.

- Media: **1 kN/m<sup>2</sup>**, equivalente aproximadamente a **102 Kg/m<sup>2</sup>**

- Desviación típica: **0,4 kN/m<sup>2</sup>**, equivalente aproximadamente a **41 Kg/m<sup>2</sup>**

- Valor característico: **1,5 kN/m<sup>2</sup>**, equivalente aproximadamente a **153 Kg/m<sup>2</sup>**

### **2.5.2.- El Eurocódigo 1: ENV 1991. Parte 1 Bases de proyecto**

Los Eurocódigos Estructurales representan un conjunto de normas que pretenden armonizar los criterios, bases y valores que el diseño y análisis estructural suponen dentro del ámbito europeo, y en consecuencia tratan de ser, en un principio, una alternativa a las distintas normas nacionales de los Estados Miembros, y finalmente, sustituirlas.

El organismo encargado de desarrollar y aprobar los Eurocódigos, como normas experimentales para su aplicación provisional (ENV) es, el Comité Europeo de Normalización (CEN), el cual, en 1990 recibió tal transferencia de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE). El Comité Técnico del CEN, CEN/TC 250, es el órgano encargo del desarrollo de todos los Eurocódigos Estructurales. En España, el organismo nacional de normalización miembro del CEN, es AENOR, la Asociación Española de Normalización y Certificación.

La denominación, en siglas, del Eurocódigo 1 es la de Norma Europea Experimental **ENV 1991**. La versión española del Eurocódigo 1, se debe al Subcomité 1 del Comité Técnico de Normalización 140 (AEN/CTN 140) de AENOR y se corresponde con la terminología UNE-ENV 1991.

El Eurocódigo 1 se ha desarrollado en varias partes, de las que las dos primeras tienen una especial relevancia para el establecimiento de las sobrecargas de uso. Las partes que vamos a analizar son las siguientes:

- Eurocódigo 1; parte 1.- Bases de proyecto.

- Eurocódigo 1; parte 2.1.- Acciones en estructuras: densidades, pesos propios y cargas exteriores.

En la **parte 1 (EC 1-1, 1991)** dedicada a **bases de proyecto**, las sobrecargas de uso se incluyen dentro de las acciones variables, las tipo **Q**, que las define como sigue:

- “*Acción que es improbable que actúe durante una situación de proyecto determinada o cuya variación en el tiempo no es monótona ni despreciable respecto al valor medio*”.

Para la determinación del periodo de variabilidad o situación de proyecto, se establece como **vida útil de proyecto** *el periodo en el cual la estructura va a ser utilizada para el propósito deseado teniendo en cuenta el necesario mantenimiento pero sin que sean necesarias reparaciones importantes*, y en el caso de edificios y estructuras habituales se establecen **50 años** (ver tabla 2.1 de ENV 1991 parte 1).

La comprobación de la **fiabilidad de una estructura** presenta entre las posibilidades que aporta el Eurocódigo tres niveles de acceso:

- El **nivel I** que deriva de la utilización del proyecto con coeficientes parciales.
- El **nivel II** correspondiente a un método probabilístico de fiabilidad de primer orden, conocido como FORM.
- El **nivel III** de cálculo que se corresponde con un método probabilista exacto, donde todas las variables alcanzan sus funciones de distribución.

El nivel III queda fuera del acceso pretendido en un código con tendencias de aplicación práctica. El nivel que asume el **Eurocódigo** y que desarrolla según el método de los coeficientes parciales es, **el nivel I**. Sin embargo en el Anexo A acompaña, aun cuando brevemente, el desarrollo de las bases en que se fundamenta el FORM.

El **FORM** (nivel II de cálculo) queda aquí recogido, de forma resumida y gráfica<sup>121</sup>, en la Figura 81 . El punto de diseño representa el punto del conjunto  $(E,R)$ <sup>122</sup> para el cual la probabilidad de fallo es inferior a un determinado valor establecido,  $E$  representa el efecto de las acciones y  $R$  la resistencia de la estructura; el coeficiente  $\beta$  representa el valor del índice de fiabilidad que para Estados Límites Últimos lo cifra en **3,8** para la vida útil de la estructura (ver tabla A.2 del Anexo A de ENV 1991 parte 1); y el coeficiente  $\alpha$  representa el factor de peso del FORM variable entre 0 y 1 con carácter reductor en el caso de  $R$  y amplificador en el caso de  $E$ . (Ver apartado de fiabilidad estructural, donde se desarrolla de forma simplificada en método FORM).

---

<sup>121</sup> Para el análisis de un ejemplo de utilización del método ver *ACHE, Hormigón y acero n° 217*, donde se presenta un artículo que recoge la aplicación del método a la rehabilitación del puente sobre el río Ebro en Frías, por los autores Saldaña, Ortega y Tanner.

<sup>122</sup> En la figura de FORM se representa el par  $(E,R)$  dividido por sus respectivas desviaciones estándares  $\sigma$ .

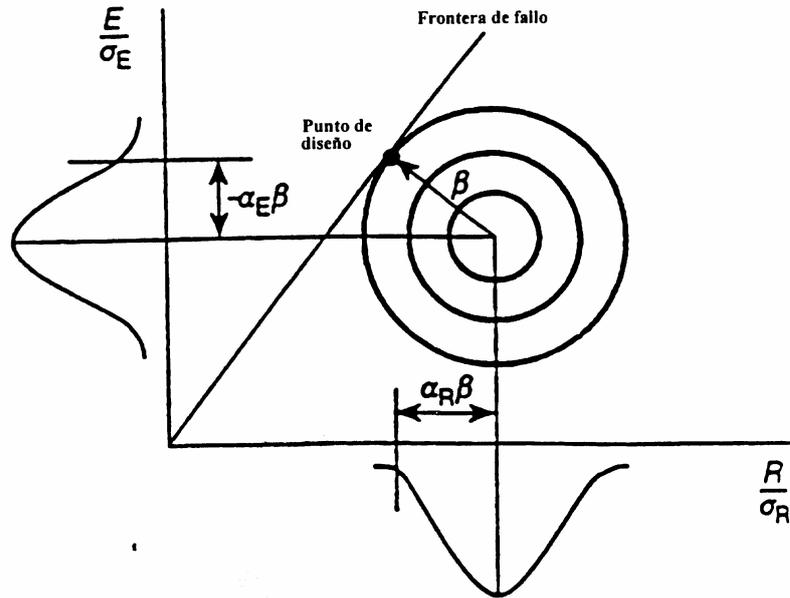


Figura 81 Esquema gráfico de cálculo probabilístico de fiabilidad de primer orden, en nivel II (FORM)

Para la obtención de los valores de cálculo, tanto de las acciones como de las resistencias, el Eurocódigo aporta la Tabla A.3, donde para las tres funciones de distribución más habituales (normal, lognormal y de Gumbel) se proporcionan las expresiones que directamente dan sus valores (Tabla 59).

Distribución	Valores de cálculo	Observaciones
Normal	$\mu - \alpha\beta\sigma$	$\mu$ es la media $\sigma$ es la desviación estándar
Lognormal	$\mu e^{(-\alpha\beta V)}$	para $V = \frac{\sigma}{\mu} < 0,2$
Gumbel	$u - a^{-1} \ln\{-\ln \Phi(-\alpha\beta)\}$	$u = \mu - \frac{0,577}{a}$ , $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

Tabla 59 Valores de cálculo para varias funciones de distribución. EC 1-1

Para obtener una visión gráfica de cada una de las distribuciones anteriores, que nos proporcione, de forma intuitiva, qué variables pueden, estar más cerca de una distribución u otra, se acompaña la Figura 82 donde se recoge como asignaciones más frecuentes las siguientes (Tanner, 1995):

- Variables geométricas y acciones permanentes: distribución NORMAL
- Variables de resistencia: distribución LOGARÍTMICO-NORMAL

- **Variables de uso** y acciones climáticas: distribución de **GUMBEL**

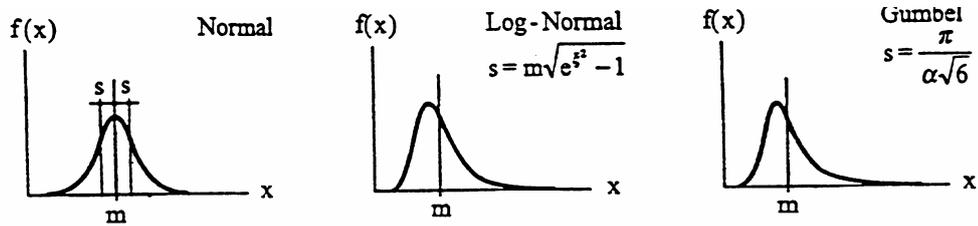


Figura 82 Funciones de densidad más frecuentes ( m: valor medio; s: desviación típica)

Es importante destacar como, para variables de uso, dentro de las cuales, hay que ubicar las **sobrecargas de uso para viviendas**, la función de densidad que más se acerca a su **distribución real**, no es la normal o gaussiana, sino la **distribución de Gumbel**, donde la frecuencia de obtención de valores inferiores a la media es superior a la de obtener valores superiores.

Como método que pregona el Eurocódigo y que desarrolla como el de proyecto con coeficientes parciales se definen los **valores de cálculo de las acciones** según sigue:

(Ec. 51) 
$$F_d = \gamma_F F_{rep}$$

siendo:

- $F_{rep}$  : Valor representativo de la acción
- $\gamma_F$  : Coeficiente parcial de la acción considerada

Los **valores representativos de las acciones variables** quedan definidos en el apartado 4.3 del Eurocódigo, y son:

- El valor característico (el principal valor representativo)  $Q_k$
- El valor de combinación  $\Psi_0 Q_k$
- El valor frecuente  $\Psi_1 Q_k$
- El valor cuasi-permanente  $\Psi_2 Q_k$

Los coeficientes  $\Psi$  para edificación quedan definidos en la Tabla 9.3 de ENV 1991-1, y para el caso concreto de cargas exteriores en la **categoría A de uso doméstico y residencial** (sobrecargas de uso en viviendas) se aportan los siguientes valores:

Cargas exteriores/SU	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Categoría A: uso doméstico y residencial	0,7	0,5	0,3

Tabla 60 Coeficientes  $\Psi$  para sobrecargas de uso en viviendas

Los valores característicos de las cargas variables  $Q_k$  se encuentran especificados, en función del tipo de acción en la **parte 2.1 del Eurocódigo 1** (*Eurocódigo 1; parte 2.1: densidades, pesos propios y cargas exteriores*) y obedece a los criterios que se desarrollan a continuación.

### 2.5.3.- Eurocódigo 1; parte 2.1: Acciones en edificación

La segunda parte del EC 1, está dedicada a las acciones que se deben tener en cuenta en las consideraciones sobre edificación, e incluye los valores de densidades, pesos propios y sobrecargas de uso mas representativos de los distintos usos en edificación.

Las acciones se clasifican en **peso propio** (el de todos los elementos constructivos involucrados) y **cargas exteriores**. Estas últimas son las originadas por su ocupación, y pueden estar causadas por:

- el uso normal de las personas;
- muebles y objetos móviles;
- máquinas y vehículos;
- y usos excepcionales, como concentraciones extraordinarias de personas, o acumulaciones de muebles y otros objetos que puedan darse durante una reorganización.

Para la categoría A, cuyo uso específico es el de áreas para **actividades domésticas y residenciales**, como por ejemplo habitaciones en edificios residenciales y pisos, cocinas, baños, etc..., el EC 1-2-1 establece en su Tabla 6.1 los siguientes valores, que recogemos en nuestra Tabla 61:

Categoría A	Zona cargada	$q_k^{123}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
Uso doméstico y residencial	General	<b>2,0</b> (204 Kg/m <sup>2</sup> )	<b>2,0</b> (204 Kg)
	Escaleras	<b>3,0</b> (306 Kg/m <sup>2</sup> )	<b>2,0</b> (204 Kg)
	Balcones	<b>4,0</b> (408 Kg/m <sup>2</sup> )	<b>2,0</b> (204 Kg)

Tabla 61 Cargas exteriores (sobrecargas de uso) para viviendas

<sup>123</sup>1kN= 102 Kg, y en consecuencia 1 kN/m<sup>2</sup> = 102 Kg/m<sup>2</sup>. Exactamente 1kN = 101,9716 Kg

Los valores de  $q_k$  representan cargas uniformemente repartidas y los de  $Q_k$  cargas puntuales en sus situaciones más desfavorables. Sobre los valores de la Tabla 61 se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En **forjados**, en su planta (elementos horizontales), los valores característicos de las sobrecargas de uso pueden ser disminuidos según el factor reductor  $\alpha_A$ , de valor:

$$(Ec. 52) \quad \alpha_A = \frac{5}{7} \Psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

siendo:

$\alpha_A$  = Coeficiente reductor para forjados  
 $\Psi_0$  = Coeficiente de combinación. Para viviendas = 0.7  
 $A_0 = 10,0 \text{ m}^2$   
 $A$  = Área cargada en  $\text{m}^2$

- En elementos sometidos a cargas exteriores provenientes de varias plantas, **pilares, muros**, etc., (elementos verticales) los valores característicos de las sobrecargas de uso que no hayan sido afectados de los coeficientes  $\Psi$  (Apart. 3.3; EC 1.2-1), pueden ser disminuidos según el factor reductor  $\alpha_n$ , de valor:

$$(Ec. 53) \quad \alpha_n = \frac{2 + (n - 2)\Psi_0}{n}$$

siendo:

$n = n^\circ$  de plantas ( $n > 2$ ) que recibe el elemento estructural

La ecuación (Ec. 52), una vez introducidos los valores fijos de  $\Psi_0 = 0,7$  y  $A_0 = 10,0 \text{ m}^2$  nos proporciona la siguiente expresión:

$$(Ec. 54) \quad \alpha_A = 0,5 + \frac{10}{A} \leq 1,0$$

La representación gráfica de  $\alpha_A$  la podemos desarrollar sin más que dar valores representativos a la (Ec. 54) según recoge la tabla siguiente y observar su valor asintótico para el crecimiento infinito de  $A$  en el valor de  $\alpha_A = 0,5$ :

A (m <sup>2</sup> ) Área tributaria de carga	$\alpha_A$ Coeficiente reductor para forjados (1 planta)
10	1,00
20	1,00
30	0,83
40	0,75
50	0,70
60	0,66
70	0,64
80	0,62
90	0,61
100	0,60

Tabla 62 Coeficiente reductor para forjados (1 planta) según Eurocódigo 1 . 2-1

La gráfica de la ecuación (Ec. 54), según los valores de la Tabla 62 se recoge en la siguiente figura:

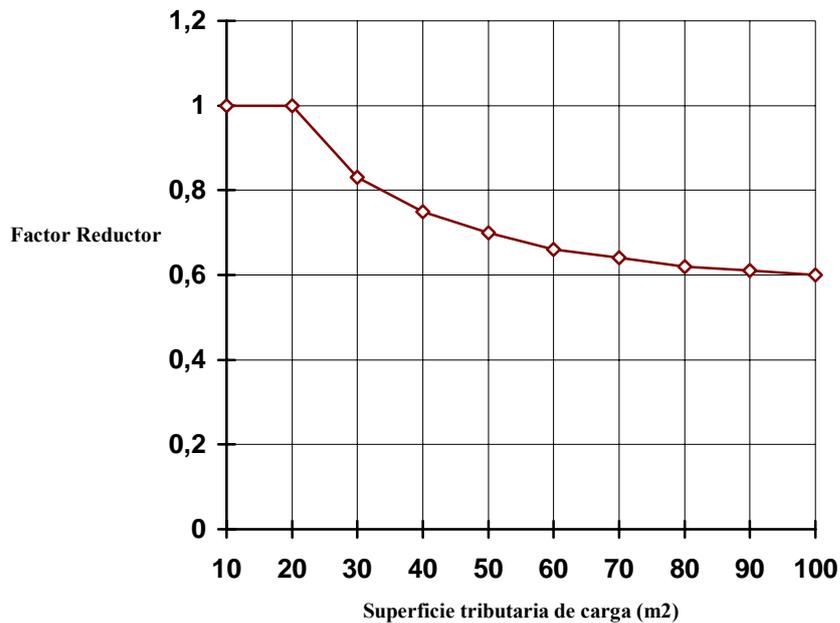


Figura 83 Representación gráfica del coeficiente reductor  $\alpha_A$  (forjados: 1 planta) según EC 1. 2-1

Como se puede observar, el Eurocódigo permite reducciones de la sobrecarga de uso en una misma planta, para elementos sometidos **al menos a 20 m<sup>2</sup> de superficie tributaria**, aún cuando no se combinen con ningún otro tipo de acción. Sin embargo al tratar de estudiar las hipótesis de carga combinadas entre sobrecargas de uso y otro tipo de cargas, por ejemplo viento, sismo, etc, el coeficiente reductor  $\alpha_A$  empieza a ser relevante a partir de **50 m<sup>2</sup>**, por cuanto antes, la posibilidad de afectar al valor característico, el del

coeficiente  $\Psi_0=0,7$  hace que prevalezca esta reducción sobre la de la curva dada en la Figura 83 si es que tales afecciones son incompatibles (como para  $\alpha_n$ ), en cuyo caso, el límite efectivo máximo permitido es de un coeficiente reductor de 0,6, por cuanto el valor asintótico de 0,5 queda fuera del entorno habitual de edificación; y en caso contrario el valor máximo permitido será de  $0,6 \times 0,7 = 0,42$  para cuando combinamos las cargas exteriores con otras de origen distinto.

En cuanto a la ecuación del **coeficiente reductor**  $\alpha_n$ , para elementos que reciben sobrecarga de distintos pisos (pilares, muros,...), su expresión una vez sustituido el coeficiente de combinación por su valor para viviendas de 0,7 adopta la siguiente forma:

$$(Ec. 55) \quad \alpha_n = \frac{2 + (n - 2)0,7}{n} = 0,7 + \frac{0,6}{n}$$

Dando valores a  $n$  podemos obtener el coeficiente reductor correspondiente, tal y como se recoge en la tabla siguiente:

$n$ nº de plantas que cargan	$\alpha_n$ Coeficiente reductor para elementos con carga de varios niveles
2	1.00
4	0.85
6	0.80
8	0.77
10	0.76
12	0.75
14	0.74
16	0.74
18	0.73
20	0.73

Tabla 63 Valores del coeficiente reductor  $\alpha_n$ , (pilares, muros,...) según EC 1.2-1

La gráfica que representa la ecuación de  $\alpha_n$ , según los valores obtenidos en la tabla anterior se refleja en la figura siguiente.

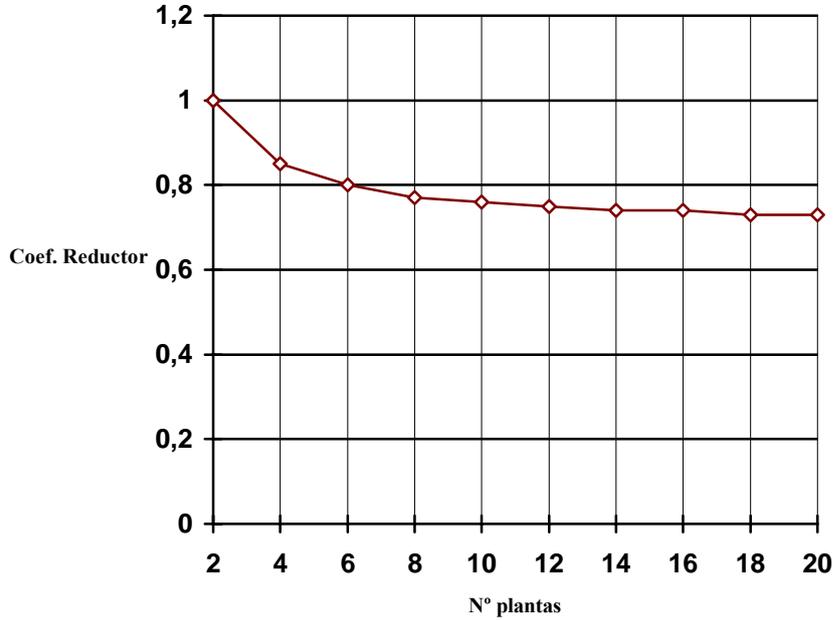


Figura 84 Gráfica del coeficiente reductor  $\alpha_n$ , (pilares, muros,...) según EC 1.2-1

Como se puede observar la curva de  $\alpha_n$  es asintótica al valor de 0,7 coincidente con el valor que adopta el coeficiente de combinación  $\Psi_0$  para viviendas, por lo que en cuanto a la reducción por número de plantas que cargan, cuando las cargas exteriores (sobrecargas de uso) se combinan con otras, la reducción admitida es del 30% como máximo ya que la aplicación de  $\alpha_n$  y  $\Psi_0$  no es simultánea. Para cargas frecuentes o semi-permanentes, siempre quedará más reducida la carga, con la aplicación de los coeficientes  $\Psi_1$  y  $\Psi_2$ .

Si bien, el conocimiento de los coeficientes reductores es suficiente para la aplicación ponderada de los valores de sobrecargas de uso según el Eurocódigo, es preciso utilizar el porcentaje de reducción (porcentaje en que se permite reducir la sobrecarga) como cuantil que nos permite comparar los valores del Eurocódigo con otras normas como, las estudiadas hasta ahora. Así, tendremos:

$$(Ec. 56) \quad R = (1 - \alpha)100$$

siendo:

- $R$ : Reducción de sobrecargas en %
- $\alpha$ : Coeficiente reductor en tanto por uno

Las ecuaciones de  $R$ , para forjados  $R_A$ , y para pilares  $R_n$ , serían las siguientes:

$$(Ec. 57) \quad R_A = (1 - \alpha_A)100$$

(Ec. 58) 
$$R_n = (1 - \alpha_n)100$$

Los valores más representativos de  $R_A$  para las superficies tributarias más habituales se recogen en las tablas siguientes:

A (m2) Área tributaria de carga	$R_A$ % reducción forjados (1 planta)
10	0
20	0
30	17
40	25
50	30
60	34
70	36
80	38
90	39
100	40

Tabla 64 % Reducción de SU para forjados (1 planta) según Eurocódigo 1 . 2-1

La representación gráfica de los valores de reducción para forjados (una planta) recogidos en la tabla anterior es la siguiente:

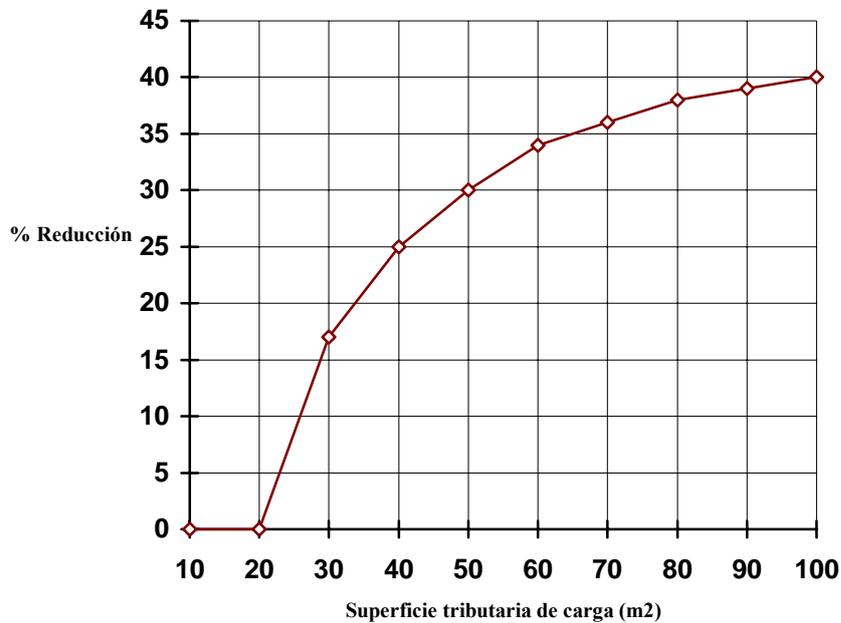


Figura 85 Representación gráfica del % de reducción  $R_A$  (forjados: 1 planta) según EC 1. 2-1

Los valores de reducción para elementos sometidos a sobrecargas de uso en varias plantas  $R_n$  se recogen a continuación:

$n$ nº de plantas que cargan	$R_n$ % reducción para elementos con carga de varios niveles
2	0
4	15
6	20
8	23
10	24
12	25
14	26
16	26
18	27
20	27

Tabla 65 % reducción  $R_n$ , (pilares, muros,...) según EC 1.2-1

Las reducciones admisibles, representadas en gráfica y comparadas con otras normas como el Reglamento inglés anterior a 1939, las normas españolas del año 40-41, la norma UNE 24003 y la actual NBE-AE-88 se han incluido en la figura siguiente:

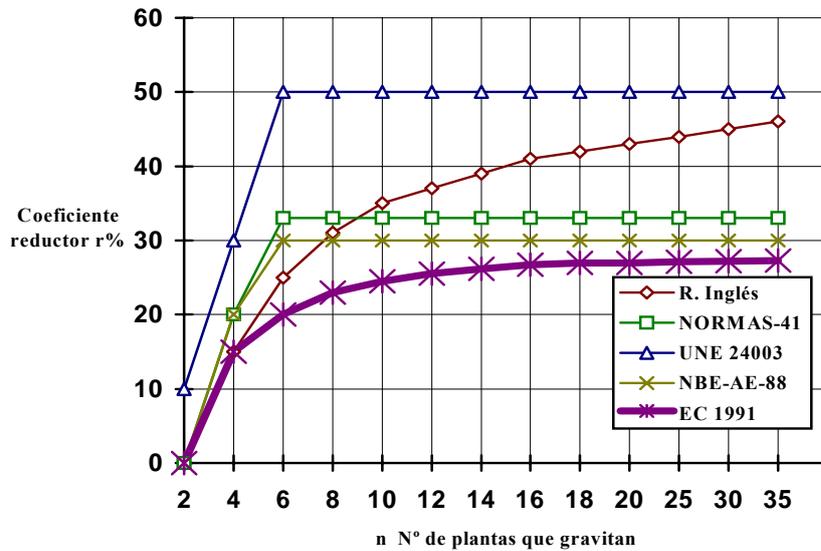


Figura 86 Coeficiente en % de reducción de SU según EC 1991. Se incluyen otras normas

## 2.6.- Sobrecargas repartidas y puntuales

El estado de la cuestión actual de las sobrecargas de uso incluye, en términos generales, la consideración de valores repartidos (uniformes o no) y valores puntuales. Así la NBE-AE-88 establece en su apartado 3.2 que “Sobre un piso, la posición de los objetos cuyo peso constituye la sobrecarga de uso es variable e indeterminada en general. Por esta razón se sustituye su peso por una sobrecarga superficial uniforme, salvo en los casos especificados en los apartados 3.3, 3.4 y 3.5<sup>124</sup>”. El valor que aporta la norma para habitaciones de viviendas es de 200 Kg/m<sup>2</sup>.

Los casos de excepción (3.3, 3.4 y 3.5 de NBE-AE-88), para el caso de viviendas quedan incorporados, en cuanto a su consideración de carga, como valores también uniformemente repartidos para la tabiquería, ya que, permite considerarla como una sobrecarga de 100 Kg/m<sup>2</sup> al ser la de uso menor de 300 Kg/m<sup>2</sup>; para casos de divisiones de peso superior a 120 Kg/m<sup>2</sup>, estas se considerarán como una carga lineal aplicable al elemento estructural que corresponda en función de su localización. Para los casos 3.4 y 3.5 obliga a considerar una carga puntual en posición y valor según el caso.

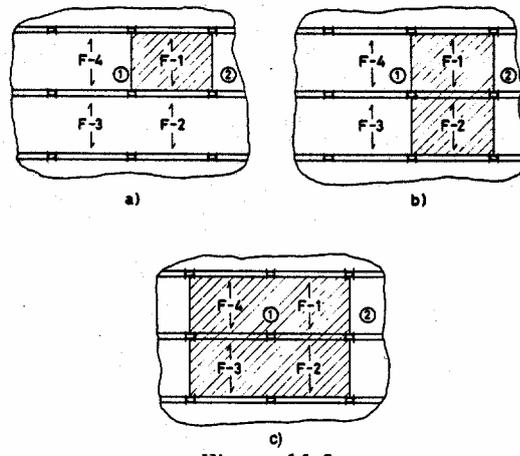


Figura 87 Probabilidad de carga según el tipo de pieza (Calavera, 1996)

Centrando la cuestión en el valor de sobrecarga uniformemente repartida que la NBE-AE-88 establece, 200 Kg/m<sup>2</sup>, también en sintonía con otras normativas europeas, es de destacar como la pura observación, en viviendas habitadas, de las cargas de mobiliario, enseres y otras, parece responder más bien a un cúmulo de cargas puntuales (localizadas en un pequeño ámbito superficial) que a una situación de reparto uniforme del peso sobrecargado. A lo sumo, es más fácil intuir un conjunto de cargas lineales y puntuales que actúan sobre los forjados y que estos se encargan de transmitir a las vigas ,

<sup>124</sup> Los apartados aludidos se refieren: el 3.3 a sobrecargas de tabiquería, el 3.4 a sobrecargas aisladas, y el 3.5 a sobrecargas de balcones volados.

pilares, muros, etc. Estas apreciaciones incrementan la visión lejana de la carga uniforme si introducimos el tipo de elemento estructural que estudiamos, así, si seguimos la Figura 87, la existencia de valores máximos de sobrecarga repartida en la zona rayada del esquema *a*) es más probable que el del esquema *b*) y éste más probable que el del esquema *c*) (Calavera, 1996).

Según lo visto, y en consecuencia atendiendo a la importancia que la carga lineal tiene, y que puede derivar en puntual sobre nervios de forjado, vigas, zunchos, etc, sería conveniente adelantar un breve análisis de las equivalencia, que al menos teóricamente, se pueden establecer entre valores variables de posición en carga lineales y los que absorberían sus efectos al utilizar referencias de carga uniformes.

Como modelo de análisis vamos a desarrollar la obtención del valor  $q$  (carga uniformemente repartida) sobre una viga apoyada-apoyada que absorbe el momento máximo generado por una carga puntual  $P$ , variable en posición a lo largo de la longitud  $l$  de la viga. Se pretende analizar qué relación encontramos entre  $P$  y  $q$ , con la intención de, aún admitiendo (o al menos preguntándose) que sea más probable la aparición de cargas puntuales (derivadas de lineales o no) sobre los forjados de viviendas, poder sustituir por una carga uniformemente repartida la carga  $P$ , sin más que absorber la incertidumbre de su posición con una ecuación de momentos flectores correspondiente a una carga  $q(x)$  que recoja el momento máximo de cada una de las posiciones que puede adoptar  $P$  a lo largo de  $l$ .

Supongamos una viga apoyada-apoyada Figura 88, sometida a una carga  $P$ , puntual, constante de valor, pero variable de posición entre  $0$  y  $l$ , siendo  $l$  la longitud de la viga.

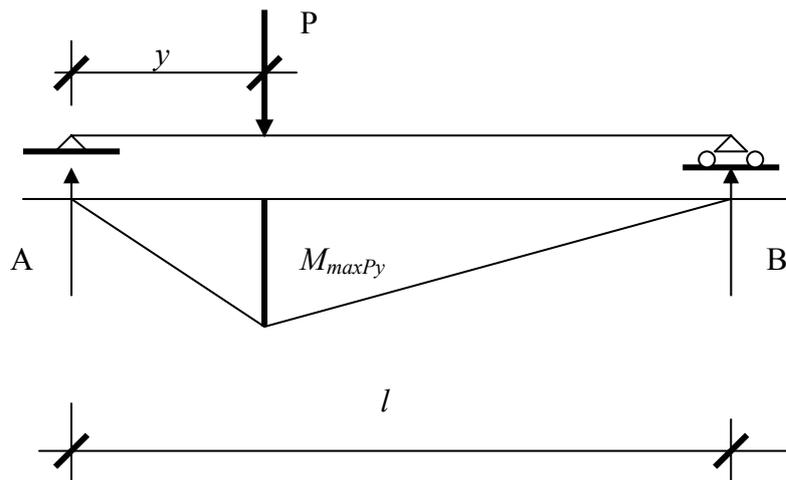


Figura 88 Esquema de carga y diagrama de momentos flectores de una viga apoyada-apoyada con carga  $P$  puntual localizada en el punto  $y$

En la figura se utiliza la siguiente nomenclatura:

$A$ = Reacción y apoyo izquierdo

$B$ = Reacción y apoyo derecho

$P$ = Carga puntual de valor constante

$y$ = Posición de  $P$  desde  $A$ ; puede variar entre  $0$  y  $l$

$l$ = Longitud de la viga

$M_{maxPy}$ = Momento flector máximo debido a la carga  $P$  localizada en  $y$

La resolución analítica de la viga exige la obtención de la reacciones  $A$  y  $B$ . Estas las obtenemos sin más que plantear el equilibrio estático del sistema ya que se trata de una viga isostática. Así tendremos:

$$(Ec. 59) \quad \begin{aligned} \sum F_i &= 0 \Rightarrow A + B = P \\ \sum M_i &= 0 \Rightarrow A \cdot l = P \cdot (l - y) \end{aligned}$$

Despejando  $A$  de la ecuación de momentos y después sustituyendo su valor en la ecuación de fuerzas, obtendremos el valor de  $B$ . Es decir:

$$(Ec. 60) \quad \begin{aligned} A &= \frac{P \cdot (l - y)}{l} \\ B &= \frac{P \cdot y}{l} \end{aligned}$$

El valor del momento flector máximo, se corresponde con el existente en la sección  $S$  coincidente con la de aplicación de  $P$ . Según esto su valor será:

$$(Ec. 61) \quad M_{maxPy} = A \cdot y = \frac{P(l - y)}{l} \cdot y$$

Operando la ecuación anterior, tendemos:

$$(Ec. 62) \quad M_{maxPy} = P \cdot y - \frac{P}{l} \cdot y^2$$

La ecuación (Ec. 62) representa el valor de los momentos máximos que aparecen en la viga como consecuencia de la variabilidad de la posición de la fuerza  $P$ , y de ella podemos extraer las siguientes características:

- 1º.- Es una ecuación de segundo grado en  $y$
- 2º.- Es, en consecuencia, una parábola
- 3º.- El valor máximo se encuentra en  $y=l/2$ , tal y como se obtendría sin más que igualar a cero su primera derivada:

$$(Ec. 63) \quad \frac{\partial(M_{\max Py})}{\partial y} = 0 \Rightarrow P - \frac{2P}{l}y = 0 \Rightarrow y = \frac{l}{2}$$

4º.- El valor del momento máximo de  $M_{\max Py}$  es el valor que adopta la ecuación (Ec. 62) para  $y=l/2$ ; esto es:

$$(Ec. 64) \quad M_{\max Py}^y = \frac{Pl}{2} - \frac{Pl^2}{4l} = \frac{Pl}{4}$$

Según las cuatro observaciones anteriores, si la curva es una parábola, con valores nulos en  $A$  y  $B$ , y con valor máximo en el centro de la luz, podemos plantearnos ¿Cuál es la carga  $q(x)$  uniformemente repartida en  $l$  que aporta la misma gráfica de momentos que  $P$ , variable en posición, y dada por la ecuación (Ec. 62)?

Para responder a la cuestión anterior, sea  $q$  la carga buscada. La gráfica de momentos será, según su expresión analítica la siguiente:

$$(Ec. 65) \quad M(x)_q = \frac{ql}{2}x - \frac{q}{2}x^2$$

La representación grafica de la ecuación anterior es la siguiente:

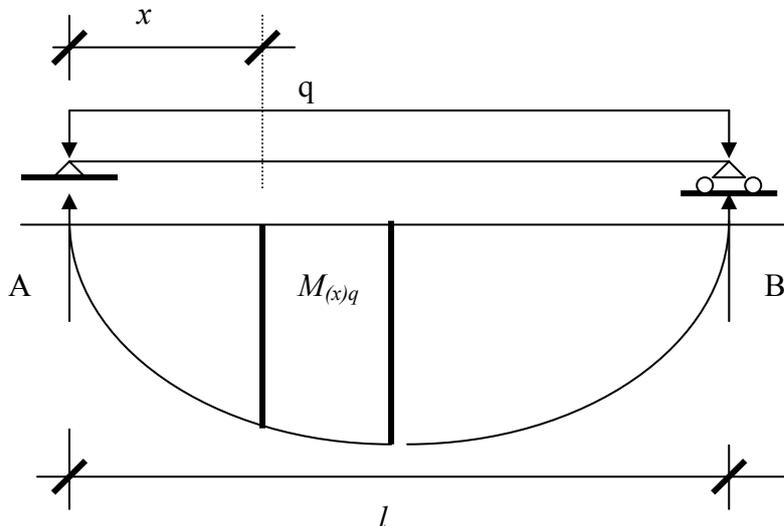


Figura 89 Gráfica de momentos flectores de la viga apoyada-apoyada con carga uniformemente repartida

Observando las ecuaciones (Ec. 62) y (Ec. 65), podemos concluir en que ambas son equivalentes sin más que hacer  $P = \frac{ql}{2}$ . Despejando entonces el valor de  $q$ , tendremos:

$$(Ec. 66) \quad q = \frac{2P}{l}$$

Es decir, podemos concluir que el efecto de una carga puntual de valor  $P$ , variable en posición a lo largo de la longitud  $l$  de la viga, puede ser sustituido por la acción de una carga uniformemente repartida sobre la luz de la viga de valor  $q$  dado por la ecuación (Ec. 66). Gráficamente la equivalencia anterior queda recogida en la figura siguiente.

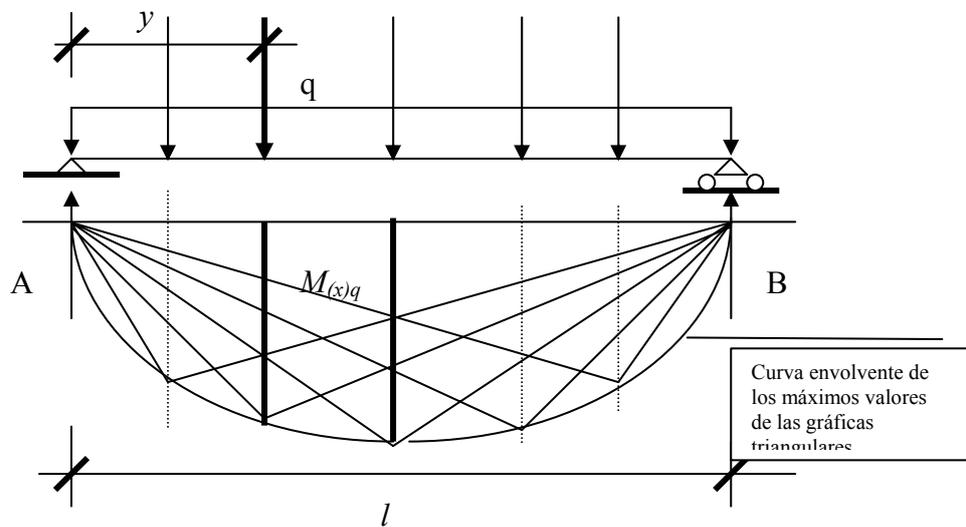


Figura 90 Curva envolvente de los máximos valores de las gráficas triangulares debidas a  $P$

La ecuación (Ec. 66), representa el valor de la carga repartida que equivale a la puntual  $P$  variable a lo largo de la luz de la viga. Según observamos, la relación entre  $q$  y  $P$  es siempre constante para una determinada luz de viga. Representando pues la ecuación (Figura 91), podemos observar como la relación  $q/P$  adopta, en edificación, valores que habitualmente varían entre 0,30 y 0,60, correspondientes a valores de luz entre 6,5 m y 3,5 m aproximadamente<sup>125</sup>.

<sup>125</sup> Las luces de edificación más habituales no suelen sobrepasar los 6,5 m y en pocas ocasiones no llegan a los 3,5 m

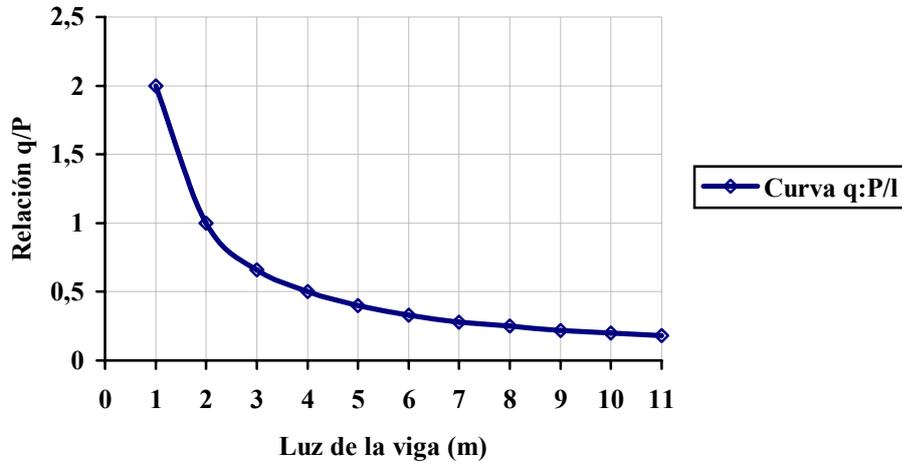


Figura 91 Relación entre la carga uniforme y la puntual en función de la luz de la viga

Para valores concretos de cargas puntuales sobre una viga o nervio, podríamos obtener las diferentes curvas que conlleva dar valores a la ecuación (Ec. 66) en función de la luz  $l$  y para un valor dado de  $P$ , que podemos estimar variable en saltos de 50 Kg. Así, se ha obtenido el conjunto de valores de la Tabla 66.

$$q = \frac{2P}{l}$$

Carga $P$ en Kg	Luz de la viga (metros)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>50</b>	100	50	34	25	20	17	14	13	11	10
<b>100</b>	200	100	67	50	40	34	28	26	22	20
<b>150</b>	300	150	100	75	60	50	43	38	33	30
<b>200</b>	400	200	134	100	80	67	57	50	44	40
<b>250</b>	500	250	167	125	100	83	71	63	56	50
<b>300</b>	600	300	200	150	120	100	86	75	67	60

Tabla 66 Valor equivalente de la carga uniforme  $q(kg/ml)$  en función de la luz de la viga y de la carga  $P$  variable en posición

Si representamos gráficamente los valores de la tabla anterior, podemos dar una idea del entorno que para valores habituales de carga  $q$ , entendida como sobrecarga, deben corresponderse con valores de carga  $P$  puntual y variable en posición. Para ello se ha llevado al eje de abscisas los valores de la luz, expresados en metros y, en ordenadas, los valores correspondientes de  $q$  para cada una de las carga  $P$ .

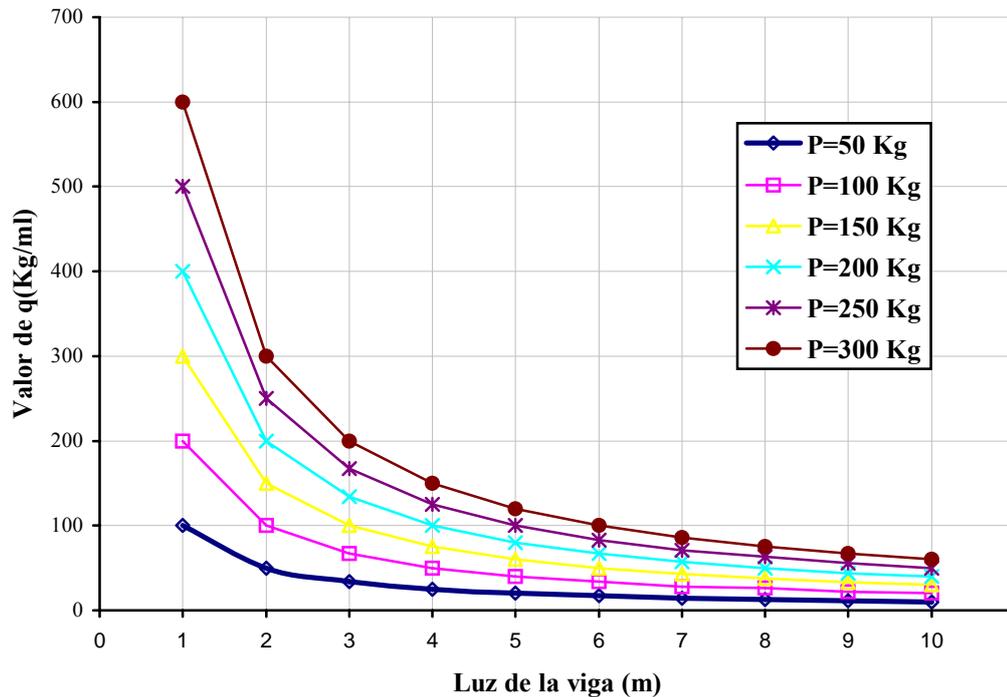


Figura 92 Relación entre la luz de la viga y el valor de  $q$  (lineal) en función de  $P$  (kg)

Observando la gráfica anterior es inmediato concluir que para luces superiores a 3,00 m (muy habitual en edificación) las gráficas de momentos que proporcionan cargas puntuales no superiores a 300 Kg, pueden ser absorbidas por las gráficas que de forma equivalente proporciona una carga lineal  $q$  uniformemente repartida en toda la luz de valor 200Kg/ml (0,2 t/ml).

Los valores anteriores, para viguetas o nervios de forjados habituales de edificación, representan un dato de gran interés, por cuanto las magnitudes barajadas acotan en gran medida las posibilidades reales y, ello supone una reducción de las incertidumbres que pueden acaecer en la mayoría de las situaciones actuales de edificación residencial.

Si reducimos el estudio al de forjados unidireccionales, podemos obtener la relación entre las cargas puntuales que varían de posición y el valor de carga uniforme y superficial  $q_s$  que equivaldría a la primera. Ello nos permitirá extraer una serie de conclusiones que, si bien son aproximadas, nos sirven para apoyar las hipótesis de partida de esta investigación.

Así, consideremos un tramo de forjado de nervios unidireccionales, con separación entre ejes de valor  $s$ , entre los que existe una carga puntual  $P$ , localizada a una distancia  $\alpha$  del nervio izquierdo. Consideremos también que la carga  $P$  será absorbida plenamente por los dos nervios entre los que cae, y que tal reparto se hará según un simple equilibrio estático; lo que supone que cada nervio absorberá una parte inversamente proporcional a su distancia a la carga. Según lo dicho, tendremos:

$$\begin{aligned} (Ec. 67) \quad R_1 + R_2 &= P \\ R_1 \cdot s &= P \cdot (1 - \alpha)s \end{aligned}$$

Despejando el valor de  $R_1$  en la ecuación del equilibrio de momentos, tendremos:

$$(Ec. 68) \quad R_1 = \frac{P \cdot (1 - \alpha)s}{s} = P(1 - \alpha)$$

El valor de  $R_2$ , lo obtenemos sin más que sustituir el valor de  $R_1$  en la ecuación de equilibrio de fuerzas, obteniendo:

$$(Ec. 69) \quad R_2 = P - P(1 - \alpha) = P \cdot \alpha$$

En definitiva, la fuerza  $P$  se repartirá, entre los nervios 1 y 2 según las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 70) \quad \begin{aligned} R_1 &= P(1 - \alpha) \\ R_2 &= P \cdot \alpha \end{aligned}$$

La carga lineal equivalente  $q_l$ , uniformemente repartida en la longitud  $l$  del nervio que absorbe la mayor parte de  $P$ , es decir, el nervio 1 por considerar que  $\alpha < 0,50$ , tendrá según la ecuación (Ec. 66) el siguiente valor:

$$(Ec. 71) \quad q_l = \frac{2P(1 - \alpha)}{l}$$

Por otro lado, esta carga lineal, se puede hacer corresponder con la obtenida de aplicar una carga superficial uniformemente repartida  $q_s$ , en todo el forjado y considerar que la lineal del nervio es la superficial  $q_s$  existente entre el intereje del forjado. Según esto, tendremos:

$$(Ec. 72) \quad q_l = q_s \cdot s$$

Despejando el valor de  $q_s$  de la ecuación anterior y sustituyendo el valor de  $q_l$  obtenido en la ecuación (Ec. 71), tendríamos:

$$(Ec. 73) \quad q_s = \frac{2P(1 - \alpha)}{l \cdot s}$$

; siendo:

$q_s$ = carga superficial uniformemente repartida equivalente a la aplicación de  $P$   
 $P$ = carga puntual aplicada sobre el forjado  
 $\alpha$ = coeficiente de posición de la carga  $P$  en el intereje del forjado:  $0 \leq \alpha \leq 1$   
 $s$ = valor de la distancia entre ejes del forjado  
 $l$ = luz del nervio (unidireccional)

Los valores que aporta la ecuación (Ec. 73) se refieren a la carga superficial equivalente a la carga puntual  $P$  variable en posición. Para un forjado habitual, la carga superficial equivalente total  $q_{st}$  que absorbería incluso la coincidencia de posición de varias cargas  $P_i$ , sería la suma de las equivalentes parciales de cada carga  $P$  que pueda preverse (carga  $P$  puntual y variable en posición, con variabilidad apreciable), es decir:

$$(Ec. 74) \quad q_{st} = \sum_1^n q_{si}$$

Para un mismo paño de forjado (vano de igual luz e intereje), la ecuación anterior se puede desarrollar en función de los valores  $P_i$  posibles y obtendríamos la siguiente expresión:

$$(Ec. 75) \quad q_{st} = \sum_1^k \frac{2P_i(1-\alpha_i)}{l \cdot s} = \frac{2}{l \cdot s} \sum_1^k P_i(1-\alpha_i)$$

; siendo:  $K$  el número total de cargas puntuales sobre el paño

De una forma más realista, la posibilidad de que todas las cargas puntuales sean variables en posición (con variabilidad apreciable) y de que esta conlleve la confluencia de carga en la misma posición es de un probabilidad muy baja, por lo que parecería más prudente, considerar todas las cargas puntuales que gravitan sobre el forjado, sumarlas, y dividir las por la superficie del paño, obtendríamos así un valor medio de carga superficial repartido en el paño<sup>126</sup>. Si tenemos en cuenta además la posibilidad de que las cargas puntuales variables mayores actúen simultáneamente con la carga media uniforme, podemos obtener un carga uniforme total sobre el paño que aglutinaría las posibles cargas sobre el forjado más el efecto de variación en posición de las más propensas a ello. En términos analíticos tendríamos:

$$(Ec. 76) \quad q_{st} = q_{sm} + q_{sv}$$

<sup>126</sup> Este procedimiento, de forma aproximada, es el que ha aportado la norma catalana NRE-AEOR-93, *Norma Reglamentaria d'edificació sobre accions en l'edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d'edificis d'habitatgers*. Departamento de Política Territorial y Obras Públicas. Generalitat Catalunya. 1994

; siendo:

$q_{st}$  = carga superficial total  
 $q_{sm}$  = carga superficial media debido a las cargas puntuales de escasa variación en posición  
 $q_{sv}$  = carga superficial equivalente debida a las cargas puntuales variables en posición.

Según lo dicho, la ecuación (Ec. 76) se puede desarrollar según los siguientes términos:

$$(Ec. 77) \quad q_{st} = \frac{\sum_1^t P_i}{n \cdot l \cdot s} + \frac{2}{l \cdot s} \sum_t^k P_i (1 - \alpha_i)$$

; siendo:  $n$  el número de nervios del paño considerado, y  $t$  el número de cargas que podemos considerar de escasa variabilidad en posición.

Operando la expresión anterior obtenemos:

$$(Ec. 78) \quad q_{st} = \frac{2}{n \cdot l \cdot s} \left[ \frac{\sum_1^t P_i}{2} + n \sum_t^k P_i (1 - \alpha_i) \right]$$

siendo:

$q_{st}$  = carga superficial total en el paño de forjado considerado  
 $n$  = nº de nervios unidireccionales en el paño  
 $l$  = longitud de cada nervio  
 $s$  = separación entre ejes de nervios  
 $P_i$  = cargas puntuales sobre el paño  
 $\alpha_i$  = coeficiente de posición de la carga  $P_i$  en el intereje del forjado:  $0 \leq \alpha_i \leq 1$   
 $t$  = número de carga  $P_i$  que pueden considerarse de escasa movilidad  
 $k$  = nº total de cargas  $P_i$  sobre el paño considerado

La expresión anterior representa la carga superficial total que podemos considerar (sobrecargas), según las condiciones desarrolladas, para absorber los efectos de las cargas puntuales que gravitan y se mueven por el forjado. Acotando su aplicación a los casos mas habituales de edificación, y centrando la cuestión en el segundo término de la misma, es decir en la carga  $q_{sv}$ , carga superficial equivalente debida a las cargas puntuales variables en posición, podemos desarrollar una aplicación con valores habituales en edificación para el uso vivienda que nos permita dar un orden de magnitud de la relación entre las cargas puntuales  $P_i$  y las superficiales equivalentes.

Según lo dicho, la aplicación que sigue se basa en las siguientes premisas:

- Forjado unidireccional para uso de vivienda
- Intereje:  $s = 0,80 \text{ m}$
- Coeficiente de posición de cargas puntuales  $\alpha_i = 0$ , es decir aplicadas en los mismo nervios
- Longitud, en metros, de los nervios del vano considerado  $0 \leq l \leq 10$
- Cargas puntuales, en Kg, consideradas variables en posición  $50 \leq P \leq 300$

La relación analítica es la contenida en el segundo término de la ecuación (Ec. 78) y específicamente la aportada en la ecuación (Ec. 73); para los valores dados, obtendremos:

$$(Ec. 79) \quad q_{sv} = 2,5 \frac{P}{l}$$

Dando valores a  $l$ , en el entorno del estudio, y fijando los valores más probables de  $P$ , podemos elaborar una tabla de valores que relaciona la carga  $q_{sv}$  con la luz del nervio, en función de los distintos valores de  $P$ .

Carga $P$ en Kg	Luz del nervio del forjado ( $m$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	125,0	62,5	41,7	31,3	25,0	20,8	17,8	15,6	13,9	12,5
100	250,0	125,0	83,3	62,5	50,0	41,7	35,7	31,3	27,8	25,0
150	375,0	187,5	125,0	93,8	75,0	62,5	53,6	46,9	41,7	37,5
200	500,0	250,0	166,7	125,0	100,0	83,3	71,4	62,5	55,6	50,0
250	625,0	312,5	208,3	156,3	125,0	104,2	89,3	78,1	69,4	62,5
300	750,0	375,0	250,0	187,5	150,0	125,0	107,1	93,8	83,3	75,0

Tabla 67 Carga superficial  $q_{sv}$  ( $kg/m^2$ ) equivalente a una puntual variable  $P$  ( $kg$ ) en posición en función de la luz  $l$  ( $m$ ) del nervio del forjado sobre la que se desarrolla

Los valores anteriores, llevados a una gráfica donde las abscisas representen la luz, en metros, de los nervios del vano del forjado considerado, y en ordenadas los valores  $q_{sv}$  de la carga superficial, en  $Kg/m^2$ , equivalente a la puntual  $P$ , en  $Kg$ , variable en posición dentro del paño del forjado con valores en saltos de 50 Kg cada uno hasta un máximo de 300 Kg nos proporcionan una visión inmediata del entorno más habitual para el caso de edificaciones de viviendas.

Así, en la Figura 93 se puede observar como, para cargas puntuales no superiores a 150 Kg (valor difícilmente superable en viviendas, incluso admitiendo 2 cargas puntuales en la misma posición:  $P_1 + P_2 = 150 \text{ Kg}$ ) y para valores de luz superiores a 3 m, se obtienen valores de carga superficial equivalente del orden de 125  $Kg/m^2$ . Para luces del entorno de 5,00 m, valor muy habitual en viviendas, la carga superficial equivalente disminuye hasta los 75  $Kg/m^2$ ; y para luces superiores a 7,00 m, la carga superficial baja hasta unos 54  $Kg/m^2$ .

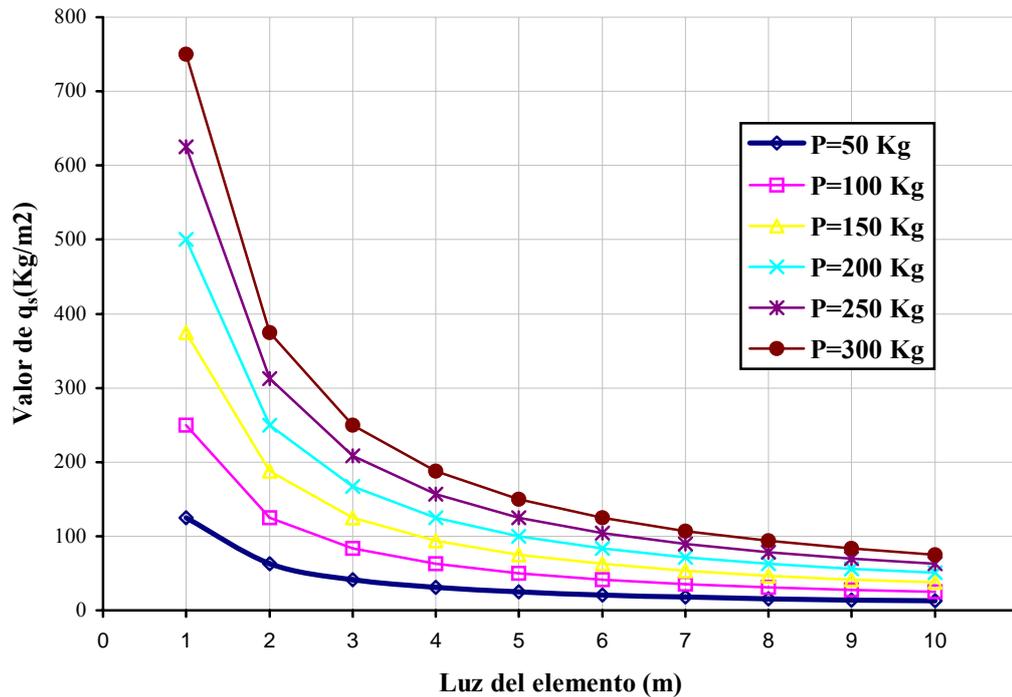


Figura 93 Valor de carga superficial  $q_{sv}$  equivalente a una puntual variable en posición en forjados unidireccionales habituales de edificación de viviendas

De los datos barajados anteriormente se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Una carga puntual  $P$  variable en posición sobre una viga puede ser sustituida por una carga lineal  $q$  uniforme a lo largo de la luz  $l$  de viga, de valor:

$$q = \frac{2P}{l}$$

- En forjados habituales de edificación, unidireccionales, la carga superficial equivalente se puede expresar como:

$$q_{st} = \frac{2}{n \cdot l \cdot s} \left[ \frac{\sum_1^t P_i}{2} + n \sum_1^k P_i (1 - \alpha_i) \right]$$

siendo:

$q_{st}$  = carga superficial total en el paño de forjado considerado

$n$  = nº de nervios unidireccionales en el paño

$l$  = longitud de cada nervio

$s$  = separación entre ejes de nervios

$P_i$  = cargas puntuales sobre el paño

$\alpha_i$  = coeficiente de posición de la carga  $P_i$  en el intereje del forjado:  $0 \leq \alpha_i \leq 1$

$t$  = número de carga  $P_i$  que pueden considerarse de escasa movilidad

$k$  = nº total de cargas  $P_i$  sobre el paño considerado

- Para valores usuales de forjados unidireccionales, la relación entre la carga  $P$ , la luz del elemento  $l$ , y la carga superficial variable equivalente  $q_{sv}$ , más desfavorable, se puede expresar como:

$$q_{sv} = 2,5 \frac{P}{l}$$

- Para luces superiores a 3,00 m (valores habituales en edificaciones de viviendas), se puede adelantar como relación representativa entre  $P$  y  $q_{sv}$  el que, cargas puntuales no superiores a 150 Kg pueden ser absorbidas por cargas superficiales uniformes del orden de 125 Kg/m<sup>2</sup>. Para luces medias de 5,00 m el valor de carga superficial disminuye hasta los 75 kg/m<sup>2</sup>.

## 2.7.- Superficie tributaria de carga y área de influencia

Cuando hablamos de sobrecarga de uso sobre un elemento estructural, la mayoría de las normas ,generalmente, la refieren a valores uniformemente repartidos sobre la superficie donde el uso específico se desarrolla. También suelen incluirse pequeñas referencias a valores puntuales y/o lineales, pero en menor importancia en cuanto a su incidencia en la ponderación final de las cargas del elemento. Así sucede, como hemos visto en capítulos anteriores, con normas como nuestra NBE-AE-88, las americanas ANSI-A 58.1-82 y UBC-88 y recientemente, aglutinando la línea europea, con el Eurocódigo 1<sup>127</sup>.

La asignación de valores deterministas a las sobrecargas, siempre ha puesto de manifiesto la necesidad de corregirlos en función de la vinculación probabilística que existe entre la cantidad de carga que corresponde a un elemento estructural y la superficie que le tributa carga, por cuanto a mayor superficie tributaria disminuye la probabilidad de que toda ella está cargada con el valor previamente adjudicado como uniformemente repartido.

La forma de introducir esa vinculación probabilista ha tenido, tanto en normativas como en trabajos de investigación al respecto, tres formas distintas de enfoque:

- 1.- Introduciendo factores correctores sobre los valores deterministas
- 2.- Aportando valores de sobrecarga en función de la superficie tributaria
- 3.- Incluyendo el concepto de área de influencia

El primero de los enfoques, la utilización de **factores correctores** sobre los valores deterministas, es el más antiguo. En Alemania e Inglaterra<sup>128</sup>, por ejemplo, se utilizaban coeficientes reductores contenidos en sus reglamentos respectivos (muy vinculados entre sí) al menos desde el año 1925 (*Kersten, 1925*)<sup>129</sup>. En España , ya desde las primeras normas de cálculo, las de 1941, y siguientes como la UNE 24003 de 1953, se contemplaban también factores reductores. En todos los casos mencionados los factores sólo se aplicaban a pilares, y eran función del número de plantas que cargaban sobre él, (ver apartados 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3).

---

<sup>127</sup> Para NBE-AE-88 ver el apartado correspondiente del capítulo 2.3. Para ANSI y UBC ver el capítulo 2.4 y para Eurocódigo 1 ver el capítulo 2.5.

<sup>128</sup> Circulares francesas de 1906, prusianas de 1907 y sobre todo en las prescripciones de la *Comisión Alemana del Hormigón Armado*. Ver capítulo 2.3 de este trabajo y la referencia bibliográfica (*Kersten, 1925*)

<sup>129</sup> Ver el capítulo VI, páginas 180 y 181 de la traducción que el profesor Bassegoda Musté llevó a cabo del tratado de C. Kersten “*Construcciones de Hormigón Armado*” en 1925 siendo la versión 12ª de la edición alemana y bajo la editorial de Gustavo Gili.

Ya en períodos más actuales, normas que contienen referencias a coeficientes reductores son, la española MV-101-62 (ver apartado 2.3.4) de la que deriva a actual NBE-AE-88 (ver apartado 2.3.6), la NTE-ECG-76 (ver apartado 2.4.5), la alemana DIN-1055 (ver apartado 2.4.1), etc. Todas estas normas refieren sus reducciones sólo a pilares y en función del número de plantas que gravitan sobre ellos. De forma resumida, una referencia identificativa de cada norma se ha desarrollado en la Tabla 68.

Norma	País	Rango reductor	Rango de plantas	Observaciones
Reglamento Inglés /1925	Inglaterra	$10\% \leq R_p \leq 50\%$	$3 \leq P \leq 6$	Coficiente reductor parcial por planta
		$10\% \leq R_g \leq 33\%$	$3 \leq P \geq 9$	Coficiente reductor global para toda la carga
Normas-41	España	$10\% \leq R_g \leq 33\%$	$4 \leq P \geq 7$	Coficiente reductor global para toda la carga
UNE 24003/1953	España	$10\% \leq R_g \leq 50\%$	$2 \leq P \geq 6$	Coficiente reductor global para toda la carga
MV 101/1962	España	$10\% \leq R_g \leq 30\%$	$4 \leq P \geq 6$	Coficiente reductor global para toda la carga
NTE-ECG/1976	España	$5\% \leq R_g \leq 30\%$	$4 \leq P \geq 7$	Coficiente reductor global para toda la carga
NBE-AE-88	España	$10\% \leq R_g \leq 30\%$	$4 \leq P \geq 6$	Coficiente reductor global para toda la carga
DIN 1055	Alemania	$20\% \leq R_p \leq 80\%$	$4 \leq P \geq 12$	Coficiente reductor parcial por planta
		$5\% \leq R_g \leq 40\%$	$4 \leq P \geq 12$	Coficiente reductor global para toda la carga

Tabla 68 Normas con referencias a coeficientes de reducción de sobrecarga de uso

Las normas anteriores, y su sistema de reducción, solo involucra a elementos estructurales que estén sometidos a varias plantas de carga, es el caso de pilares, muros y cimentaciones en general, y admitiría el caso de forjados sobre los que se apean muros y/o pilares sometidos a varias plantas. La necesidad de ampliar las reducciones a otros elementos como, vigas, losas y, en general forjados, potenció la introducción de valores de **sobrecarga en función de la superficie tributaria** de carga. Así, el Código Modelo de 1978 recogía en sus Apéndices 2 y 3 referencias tanto en los principios y bases de evaluación como en las aplicaciones concretas para varios usos, en especial para el uso de oficinas aportaba valores nominales (valor determinista) y funciones hiperbólicas que ligaban la sobrecarga de uso con el área tributaria.

Como referencias importantes y vinculadas a la superficie tributaria de carga, la norma americana UBC-88<sup>130</sup> y el actual Eurocódigo 1<sup>131</sup> introducen coeficientes reductores, como en los casos contenidos en la Tabla 68 pero, dependientes de la superficie tributaria de carga (ver capítulos 2.4.3 y 2.5.3 respectivamente). Es una

<sup>130</sup> UBC-88 Uniform Building Code, norma estadounidense de uso principal en los Estados del la zona oeste dada su alto interes en el diseño sísmico (PARKER, 1996)

<sup>131</sup> Eurocodigo 1: parte 2.1: Acciones en edificación

metodología que permite ampliar las reducciones incluso a elementos de un mismo nivel (forjado) estructural.

El tercer tipo de enfoque, es actualmente el más completo. Su desarrollo está contenido en la norma americana ANSI-A 58.1 1982, y trata de involucrar en la evaluación de la sobrecarga de uso sobre un elemento estructural lo que denomina **Área de Influencia**, entendida como, *la superficie vinculada estructuralmente a un elemento que, de estar cargada en alguna medida, conlleva una probabilidad significativamente diferente de cero de que el elemento reciba carga*. Este concepto, diferente al de superficie tributaria de carga, ayuda a entender el vínculo probabilista entre sobrecarga de uso y la extensión de la zona de afección. Así mismo, permite tener en cuenta simultáneamente tres conceptos de los que dependen los coeficiente reductores planteados por otras normas, esto es, la superficie que tributa carga, el elemento estructural en estudio y su posición<sup>132</sup>. A modo de ejemplo, y para distinguir la superficie tributaria de carga de la superficie de influencia, ver la figura que sigue.

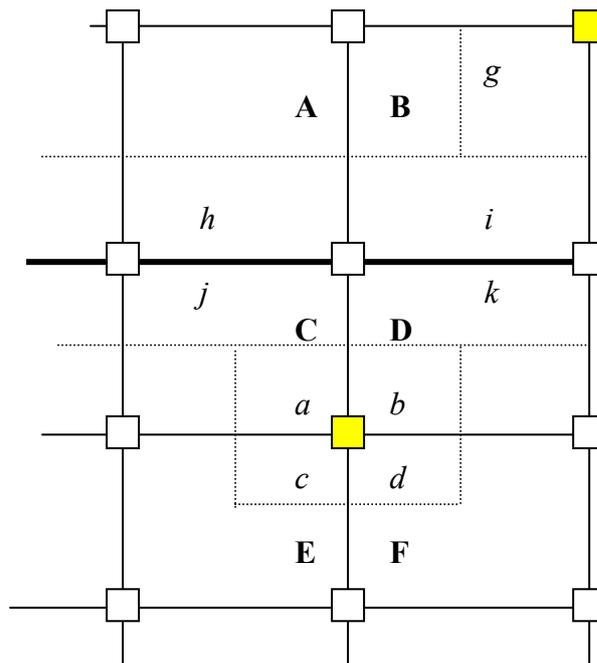


Figura 94 Esquema reticular de superficies tributarias de carga u áreas de influencia

Para el pilar central, la superficie tributaria de carga puede ser estimada en la  $a+b+c+d$ , mientras que su área tributaria es la  $C+D+E+F$ . Para el pilar de esquina, la superficie tributaria de carga es la  $g$ , mientras que la de influencia es la  $B$ . Para las vigas centrales remarcadas, la superficie tributaria de carga es la  $h+i+j+k$ , mientras que la de influencia es la  $A+B+C+D$ . Es fácil observar como, de forma aproximada, en retículas

<sup>132</sup> Ver el análisis elaborado en el apartado 2.4.2 sobre la norma ANSI-A 58.1 1982 y en él, atender las referencias bibliográficas que se aportan.

estructurales como la de la figura anterior, la relación entre superficie tributaria y de influencia puede expresarse como recoge la tabla siguiente.

	Superficie tributaria	Área de influencia
Pilares	$A_{tp}$	$A_{Ip} = 4 A_{tp}$
Vigas	$A_{tv}$	$A_{Iv} = 2 A_{tv}$
Losas	$A_{tl}$	$A_{Il} = 1 A_{tl}$

Tabla 69 Relación aproximada entre la sup. tributaria y el área de influencia para vigas, pilares y losas

Las relaciones anteriores se pueden expresar como sigue:

(Ec. 80) 
$$A_I = \beta A_t$$

siendo:

AI= Área de influencia

At= superficie tributaria

$\beta$ = coeficiente de vinculación;  $\beta= 4$  para pilares;  $\beta= 2$  para vigas;  $\beta= 1$  para losas

De los datos anteriores es muy significativo observar como, para que un pilar tenga la misma superficie tributaria de carga que una viga, es preciso que su área de influencia sea el doble de la de la viga, lo que supone una menor probabilidad de que el pilar alcance la totalidad de la carga que pueda tributarle su superficie respecto a la probabilidad de que esto ocurra en la viga.

## 2.8.- La incertidumbre en las sobrecargas de uso. Investigación Culver-76

Hemos definido la incertidumbre como la ausencia de certeza en los valores que adopta una acción; y se puede calibrar conociendo de una variable su función de distribución (FDP)<sup>133</sup>, su valor medio y su desviación típica.

Las sobrecargas de uso, como acción variable, son aquellas debidas al peso de todos los elementos que puedan gravitar, por el uso, sobre una estructura. Incluye el peso de personas, muebles, instalaciones amovibles, materias almacenadas, y otros enseres propios del uso en cuestión (*NBE-AE-88*). Es esta definición la que impone un nivel de incertidumbre en los valores que puede adoptar, ya que depende, al menos, de factores como uso, ocupación, almacenaje, momento de la evaluación, etc.

Para el caso de sobrecarga de uso de viviendas, la dependencia es de tipo general por ser una acción variable, y en particular por depender del número de habitantes habituales, costumbres, tipo de disposición del mobiliario, enseres que componen el hogar, etc. La forma en que se acota esta incertidumbre puede resolverse mediante un trabajo de inspección sobre una muestra representativa del parque de viviendas que actualmente existe en nuestro país. Sin embargo no se conocen trabajos de este tipo en España, ni tan siquiera cuando se elaboraron las primeras referencias normativas (*NORMAS, 1941 y después MV-101-1962*). Así, los valores que actualmente se utilizan, no representan el valor característico de una función de distribución obtenida de una muestra de datos que contenga su valor medio y su desviación típica. Los valores tabulados son valores deterministas resultado de la inercia histórica y del consenso con otros países cercanos.

En Estados Unidos, el Departamento Nacional de Normalización (NBS)<sup>134</sup> puso en marcha un profundo estudio de las sobrecargas de uso<sup>135</sup> en edificios de oficinas, la investigación la desarrolló **C. G. Culver**, en 1976, y fue publicado por el Centro de Tecnología de la edificación, del NBS, en Washington bajo el título “*Resultados de la Investigación sobre Cargas de Fuego y Cargas Vivas en Edificios de Oficinas*” (*CULVER, 1976*).

El estudio es de gran interés para evaluar la incertidumbre de las cargas variables como son las sobrecargas de uso, por cuanto, permite analizar la incidencia de factores como uso de las distintas estancias, superficie de las piezas, localización de las cargas principales, etc, y por ello así lo recogió **Gary C. Hart**, profesor del departamento de Mecánica y Estructuras de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de California en su publicación “Análisis de la Incertidumbre, cargas, y seguridad en ingeniería estructural” de 1982 (*HART, 1982*), desarrollando en el capítulo 5

---

<sup>133</sup> FDP: Función de Distribución de Probabilidad. En EE.UU, PDF: Probability Density Function.

<sup>134</sup> NBS: National Bureau of Standards

<sup>135</sup> En EE UU se denominan *Live Loads* (Cargas vivas)

algunas de las gráficas y tablas que Culver aportó, y que, de su análisis se proporcionan datos sobre:

- Valores medios, desviaciones y otros parámetros de las sobrecargas de uso en oficinas.
- Sobrecarga de uso en función del uso concreto de la estancia
- Sobrecarga de uso en función de la superficie de la estancia
- Valor máximo de la sobrecarga de uso de un elemento simple
- Localización de las sobrecargas de uso dentro de las estancias

En edificios de oficinas privadas, el histograma de frecuencia encontrado para las estancias de oficina general y despachos, es el recogido en la Figura 95, donde se puede apreciar su sesgo a la derecha, aproximándose más a una distribución log-normal que a una normal a la hora de interpretar sus factores de caracterización como valor medio, desviación típica y valor característico (*HART, 1982*). Los parámetros del histograma son:

- N° de observaciones: 625
- Valor máximo de SU: 222 Kg/m<sup>2</sup>
- Valor mínimo SU: 0 Kg/m<sup>2</sup>
- Valor medio SU: 44 Kg/m<sup>2</sup>
- Desviación típica: 27 Kg/m<sup>2</sup>

Este histograma , recogido por el profesor Calavera en varias de sus publicaciones (*CALAVERA, 1991 y 1996*) pone de manifiesto la gran diferencia entre los valores característicos encontrados por Culver y los valores tabulados de la norma UBC (Uniform Building Code); para el primero y, aceptando una distribución normal, el valor característico es de 88 Kg/m<sup>2</sup> ( $44+1,64 \times 27=88$ ), mientras que para la norma UBC la sobrecarga a considerar es de 245 Kg/m<sup>2</sup> (50 *psf*)<sup>136</sup>, es decir el valor característico encontrado es un 64% menor que el tabulado.

---

<sup>136</sup> 50 *psf*: 5° pounds per square foot ; (libras por pie<sup>2</sup>);  $50 \times 4,8825 = 244,125 \text{ Kg/m}^2 \cong 245 \text{ Kg/m}^2$

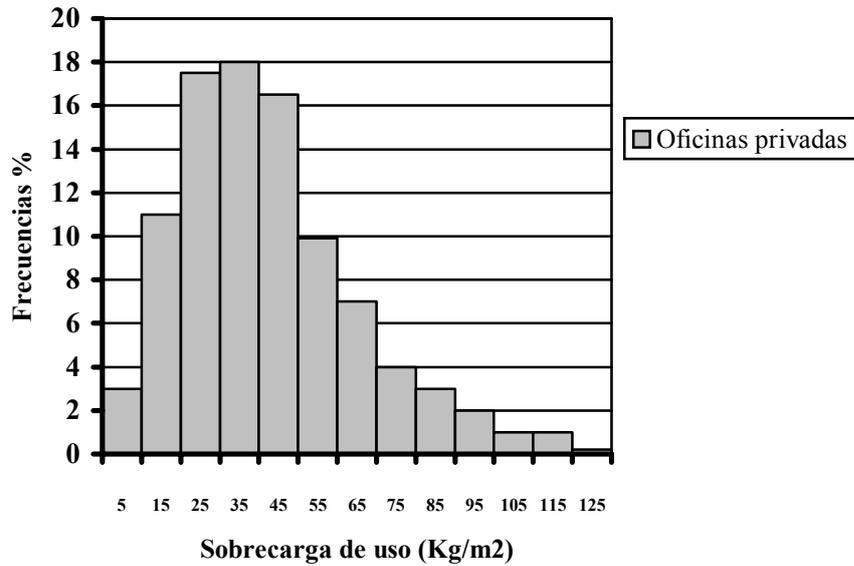


Figura 95 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso en oficinas privadas

La investigación puso de manifiesto la clara vinculación entre el valor de la sobrecarga de uso y el uso específico de cada estancia del edificio. Así, entre estancias como el vestíbulo y la biblioteca se encontraron valores tan distantes como 22,5 Kg/m<sup>2</sup> y 121,6 Kg/m<sup>2</sup> respectivamente (Tabla 70), es decir, diferencias porcentuales del orden del 80%, lo que exige tener muy en cuenta el uso concreto de la zona y la ponderación en el total

Uso específico de la estancia	Valor medio de la sobrecarga de uso (Kg/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación $\sigma/S_m$
General	42,5	0,56
Despacho	48,8	0,69
Vestíbulo	22,5	1,04
Sala conferencias	29,8	0,82
Archivo	119,1	0,79
Almacén	75,7	0,89
Biblioteca	121,6	0,39
Todas las estancias	47,4	0,84

Tabla 70 Sobrecarga de uso en oficinas privadas en función del uso de la estancia

Para toda la edificación de oficinas, y tomando como referencia los valores de la Tabla 70, los valores característicos resultantes aceptando una distribución normal serían los siguientes:

$$(Ec. 81) \quad S_k = S_m (1 + 1,64\delta)$$

; siendo:

$S_k$  = Valor característico

$S_m$  = Valor medio

$\delta$  = coeficiente de variación  $\delta = \frac{\sigma}{S_m}$ ; donde  $\sigma$  = desviación típica

Uso específico de la estancia	Valor característico de la sobrecarga de uso (Kg/m <sup>2</sup> )
General	81,5
Despacho	104,0
Vestíbulo	60,9
Sala conferencias	69,9
Archivo	273,4
Almacén	186,2
Biblioteca	197,5
Todas las estancias	<b>113,0</b>

Tabla 71 Valores característicos de la SU en distintas estancias de edificios de oficinas

Como vemos en la Tabla 71, el valor característico para toda la edificación excede del valor obtenido para las zonas en sí de oficinas (general y despachos); para el primero hemos obtenido 113 Kg/m<sup>2</sup> y para el segundo 88 Kg/m<sup>2</sup>.

Sin embargo, teniendo en cuenta el principio de las RCU-1976 que el Código Modelo de 1978 contenía en su apéndice 2<sup>137</sup>, por el que los valores característicos no deben ser inferiores a los máximos obtenidos divididos por el coeficiente de seguridad asignado (1,6 para nuestro caso), el valor recomendado como característico, tanto para las zonas en sí de oficinas (generales y despachos) como para la totalidad del edificio serían los que se recogen en la Tabla 72, donde el valor de 171 Kg/m<sup>2</sup> es más del doble de los 88 Kg/m<sup>2</sup> iniciales, pero sigue siendo muy inferior a los 245 Kg/m<sup>2</sup> de la norma UBC (un 30%).

Valores de SU en Kg/m <sup>2</sup>	$S_k$	$S_{m\acute{a}x}$	$\gamma_f$	$S_k$ recomendado
Zona de oficinas generales y despachos	88	222,0	1,6	<b>138</b>
Para toda la edificación de oficinas	113	273,4	1,6	<b>171</b>

Tabla 72 Valores característicos recomendados para oficinas (CM 1978, A-2)

Los datos que se obtuvieron en cuanto a la **influencia del tamaño de la estancia** en el valor de la sobrecarga de uso fueron muy claros, ya que se pudo observar como a mayor tamaño de la habitación menor era el valor de la sobrecarga uniformemente

<sup>137</sup> RCU: Reglas Comunes Unificadas, que el Código Modelo del año 1978 incluyó en su Apéndice n° 2, y cuyo resumen se encuentra en el apartado 2.2.1 de este trabajo.

repartida en la estancia. Así, el histograma de frecuencias para todas las estancias de las edificaciones de oficinas (despachos, archivos, etc...) con una superficie comprendida entre los 5 y 10 m<sup>2</sup> fue el recogido en la Figura 96, donde sus parámetros estadísticos son:

- N° de observaciones: 188
- Valor máximo de SU: 623,5 Kg/m<sup>2</sup>
- Valor mínimo SU: 0 Kg/m<sup>2</sup>
- Valor medio SU: 64,5 Kg/m<sup>2</sup>
- Desviación típica: 61 Kg/m<sup>2</sup>

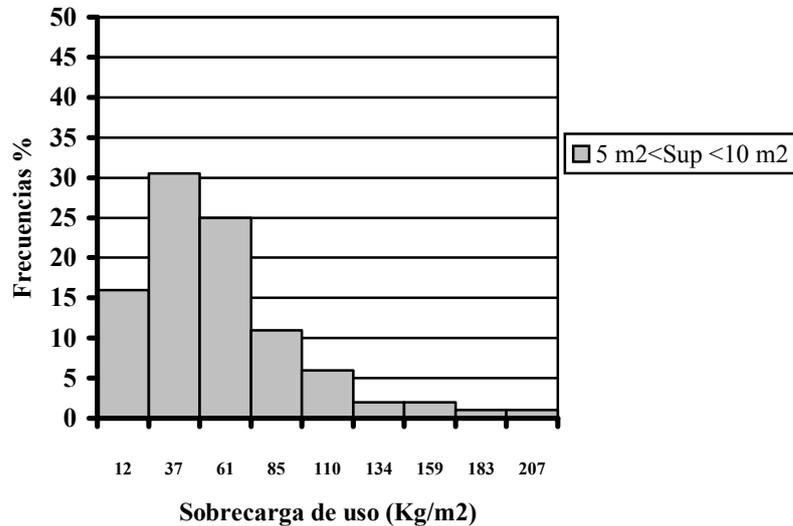


Figura 96 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso para oficinas. Estancias son 5 m<sup>2</sup> < S ≤ 10 m<sup>2</sup>

Los datos obtenidos para estancias cuya superficie está comprendida entre los 10 y los 30 m<sup>2</sup> son los recogidos en la Figura 97, y refleja de forma clara como los datos de SU quedan por debajo de los anteriores. Así, sus parámetros son:

- N° de observaciones: 899
- Valor máximo de SU: 52,7 Kg/m<sup>2</sup>
- Valor mínimo SU: 0 Kg/m<sup>2</sup>
- Valor medio SU: 45 Kg/m<sup>2</sup>
- Desviación típica: 31 Kg/m<sup>2</sup>

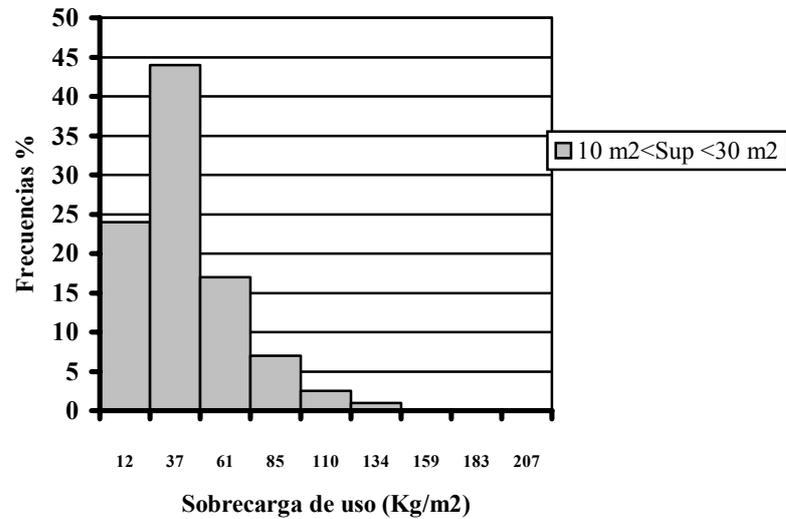


Figura 97 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso para oficinas. Estancias con  $10 \text{ m}^2 < S \leq 30 \text{ m}^2$

Para estancias con superficie superior a los  $30 \text{ m}^2$ , los datos, aun confirman más la disminución del valor de sobrecarga de uso uniformemente repartida en la estancia. El valor medio queda en unos  $42 \text{ Kg/m}^2$  que frente a los  $65 \text{ Kg/m}^2$  del intervalo de  $5\text{-}10 \text{ m}^2$  representa una disminución del orden del 35%. Los parámetros estadísticos que definen el histograma de frecuencias son:

- N° de observaciones: 226
- Valor máximo de SU:  $62,7 \text{ Kg/m}^2$
- Valor mínimo SU:  $0 \text{ Kg/m}^2$
- Valor medio SU:  $42 \text{ Kg/m}^2$
- Desviación típica:  $43 \text{ Kg/m}^2$

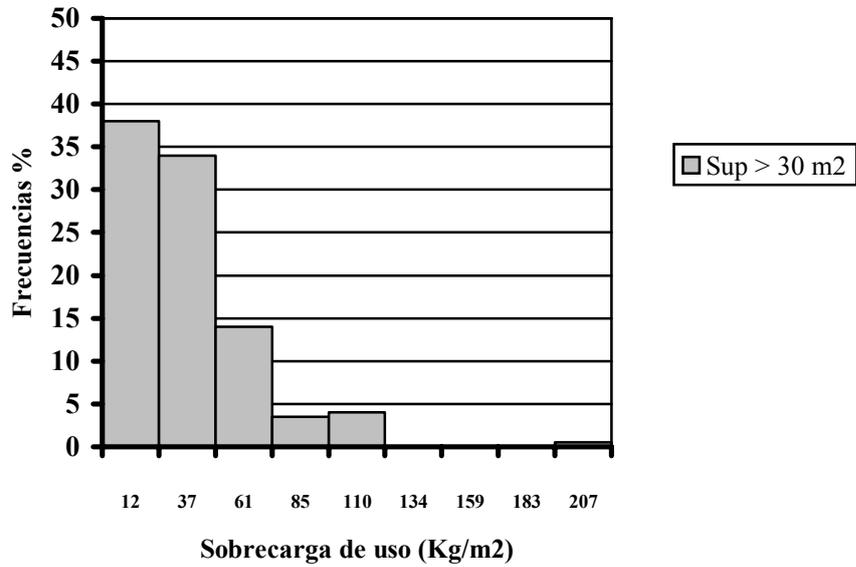


Figura 98 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso para oficinas. Estancias con  $S > 30 \text{ m}^2$

En la Figura 99 se han incluido las curvas de frecuencia de los tres intervalos de superficie en que se ha dividido en estudio, y en ella podemos observar como a partir de unos  $40 \text{ Kg/m}^2$ , los incrementos de sobrecarga se recogen con menor frecuencia cuanto mayor es la superficie de la estancia.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores representativos de los tres gráficos, así como los datos contenidos en la Tabla 73, donde se ha expresado el número de habitaciones con superficie dentro del entorno, el valor medio de la sobrecarga encontrada, y los distintos coeficientes de variación, podemos observar como el 66% de las oficinas visitadas dieron una superficie entre los  $10$  y  $30 \text{ m}^2$  y que su valor medio de  $SU$  fue de  $45 \text{ Kg/m}^2$ . Además los coeficientes de variación de todos los escalones estudiados son valores muy altos, lo que recomienda utilizar los valores característicos en vez de los medios para hacer intervenir la desviación típica en los parámetros a utilizar.

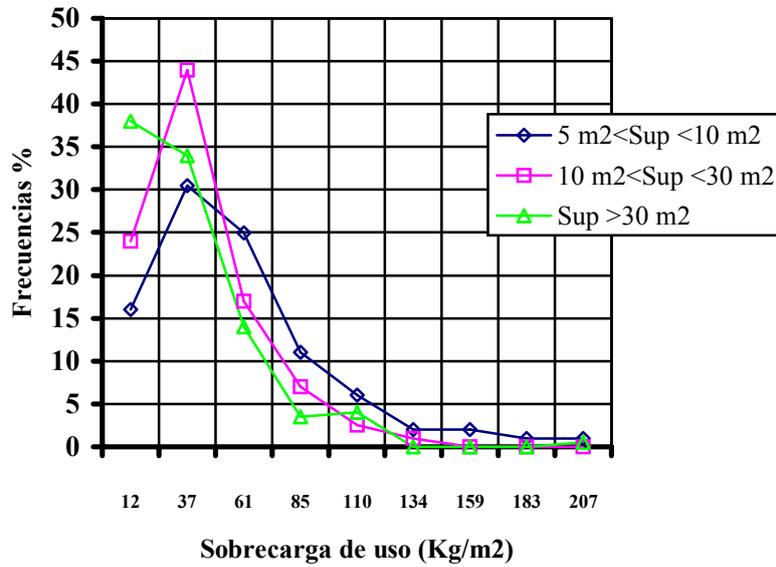


Figura 99 Estado comparativo de los histogramas de frecuencia de la SU de oficinas según la superficie de las estancias

Superficie de la estancia (m²)	Nº de habitaciones	Valor medio de la Sobrecarga de uso (Kg/m²)	Coefficiente de variación $\sigma/S_m$
$S \leq 5 \text{ m}^2$	41	85,0	1,00
$5 \text{ m}^2 < S \leq 10 \text{ m}^2$	188	65,0	0,95
$10 \text{ m}^2 < S \leq 30 \text{ m}^2$	899	45,0	0,70
$S > 30 \text{ m}^2$	226	42,0	1,02
Totales	1.354		

Tabla 73 Influencia de la superficie de las estancias en sobrecargas de uso de oficinas

Según lo dicho, los valores característicos de la tabla anterior, teniendo en cuenta lo recogido en la (Ec. 81) son los que siguen:

Superficie de la estancia (m²)	% del nº de habitaciones	Valor caract. Sobrecarga de uso $S_k$ (Kg/m²)
$S \leq 5 \text{ m}^2$	3,0%	225
$5 \text{ m}^2 < S \leq 10 \text{ m}^2$	13,9%	167
$10 \text{ m}^2 < S \leq 30 \text{ m}^2$	66,4%	97
$S > 30 \text{ m}^2$	16,7%	112
Total	100,0%	

Tabla 74 Valores característicos de SU oficinas en función de la superficie de las estancias

Si representamos gráficamente los datos de SU característica dados en la tabla anterior podemos observar como se produce la influencia del intervalo de superficie en el valor de la sobrecarga (Figura 100).

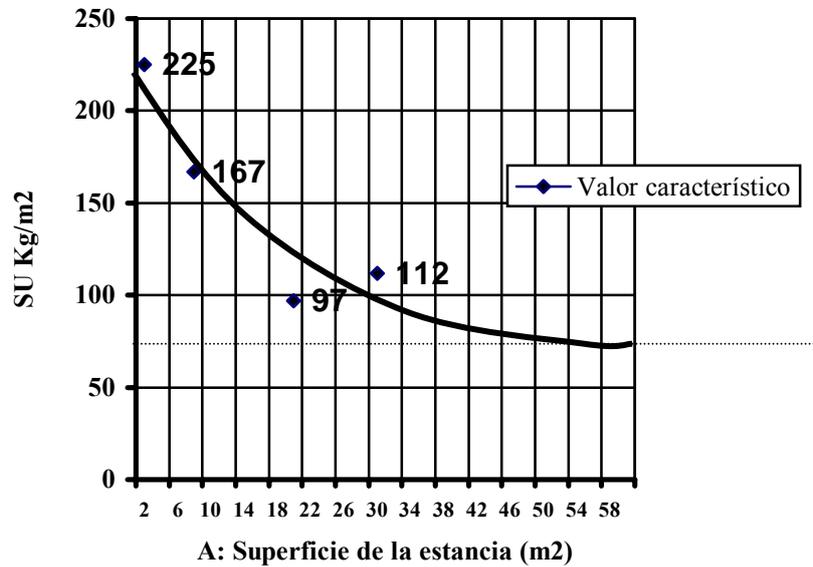


Figura 100 Curva aproximada de la correlación de superficies de estancias y SU oficinas

La curva resultante de la correlación aproximada de los datos de la Tabla 74 nos permite aportar un procedimiento para vincular mediante una ecuación el tamaño de la estancia y la sobrecarga de uso a utilizar. La ecuación parece responder a un tipo parabólico con mínimo en el valor  $SU=75 \text{ Kg/m}^2$ , además, para el valor  $A=0$  (siendo  $A$ = superficie en  $\text{m}^2$ ) debe cortar al eje  $SU$  en el valor  $SU=225 \text{ Kg/m}^2$ , por lo que la forma de la ecuación debe ser del tipo:

$$(Ec. 82) \quad SU = K_1(A - K_2)^2 + K_3$$

siendo:

$SU$ = valor de la sobrecarga de uso en oficinas en  $\text{Kg/m}^2$

$A$ = Superficie de la estancia considerada en  $\text{m}^2$

$K_1, K_2$  y  $K_3$  = Constantes específicas de la correlación

Si acudimos a los valores extrapolados de la curva según la Tabla 75 tendremos:

- Para que el mínimo esté en  $SU=60$ , entonces  $K_2=60$
- Para  $A=0$ , entonces  $SU=225 \text{ Kg/m}^2$
- Para  $A=60$ , entonces  $SU=75 \text{ Kg/m}^2$

Con los valores anteriores podemos obtener las tres constantes de la correlación y comparar los resultados con otros valores de la gráfica para evaluar el ajuste. Así:

- Como para  $A=60 \text{ m}^2$ ,  $SU=75 \text{ Kg/m}^2$ , y la ecuación debe dar valor mínimo, tendremos que  $K_3=75$
- Como para  $A=0$ ,  $SU=225 \text{ Kg/m}^2$ , entonces  $K_1(0-60)^2+75=225 \text{ Kg/m}^2$ ; despejando el valor de  $K_1$ , tendremos:  $K_1=0,04$

Es decir la ecuación de la correlación efectuada es:

(Ec. 83) 
$$SU = \frac{4}{100}(A - 60)^2 + 75 \quad \text{Para } A < 60 \text{ m}^2$$

siendo:

$SU$ = valor de la sobrecarga de uso en oficinas en Kg/m<sup>2</sup>  
 ; para  $A \geq 60 \text{ m}^2$  ;  $SU = 75 \text{ Kg/m}^2$   
 $A$ = Superficie de la estancia considerada en m<sup>2</sup>

Si comprobamos algunos valores de la curva, resultado de su observación en la Figura 100 con los dados por la (Ec. 83), podemos ver que la correlación tiene un ajuste del grado de la seguridad. Veamos:

A m <sup>2</sup>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
SU Kg/m <sup>2</sup>	219	196	175	156	139	124	111	100	91	84	79	76	75

La curva representada tiene la forma de la Figura 101, y es el resultado de una correlación aproximada de los datos obtenidos en la investigación Culver-76. El interés, no radica en la ecuación, sino más bien en la metodología para, con las debidas adecuaciones ser aplicada al estudio de las sobrecargas de uso para viviendas.

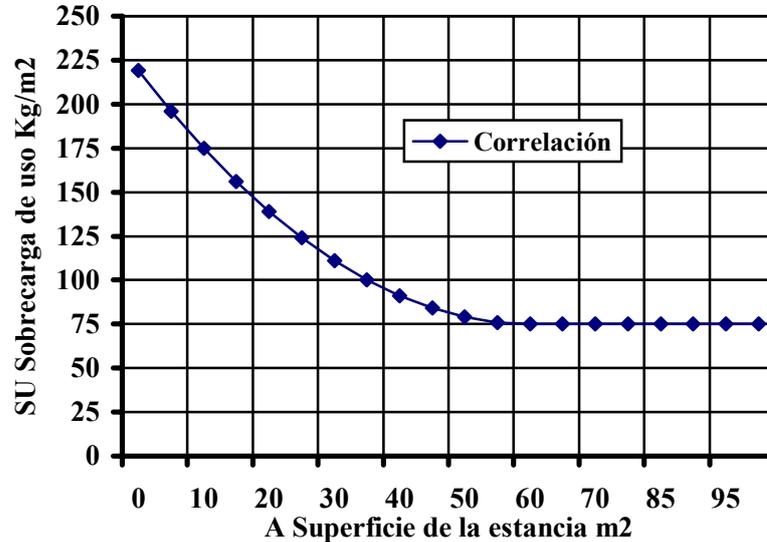


Figura 101 Ecuación resultante de la correlación para SU en oficinas según la superficie de la estancia

También, la investigación Culver-76 analizó los valores máximos del peso del elemento de mayor carga de cada habitación visitada. La Figura 102, representa el histograma de frecuencias de esos valores, y sus parámetros estadísticos más representativos son:

- N° de observaciones: 1.354

- Valor máximo de SU: 1.488 Kg
- Valor mínimo SU: 0 Kg
- Valor medio SU: 205 Kg
- Desviación típica: 129 Kg

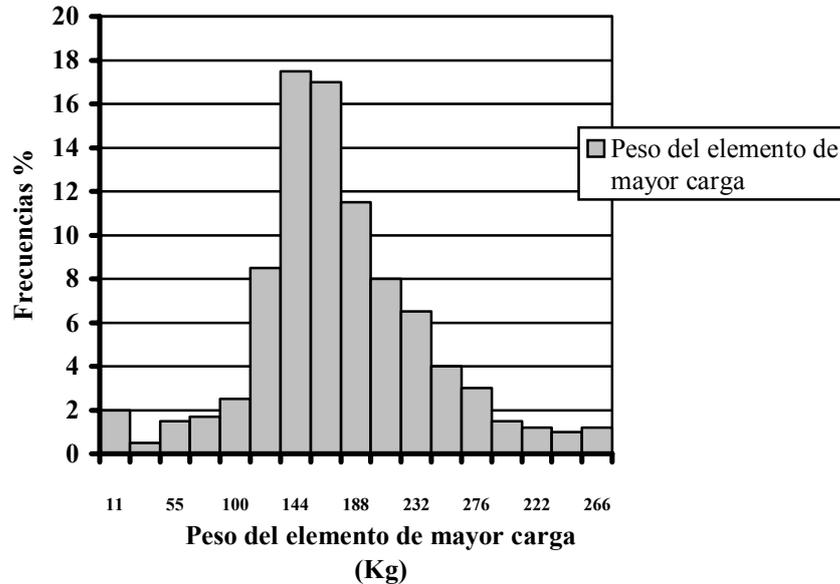


Figura 102 Histograma de frecuencias del peso del elemento de mayor carga en oficinas

La norma UBC, recoge como carga concentrada a tener en cuenta en el caso de oficinas, de valor 900 Kg, y lo considera localizado sobre una superficie de 0,25 m<sup>2</sup>, es decir, un cuadrado de lado 0,50 m<sup>138</sup>. Según la Figura 102, el valor máximo encontrado por Culver fue de 1.488 Kg en una muestra de 1.354 observaciones, y el valor medio no superaba los 205 Kg, pero con una desviación típica de 129 (205+1,64x129), por lo que aceptando una distribución normal, el valor característico es de 417 Kg, valor muy lejano de los 900 Kg de la norma.

Otro aspecto que reveló el estudio de Culver fue la localización preferente de las sobrecargas en oficinas, concluyendo con que el 75,6% (valor medio) de la sobrecarga estaba localizada a menos de 75 cm de las paredes que conforman la estancia, lo que confirma lo que con la intuición y pura observación nos encontramos en las oficinas que habitualmente visitamos, donde las estanterías, los ordenadores, los armarios, etc..., se encuentran o pegados a las paredes o muy próximos (Figura 103).

<sup>138</sup> Así lo recoge el profesor Gary C. Hart en *HART, 1982*.

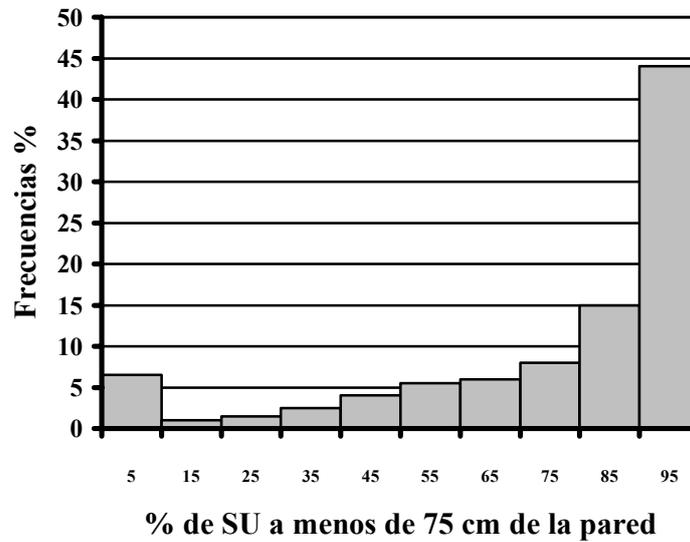


Figura 103 Histograma de frecuencias del % de SU localizado a menos de 75 cm de la pared

Los valores representativos del histograma de la Figura 102 son los siguientes:

- N° de observaciones: 1.354
- Valor máximo de SU: 100 %
- Valor mínimo SU: 0 %
- Valor medio SU: 75,6 %
- Desviación típica: 28,0 %

La distribución de los enseres que, de forma habitual, conforman la sobrecarga de uso en oficinas es la reflejada en la Tabla 75, donde, en oficinas públicas, podemos observar como para el caso de armarios, el 95,7 % se encontró a menos de 75 cm de las paredes, mientras que los asientos, sillas y sillones, sólo el 35 % se encontraban cerca de las paredes. ES también significativo ver que los porcentajes de distribución de los objetos difieren muy poco entre formar parte de oficinas públicas o privadas.

Objetos	Valor medio del % de enseres localizados a menos de 75 cm de la pared	
	Oficinas públicas	Oficinas privadas
Escritorio	55,1	55,5
Mesa	69,8	61,8
Armarios	95,7	84,6
Estanterías	72,5	81,7
Asientos	35,0	31,8
Varios	65,2	54,7

Tabla 75 Distribución espacial de la sobrecarga de los enseres habituales de oficinas

## **Capítulo 3**

### **Investigación: objetivos, plan experimental, y resultados**

## Capítulo 3

### 3.- Investigación: objetivos, plan experimental, y resultados

#### 3.1.- Objetivos de la investigación

En el campo de la evaluación de sobrecargas de uso, tanto en la introducción como en el estado y análisis de la cuestión, se han puesto de manifiesto varias premisas que encauzan de alguna forma los objetivos de esta investigación.

Desde los inicios de la reglamentación en materia de estructuras, tanto en España como en otros países, se ha utilizado el concepto de sobrecarga de uso en términos deterministas, bien por estimación de los responsables de su evaluación o acudiendo a valores tabulados previamente prefijados en función del uso concreto. (*Véanse: Normas-41, UNE24003/53, MV-101-62, etc...*).

Las técnicas actuales de fiabilidad estructural exigen un modelado de las acciones que, recojan su carácter estocástico, y muy especialmente en el caso de acciones variables como el de las sobrecargas de uso (*Tanner, 1995; Tanner, 2000; Arrieta, 1998*).

La evaluación de estructuras está necesitando de procedimientos distintos para situaciones de proyecto (estructuras por construir) que para situaciones de peritación y/o comprobación (estructuras ya construidas). Así, la actual EHE ya contempla, aunque levemente, una formulación distinta para el dimensionamiento de secciones de hormigón armado según el método de Estados Límites y para su comprobación. (*Anexo 8, EHE-98*).

La inclusión del carácter probabilista de las sobrecargas de uso, está descargando al menos en dos factores su dependencia, esto es, la superficie tributaria de carga y el tipo de elemento estructural. Así lo recogió ya el Código Modelo de 1978 en sus Apéndices 2 y 3 según trabajos previos del *Joint Committee on Structural Safesty*, y en la mayoría de las normas al respecto se han incluido y se incluyen reducciones de los valores deterministas de las sobrecargas de uso, en función del número de plantas que cargan sobre el elemento en estudio (véase, p.e, nuestra actual *NBE-AE-88*).

Un concepto suficientemente avanzado y sencillo en la evaluación de sobrecargas de uso lo representa el área de influencia, entendida como *superficie de forjado vinculada estructuralmente a un elemento que, de estar cargada en alguna medida, conlleva una probabilidad significativamente diferente de cero de que el elemento reciba carga*. (*CM-78; ANSI-A 58.1-82*). Especial mención en la aplicación del área de influencia lo representa la norma americana *ANSI-A 58. 1-82*. El reciente Eurocódigo 1, introduce referencias suficientemente significativas a este concepto si bien no de forma explícita, sino acudiendo al conjunto de superficie tributaria y elemento estructural para dar formulaciones que las contienen (*EC 1-2-1. 1991, parte 2.1*).

<b>País/norma</b>	<b>Sobrecarga Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Referencia</b>
Suiza	200	(Baud,1978) Cap. IX apart. 1
Francia	175	(Baud,1978) Cap. IX apart. 1
Alemania DIN 1055	150-200	(Neufert, 1995) DIN 1055 p 3 <sup>a</sup>
EEUU ANSI-82 A.58	195	(White, R.N; Salmon,C.G) ANSI-82 Tabla 2.1
EEUU UBC-88	195	(Hart, G.C) pag.139 (Parker-Ambrose,1996) Tabla 11.3 UBC-88
Código Modelo 1978	153	(CM,1978), Apéndice 3
Código Modelo 1990	153	(CM, 1990)
España- Normas -41	150-200	(MG- Normas-41) Capítulo 1, apart. 2º Sobrecargas
España UNE 24003/53	150-200	(IRANOR, UNE 1953)
España MV-101/62	150-200	(MV-101/62) Tabla 3.1
España NTE-ECG/76	200	(NTE-ECG/76) Tabla 19
España NBE-AE-88	200	(NBE-AE-88) Tabla 3.1
España/Cataluña NRE- AEOR/73	Evaluación pormenorizada	Decreto 314/93 Generalitat de Catalunya
Eurocódigo 1	204	(EC 1-2-1) Tabla 6.1

Tabla 76 Valores deterministas de sobrecargas de uso de vivienda según distintas normas

Por otro lado, las exigencias de fiabilidad cuando se trata de estructuras con patologías exige una redefinición de las sobrecargas de cálculo, para lejos del concepto antiguo de actuar del lado de la seguridad pasar a la evaluación del lado de la realidad, según fases sucesivas de análisis que contemple como factor determinante el nivel de información disponible como elemento corrector de la incertidumbres iniciales. (Arrieta,

1998 ; Tanner, 1995; Tanner, 2000; Sobrino, 2000, ). Esta redefinición exige diferentes formas de evolución en función de la fase de análisis, de tal forma que el avance en la información contrastada y veraz se vea acompañada de métodos de evaluación de las cargas suficientemente afinados, que incluyan desde la simple determinación tabulada, pasando por valores probabilistas función del área tributaria de carga y del tipo de elemento estructural, hasta una evaluación pormenorizada para cada caso como actualmente pregonaba la *NRE-AEOR-93 (Norma Reglamentaria d'edificació sobre accions en l'edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d'edificis d'habitatgers)* del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat Catalunya.

En el caso de sobrecargas de uso para viviendas, los valores deterministas y tabulados pretenden aportar el valor característico de su función de distribución, estando el valor más representativo de las normas consultadas (Tabla 76) en entorno a los 200 Kg/m<sup>2</sup>, que es el valor de la actual *NBE-AE-88* y del que de forma aproximada establece el Eurocódigo 1 (2 KN/m<sup>2</sup>, aproximadamente 204 Kg/m<sup>2</sup>), pero sus cuantificaciones no responden estrictamente a la consideración de valor característico como aquel que garantiza un 95% de probabilidad de no ser superado en una distribución normal de variables estocásticas (*Calavera, 1985 apart. 26.4.2.b*).

Con base en las premisas enumeradas y en las consideraciones contenidas en los capítulos anteriores, se ha considerado oportuno fijar los siguientes **objetivos** en esta investigación:

1º.- Elaborar una muestra suficientemente representativa de datos sobre la sobrecarga de uso realmente obtenida mediante la inspección de distintas tipologías de viviendas actuales.

2º.- Cuantificar el valor característico de la función de distribución obtenida y contrastarlo con las normas más representativas de nuestro actual panorama inmediato, esto es, la *NBE-AE-88*, el Eurocódigo 1 y el Código Modelo de 1990.

3º.- Analizar la influencia del área tributaria de carga y del tipo de elemento estructural en la cuantificación de la sobrecarga de uso, introduciendo el concepto de área de influencia, y establecer la función más ajustada a los datos obtenidos de la experimentación y contrastarlos con las normas americanas y europeas que contemplan tales relaciones.

4º.- Aportar un método de evaluación pormenorizada de sobrecargas de uso, especialmente para el caso de peritaciones, y contrastarlo con el propuesto por la *NRE-AEOR-93*.

En definitiva, los objetivos anteriores confluyen en uno solo, esto es: para el caso de viviendas, aportar una metodología de evaluación de sobrecargas de uso que incluya tres procedimientos en función del nivel de afinamiento que exija el tipo de actuación prevista, es decir:

- 1.- La utilización del valor característico, admisible para fases de proyecto y de peritación en su fase inicial: **método determinista**.
- 2.- La utilización de formulaciones que vinculen la sobrecarga de uso al concepto de área de influencia (superficie tributaria + tipo de elemento estructural), adecuado para situaciones de proyecto y de peritación en su fase intermedia: **método del área de influencia**.
- 3.- La utilización de un método pormenorizado de evaluación de la sobrecarga de uso para el caso de peritación en su fase última: **método de la evaluación pormenorizada**.

### 3.2.- Plan experimental. Metodología

Con los objetivos fijados, se ha diseñado un plan experimental que permita su consecución, así como, la obtención de parámetros complementarios que puedan ser analizados con posterioridad.

#### 3.2.1.- Características del plan

Para describir las características del Plan se desarrollan a continuación los tres aspectos siguientes:

- a) Descripción: muestra, datos y parámetros
- b) Resultados de la muestra
- c) Extrapolación de resultados. Resultados ponderados

##### *a) Descripción del experimento*

El experimento ha consistido en **inspeccionar una muestra de 630 viviendas**, localizadas en el ámbito de la **Región de Murcia**, elaborando 630 fichas que contienen datos analíticos (Tabla 78) y gráficos (Tabla 79) donde se reflejan los **datos y parámetros** siguientes:

##### **Datos:**

- **Datos de estancia (DE):**
  - Superficie útil de la estancia
  - Uso de las estancia
  - Tipo, cantidad y peso del mobiliario o elemento que contiene
  - Nº y peso de habitantes habituales
  
- **Datos de la vivienda (DV):**
  - Localización de la vivienda
  - Fecha de la inspección
  - Tipología (aislada, adosada o en bloque)
  - Tipo de promoción (libre, VPO o pública)
  - Edad

Con los datos anteriores se han obtenido 2 tipos de parámetros:

##### **Parámetros:**

- **Parámetros de estancia (PE)**, referidos exclusivamente a cada una de las estancias de las viviendas inspeccionadas:
  - Sobrecarga de uso media de mobiliario de cada estancia
  - Sobrecarga de uso media de habitantes de cada estancia
  - Sobrecarga de uso media total de cada estancia
  - Frecuencia relativa de las sobrecargas anteriores en función de la superficie útil de la estancia
  
- **Parámetros de vivienda (PV)**, que conciernen a cada una de las 630 viviendas de la muestra, agrupando los correspondientes a sus estancias.
  - Superficie útil total
  - Peso total de mobiliario
  - Valor máximo, medio y mínimo de la sobrecarga de uso de mobiliario
  - Valor máximo, medio y mínimo de la sobrecarga de uso de habitantes
  - Valor máximo, medio y mínimo de la sobrecarga de uso total
  - Desviación típica de la sobrecarga de uso de mobiliario
  - Desviación típica de la sobrecarga de uso de habitantes
  - Desviación típica de la sobrecarga de uso total
  - Valor característico de la sobrecarga de uso de mobiliario
  - Valor característico de la sobrecarga de uso de habitantes
  - Valor característico de la sobrecarga de uso total
  - Valor característico de la sobrecarga de uso total referida a superficie construida

#### ***b) Resultados de la muestra (RM)***

Con los parámetros anteriores se han obtenido dos tipos de resultados que involucran a la totalidad de la muestra (630 viviendas):

**Resultados de la muestra por estancias (RME):** obtenidos de agrupar los datos de las distintas estancias de uso homogéneo (recibidores, salones, cocinas, etc...):

- Superficie útil media de cada estancia, en viviendas aisladas
- Superficie útil media de cada estancia, en viviendas adosadas
- Superficie útil media de cada estancia, en viviendas en bloque
- Superficie útil media de cada estancia, en todas las viviendas
- Desviación típica de cada estancia, según la tipología de vivienda
- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de cada estancia, en viviendas aisladas
- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de cada estancia, en viviendas adosadas
- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de cada estancia, en viviendas en bloque

**Resultados de la muestra por viviendas (RMV):** obtenidos de agrupar los datos de las 630 viviendas inspeccionadas según diferentes valores, que en este caso se han referido a superficie útil y a superficie construida. Los valores son:

- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de las viviendas aisladas.
- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de las viviendas adosadas.
- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de las viviendas en bloque.
- Desviación típica de la sobrecarga de uso de las viviendas aisladas, adosadas y en bloque
- Sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica de todas las viviendas de la muestra.

**c) Extrapolación de resultados. Resultados ponderados (RP)**

Los resultados obtenidos para la muestra (RM), han sido extrapolados a la totalidad del País, obteniendo los que hemos llamado, **Resultados ponderados (RP)**, utilizando los coeficientes de ponderación obtenidos de la Tabla 77, donde se muestran los porcentajes de reparto de las tres tipologías principales de las viviendas españolas-aisladas, adosadas y en bloque -, según los últimos datos del Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS, 2001) y según la proyección propia de datos que se obtuvo con los Censos de Población y Vivienda de 1970, 1980 y 1990 del Instituto Nacional de Estadística (INE).

	Número	%
Viviendas aisladas (1)	28	28 %
Viviendas adosadas (2)	12	12 %
Viviendas en bloque (3)	60	60 %

Tabla 77 Porcentaje de reparto del número de viviendas según su tipología<sup>139</sup>

El procedimiento de extrapolación ha consistido en agrupar los datos de las tres tipologías en  $DE_i$  y  $DV_i$  y obtener los parámetros  $PE_i$  y  $PV_i$  para cada una de las tipologías y, a continuación, sumar los valores de los resultados  $RME_i$  y  $RMV_i$ , de cada tipología, ponderados con los porcentajes de la Tabla 77. Es decir:

(Ec. 84)

$$RPE = RME_1 \cdot 28\% + RME_2 \cdot 12\% + RME_3 \cdot 60\%$$

<sup>139</sup> Datos proporcionados por el CIS (CIS, 2001) y contrastados con la proyección de los Censos de Población y Vivienda de 1970, 1980 y 1990 del Instituto Nacional de Estadística. Ver apartado de "Estadísticas Recientes" de este trabajo.

; siendo:

$RPE$  = Resultados ponderados por estancias  
 $RME_1$  = Resultados de la muestra por estancias de viviendas aisladas  
 $RME_2$  = Resultados de la muestra por estancias de viviendas adosadas  
 $RME_3$  = Resultados de la muestra por estancias de viviendas en bloque

(Ec. 85)

$$RPV = RMV_1 \cdot 28\% + RMV_2 \cdot 12\% + RMV_3 \cdot 60\%$$

; siendo:

$RPV$  = Resultados ponderados de viviendas  
 $RMV_1$  = Resultados de la muestra por viviendas aisladas  
 $RMV_2$  = Resultados de la muestra por viviendas adosadas  
 $RMV_3$  = Resultados de la muestra por viviendas en bloque

Siguiendo el procedimiento contenido en las ecuaciones (Ec. 84) y (Ec. 85) y por tanto ponderando los resultados  $RME_i$  y  $RMV_i$  según los coeficientes de la Tabla 77, obtendremos los resultados definitivos de la investigación, extrapolados para todo el País a partir de los que se obtuvieron para la muestra de 630 viviendas inspeccionadas en la Región de Murcia. Los resultados se han agrupado en los mismos factores que los de la muestra, de tal forma que su comparación sea sencilla y ágil, no sólo en la discusión de este trabajo, sino para cualquier otro investigador u observador que quiera profundizar aun más en los datos y parámetros aportados. Los factores evaluados son:

- **Resultados ponderados por estancias ( $RPE$ ):** obtenidos de agrupar los resultados ponderados de las distintas estancias de uso homogéneo (recibidores, salones, cocinas, etc...) de cada una de las tres tipologías:
  - Superficie útil media ponderada de cada estancia
  - Sobrecarga de uso característica ponderada de cada estancia
- **Resultados ponderados por viviendas ( $RPV$ ):** obtenidos de agrupar los resultados ponderados de las viviendas de cada tipología, y de cómo en los resultados de la muestra, referidos a la superficie útil y a la construida. Los valores son:
  - Sobrecarga de uso máxima, mínima y media ponderadas de vivienda
  - Desviación típica de la sobrecarga de uso ponderada de vivienda
  - Sobrecarga de uso característica ponderada de vivienda

### 3.2.2.- Modelos de fichas de datos y parámetros

La recopilación de datos y parámetros de las 630 viviendas inspeccionadas se ha llevado a cabo según dos modelos de fichas tipo:

- La ficha de datos y parámetros analíticos (FA)..... Tabla 78
- La ficha de datos gráficos (FG)..... Tabla 79

La primera de las fichas se ocupa de reflejar en las distintas columnas, filas y celdas en general, los datos que se han consignado en el modelo de la Tabla 78 . La segunda recoge un levantamiento a escala de la distribución de la vivienda inspeccionada, incorporando la localización de las distintas estancias, la superficie útil de cada una, y la superficie útil total de la vivienda.

El levantamiento que refleja de la ficha de la Tabla 79 recoge, además de la distribución, la disposición del mobiliario que define el uso de la estancia y que forma parte de la evaluación de pesos que se detalla en la ficha analítica. No obstante, por la dificultad de reflejar a la escala de trabajo (entre 1/100 y 1/200) todos los enseres, sólo se han representado los más afines al uso, dejando para el contenido de la ficha de datos analíticos la exhaustividad de la evaluación de elementos y pesos.

La información completa de cada una de las viviendas estudiadas está formada por el conjunto de páginas necesario, en función de sus características y número de estancias, para dar respuesta a los ítem de la ficha analítica y la ficha gráfica.

Las fichas se presentan ordenadas desde la número 001 a la número 630 en el **ANEJO DE FICHAS DE VIVIENDAS**, en tomo aparte y según el siguiente índice:

Inspecciones y elaboración de las fichas	Pág. 1
Aclaraciones al contenido de las fichas	Pág. 6
Fichas gráficas y analíticas de viviendas aisladas	V001-V088
Fichas gráficas y analíticas de viviendas adosadas	V089-V233
Fichas gráficas y analíticas de viviendas en bloque	V234-V630

Ficha de datos y parámetros analíticos n°: FA V000

Localización vivienda									Fecha Inspección			
Tipología		Aislada	Adosada		En bloque		Promoción		Libre	VPO	Pública	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Estancia	S. Útil (m <sup>2</sup> )	Mobiliario y Elementos				Habitantes			Sobrecarga (Kg/m <sup>2</sup> ) (Sobre superficie útil)			
		Tipo	Uds	Peso (Kg)		Uds	Peso (kg)		Mobiliario	Habitantes	Total	
Ud	Total			Ud	Total		( $\sum 6$ )/2	( $\sum 9$ )/2	10+11			
									Frecuencia relativa ( $f_i$ )			
									$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	
									Frecuencia relativa ( $f_i$ )			
									$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	
									Frecuencia relativa ( $f_i$ )			
									$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	
									Frecuencia relativa ( $f_i$ )			
									$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	
									Frecuencia relativa ( $f_i$ )			
									$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$	
Total S. Útil		Total Peso Mobiliario (Kg)							Suma frecuencias	<b>1,000</b>		
Coefic. $\beta$ S.Útil/S.Constr	<b>Resultados Sobrecarga de Uso Kg/m<sup>2</sup> sobre S. Útil</b>											
	Valor máximo											
	Valor mínimo											
	Valor medio											
	Desviación típica											
Valor característico Sobrecarga de Uso (Kg/m <sup>2</sup> ) sobre S. Constr.	Valor característico											

Tabla 78 Modelo de ficha tipo de datos y parámetros analíticos

**Ficha Gráfica. Planta de distribución de la vivienda n° : FG V000**

<b>Localización vivienda</b>				<b>Fecha de inspección</b>			
				<b>Edad (años)</b>			
<b>Tipología</b>	<b>Aislada</b>	<b>Adosada</b>	<b>Bloque</b>	<b>Promoción</b>	<b>Libre</b>	<b>VPO</b>	<b>Pública</b>
							Escala.:
<b>Total superficie útil de la vivienda</b>							<b>m2</b>

Tabla 79 Modelo de ficha de datos gráficos

Los datos analíticos de la inspección de las 630 viviendas se han registrado en sendas fichas cuyo modelo tipo se recoge en la Tabla 78. La ficha consta de dos tipos de datos (*DE* y *DV*)<sup>140</sup>, y de dos tipos de parámetros (*PE* y *PV*)<sup>141</sup>.

La definición y tipo de respuesta que se corresponde con cada ítem se indica en los epígrafes que siguen.

**Localización de la vivienda:** Se recoge la dirección postal de la vivienda indicando, si se conocen, los siguientes datos: nombre de la calle (plaza, avenida, etc), número, nombre del edificio, planta y puerta de la vivienda, barrio, localidad, código postal y municipio.

**Fecha de la inspección:** Se refiere a la fecha de inspección de la vivienda, que en general es la misma que para todas sus estancias. Cuando se ha requerido más de un día para todas las estancias, se ha tomado como fecha de inspección de la vivienda el último de los días utilizado para finalizar la inspección de sus estancias. La fecha se ha recogido con la simbología *dd/mm/2001*; siendo *dd*, el día del mes con dos dígitos; y *mm*, el mes del año con dos dígitos

**Edad de la vivienda:** Se ha indicado la edad de la vivienda, entendiendo por tal los años transcurridos desde que se finalizaron las obras originales de la edificación, hasta la fecha de la inspección. Cuando el dato no ha podido ser contrastado con suficientes garantías de certeza, se ha estimado con un margen de error aceptable.

**Tipología:** Se ha indicado rellenando de gris alguno de los tres cuadros que permiten identificar las tres tipologías más comunes en la actualidad. Esto es: vivienda aislada, vivienda adosada y vivienda en bloque. Se entiende por vivienda aislada, la que está exenta en todos sus frentes ; se viene a corresponder con el chalet unifamiliar rodeado de jardín, huerta, o en general terreno. La tipología de vivienda adosada, es la de la vivienda, de pleno dominio en altura (vuelo), con alguna pared medianera o colindante con otra vivienda; se corresponde con los habituales dúplex o triples en hilera. Incluye esta tipología las viviendas pareadas, es decir, la contenida en un bloque aislado de dos viviendas adosadas. La tipología de vivienda en bloque se corresponde con cualquier vivienda inmersa en un bloque de viviendas (bloque colectivo), generalmente en altura, con elementos comunes en planta y alzado, independientemente de que el bloque sea aislado o entre medianeras.

**Promoción:** Se identifica el tipo de promoción acudiendo a las características de la financiación que primó en el momento de construir la vivienda. Así, se reseña el tipo rellenando de gris alguna de las tres casillas que se corresponden con los tres tipos de financiación más habituales en España, esto es, promoción libre, promoción *VPO*, y promoción pública. Se entiende por promoción libre la que, fundamentalmente, se abastece de financiación privada. Se entiende por promoción *VPO* la que obtuvo tal calificación de forma definitiva en el momento de su finalización. Se ha considerado

---

<sup>140</sup> *DE*: Datos de estancia; *DV*: Datos de vivienda

<sup>141</sup> *PE*: Parámetros de estancia; *PV*: Parámetros de vivienda

*promoción pública*, la que se financia con fondos públicos y está gestionada por la Administración local, regional o estatal.

**Columna 1 “estancia**: Recoge el nombre de la estancia inspeccionada en función del uso principal que se desempeña en ella, para lo que se ha elegido alguno de los nombres que siguen: recibidor, salón, comedor, salón comedor, cocina, dormitorio (1, 2, 3, 4, ...), despacho, baño (1, 2, 3,...), aseo (1, 2,...), trastero, galería, lavadero, terraza (1,2,...), pasillo y distribuidor. Cuando el uso no se corresponde exactamente con uno de los nombres aludidos, se ha utilizado el más afín. Especialmente significativo es el uso de salón, comedor, o salón-comedor, reseñándose cualquiera de ellos en función de la realidad física encontrada en la inspección.

**Columna 2 “Superficie útil”**: Se ha indicado el tamaño de la habitación utilizando la superficie libre interior de la estancia en metros cuadrados. En general la superficie se ha obtenido por el producto de dos medidas perpendiculares, cuando la estancia es sensiblemente rectangular; cuando la forma de la estancia es irregular se ha descompuesto en el menor número de porciones regulares para obtener la superficie útil total sumando los valores parciales. Cuando en un mismo espacio de desarrollan varios usos, se le ha asignado una porción de la superficie total a cada uso o estancia considerada. En el caso de terrazas o galerías, la superficie útil se corresponde con la real destinada a tal uso siempre que estén cubiertas, y su tamaño no sea superior al 10% de la superficie útil de la vivienda (si resulta superior al 10%, la superficie útil considerada ha sido el 10%). En cualquier otro caso, no se han considerado, indicándose expresamente en la ficha, el motivo.

**Columna 3 “Tipo de mobiliario”**: En esta columna, se ha recogido la denominación de los muebles y elementos habituales en viviendas. La denominación del mueble se ha singularizado para cada estancia según el nombre que generalmente recibe. Así, cuando se recoge “silla” en salón, y por ejemplo también en cocina, éstas, son sillas distintas; la primera se refiere a silla de comedor, y la segunda a silla de cocina; ambas tienen peso característico distinto. Por otro lado, cuando el peso del mueble se vincula a la magnitud, se denomina con su nombre habitual y la unidad que le refiere la magnitud, por ejemplo: para *librerías de salón* se utiliza la especificación de, *alta o baja*, y el *metro lineal*. Una relación de referencia se encuentra en la **Tabla A de pesos de mobiliario y elementos habituales en viviendas** que se recoge en los apartados siguientes como resumen del estado de pesos compuestos *Anexo 1*<sup>142</sup>.

**Columna 4 “Unidades” (Uds.)**: Se refiere al número de elementos o muebles recogidos en la columna 3, cuando el tipo no conlleva magnitud. Se refiere, por tanto, a la cantidad expresada en la unidad referida en la columna 3 del elemento reseñado. Por ejemplo: silla pequeña, 4 Uds.: encimera (ml), 6,5 ml.

**Columna 5 “Peso Kg/ud”**: Se recoge en esta columna el peso unitario del tipo de mueble o elemento. Cuando el mueble viene referido en número de elementos, el peso es el de cada elemento; por ejemplo: lavavajillas, 102 Kg/ud. Cuando el mueble viene

---

<sup>142</sup> Anexo 1: Pesos unitarios, auxiliares y compuestos de mobiliario y elementos habituales en viviendas.

referido en unidades de magnitud, el peso se refiere al peso unitario de la unidad de magnitud; por ejemplo; mueble alto de salón (ml), 100 Kg/ml. En ausencia de datos, específicamente obtenidos para cada mueble o elemento, se ha utilizado la **Tabla A de pesos de mobiliario y elementos habituales en vivienda** que se recoge en los apartados que siguen, y cuyo contenido es el resultado del desarrollo contenido en el “**Anexo I de pesos unitarios, auxiliares y compuestos de mobiliario y elementos de viviendas**” basado en datos extraídos de diferentes organizaciones vinculadas al mueble y sus complementos: Centro Tecnológico del Mueble de Murcia (*CETEM*), Federación Española de Organizaciones Empresariales de la Industria del Mueble (*FEOPIM*), Instituto Tecnológico del Mueble y Afines (*AIDIMA*), distintos fabricantes de electrodomésticos, fabricantes y montadores de cocinas, etc; así como los datos contenidos en las distintas normas que incluyen valores de peso de elementos o sus componentes: *NRE-AEOR-93*, *NBE-AE-88*, Eurocódigo 1 parte 2-1, *NTEs*.

**Columna 6 “Peso total”:** Recoge el producto de la columna 4 por la columna 5. Representa al peso total de los elementos del mismo tipo que existen en cada estancia. La unidad utilizada en el Kg. Es decir:  $(6)=(4)\times(5)$ .

**Columna 7 “Uds. habitantes”:** Se indica en esta columna el número de habitantes que corresponde al uso característico de cada estancia. Cuando el número obtenido de la inspección y encuesta paralela es inferior al contenido en la **Tabla B de habitantes según estancias de viviendas**, se ha utilizado el de la tabla, que en función del tipo de estancia y de su superficie aporta el número de usuarios característico del uso de la estancia, y en cualquier caso un número mínimo de habitantes. Los datos han sido obtenidos de los contenidos en la *NRE-AEOR-93*, así como de las previsiones de otras normas y reglamentos junto con las conclusiones extraídas de esta propia investigación.

**Columna 8 “Peso unitario de habitantes”:** Se adopta **75 Kg/habitante**, y representa el peso medio de los habitantes de la vivienda, adoptando los valores obtenidos por *STOUDT* y otros en la investigación<sup>143</sup> que realizó en los años 60 en *EE.UU*, así como los que determina la *NRE-AEOR-1993*.

**Columna 9 “Peso total (Kg)”:** Recoge el peso total de los habitantes característicos de cada estancia y se obtiene multiplicando los datos de la columna 7 por los de la columna 8. El resultado se expresa en Kg. Es decir:  $(9)=(7)\times(8)$

**Columna 10 “Sobrecarga de mobiliario sobre S. útil”:** Representa la repercusión del peso total de los muebles y elementos de cada estancia sobre su superficie útil. Se obtiene sumando los pesos totales de todos los tipos de elementos de cada estancia y dividirlos por la superficie útil de la estancia. Es decir, para cada estancia, el cálculo es el siguiente:

<sup>143</sup> *STOUDT, H.W; DAMON, A; MACFARLAND, R; ROBERTS, J.* “National Health Survey 1962: Weight, Height and Selection Body Dimension of Adults, United States 1960-1962”. Washington D.C: U.S Government Printing Office, Public Health Service Publication nº 1000 Series 11, nº 8, junio de 1965. Los datos de esta investigación se disponen en la referencia bibliográfica de GG, (*PANERO, 1985*).

$$(Ec. 86) \quad SU_{mobilierio} = \frac{\sum_1^p n_i p_i}{S_{util}}$$

siendo, para cada estancia:

$SU_{mobilierio}$  = Sobrecarga de uso del mobiliario de cada estancia sobre la superficie útil de la misma. (Kg/m<sup>2</sup>)

$n_i$  = Unidades del mueble o elemento tipo  $i$  Columna 4<sub>*i*</sub>

$p_i$  = Peso unitario del mueble o elemento tipo  $i$  (Kg/Ud) Columna 5<sub>*i*</sub>

$S_{util}$  = Superficie útil de la estancia (m<sup>2</sup>) Columna 2

**Columna 11 “Sobrecarga de habitantes sobre S. útil”:** Representa la repercusión del peso total de los habitantes característicos de cada estancia sobre su superficie útil. Se obtiene sumando los pesos totales de todos habitantes y dividirlos entre la superficie útil de la estancia. Es decir, para cada estancia, el cálculo es el siguiente:

$$(Ec. 87) \quad SU_{habitantes} = \frac{\sum_1^l h_i H_i}{S_{util}}$$

siendo, para cada estancia:

$SU_{habitantes}$  = Sobrecarga de uso de habitantes de cada estancia sobre la superficie útil de la misma. (Kg/m<sup>2</sup>)

$h_i$  = Unidades del mueble o elemento tipo  $i$  Columna 7<sub>*i*</sub>

$H_i$  = peso unitario del mueble o elemento tipo  $i$  (Kg/Ud) Columna 8<sub>*i*</sub>

$S_{util}$  = superficie útil de la estancia (m<sup>2</sup>) Columna 2

**Columna 12 “Sobrecarga total sobre S. útil”:** Representa la repercusión del peso total, muebles y habitantes, de cada estancia sobre su superficie útil. Se obtiene sumando los pesos totales de todos muebles y habitantes y dividirlos entre la superficie útil de la estancia. También se corresponde con la suma de las columnas 10 y 11. Es decir, para cada estancia, el cálculo es el siguiente:

$$(Ec. 88) \quad SU_{total} = \frac{\sum_1^p n_i P_i + \sum_1^l h_i H_i}{S_{util}} = SU_{muebles} + SU_{habitantes}$$

siendo, para cada estancia:

$SU_{total}$  = Sobrecarga de uso total de la estancia referida a su superficie útil

$SU_{habitantes}$  = Sobrecarga de uso de habitantes de cada estancia sobre la superficie útil de la misma. (Kg/m<sup>2</sup>)

$SU_{mobilierio}$  = Sobrecarga de uso del mobiliario de cada estancia sobre la superficie útil de la misma. (Kg/m<sup>2</sup>)

$n_i$  = Unidades del mueble o elemento tipo  $i$  Columna 4<sub>*i*</sub>

$P_i$ = peso unitario del mueble o elemento tipo $i$ (Kg/Ud)	Columna 5 <sub><i>i</i></sub>
$h_i$ = Unidades del mueble o elemento tipo $i$	Columna 7 <sub><i>i</i></sub>
$H_i$ = peso unitario del mueble o elemento tipo $i$ (Kg/Ud)	Columna 8 <sub><i>i</i></sub>
$S_{\text{útil}}$ = superficie útil de la estancia (m <sup>2</sup> )	Columna 2

**Frecuencia relativa ( $f_i$ ):** Para cada estancia, se ha obtenido la frecuencia con que se da la sobrecarga de esa estancia en el total de la vivienda. Para ello se ha utilizado el tanto por uno que representa la superficie útil de cada estancia respecto a la superficie útil total de la vivienda. Es decir:

$$(Ec. 89) \quad f_i = \frac{Su_i}{Su_{total}}$$

siendo:

$f_i$  = Frecuencia relativa de la estancia  $i$

$Su_i$  : Superficie útil de la estancia  $i$

$Su_{total}$ : Superficie útil total de la vivienda ;  $Su_{total} = \sum_1^n Su_i$

Bajo el valor de la frecuencia relativa , y para cada estancia, se ha incluido en la ficha, para los tres tipos de sobrecarga, el sumando correspondiente a la estancia  $i$  del radicando de la desviación típica de las sobrecargas de mobiliario, de habitantes y total, es decir de las columnas 10, 11 y 12, respectivamente. El proceso de cálculo, para cada estancia y tipo de sobrecarga, ha sido el siguiente:

$$(Ec. 90) \quad R_{it} = (SU_t^{media} - SU_t^i)^2 f_i$$

siendo:

$R_{it}$  = Sumando de la estancia  $i$  del radicando de la desviación típica de la  $SU$  tipo  $t$

$SU_t^{media}$  = Sobrecarga de uso media del tipo  $t$

$SU_t^i$  = Sobrecarga de uso de la estancia  $i$  y del tipo  $t$

$f_i$  = Frecuencia relativa de la estancia  $i$

$i$  = recibidor, salón, cocina, etc..., hasta  $k$  estancias

$t$  =  $SU_{\text{mobiliario}}$ ;  $SU_{\text{habitantes}}$ ;  $SU_{\text{total}}$

**Suma de frecuencias relativas:** Recoge la suma de todas las frecuencias relativas de cada estancia. Evidentemente su valor es siempre 1, al estar expresadas las relativas en tanto por uno. Es decir:

$$(Ec. 91) \quad \sum_1^k f_i = 1$$

siendo:

$f_i$  = Frecuencia relativa de la estancia  $i$

$k$  = N° de estancias de la vivienda

El interés en incluir en la ficha la suma de frecuencias radica en servir de referencia al lector del valor dado a cada estancia, así como servir de control en las hojas de calculo que se han confeccionado para su cálculo.

**Total superficie útil ( $Su_t$  o  $S. \text{útil}$ ):** Representa el total de la superficie útil de la vivienda inspeccionada, y se obtiene sumando las distintas superficie útiles de las estancias que la componen, expresadas en metros cuadrados (m2). Es decir :

$$(Ec. 92) \quad S_{util_t} = \sum_1^k S_{u_i}$$

siendo:

$S_{util_t}$  = Superficie útil total de la vivienda (m2)

$S_{u_i}$  = Superficie útil de la estancia  $i$ :  $i$  varía desde 1 a  $K$ , siendo  $K$  el número de estancias

**Total peso del mobiliario y elementos:** En esta casilla se recoge el peso total, en toda la vivienda, de la sobrecarga debida al mobiliario y otros elementos afines. El dato es importante por cuanto nos da una gran información sobre los valores habituales del peso de los objetos que suelen conformar el mobiliario de una vivienda. Se obtiene sumado los pesos parciales de mobiliario de cada estancia. Es decir:

$$(Ec. 93) \quad P_t = \sum_1^k P_i = \sum_{i=1}^k \left( \sum_1^e n_{ie} p_{ie} \right)_i$$

siendo:

$P_t$  = Peso total de mobiliario en la vivienda (Kg)

$P_i$  = Peso total del mobiliario de la estancia  $i$

$p_e$  = Peso unitario de cada mueble o elemento  $e$  de la estancia  $i$

$n_e$  = Número de muebles o elementos iguales al  $e$  en la estancia  $i$

**Coefficiente  $Su/Sc$  :** En esta casilla se ha reseñado la relación media entre la superficie útil y su superficie construida en función de la tipología de la vivienda, es decir, en función de ser una vivienda aislada, adosada, o en bloque. Los datos son el resultado de distintas fuentes, como el *CSCAE*, estudios particulares del *COAMU (ROLDÁN, 1990)* y fundamentalmente los del Anuario Estadístico de la Región de Murcia de la Dirección General de Economía y Estadística. Los valores utilizados son:

Tipología de vivienda	Relación Su/Sc
Aislada	0,88
Adosada	0,81
En bloque	0,78

**Valor máximo de la sobrecarga de uso sobre  $S_{\text{útil}}$  :** Para cada tipo de sobrecarga, se ha obtenido el máximo de los valores obtenidos en las distintas estancias de la vivienda. Es decir, se aporta el valor máximo de sobrecargas de mobiliario (máximo de la *columna 10*), el máximo de sobrecarga de habitantes (máximo de la *columna 11*), y el máximo de

la sobrecarga total de las estancias (máximo de la *columna 12*). El valor se ha obtenido como sigue:

$$(Ec. 94) \quad SU_{mobilierio}^{máximo} = \max[SU_{mobilierio}^i]_{i=1}^{i=k}$$

$$(Ec. 95) \quad SU_{habitantes}^{máxima} = \max[SU_{habitantes}^i]_{i=1}^{i=k}$$

$$(Ec. 96) \quad SU_{total}^{máxima} = \max[SU_{total}^i]_{i=1}^{i=k}$$

siendo:

$SU_t^{máxima}$  = Sobrecarga de uso máxima del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )  
 $SU_t^i$  = Sobrecarga de uso en la estancia  $i$ , del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

**Valor mínimo de la sobrecarga de uso sobre  $S_{útil}$ :** Para cada tipo de sobrecarga, se ha obtenido el mínimo de los valores obtenidos en las distintas estancias de la vivienda. Es decir, se aporta el valor mínimo de sobrecargas de mobiliario (mínimo de la *columna 10*), el mínimo de sobrecarga de habitantes (mínimo de la *columna 11*), y el mínimo de la sobrecarga total de las estancias (mínimo de la *columna 12*). El valor se ha obtenido como sigue:

$$(Ec. 97) \quad SU_{mobilierio}^{mínima} = \min[SU_{mobilierio}^i]_{i=1}^{i=k}$$

$$(Ec. 98) \quad SU_{habitantes}^{mínima} = \min[SU_{habitantes}^i]_{i=1}^{i=k}$$

$$(Ec. 99) \quad SU_{total}^{mínima} = \min[SU_{total}^i]_{i=1}^{i=k}$$

siendo:

$SU_t^{mínima}$  = Sobrecarga de uso mínima del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )  
 $SU_t^i$  = Sobrecarga de uso en la estancia  $i$ , del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

**Valor medio de la sobrecarga de uso sobre  $S_{útil}$ :** Para cada tipo de sobrecarga, se ha obtenido el valor medio de la sobrecarga de uso de la vivienda sumando, los productos del valor de la sobrecarga de uso de cada estancia por la frecuencia relativa con que se presenta en la vivienda, tal y como se indica en las ecuaciones que siguen. Es decir, se aporta el valor medio de sobrecargas de mobiliario (valor medio de la *columna 10*), el valor medio de sobrecarga de habitantes (valor medio de la *columna 11*), y el valor medio de la sobrecarga total de las estancias (valor medio de la *columna 12*). Así tenemos:

$$(Ec. 100) \quad SU_{mobilierio}^{media} = \sum_1^k f_i SU_{mobilierio}^i$$

$$(Ec. 101) \quad SU_{habitantes}^{media} = \sum_1^k f_i SU_{habitantes}^i$$

$$(Ec. 102) \quad SU_{total}^{media} = \sum_1^k f_i SU_{total}^i$$

siendo:

$SU_t^{media}$  = Sobrecarga de uso media del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

$SU_t^i$  = Sobrecarga de uso en la estancia  $i$ , del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

$f_i$  = Frecuencia relativa de la estancia  $i$

**Desviación típica (s):** Para cada tipo de sobrecarga, se ha obtenido la desviación típica de los resultados de sobrecarga obtenidos en las distintas estancias de la vivienda. Es decir, se ha calculado la desviación típica de las sobrecargas de mobiliario (desviación típica de los valores de la *columna 10*), la desviación típica de las sobrecargas de habitantes (desviación típica de los valores de la *columna 11*), y la desviación típica de las sobrecargas totales (desviación típica de los valores de la *columna 12*). El proceso de cálculo ha consistido en sumar todos los valores proporcionados por la (Ec. 90) para cada tipo de sobrecarga y obtener su raíz cuadrada, es decir:

$$(Ec. 103) \quad s_t = \sqrt{\sum_1^k (SU_t^{media} - SU_t^i)^2 f_i}$$

siendo:

$s_t$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

$SU_t^{media}$  = Sobrecarga de uso media del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

$SU_t^i$  = Sobrecarga de uso en la estancia  $i$ , del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

**Sobrecarga de uso característica sobre  $S_{util}$ :** Admitiendo una distribución normal, se ha calculado el valor característico (95% de nivel de confianza) de las sobrecargas de uso de cada tipo  $t$ , según las tres ecuaciones recogidas en el conjunto dado en (Ec. 104). El cálculo ha sido el siguiente:

$$(Ec. 104) \quad SU_t^{caract} = SU_t^{media} \left( 1 + 1,64 \frac{s_t}{SU_t^{media}} \right)$$

siendo:

$SU_t^{caract}$  = Sobrecarga de uso característica del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

$s_t$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

$SU_t^{media}$  = Sobrecarga de uso media del tipo  $t$  ( $t= mobiliario, habitantes o total$ )

**Sobrecarga de uso característica sobre  $S_{construida}$ :** El valor obtenido para la sobrecarga de uso característica total ( $SU_t^{caract}$ ) está referido a la superficie útil de las distintas estancias y de la vivienda en general, sin embargo, la forma habitual de introducir los valores de la sobrecarga en una estructura de edificación es sobre la superficie construida de la zona donde actúa el uso en cuestión, en este caso, el de vivienda; por ello, parece conveniente dar el valor de la sobrecarga de uso referido a las superficie construida, para lo que se ha hecho uso de la relación  $Su/Sc$  contenida en la casilla superior, que es función de la tipología de la vivienda, esto es, aislada, adosada o en bloque. Las ecuaciones de cálculo son las siguientes:

$$(Ec. 105) \quad SU_{k,sc} = SU_t^{cacact} \cdot \alpha$$

siendo:

$SU_{t,sc}$  = Sobrecarga de uso característica de la vivienda referida a sup. constr. ( $Sc$ )

$SU_t^{caract}$  = Sobrecarga de uso característica de la vivienda referida a sup. útil ( $Su$ )

$\alpha$  = Coeficiente adimensional;  $\alpha = Su/Sc$

$\alpha = 0.88$  (aisladas)     $\alpha = 0.81$  (adosadas)     $\alpha = 0.78$  (bloque)

### 3.2.3.- Tablas de evaluación de pesos de muebles

Los valores representativos del peso de los distintos muebles, con el uso adecuado a la estancia a que sirven, se recogen en la Tabla 80 (*Tabla A de pesos de mobiliario y elementos habituales en viviendas*), cuyo contenido, en la columna de *peso con grado específico medio*, es un resumen tabulado del procedimiento recogido en el Anexo 1, basado en el método tradicional, sobre todo en el campo de la econometría arquitectónica, de evaluación de valores mediante su composición con valores unitarios y auxiliares de más inmediata y afinada obtención<sup>144</sup>. En la introducción del anexo 1 se recoge los argumentos que justifican su elaboración, así se indica:

*“La ausencia de estudios, suficientemente completos y representativos, sobre el peso de mobiliario y elementos afines que incluya su contenido y uso habitual en las viviendas españolas, me ha llevado a plantear como primera aproximación a un estado completo de tales valores, el anexo que ahora desarrollo. Es un anexo que recoge los tres escalones de descomposición de valores, a los que en el ámbito de los precios, los arquitectos, estamos muy habituados; es decir, se han elaborado las tablas iniciales de pesos unitarios, con densidades y datos suficientemente contrastados con las normas españolas y el Eurocódigo 1; en segundo lugar, se acompaña un estado de pesos auxiliares, que contienen las agrupaciones, tanto de materiales de fabricación como de contenido, que de forma casi generalizada se repiten en la mayoría de los elementos; y por último, se han desarrollado los pesos compuestos con base en los unitarios y auxiliares anteriores. Es un esquema bastante conocido que espero que sirva para desarrollar, en un futuro, un cuadro más amplio y genérico, para facilitar la evaluación de sobrecargas de uso en viviendas y, quizás también, en otros usos.”*

La tabla se desarrolla en siete columnas, tituladas: estancia, mueble o elemento, dimensiones representativas, peso con grado de específico bajo, medio y alto, y observaciones. La búsqueda de un peso concreto se realiza a partir del grupo que implica la estancia donde está el mueble o elemento. Así, para buscar el peso de una silla de cocina, se selecciona el bloque de estancia denominado “Cocina” y se elige el peso de la silla en cuestión. Cada columna responde al contenido y características que se indican a continuación:

**Estancia:** Se recoge en esta casilla la denominación de la habitación de la vivienda en función del uso principal. Los nombres utilizados son: recibidor, salón, comedor, cocina, dormitorio, baño-aseo, trastero, galería-lavadero, pasillo, distribuidor, despacho, terraza, y uso general, este último para albergar aquellos elementos que pueden formar parte, habitualmente, de la decoración o uso de cualquier habitación. Cuando la estancia en

<sup>144</sup> En la *Introducción* del **Anexo 1** se recogen las características fundamentales del procedimiento y las fuentes que han servido de referencia, entre las que destacan: el Centro Tecnológico del Mueble de Murcia (*CETEM*), la Federación Española de Organizaciones Empresariales de la Industria del Mueble (*FEOPIM*), el Instituto Tecnológico del Mueble y Afines (*AIDIMA*); así como las normas *NRE-AEOR-93*, *NBE-AE-88*, Eurocódigo 1 parte 2-1, *NTEs*.

cuestión no responde al uso concreto de la tabla (estancia tipo), se elige el más afín para entrar en ella. Cuando una estancia de vivienda alberga más de un uso característico, por ejemplo salón-comedor, se entra a la tabla con cada uno de los usos para la obtención del peso del mueble que se corresponde aquel.

**Mueble o elemento:** Para cada estancia tipo, se han incluido los muebles o elementos más habituales en las viviendas actuales. Así, por ejemplo, en cocina, se introducen además del mobiliario, los electrodomésticos que de forma generalizada las complementan. Es importante señalar la distinción de algunos elementos en función de parámetros que los singularizan; así, se utilizan los siguientes parámetros:

- **Bajo o alto:** por ejemplo, mueble bajo o mueble alto. Para cada tipo en la columna de *observaciones* se indica el límite en metros de tal situación.
- **Pequeño , mediano o grande:** por ejemplo, *televisor pequeño, televisor mediano o televisor grande*. Para cada tipo en la columna de *dimensiones representativa* se indica su tamaño representativo.
- **Tipo 1, 2, 3, etc:** por ejemplo, *mesa rectangular tipo 1*, mesa rectangular tipo 2, etc. Para cada tipo se recoge en la columna de dimensiones representativas, el tamaño más representativo o bien en la de observaciones se especifica su característica identificativa.
- **Metro lineal (MI):** por ejemplo, *Ml. de mueble alto*. Cuanto el tipo de mueble o elemento depende, singularmente, de su longitud se ha reflejado el peso del metro lineal.
- **Metro cuadrado (M<sup>2</sup>):** por ejemplo, *M<sup>2</sup> de alfombra*. Aquellos elementos que no pueden referir su peso a una dimensión habitual, y sí responden a una referencia superficial, se ha incluido su peso por metro cuadrado.

**Dimensiones representativas (mxm):** En esta columna se reflejan las dimensiones, generalmente en planta *b x h* - largo por ancho- en metros, más representativas del mueble o elemento tabulado. Cuando el mueble responde mejor a una forma circular, se ha incluido el diámetro que lo singulariza; así sucede con deposito acumulador, mesa circular, etc. Cuando el elemento se representa suficientemente así mismo, por no variar excesivamente de un modelo a otro, se ha incluido en vez de *b x h*, la ud.

**Peso (Kg):** La columna de peso, se ha dividido en tres sub-columnas que responden a tres grados de peso. Para ello se ha introducido el concepto de **grado de peso específico** (grado de  $\gamma_e$ ), entendiéndolo por tal, el que vincula, para un mismo mueble o elemento, el tipo y cantidad de material con que está construido, respecto al considerado como medio, que es, el calculado en el Anexo I. Es un factor que pretende afinar la evaluación concreta de cada vivienda y depende del estado comparativo que establezca el evaluador, permitiendo utilizar un valor mayor o menor al medio en función de la cantidad y tipo (densidad - peso específico) del material.

El grado de peso específico se califica como **bajo, medio o alto** y el paso de uno a otro, en la tabla, se ha realizado, para el bajo, disminuyendo el valor medio un 15%; para el alto, aumentando el medio un 15%, y en general redondeando por exceso. Es decir:

$$(Ec. 106) \quad P_{G\text{ bajo}} = 0,85P_{G\text{ medio}}$$

$$(Ec. 107) \quad P_{G\text{ alto}} = 1,15P_{G\text{ medio}}$$

siendo:

$P_{G\text{ bajo}}$  = Peso del elemento con grado  $\gamma_e$  bajo

$P_{G\text{ medio}}$  = Peso del elemento con grado  $\gamma_e$  medio (*obtenido en Anexo I*)

$P_{G\text{ alto}}$  = Peso del elemento con grado  $\gamma_e$  alto

Es fácil observar como, el menor peso considerado no es inferior al 74% del máximo ( $0,85/1,15=0,739$ ) calculado, es decir sólo se ha previsto una disminución del valor máximo del orden de 26%.

**Observaciones:** En esta columna se incluyen todas las aclaraciones que identifican o singularizan el mueble o elemento del que se busca su peso. Así, se incluye la altura máxima o mínima del atributo, el número de comensales en caso de mesas de comedor, capacidad del elemento, etc.

Tabla 80 *Tabla A* de pesos de mobiliario y elementos habituales en viviendas

Estancia (Ref)	Mueble o elemento	Dimensiones representativa s (mxm)	Peso (Kg)			Observaciones
			Grado de $\gamma_e$			
			Bajo	Medio	Alto	
<b>PC.1.- Recibidor</b>						
PC.1.1	Ml. Mueble bajo	1,00 x 0,25	33	38	44	Altura < 0,70 m
PC.1.2	Ml. Mueble alto	1,00 x 0,25	58	68	79	Altura < 1,90 m
PC.1.3	Ud. Silla recibidor	0,35 x 0,35	5	6	7	Silla ligera
PC.1.4	Ud. Paragüero	0,25 x 0,25	2	3	4	Incluso 4 paraguas
PC.1.5	Ml. Armario gabanero	1,00 x 0,60	63	74	85	Gabanero /ropero
PC.1.6	Ud. Enseres varios recib.	1 ud	1	2	3	Decoración variada
<b>PC.2.- Salón</b>						
PC.2.1	Ud. Sillón 1 plaza	0,90 x 0,90	21	24	28	Con reposa-brazos
PC.2.2	Ud. Sofá 2 plazas	1,40 x 0,90	37	43	49	Con reposa-brazos
PC.2.3	Ud. Sofá 3 plazas	2,10 x 0,90	52	61	70	Con reposa-brazos
PC.2.4	Ud. Mesa baja 1	0,45 x 0,45	7	8	9	Apoyo de accesorios
PC.2.5	Ud. Mesa baja 2	0,45 x 0,60	9	10	12	Centro de estar
PC.2.6	Ud. Mesa baja 3	0,60 x 0,60	10	12	14	Centro de estar
PC.2.7	Ud. Mesa baja 4	0,60 x 0,90	16	19	22	Centro de estar
PC.2.8	Ud. Mesa baja 5	0,90 x 0,90	22	26	30	Centro de estar
PC.2.9	Ud. Mesa baja 6	1,10 x 1,10	32	37	43	Centro de estar
PC.2.10	Ud. Silla salón	0,45 x 0,45	6	7	8	Silla complemento
PC.2.11	Ud. Butaca / sillón	0,80 x 0,80	19	22	25	Acompañante ligero
PC.2.12	Ml. Mueble bajo	1,00 x 0,45	45	53	61	Altura < 0,70 m
PC.2.13	Ml. Mueble alto	1,00 x 0,45	85	100	115	Altura < 1,90 m
PC.2.14	Ml. Librería baja	1,00 x 0,35	66	77	89	Altura < 0,70 m
PC.2.15	Ml. Librería alta	1,00 x 0,35	120	141	162	Altura < 1,90 m
PC.2.16	Ud. Televisor pequeño	0,40 x 0,35	10	12	14	Televisor y apoyo
PC.2.17	Ud. Televisor mediano	0,65 x 0,40	16	19	22	Televisor y apoyo
PC.2.18	Ud. Televisor grande	0,80 x 0,40	22	26	30	Televisor y apoyo
PC.2.19	Ud. Equipo música	0,60 x 0,40	33	39	45	Altura < 0,70 m i/mueb
PC.2.20	M <sup>2</sup> Alfombra	1,00 x 1,00	6	7	8	Cobertura de invierno
PC.2.21	M <sup>2</sup> Alfombrilla	1,00 x 1,00	1	2	3	Cobertura de verano
PC.2.22	Ud. Enseres varios salón	1 ud	1	2	3	Decoración variada
<b>PC.3.- Comedor</b>						
PC.3.1	Ud. Mesa cuadrada	1,20 x 1,20	48	56	65	4 comensales
PC.3.2	Ud. Mesa cuadrada	1,40 x 1,40	78	92	106	6 comensales
PC.3.3	Ud. Mesa rectangular 1	1,60 x 0,80	50	58	67	6 comensales
PC.3.4	Ud. Mesa rectangular 2	1,80 x 0,90	68	80	92	6 comensales
PC.3.5	Ud. Mesa rectangular 3	2,20 x 1,10	102	120	138	8 comensales
PC.3.6	Ud. Mesa rectangular 4	2,60 x 1,10	126	148	170	10 comensales
PC.3.7	Ud. Mesa circular	D 1,40	65	76	88	6 comensales
PC.3.8	Ud. Silla comedor	0,50 x 0,50	7	8	9	Complemento habitual
PC.3.9	Ml. Aparador bajo h<1m	1,00 x 0,55	56	66	76	Mueble / vajilla
PC.3.10	Ml. Aparador alto h<2m	1,00 x 0,55	88	103	119	Mueble / vajilla
PC.3.11	Ml. Mueble bajo	1,00 x 0,45	45	53	61	Altura < 0,70 m
PC.3.12	Ml. Mueble alto	1,00 x 0,45	85	100	115	Altura < 1,90 m
PC.3.13	M2 Alfombra	1,00 x 1,00	6	7	8	Cobertura de invierno
PC.3.14	M2 Alfombrilla	1,00 x 1,00	1	2	3	Complemento
PC.3.15	Ud. Enseres varios recib.	1 ud	1	2	3	Decoración variada

Estancia	Mueble o elemento	Dimensiones represent. (mxm)	Peso (Kg)			Observaciones
			Grado de $\gamma_c$			
			Bajo	Medio	Alto	
<b>PC.4.- Cocina</b>						
PC.4.1	Ud. Frigorífico bajo	0,60 x 0,60	44	52	60	Altura < 0,90 m
PC.4.2	Ud. Frigorífico alto	0,60 x 0,60	80	94	108	Altura < 1,80 m
PC.4.3	Ud. Congelador bajo	0,60 x 0,60	54	63	73	Altura < 0,90 m
PC.4.4	Ud. Congelador alto	0,60 x 0,60	97	114	131	Altura < 1,80 m
PC.4.5	Ud. Placa cocina	0,55 x 0,55	24	28	32	Sobre encimera
PC.4.6	Ud. Horno	0,55 x 0,55	34	40	46	Bajo / sobre encimera
PC.4.7	Ud. Lavavajillas	0,60 x 0,60	87	102	117	Lleno
PC.4.8	Ud. Lavadora	0,60 x 0,60	92	108	124	Llena
PC.4.9	Ud. Secadora	0,60 x 0,60	40	47	54	Llena
PC.4.10	Ud. Fregadero 1 seno	0,75 x 0,50	27	31	36	Con agua y elementos
PC.4.11	Ud. Fregadero 2 senos	0,90 x 0,50	51	60	69	Con agua y elementos
PC.4.12	Ud. Microondas pequeño	0,30 x 0,35	22	25	29	Incluso operativo
PC.4.13	Ud. Microondas mediano	0,45 x 0,40	33	38	44	Incluso operativo
PC.4.14	Ud. Microondas grande	0,55 x 0,50	44	52	60	Incluso operativo
PC.4.15	Ud. Campana extractora	0,80 x 0,60	27	31	36	Colgada o empotrada
PC.4.16	Ud. Caldera ACS y Calef	0,40 x 0,50	47	55	63	Hasta 25.000 Kcal/h
PC.4.17	Ud. Deposito acumul. 1	D 0,50	66	78	90	Hasta 50 litros
PC.4.18	Ud. Deposito acumul. 2	D 0,80	118	139	160	Hasta 100 litros
PC.4.19	Ml. Armarios bajos	1,00 x 0,60	68	80	92	Con enseres
PC.4.20	Ml. Armarios altos	1,00 x 0,40	40	47	54	Con enseres
PC.4.21	Ml. Encimera madera	1,00 x 0,60	14	16	19	4 cm de espesor
PC.4.22	Ml. Encimera acero	1,00 x 0,60	25	17	20	Lámina + madera
PC.4.23	Ml. Encimera granito	1,00 x 0,60	48	56	64	3 cm espesor
PC.4.24	Ml. Despensero bajo	1,00 x 0,60	86	101	116	Con provisiones
PC.4.25	Ml. Despensero alto	1,00 x 0,40	51	60	69	Con provisiones
PC.4.26	Ud. Mesa cocina cuadrad	0,80 x 0,80	23	27	31	4 comensales
PC.4.27	Ud. Mesa cocina rectangu	1,10 x 0,60	24	28	32	4 comensales
PC.4.28	Ud. Mesa cocina circular	D 1,10	32	37	43	4 comensales
PC.4.29	Ud. Silla cocina	0,40 x 0,40	3	4	5	Complemento habitual
PC.4.30	Ud. Taburete cocina	0,30 x 0,30	3	4	5	Altura media: 0,72 m
PC.4.31	Ud. Enseres varios cocina	1 ud	1	2	3	Utensilios variados
<b>PC.5.- Dormitorio</b>						
PC.5.1	Ud. Cama simple 1	1,90 x 0,90	31	36	42	Un cuerpo
PC.5.2	Ud. Cama simple 2	2,00 x 1,05	37	43	50	Cuerpo y medio
PC.5.3	Ud. Cama doble 1	2,00 x 1,35	60	70	81	Matrimonio 1,35
PC.5.4	Ud. Cama doble 2	2,00 x 1,50	66	78	90	Matrimonio 1,50
PC.5.5	Ud. Litera	2,00 x 0,90	59	69	79	2 camas
PC.5.6	Ud. Mesilla	0,45 x 0,45	18	21	24	Complemento habitual
PC.5.7	Ud. Silla	0,45 x 0,45	4	5	6	Complemento habitual
PC.5.8	Ml. Mueble bajo	1,00 x 0,45	31	36	42	Alhajas, complementos
PC.5.9	Ml. Armario ropero bajo	1,00 x 0,60	44	51	59	Altura < 1,20 m
PC.5.10	Ml. Armario ropero alto	1,00 x 0,60	75	88	101	Altura < 2,20 m
PC.5.11	Ml. Librería baja	1,00 x 0,35	66	77	86	Altura < 0,70 m
PC.5.12	Ml. Librería alta	1,00 x 0,35	120	141	162	Altura < 1,90 m
PC.5.13	Ud. Mesa escritorio	1,00 x 0,70	37	43	50	Estudio
PC.5.14	Ud. Enseres dormitorio	1 ud	1	2	3	Decoración variada

Estancia	Mueble o elemento	Dimensiones representativas (mxm)	Peso (Kg)			Observaciones
			Grado de $\gamma_e$			
			Bajo	Medio	Alto	
<b>PC.6.- Baño / aseo</b>						
PC.6.1	Ud. Lavabo pequeño	0,50 x 0,40	35	41	47	Lleno y con grifería
PC.6.2	Ud. Lavabo grande	0,60 x 0,50	49	57	66	Lleno y con grifería
PC.6.3	Ud. Inodoro	0,60 x 0,40	44	51	59	Lleno
PC.6.4	Ud. Bidé	0,50 x 0,35	31	36	42	Lleno
PC.6.5	Ud. Bañera 1	1,40 x 0,60	101	118	136	Llena y con accesorios
PC.6.6	Ud. Bañera 2	1,60 x 0,60	136	160	184	Llena y con accesorios
PC.6.7	Ud. Bañera 3	1,70 x 0,60	159	187	215	Llena y con accesorios
PC.6.8	Ud. Bañera 4 especial	Especial	182	214	246	Llena y con accesorios
PC.6.9	Ud. Mueble encimera	1,30 x 0,60	70	82	95	Encimera mármol
PC.6.10	Ud. Armario baño bajo	0,50 x 0,35	12	14	16	In. colgado h < 0,80 m
PC.6.11	Ud. Armario baño alto	0,50 x 0,35	21	24	28	Mural h < 2 m
PC.6.12	Ud. Ducha 1	0,70 x 0,70	29	34	39	Llena y con mampara
PC.6.13	Ud. Ducha 2	0,90 x 0,90	43	51	59	Llena y con mampara
PC.6.14	Ud. Enseres variados	1 Ud	1	2	3	Elementos perfumería
<b>PC.7.- Trastero</b>						
PC.7.1	Ml. Estanterías bajas	1,00 x 0,60	73	86	99	Con enseres. h<1,00 m
PC.7.2	Ml. Estanterías altas	1,00 x 0,60	147	173	199	Con enseres. h<2.00 m
PC.7.3	Ud. Aspiradora	1 Ud	6	7	8	Incluso manguera
PC.7.4	Ud. Tabla plancha	1 Ud	4	5	6	Incluso plancha
PC.7.5	Ud. Enseres variados	1 Ud	2	3	4	Trastos sueltos
<b>PC.8.- Galería / Lavadero</b>						
PC.8.1	Ud. Pila lavadero	0,50 x 0,35	53	62	71	Llena
PC.8.2	Ud. Lavadora	0,60 x 0,60	92	108	124	Llena
PC.8.3	Ud. Secadora	0,60 x 0,60	40	47	54	Llena
PC.8.4	Ud. Caldera ACS y Calef	0,40 x 0,50	47	55	63	Hasta 25.000 Kcal/h
PC.8.5	Ud. Deposito acumulad. 1	D 0,60	66	78	90	Hasta 50 litros
PC.8.6	Ud. Deposito acumulad. 2	D 0,90	118	139	160	Hasta 100 litros
PC.8.7	Ml. Armarios bajos	1,00 x 0,60	68	80	92	Con enseres
PC.8.8	Ml. Armarios altos	1,00 x 0,40	40	47	54	Con enseres
PC.8.9	Ml. Despensero bajo	1,00 x 0,60	86	101	116	Con provisiones
PC.8.10	Ml. Despensero alto	1,00 x 0,40	51	60	69	Con provisiones
PC.8.11	Ud. Enseres variados	1 Ud	2	3	5	Elementos sueltos
<b>PC.9.- Pasillo</b>						
PC.9.1	Ml. Mueble pared bajo	1,00 x 0,35	35	41	47	Altura < 0,70 m
PC.9.2	Ml. Mueble pared alto	1,00 x 0,35	68	80	92	Altura < 1,90 m
PC.9.3	Ud. Silla pasillo	0,35 x 0,35	5	6	7	Elemento decoración
PC.9.4	Ud. Librería baja	1,00 x 0,35	66	77	89	Altura < 0,70 m
PC.9.5	Ml. Librería alta	1,00 x 0,35	120	141	162	Altura < 1,90 m
PC.9.6	Ud. Enseres variados	1 Ud	1	2	3	Elementos sueltos
<b>PC.10.- Distribuidor</b>						
PC.10.1	Ml. Mueble pared bajo	1,00 x 0,35	35	41	47	Altura < 0,70 m
PC.10.2	Ml. Mueble pared alto	1,00 x 0,35	68	80	92	Altura < 1,90 m
PC.10.3	Ud. Silla distribuidor	0,35 x 0,35	5	6	7	Complemento
PC.10.4	Ml. Librería baja	1,00 x 0,35	66	77	89	Altura < 0,70 m
PC.10.5	Ml. Librería alta	1,00 x 0,35	120	141	162	Altura < 1,90 m

Evaluación de sobrecargas de uso de vivienda en estructuras de edificación

---

PC.10.6	Ud. Enseres variados	1 Ud	1	2	3	Elementos sueltos
---------	----------------------	------	---	---	---	-------------------

Estancia	Mueble o elemento	Dimensiones representativas (mxm)	Peso (Kg)			Observaciones
			Grado de $\gamma_e$			
			Bajo	Medio	Alto	
<b>PC.11.- Despacho</b>						
PC.11.1	Ud. Mesa despacho	1,40 x 0,70	45	53	61	Incluso documentación
PC.11.2	Ud. Mesa despacho	1,80 x 0,90	61	72	83	Incluso documentación
PC.11.3	Ud. Sillón despacho	0,50 x 0,50	9	10	12	Complemento habitual
PC.11.4	Ud. Silla confidente	0,50 x 0,50	7	8	9	Complemento habitual
PC.11.5	Ud. Silla complemento	0,45 x 0,45	4	5	6	Silla general
PC.11.6	Ml. Librería baja	1,00 x 0,35	66	77	89	Altura < 0,70 m
PC.11.7	Ml. Librería alta	1,00 x 0,35	120	141	162	Altura < 1,90 m
PC.11.8	Ml. Mueble bajo	1,00 x 0,45	45	53	61	Altura < 0,70 m
PC.11.9	Ml. Mueble alto	1,00 x 0,45	85	100	115	Altura < 1,90 m
PC.11.10	Ud. Mesa ordenador	1,20 x 0,60	77	90	104	Equipo completo
PC.11.11	Ud. Equipo musica	0,60 x 0,40	33	39	45	Altura < 0,70 m i/muebl
PC.11.12	Ud. Enseres variados	1 Ud	1	2	3	Elementos sueltos
<b>PC.12.- Terraza</b>						
PC.12.1	Ud. Mesa cuadrada	1,20 x 1,20	38	46	56	4 puestos
PC.12.2	Ud. Mesa rectangular 1	1,60 x 0,80	31	38	47	6 puestos
PC.12.3	Ud. Mesa rectangular 2	1,80 x 0,90	65	74	86	6 puertos
PC.12.4	Ud. Mesa circular	D 1,40	48	58	69	6 puestos
PC.12.5	Ud. Silla terraza	0,40 x 0,40	6	7	8	Complemento habitual
PC.12.6	Ud. Maceta 1	1 Ud	2	3	4	Maceta pequeña
PC.12.7	Ud. Maceta 2	1 Ud	4	5	6	Maceta mediana
PC.12.8	Ud. Maceta 3	1 Ud	5	6	7	Maceta grande
PC.12.9	Ud. Enseres variados	1 Ud	1	2	3	Elementos sueltos
<b>PC.13.- General</b>						
PC.13.1	Ud. Cuadro cuad lienzo 1	0,40 x 0,40	1	2	3	Pequeño, sin cristal
PC.13.2	Ud. Cuadro cuad lienzo 2	0,60 x 0,60	3	3,5	4	Mediano, sin cristal
PC.13.3	Ud. Cuadro cuad lienzo 3	0,90 x 0,90	5	6	7	Mediano, sin cristal
PC.13.4	Ud. Cuadro recta lienzo 1	1,20 x 0,90	6,5	7,5	8,5	Grande, sin cristal
PC.13.5	Ud. Cuadro recta lienzo 2	1,50 x 1,20	9	10,5	12	Muy grande, sin cristal
PC.13.6	Ud. Cuadro con cristal C1	0,40 x 0,40	3,5	4	4,5	Pequeño, inc. cristal
PC.13.7	Ud. Cuadro con cristal C2	0,60 x 0,60	7	8	9	Mediano 1. inc. cristal
PC.13.8	Ud. Cuadro con cristal C3	0,90 x 0,90	14	16	18	Mediano 2, inc. cristal
PC.13.9	Ud. Cuadro con cristal R1	1,20 x 0,90	18	21	24	Grande, inc. cristal
PC.13.10	Ud. Cuadro con cristal R2	1,50 x 1,20	28	33	38	Muy grande, inc cristal
PC.13.11	Ud. Escultura 1	0,30 x 0,30	15	17	20	Decoración altura < 1m
PC.13.12	Ud. Escultura 2	0,50 x 0,50	36	42	48	Decoración altura < 2m
PC.13.13	M2 Alfombra	1,00 x 1,00	4	5	6	Cobertura de invierno

PC.13.14	M2 Alfombrilla	1,00 x 1,00	1	2	3	Complemento
PC.13.15	Ud. Lámpara de mesilla	D 0,20	1,5	1,7	2	Apoyo en mesilla
PC.13.16	Ud. Lámpara de pie 1	0,20 x 0,20	1,6	1,8	2,1	Complemento sala
PC.13.17	Ud. Lámpara de pie 2	0,30 x 0,30	2,5	2,9	3,5	Complemento sala
PC.13.18	Ud. Lámpara de techo 1	D 0,30	3,5	4,1	4,8	Colgada de techo
PC.13.19	Ud. Lámpara de techo 2	D 0,50	5,5	6,5	7,5	Colgada de techo
PC.13.20	Ud. Lámpara de techo 3	D 0,80	10	11,5	13,3	Colgada de techo
PC.13.21	Ud. Aplique de pared	0,20 x 0,15	1,5	1,7	2	Fijo en pared
PC.13.22	Ud. Plafón de techo	D 0,30	1,6	1,8	2,1	Fijo en techo

### 3.2.4.- Tabla de evaluación de habitantes

La elaboración de la *Tabla B de evaluación de habitantes en viviendas* es el resultado del análisis y extrapolación de valores de los que las referencias que siguen ya contemplan en sus propuestas. Las referencias más importantes han sido:

- **Tabla de usuarios según superficie de la estancia de la norma NRE-AEOR-93**; contenida en la información complementaria de la columna 11 de la Norma Reglamentaria de la Edificación, sobre las acciones en la construcción de obras de rehabilitación estructural de forjados de edificios de vivienda. Orden 18 enero de 1994, del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, dependiente de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Generalitat de Catalunya<sup>145</sup>.

- **Tablas y datos de espacios propios y auxiliares en viviendas de NEUFERT.** *E* : Arte de proyectar en arquitectura. Editorial Gustavo Gili. 14ª Edición. Barcelona, 1995, capítulos 14 y 15.

- **Tablas de pesos de hombres y mujeres adultos:** según, edad, sexo y selección del percentiles, según la investigación de *STOUDT, 1965*.<sup>146</sup>

- **Datos y criterios antropométricos:** en “Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares Antropométricos; *PANERO, J; ZELNIK, M.* Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1983.

La evaluación del número de habitantes de una vivienda se ha planteado asociando, a cada estancia, el número de usuarios que la caracteriza en función del uso y superficie de la habitación, estableciendo un número mínimo para garantizar la continuidad, de forma segura, entre escalones de superficie.

<sup>145</sup> Ver apartado de *NRE-AEOR-94* en el capítulo 2 de este trabajo, donde se desarrolla íntegramente todas las determinaciones de la norma.

<sup>146</sup> (*STOUDT, W.S. y otros, 1965*) *DAMON, A; MACFARLAND, R; ROBERTS, J.* National Health Survey 1962: Weight, Height and Select Body Dimensions of Adults, United States 1960-1962. Washington D.C.U.S Government Printing Office, Public Health Service Publication nº 1000 Series 11, nº 8, junio de 1965.

Por otro lado, se evalúa el peso de los habitantes atendiendo al valor medio del peso de la población adulta, en este caso se ha utilizado **75 Kg/usuario**, como valor predominante en todas las referencias consultadas. Así:

- El peso que utiliza la actual *NRE-AEOR-94*, como peso medio de una persona adulta, para la evaluación de pesos de usuarios (columna 12 de la ficha de la norma) es de 75 Kg;
- Por otro lado, 75,3 Kg y 62,1 es el peso medio hombre y de mujer, respectivamente, que arrojó el estudio realizado por *STOUDT* y otros, en 1962 (*STOUDT, 1965*) para personas entre 18 y 79 años de edad. El valor medio es de 68,7 kilos, lo que unido a 6,3 Kg de peso característico de la ropa y complementos en invierno, nos da los 75 Kg que se incluyen en la tabla de evaluación.

En cuanto a la investigación de *STOUDT* y otros en 1962, los datos más relevantes son los que se recogen en la Tabla 81 y la Tabla 82.

Percentil de confianza a ≤	<b>HOMBRES. Franja de edad (años)</b>							
	18-79 Total	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75-79
99 %	109,3	104,8	112,5	110,7	109,3	104,3	102,0	96,2
95 %	96,2	97,1	101,2	99,3	99,3	96,6	96,9	89,8
90 %	93,0	87,5	94,3	93,9	94,8	92,1	89,8	86,6
80 %	86,2	81,6	88,5	87,5	88,0	86,2	83,0	77,1
70 %	82,1	77,6	83,9	83,5	83,9	81,6	78,0	73,0
60 %	78,5	74,4	80,3	80,3	80,7	78,0	75,3	68,0
50 %	<b>75,3</b>	71,2	76,7	77,6	77,6	74,8	73,0	66,2
40 %	72,1	68,5	73,5	74,4	73,9	71,7	69,4	64,0
30 %	68,9	65,8	69,9	71,7	70,8	68,5	66,2	62,1
20 %	65,3	63,5	66,2	68,5	67,6	64,9	62,6	59,9
10 %	60,8	59,4	61,7	64,0	63,0	59,4	57,2	54,4
5 %	57,2	56,2	58,5	60,8	59,4	55,8	53,1	48,5
1 %	50,8	52,2	51,7	54,9	52,6	50,8	44,9	44,9

Tabla 81 Peso de hombres adultos según *STOUDT 1965*

Percentil de confianza a ≤	<b>MUJERES. Franja de edad (años)</b>							
	18-79 Total	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75-79
99 %	107,0	98,9	108,4	108,0	108,9	110,7	97,1	93,0
95 %	90,3	77,1	86,6	92,5	93,0	95,7	88,9	87,5
90 %	82,6	71,2	78,5	83,5	86,2	88,5	83,0	80,7
80 %	74,4	65,8	68,9	74,8	77,6	79,8	76,7	73,5
70 %	68,9	62,1	64,9	69,4	71,7	74,8	72,6	70,3
60 %	65,3	59,4	61,7	65,3	67,6	69,9	68,5	66,7
50 %	<b>62,1</b>	57,2	59,0	62,1	64,9	66,2	65,8	62,1

40 %	59,4	55,3	56,7	59,4	62,1	63,5	62,6	57,6
30 %	56,7	53,1	54,4	56,7	59,0	60,8	59,9	54,0
20 %	53,5	50,3	51,7	54,0	55,3	58,5	56,7	51,3
10 %	50,3	47,2	48,5	51,3	51,3	54,4	51,7	47,6
5 %	47,2	44,9	46,3	49,4	48,1	50,8	48,1	43,1
1 %	42,2	41,3	41,7	45,4	43,1	43,1	41,7	33,6

Tabla 82 Peso de mujeres adultas según *STOUDT 1965*

Según lo dicho, la evaluación del peso de habitantes en la vivienda se lleva a cabo según se indica a continuación:

- Para cada estancia se determina el número de habitantes característicos.
- Se calcula la sobrecarga que representa sobre la superficie útil de la estancia
- Se calcula la sobrecarga máxima, mínima, media, y característica de habitantes de la totalidad de la vivienda, según se indicó en el apartado anterior.

La formulación de los indicado se recoge en la (Ec. 108):

(Ec. 108)

$$P_i = h_i H_m$$

siendo:

- $P_i$  = Peso total de habitantes de la estancia  $i$ . (Kg)
- $h_i$  = número de habitantes característico de la estancia  $i$  Ud. según Tabla 83
- $H_m$  = Peso medio *hombre/mujer*: **75 Kg/ud.**

La tabla de habitantes según estancias, Tabla 83, se ha desarrollado en 5 columnas dedicadas a estancia, tipo (superficie), nº de usuarios, nº mínimo y observaciones. Las características de cada una, se indican a continuación:

**Estancia:** Se recoge en esta columna la denominación de la habitación en la que queremos obtener el número de habitantes representativo. Las denominaciones responden al uso principal de la estancia, y son: recibidor, salón, comedor, salón-comedor, cocina, dormitorio, baño/aseo, trastero, galería/lavadero, pasillo/distribuidor, despacho, y terraza. Cuando una estancia no responde exactamente al uso de la tabla, se debe elegir el más afín.

**Tipo. Superficie (m2):** Para cada estancia, se indica en esta columna los tipos en que se dividen atendiendo a la superficie que tiene. Para ello, se utilizan escalones representativos de superficies. Así, el comedor se divide, a efectos de superficie, en tres escalones que van, hasta 10 m2, entre 10 y 20 m2, y mas de 20 m2. Algunos usos no precisan distinción de tipo, por no ser habitual superficies distintas de un entorno muy acotado.

**Número de usuarios:** En general se recoge el número de usuarios por metro cuadrado de estancia. El valor correspondiente, es función del tipo de estancia y en consecuencia se

aportan tantos valores como escalones de superficie le correspondan a la estancia en estudio. En algunos casos, el número de usuarios no se establece por metro cuadrado, sino en función de las características específicas del uso, que permite evaluar el número representativo de usuarios. Así, para el comedor se establece con valor del número de usuarios, el número de comensales acomodables, más dos unidades. Se ha de entender por número acomodable, el de personas que pueden comer sentados y simultáneamente entorno a la mesa de comedor. Suele corresponderse con el número de sillas de comedor que contiene la estancia. En cuanto a los dormitorios, el número habitual de usuarios se ha referido al número de camas más dos o más uno en función de que la estancia albergue zona de estudio o no, respectivamente.

El peso de cada usuarios se establece en 75 Kg, atendiendo a las consideraciones recogidas en los párrafos anteriores.

**Número mínimo:** Se refiere al número mínimo de usuarios, y establece el número mínimo a tener en cuenta en función del tipo de estancia. En función de la estancia y de su tipo, atendiendo al rango de superficie en que se ubica, la tabla nos proporciona el número de habitantes que, como mínimo debemos considerar, si aplicando el valor de la columna anterior obtenemos valores inferiores.

**Observaciones:** En esta columna se recogen todas las aclaraciones que ayudan a identificar la aplicación de la tabla, se recoge el concepto de acomodable, limitaciones de anchura en pasillos, etc.

Tabla B. Habitantes según estancias de viviendas

Estancia	Tipo (Superficie en m2)	Nº usuarios (75 Kg/Ud)	Nº mínimo	Observaciones
Recibidor	Sup. $\leq$ 1 m2	1 Ud	1 Ud	Al menos 1 m2 será considerado <u>recibidor</u> aunque no lo sea específicamente
	1 m2 < Sup $\leq$ 2 m2	1,50 Ud/m2	2 Ud	
	2 m2 < Sup $\leq$ 4 m2	1,00 Ud/m2	3 Ud	
	Sup. > 4 m2	0,75 Ud/m2	4 Ud	
Salón	Sup. $\leq$ 15 m2	Nº de personas acomodables + 2 Ud	4 Ud	Se entenderá por <u>acomodable</u> el nº de plazas sentadas
	15 m2 < Sup. $\leq$ 30 m2		6 Ud	
	Sup. > 30 m2		8 Ud	
Comedor	Sup. $\leq$ 10 m2	Nº de comensales acomodables + 2 Ud	4 Ud	Se entenderá por <u>acomodable</u> el nº de plazas sentadas
	10 m2 < Sup. $\leq$ 20 m2		6 Ud	
	Sup. > 20 m2		8 Ud	
Salón/comedor	Sup. $\leq$ 18 m2	Nº máximo de personas o comensales acomodables + 3 Ud	5 Ud	Se elegirá el máximo de los valores acomodables como salón o como comedor
	18 m2 < Sup. $\leq$ 35 m2		7 Ud	
	Sup. > 35 m2		9 Ud	
Cocina	Sup. $\leq$ 6 m2	0,60 Ud/m2	2 Ud	La zona de comedor se entiende como <u>uso que se desarrolla en la cocina</u> y no, la conexión con otra estancia destinada a comedor
	6 m2 < Sup. $\leq$ 12 m2	0,50 Ud/m2	4 Ud	
	Sup. > 12 m2	0,40 Ud/m2	6 Ud	
Con zona de comedor	El máximo de considerarla cocina o comedor			
Dormitorio	Todos	Nº plazas +1 Ud	2 Ud	Se considerará “ <u>con estudio</u> ” cuando expresamente exista tal zona
Con estudio	Todos	Nº plazas +2 Ud	3 Ud	
Baño/aseo	Todos	2 Ud	2 Ud	Cuando Sup (aseo) < 1,50 m2 se podrá considerar un solo usuario
Trastero	Sup. $\leq$ 5 m2	1 Ud	1 Ud	Si la Sup > 10 m2 se procederá a una evaluación específica
	Sup. > 5 m2	2 Ud	2 Ud	
Galería Lavadero	Sup. $\leq$ 2 m2	1 Ud	1 Ud	Si la Sup. > 10 m2 se procederá a una evaluación específica
	Sup. > 2 m2	2 Ud	2 Ud	
Pasillo Distribuidor	Sup. $\leq$ 1 m2	1 Ud	1 Ud	Cuando la anchura del pasillo exceda de 1,50 m se incrementarán los mínimos en 1 Ud
	1 m2 < Sup $\leq$ 2 m2	1,50 Ud/m2	2 Ud	
	2 m2 < Sup $\leq$ 4 m2	1,00 Ud/m2	3 Ud	
	Sup. > 4 m2	0,75 Ud/m2	4 Ud	
Despacho	Sup. $\leq$ 12 m2	Nº de personas acomodables + 1 Ud	2 Ud	Si la estancia es compartida con otro uso, prevalecerá el más desfavorable
	12 m2 < Sup. $\leq$ 18 m2		3 Ud	
	Sup. > 18 m2		4 Ud	
Terraza	Sup. $\leq$ 5 m2	0,50 Ud/m2	2 Ud	Las terrazas cerradas serán consideradas como salones
	5 m2 < Sup. $\leq$ 10 m2	0,40 Ud/m2	3 Ud	
	Sup. > 10 m2	0,30 Ud/m2	4 Ud	

Tabla 83 Tabla de habitantes según estancias de viviendas

### 3.2.5.- Inspecciones y elaboración de las fichas

Para llevar a cabo la toma de datos en viviendas, se ha elaborado una campaña de inspección cuyas características quedan definidas en los parámetros, tanto estadísticos como operativos, siguientes:

**Población:** Se pretende obtener datos del parque de viviendas que en la actualidad hay en la Región de Murcia. Así pues, los datos que se han obtenido son exclusivamente de viviendas cuyo emplazamiento se encuentra en alguno de los términos municipales que componen la Región. Sin embargo, dado que se disponen de datos que vinculan los de la Región con los del Estado, y los del Estado con el número de viviendas de cada tipología (aislada, adosada o en bloque) se ha procedido a extrapolar los resultados de esta población al resto del País ponderando los resultados tal y como se ha indicado en los apartados correspondientes.

**Muestra:** La muestra está formada por 630 viviendas elegidas de forma aleatoria entre el parque de viviendas de la Región de Murcia que, según el último anuario estadístico del Centro Regional de Estadística, se cifra en unas 600.000 Uds., por lo que la muestra es del orden del *1 por mil* de la población investigada.

**Calendario:** Las inspecciones se llevaron a cabo entre el 1 y el 30 de octubre de 2001. El día concreto de cada inspección se recogió en la ficha de datos de cada vivienda y se corresponde con la programación o concierto entre el inspector y los usuarios de las viviendas.

**Inspectores:** En el seno de la Escuela de Arquitectura Técnica de la Universidad Católica San Antonio (UCAM), se realizó una convocatoria durante el curso académico 2001-2002, para alumnos del segundo curso matriculados en la asignatura de Estructuras de Edificación que, como trabajo de curso, trataba sobre la elaboración de las Fichas de Toma de Datos de las viviendas programadas. Se seleccionaron 124 alumnos, y durante la segunda quincena del mes de septiembre de 2001, se les impartieron clases de preparación para llevar a cabo las inspecciones y evaluación del mobiliario, incluyendo ejemplos de aplicación de las tablas y forma de rellenar las distintas celdas de la ficha tipo. En el **anexo 5**, se ha incluido la relación de los alumnos colaboradores.

**Toma de datos. Fichas previas:** Los datos se tomaron sobre fichas de papel tamaño A4 (*fichas previas*) con el formato de los modelos tipo preparados al efecto y recogidos en la Tabla 84. Los datos obtenidos en el lugar, fueron los datos de estancias (*DE*) y los datos de vivienda (*DV*). Entre los segundos se anotaron: *la localización, la fecha de la inspección, la tipología, el tipo de promoción y la edad*. Entre los primeros se anotaron: *superficie útil de la estancia, uso, tipo, cantidad y peso unitario del mobiliario y, número de habitantes representativo de cada estancia*. Las fichas fueron 712 Uds., elaboradas por los 124 alumnos seleccionados, con el asesoramiento del profesorado de las *Áreas de Estructuras de Edificación y Construcción* de la *EATUCAM* y, bajo mi permanente dirección.



**Ficha Gráfica. Planta de distribución de la vivienda n°: FG V000**

Inspector						2001	
Localización vivienda				Fecha de inspección			
				Edad (años)			
Tipología	Aislada	Adosada	Bloque	Promoción	Libre	VPO	Pública
Escala:							
<b>Total superficie útil de la vivienda</b>						<b>m2</b>	

Tabla 85 Ficha Gráfica tipo (FG)

**Elaboración de parámetros. Fichas definitivas:** Con las fichas entregadas, se procedió, ya en el despacho, a elaborar las *fichas definitivas* (Tabla 78), incluyendo el resto de parámetros, resultado de la operatividad contenida en el método y en las propias fichas. Los parámetros se calcularon con una hoja de cálculo al efecto, de la aplicación de *Microsoft Excel 2000*, obteniéndose los denominados parámetros de estancia (*PE*) y los parámetros de vivienda (*PV*). Para los parámetros de estancias se obtuvieron: la sobrecarga de uso media de mobiliario, la sobrecarga de uso media de habitantes, la sobrecarga de uso media total, y la frecuencia relativa de la superficie útil de cada estancia. Los parámetros de vivienda fueron: superficie útil de la vivienda, valor máximo, mínimo, medio, desviación típica y valor característico de la sobrecarga de uso de cada tipo (mobiliario, habitantes y total. De las 712 Fichas de toma de datos (Fichas Previas) se seleccionaron 630 Uds para confeccionar las fichas definitivas, desechando las 82 restantes por incluir errores o no contener datos suficientes. Es decir:

- Fichas previas elaboradas de Toma de Datos	712 Uds
- Fichas no seleccionadas para las Fichas Definitivas	82 Uds (11%)
- Fichas seleccionadas para las Definitivas	630 Uds (89%)

Las 630 Fichas Analíticas (FA) se completan con sendas Fichas Gráficas (FG) según el modelo de la Tabla 85. Se ha recogido en tomo aparte, a modo de **ANEJO**, el conjunto de las 630 fichas de la investigación, conteniendo más de 50.000 datos, parámetros y resultados.

### 3.3.- Resultados de la investigación

#### 3.3.1.- Introducción

Tal y como se indicó en la descripción del experimento, los resultados de la investigación se han ordenado en dos grupos: los resultados de la muestra (*RM*) (de las 630 viviendas inspeccionadas), y los resultados ponderados (*RP*) para extrapolar los primeros a todo el País.

Los **Resultados de la muestra (*RM*)**, se han presentado para acceder más fácilmente a la información deseada, según el cuadro de la Tabla 86, donde se indica que los resultados de estancias y vivienda se han desarrollado **para cada tipología de vivienda** (aislada, adosada, en bloque y todas), y que su localización en el **Anexo 2** se corresponde con la tabla reseñada en cada celda.

Resultados de la Muestra (RM)	Tipo de resultado	Tipología de vivienda			
		Aisladas $RM_A$	Adosadas $RM_{AD}$	Bloque $RM_B$	Todas $RM_T$
Por estancias (RME)	Superficie útil por estancia (m <sup>2</sup> )	Tabla 1 Anexo 2	Tabla 2 Anexo 2	Tabla 3 Anexo 2	Tabla 4 Anexo 2
	Sobrecarga de Uso por estancia (Kg/m <sup>2</sup> )	Tabla 5 Anexo 2	Tabla 6 Anexo 2	Tabla 7 Anexo 2	Tabla 8 Anexo 2
Por viviendas (RMV)	Sobrecarga de Uso de vivienda por superficie útil (Kg/m <sup>2</sup> )	Tabla 9 Anexo 2	Tabla 10 Anexo 2	Tabla 11 Anexo 2	Tabla 12 Anexo 2
	Sobrecarga de Uso de vivienda por superficie construida (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>147</sup>	Tabla 9 $\beta=0,88$ Anexo 2	Tabla 10 $\beta=0,81$ Anexo 2	Tabla 11 $\beta=0,78$ Anexo 2	Tabla 12 $\beta_i$ y $\alpha_i$ Anexo 2
	Superficie útil (m <sup>2</sup> ) y Peso del mobiliario (Kg) de las viviendas	Tabla 13 Anexo 2	Tabla 14 Anexo 2	Tabla 15 Anexo 2	Tabla 16 Anexo 2

Tabla 86 Cuadro guía del orden de presentación de los resultados de la muestra del Anexo 2 (RM)

Para los **Resultados ponderados (*RP*)**, que tratan de extrapolar los resultados de la muestra al parque de viviendas del País, se han utilizando los coeficientes de

<sup>147</sup> Los valores de  $\beta$  se corresponden con las relaciones medias entre superficie útil y construida contenidas en el apartado de “Estadísticas recientes” y cuyas fuentes son distintos estudios del CSCAE, del COAMU y, fundamentalmente el Anuario estadístico de la Región de Murcia, 2000, tomos 1 y 2. Dirección General de Economía y Estadística de la Región de Murcia. Murcia, 2000. Los valores de  $\alpha$  se corresponden con los tantos por uno del número de viviendas aisladas, adosadas y en bloque de la muestra (0.14, 0.23 y 0.63).

ponderación reseñados durante la descripción del experimento, tal y como recoge la Tabla 87.

Resultados Ponderados (RP)	Tipo de resultado	Tipología de vivienda
		Todas
Por estancias (RPE)	Superficie útil ponderada por estancia (m <sup>2</sup> )	Tabla 17 Anexo 2
	Sobrecarga de Uso ponderada por estancia (Kg/m <sup>2</sup> )	Tabla 17 Anexo 2
		$RP = 0,28 RM_1 + 0,12 RM_2 + 0,60 RM_3$
Por viviendas (RPV)	Sobrecarga de Uso de vivienda ponderada por superficie útil (Kg/m <sup>2</sup> )	Tabla 18 Anexo 2
	Sobrecarga de Uso de vivienda ponderada por superficie construida (Kg/m <sup>2</sup> )	Tabla 18 $\beta_i$ Anexo 2
	Superficie útil ponderada (m <sup>2</sup> ) y Peso de mobiliario ponderado (P)	Tabla 19 Anexo 2

Tabla 87 Cuadro guía del orden de presentación de los resultados ponderados (RP)

### 3.3.2.- Superficie útil de las estancias de la muestra (*S.útil-RME*)

De los tipos de estancias que se han obtenido datos relevantes, ha parecido muy importante determinar, para la muestra, la superficie útil media de cada una de ellas, atendiendo a los 630 resultados<sup>148</sup> medidos por cada tipo. Es importante por cuanto el dato determina, el valor medio de la superficie al que podremos asignar un valor característico de sobrecarga de uso, lo que permitirá estudiar la influencia del Área de Tributaria de carga en valor de la Sobrecarga de uso<sup>149</sup>.

En el conjunto de datos, se han descartado los obtenidos para las estancias de “*despacho*” y “*terracea*”, los primeros por responder a un uso secundario dentro del principal de vivienda, y el segundo, por recoger valores donde la relación carga/superficie no siempre es la real sino la convenida en función de la definición de superficie útil de terrazas que se incluyó en la aclaraciones de la ficha de datos; ambos

<sup>148</sup> Para algunas estancias, el número de resultados es menor a 630, ya que no todas las viviendas contenían todas las estancias.

<sup>149</sup> Es más preciso hablar de “Área de influencia” que de “Área tributaria”.

podrían dar resultados distorsionados y, al disponer de los resultados de los 10 tipos de estancias principales, parece más procedente centrarse en estos cuyo interés es manifiesto.

El proceso de análisis ha consistido en llevar a una hoja de cálculo los datos de superficie útil de los diez tipos de estancias seleccionadas y contenidas en las 630 viviendas visitadas. Se han manejado en consecuencia unos 6.000 datos<sup>150</sup> cuyos cuadros de cálculo se acompañan en el **Anexo 2**.

Las estancias seleccionadas, han sido: recibidor, salón, comedor, salón/comedor, cocina, dormitorio, baño/aseo, trastero, galería, pasillo/distribuidor. En los casos de dormitorio, baño/aseo y pasillo/distribuidor, el valor incluido en el cálculo ha sido la media aritmética del número de estancias de igual uso. Para el resto de los usos, cuando excepcionalmente se han repetido estancias, se ha procedido de igual forma.

Por otro lado y con la finalidad de servir de referencia para las ponderaciones que se pretenden al resto del País, se han dividido los cálculos en 4 grupos, tres atendiendo a cada una de las tipologías habituales de vivienda, esto es, aislada, adosada y en bloque, y el cuarto para todas las viviendas de la muestra. El análisis de cada grupo, se ha llevado a cabo asignando a cada uno una tabla de cálculo del Anexo 2<sup>151</sup>. Las características de cada tabla se desarrollan a continuación.

**Tabla 1, Anexo 2**  
**Superficie útil (m<sup>2</sup>) de las estancias de viviendas aisladas de la muestra (S.útil-RME<sub>A</sub>)**

Para la tipología de viviendas aisladas, se ha obtenido la superficie útil media de las estancias en estudio. Para ello, en la Tabla 1 del Anexo 2 se han dispuesto en columnas, las 10 estancias a estudiar, y en filas, las  $K_1$  viviendas aisladas de la muestra. El dato obtenido para cada estancia ha sido la media aritmética de los  $K_1$  datos de superficie útiles obtenidos de las fichas de datos del **ANEJO DE FICHAS**, todo ello según la expresión de la (Ec. 109), esto es:

$$(Ec. 109) \quad S.útil_{media,A}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=K_1} S.útil_{Eij}}{K_1}$$

siendo:

$S.útil_{media,A}^{Ei}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..), de las viviendas aisladas  
 $S.útil_{Eij}$  = Superficie útil de la estancia  $Ei$  de la vivienda  $j$   
 $K_1$  = Número de viviendas de la tipología de aisladas

<sup>150</sup> Al no disponer todas las viviendas de todas las estancias en estudio, el número de valores utilizado es  $\leq 6.300$  ud.

<sup>151</sup> Tablas 1, 2, 3 y 4 del Anexo 2

**Tabla 2, Anexo 2****Superficie útil (m<sup>2</sup>) de las estancias de viviendas adosadas de la muestra (S.útil-RME<sub>AD</sub>)**

Siguiendo el mismo criterio que para la tabla 1, para las viviendas adosadas, se ha obtenido la superficie útil media de las estancias en estudio, utilizando la Tabla 2 del Anexo 2; en un esquema similar a la tabla 1, se han dispuesto en columnas, las 10 estancias a estudiar, y en filas, las  $K_2$  viviendas adosadas. La media aritmética de los  $K_2$  datos de superficie útiles se han calculado según la expresión de la (Ec. 110):

$$(Ec. 110) \quad S.útil_{media,AD}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=K_2} S.útil_{Eij}}{K_2}$$

siendo:

$S.útil_{media,AD}^{Ei}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..), de las viviendas adosadas

$S.útil_{Eij}$  = Superficie útil de la estancia  $Ei$  de la vivienda  $j$

$K_2$  = Número de viviendas de la tipología de adosadas

**Tabla 3, Anexo 2****Superficie útil (m<sup>2</sup>) de las estancias de viviendas en bloque de la muestra (S.útil-RME<sub>B</sub>)**

Para las viviendas en bloque, la tabla de cálculo del Anexo 2 ha sido la tabla 3 , en la que ,se han dispuesto en columnas, las 10 estancias a estudiar, y en filas, las  $K_3$  viviendas en bloque de las 630 inspeccionadas. La expresión de cálculo ha sido la recogida en (Ec. 111):

$$(Ec. 111) \quad S.útil_{media,B}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=K_3} S.útil_{Eij}}{K_3}$$

siendo:

$S.útil_{media,B}^{Ei}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..), de las viviendas en bloque

$S.útil_{Eij}$  = Superficie útil de la estancia  $Ei$  de la vivienda  $j$

$K_3$  = Número de viviendas en bloque

**Tabla 4, Anexo 2**

**Superficie útil ( $m^2$ ) de las estancias de todas las viviendas de la muestra ( $S.útil-RME_T$ )**

El análisis de todas las viviendas se ha llevado a cabo disponiendo los datos de las superficies útiles de cada estancia en la tabla 4 y, a continuación de ha operado de forma similar a como se ha hecho en las tres tablas anteriores, es decir, se ha aplicado la expresión dada en la (Ec. 112):

$$(Ec. 112) \quad S.útil_{media,T}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} S.útil_{Eij}}{k_t}$$

siendo:

$S.útil_{media,T}^{Ei}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc.), de todas las viviendas ( $k_t \leq 630$  ud)  
 $S.útil_{Eij}$  = Superficie útil de la estancia  $Ei$  de la vivienda  $j$   
 $k_t$  = Número de viviendas del total que contienen la estancia  $Ei$

Es fácil observar que el procedimiento descrito es equivalente a obtener el valor medio ponderado de las medias aritméticas de las tres tipologías, es decir, si ponderamos cada media aritmética de tipología por la frecuencia relativa con que se presenta en la muestra y sumamos las tres, obtendremos para cada estancia, el mismo valor que aporta la (Ec. 112). Lo dicho responde al proceso siguiente: escribamos el numerador de (Ec. 112) como suma de tres partes, cada una con sumandos  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$ , es decir:

$$(Ec. 113) \quad S.útil_{media,T}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=K_1} S.útil_{Eij} + \sum_{j=1}^{j=K_2} S.útil_{Eij} + \sum_{j=1}^{j=K_3} S.útil_{Eij}}{k_t}$$

Si cada sumando lo multiplicamos y dividimos por  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$ , respectivamente y tenemos en cuenta que  $K_1+K_2+K_3 = K_t \leq 630$  que es, el número total de viviendas que contienen la estancia  $Ei$  de la muestra, tendremos:

$$(Ec. 114) \quad S.útil_{media,T}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=K_1} S.útil_{Eij}}{K_1} \cdot \frac{K_1}{K_t} + \frac{\sum_{j=1}^{j=K_2} S.útil_{Eij}}{K_2} \cdot \frac{K_2}{K_t} + \frac{\sum_{j=1}^{j=K_3} S.útil_{Eij}}{K_3} \cdot \frac{K_3}{K_t}$$

Atendiendo a las expresiones de (Ec. 109), (Ec. 110) y (Ec. 111) podemos concluir como sigue:

$$(Ec. 115) \quad S.útil_{media,T}^{Ei} = \alpha_1 \cdot S.útil_{media,A}^{Ei} + \alpha_2 \cdot S.útil_{media,AD}^{Ei} + \alpha_3 \cdot S.útil_{media,B}^{Ei}$$

siendo:

$S.útil^{Ei}_{media,T}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc.), de todas las viviendas

$S.útil^{Ei}_{media,A}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc.), de las viviendas aisladas

$S.útil^{Ei}_{media,AD}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc.), de las viviendas adosadas

$S.útil^{Ei}_{media,B}$  = Superficie útil media de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc.), de las viviendas en bloque

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  = Frecuencia relativa de cada tipología =  $K_1/K_t$ ;  $K_2/K_t$  y  $K_3/K_t$

Los valores medios de las superficies útiles de las estancias calculadas en las tablas 1, 2, 3 y 4 del Anexo 2 y según las expresiones de las formulas dadas por (Ec. 109), (Ec. 110), (Ec. 111) y (Ec. 112) se han reflejado, en función de las tipologías habituales, en la Tabla 88.

Ref	Estancia	Superficie útil media por estancia (m2)			
		$S.útil_{media,A}$ Aislada	$S.útil_{media,AD}$ Adosada	$S.útil_{media,B}$ Bloque	$S.útil_{media,T}$ Todas
E1	Recibidor	6,61	3,93	3,87	4,27
E2	Salón	21,22	16,75	12,61	16,92
E3	Comedor	13,88	14,45	14,90	14,36
E4	Salón/comedor	<b>31,15</b>	23,78	21,80	23,43
E5	Cocina	15,08	<b>11,98</b>	9,44	10,82
E6	Dormitorio	13,14	11,74	<b>11,15</b>	11,57
E7	Baño/aseo	5,57	4,88	4,29	4,61
E8	Trastero	5,57	4,71	2,74	4,10
E9	Galería	4,92	4,83	3,09	3,67
E10	Pasillo/distrib.	7,03	6,28	5,66	6,00

Tabla 88 Superficies útiles medias de las estancias en función de la tipología de vivienda ( $S.útil-RME$ )

### 3.3.3.- Sobrecarga de uso de las estancias de la muestra (SU-RME)

Siguiendo el mismo criterio que para las superficies útiles, se han obtenido en el **Anexo 2**, los datos correspondientes a los **valores representativos de las Sobrecargas de Uso** de las distintas estancias en estudio. Sin embargo, en el caso de las sobrecargas de uso, los valores que interesan van más allá del simple valor medio, como se ha optado para las superficies útiles, por lo que los resultados para cada estancia han sido los siguientes:

- El valor máximo de la sobrecarga de uso de la estancia para viviendas aisladas, adosadas, en bloque y, para todas las viviendas
- El valor mínimo de la sobrecarga de uso de la estancia para viviendas aisladas, adosadas, en bloque y, para todas las viviendas
- El valor medio de la sobrecarga de uso de la estancia para viviendas aisladas, adosadas, en bloque y, para todas las viviendas
- El valor de la desviación típica de la SU de la estancia para viviendas aisladas, adosadas, en bloque y, para todas las viviendas.
- El valor característico de la sobrecarga de uso de la estancia para viviendas aisladas, adosadas, en bloque y, para todas las viviendas.

Para cada tipología y para la totalidad de la muestra, se han obtenido los valores representativos antes reseñados mediante el proceso de cálculo de la tablas 5, 6 ,7 y 8 del Anexo 2.

#### **Tabla 5, Anexo 2**

#### **Sobrecarga de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de las estancias de viviendas aisladas de la muestra (SU-RME<sub>A</sub>)**

Se han recogido en columnas las estancias en estudio y en filas las viviendas aisladas de la muestra y, para cada estancia  $E_i$ , se han calculado las variables más representativas de su función de distribución, admitiéndola normal. Las expresiones de calculo han sido las siguientes:

$$(Ec. 116) \quad SU_{m\acute{a}xima,A}^{E_i} = m\acute{a}x[SU_A^{E_{ij}}]_{j=1}^{j=k_1}$$

$$(Ec. 117) \quad SU_{m\acute{i}nima,A}^{E_i} = m\acute{i}n[SU_A^{E_{ij}}]_{j=1}^{j=k_1}$$

$$(Ec. 118) \quad SU_{media,A}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} SU^{Eij}}{k_1}$$

$$(Ec. 119) \quad s_{típica,A}^{Ei} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} (SU_{media,A}^{Ei} - SU^{Eij})^2}{k_1}}$$

$$(Ec. 120) \quad SU_{característica,A}^{Ei} = SU_{media,A}^{Ei} + 1,64s_{típica,A}^{Ei}$$

siendo:

$SU_{máxima,A}^{Ei}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de las viviendas aisladas

$SU_{mínima,A}^{Ei}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$SU_{media,A}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso media de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$s_{típica,A}^{Ei}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$SU_{característica,A}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$SU^{Eij}$  = Sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$

$k_1$  = Número de viviendas aisladas de la muestra

### Tabla 6, Anexo 2

#### Sobrecarga de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de las estancias de viviendas adosadas de la muestra ( $SU_{RME_{AD}}$ )

Los datos de las sobrecargas de uso de las distintas estancias de las viviendas adosadas, se han recogido en la tabla 6 del Anexo 2, y se han calculado las variables representativas de sus distribuciones, igual que en todos los casos, admitiéndolas normales. Las expresiones de cálculo, equivalentes en forma a las de viviendas aisladas, han sido las siguientes:

$$(Ec. 121) \quad SU_{máxima,AD}^{Ei} = \max[SU_{AD}^{Eij}]_{j=1}^{j=k_2}$$

$$(Ec. 122) \quad SU_{mínima,AD}^{Ei} = \min[SU_{AD}^{Eij}]_{j=1}^{j=k_2}$$

$$(Ec. 123) \quad SU_{media,AD}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} SU^{Eij}}{k_2}$$

$$(Ec. 124) \quad s_{típica,AD}^{Ei} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} (SU_{media,AD}^{Ei} - SU^{Eij})^2}{k_2}}$$

$$(Ec. 125) \quad SU_{característica,AD}^{Ei} = SU_{media,AD}^{Ei} + 1,64s_{típica,AD}^{Ei}$$

siendo:

$SU_{máxima,AD}^{Ei}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de las viviendas adosadas

$SU_{mínima,AD}^{Ei}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$SU_{media,AD}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso media de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$s_{típica,AD}^{Ei}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$SU_{característica,AD}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$SU^{Eij}$  = Sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$

$k_2$  = Número de viviendas adosadas de la muestra

**Tabla 7, Anexo 2**

**Sobrecarga de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de las estancias de viviendas en bloque de la muestra (SU-RME3<sub>B</sub>)**

Para las estancias de las viviendas en bloque de la muestra, los valores representativos, se han recogido en la tabla 7 del Anexo 2. El proceso de cálculo ha sido similar al de las dos tipologías anteriores y sus ecuaciones son las siguientes:

$$(Ec. 126) \quad SU_{máxima,B}^{Ei} = \max[SU_B^{Eij}]_{j=1}^{j=k_3}$$

$$(Ec. 127) \quad SU_{mínima,B}^{Ei} = \min[SU_B^{Eij}]_{j=1}^{j=k_3}$$

$$(Ec. 128) \quad SU_{media,B}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} SU^{Eij}}{k_3}$$

$$(Ec. 129) \quad s_{típica,B}^{Ei} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} (SU_{media,B}^{Ei} - SU^{Eij})^2}{k_3}}$$

$$(Ec. 130) \quad SU_{característica,B}^{Ei} = SU_{media,B}^{Ei} + 1,64s_{típica,B}^{Ei}$$

siendo:

$SU_{máxima,B}^{Ei}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de las viviendas en bloque

$SU_{mínima,B}^{Ei}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque

$SU_{media,B}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso media de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque

$s_{típica,B}^{Ei}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque

$SU_{característica,B}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque

$SU^{Eij}$  = Sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$

$k_3$  = Número de viviendas adosadas de la muestra

**Tabla 8, Anexo 2**

**Sobrecarga de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de las estancias de todas las viviendas de la muestra ( $SU_{RME3T}$ )**

El análisis de las sobrecargas de uso de las estancias de todas las viviendas se ha llevado a cabo siguiendo el mismo procedimiento que para cada una de las tipologías. La singularidad de las ecuaciones que se han aplicado en la confección de la tabla 8 del Anexo 2 radica en que la extensión de los sumandos es el general  $k_t \leq 630$ , ya que se trata de la totalidad de la muestra, es decir:

$$(Ec. 131) \quad SU_{máxima,T}^{Ei} = \max[SU_T^{Eij}]_{j=1}^{j=k_t}$$

$$(Ec. 132) \quad SU_{mínima,T}^{Ei} = \min[SU_T^{Eij}]_{j=1}^{j=k_t}$$

$$(Ec. 133) \quad SU_{media,T}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} SU^{Eij}}{k_t}$$

$$(Ec. 134) \quad s_{típica,T}^{Ei} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} (SU_{media,T}^{Ei} - SU^{Eij})^2}{k_t}}$$

$$(Ec. 135) \quad SU_{característica,T}^{Ei} = SU_{media,T}^{Ei} + 1,64s_{típica,T}^{Ei}$$

siendo:

$SU_{máxima,T}^{Ei}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de todas las viviendas

$SU_{mínima,T}^{Ei}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas

$SU_{media,T}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso media de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas

$s_{típica,T}^{Ei}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas

$SU_{característica,T}^{Ei}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas

$SU^{Eij}$  = Sobrecarga de uso de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$

$k_t$  = Número total de viviendas de la muestra que contienen la estancia  $Ei$

### Resumen de las tablas 5, 6, 7 y 8 del Anexo 2

Los valores medios de las sobrecargas de uso de las estancias estudiadas se han reflejado, en función de las tipologías habituales, en la Tabla 89, Tabla 90, Tabla 91, y Tabla 92, para viviendas aisladas, adosadas, en bloque, y para la totalidad de las viviendas de la muestra, respectivamente. Los datos de estas tablas, se han obtenido de las tablas 5, 6, 7 y 8 del **Anexo 2**.

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> )				
		$SU_{máxima,A}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{mínima,A}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{media,A}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{típica,A}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{característica,A}$ Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	159,83	21,99	76,38	22,77	113,72
E2	Salón	92,56	22,27	52,40	15,46	77,76
E3	Comedor	86,22	35,63	66,10	13,69	88,54
E4	Salón/comedor	73,77	24,56	47,20	11,95	66,80
E5	Cocina	191,70	44,43	113,14	31,60	164,95
E6	Dormitorio	67,22	27,00	43,77	8,26	57,32
E7	Baño/aseo	153,42	50,86	85,95	20,05	118,82
E8	Trastero	171,26	51,03	85,95	44,55	159,02
E9	Galería	194,03	37,03	97,69	35,99	156,71
E10	Pasillo/distrib.	152,17	23,79	69,81	18,79	100,63

Tabla 89 Sobrecarga de uso por estancias de viviendas aisladas

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> ) VIVIENDA ADOSADAS				
		$SU_{m\acute{a}xima,AD}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{m\acute{i}nima,AD}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{media,AD}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{t\acute{i}pica,AD}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{caracter\acute{i}stica,AD}$ Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	191,70	41,65	101,26	38,16	163,85
E2	Salón	116,45	50,33	72,79	17,34	101,23
E3	Comedor	105,25	48,51	70,01	16,61	97,25
E4	Salón/comedor	112,91	34,06	63,50	17,37	91,98
E5	Cocina	233,50	74,72	134,61	35,03	192,06
E6	Dormitorio	91,60	30,80	53,67	9,47	69,21
E7	Baño/aseo	172,03	35,00	99,21	25,50	141,02
E8	Trastero	259,20	36,00	133,86	73,98	255,19
E9	Galería	237,36	23,91	108,08	52,43	194,05
E10	Pasillo/distrib.	170,48	35,50	82,55	23,61	121,27

Tabla 90 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas adosadas

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> ) VIVIENDAS EN BLOQUE				
		$SU_{m\acute{a}xima,B}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{m\acute{i}nima,B}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{media,B}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{t\acute{i}pica,B}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{caracter\acute{i}stica,B}$ Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	171,76	44,64	89,94	22,69	127,15
E2	Salón	153,74	72,82	95,31	23,87	134,45
E3	Comedor	129,27	59,35	82,51	19,76	114,92
E4	Salón/comedor	161,13	42,81	88,76	15,95	114,92
E5	Cocina	232,95	78,57	151,34	26,84	195,36
E6	Dormitorio	118,70	37,27	77,31	13,92	100,14
E7	Baño/aseo	174,34	52,85	118,81	20,17	151,89
E8	Trastero	187,45	79,26	146,22	29,17	194,05
E9	Galería	284,29	41,75	139,77	40,33	205,91
E10	Pasillo/distrib.	147,47	13,94	77,87	18,53	108,27

Tabla 91 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas en bloque

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> ) TODAS LAS VIVIENDAS				
		$SU_{m\acute{a}xima,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{m\acute{i}nima,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{media,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{t\acute{i}pica,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{caracter\acute{i}stica,T}$ Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	191,70	21,99	90,65	28,00	136,57
E2	Salón	153,74	22,27	77,21	26,79	121,14
E3	Comedor	129,27	35,63	71,68	17,27	100,00
E4	Salón/comedor	161,13	24,56	77,95	22,16	114,30
E5	Cocina	233,50	44,43	142,15	32,51	195,47
E6	Dormitorio	118,70	27,00	67,17	18,32	97,21
E7	Baño/aseo	174,34	35,00	109,71	24,85	150,45
E8	Trastero	259,20	36,00	128,25	56,26	220,51
E9	Galería	284,29	23,91	128,06	45,55	202,76
E10	Pasillo/distrib.	170,48	13,94	77,70	20,13	110,71

Tabla 92 Sobrecarga de uso por estancias de todas las viviendas de la muestra

### 3.3.4.- Sobrecarga de uso de las viviendas de la muestra (SU-RMV)

Los valores representativos de las sobrecargas de uso de las viviendas estudiadas se han reflejado, en función de las tipologías habituales y referidas a superficie útil o construida, en las tablas que siguen, Tabla 93 y Tabla 94, respectivamente para superficie útil o construida. El proceso de cálculo se encuentra desarrollado en el **Anexo 2**, Tablas 9, 10, 11 y 12, y responde a cuatro tablas de cálculo programadas para la obtención de los valores representativos (máximo, mínimo, medio, desviación típica y valor característico) de los característicos de cada tipología, es decir, para la obtención de los siguientes valores:

- El valor máximo de la sobrecarga de uso característico de las viviendas aisladas, adosadas, en bloque, y para la totalidad de viviendas de la muestra.
- El valor mínimo de la sobrecarga de uso característica de las viviendas aisladas, adosadas, en bloque, y para la totalidad de viviendas de la muestra.
- El valor medio de la sobrecarga de uso característica de las viviendas aisladas, adosadas, en bloque, y para la totalidad de viviendas de la muestra.
- El valor de la desviación típica de la SU característica de las viviendas aisladas, adosadas, en bloque, y para la totalidad de viviendas de la muestra.
- El valor característico de la sobrecarga de uso característica de las aisladas, adosadas, en bloque, y para la totalidad de viviendas de la muestra.

Todos los valores anteriores se ha referido a la superficie útil y a la superficie construida de las viviendas, utilizado los coeficientes de conversión obtenidos en el apartado “*Estadísticas recientes*” y reseñado en el “*Modelo de ficha de datos*”, es decir:

$$(Ec. 136) \quad \text{Valores} / S.construida = \frac{S.útil}{S.construida} \text{Valores} / S.útil$$

siendo:

$$\beta = \frac{S.útil}{S.construida}$$

	Aislada	Adosada	Bloque
$\beta$	0,88	0,81	0,78

**Tabla 9, Anexo 2**  
**Sobrecarga de uso (Kg/m2) de las viviendas aisladas de la muestra (SU-RMV<sub>A</sub>)**

Como valores representativos de la sobrecarga de uso de las viviendas en estudio, y en particular de las viviendas aisladas, se ha optado por calcular los valores máximo, mínimo, medio, desviación típica y valor característico de las sobrecargas de uso cargas

de uso de la serie de viviendas aisladas de la muestra. Como complemento para la discusión completa de los resultados, se han obtenido los valores medios del valor máximo, del mínimo, del medio, de la desviación típica y, del valor característico de las sobrecargas obtenidas en inspecciones llevadas a cabo.

Para el caso de **valores medios**, las ecuaciones de cálculo de la tabla 9 del Anexo 2, para valores referidos a superficie útil, han sido las siguientes:

$$(Ec. 137) \quad SU_{máxima,A}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} SU_{máxima,A}^j}{k_1}$$

$$(Ec. 138) \quad SU_{mínima,A}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} SU_{mínima,A}^j}{k_1}$$

$$(Ec. 139) \quad SU_{media,A}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} SU_{media,A}^j}{k_1}$$

$$(Ec. 140) \quad S_{típica,A}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} S_{típica,A}^j}{k_1}$$

$$(Ec. 141) \quad SU_{característica,A}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} SU_{característica,A}^j}{k_1}$$

siendo:

$SU_{máxima,A}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso máxima de las viviendas aisladas

$SU_{mínima,A}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso mínima de las viviendas aisladas

$SU_{media,A}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso media de las viviendas aisladas

$S_{típica,A}^{media}$  = Valor medio de la desviación típica de las viviendas aisladas

$SU_{característica,A}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de las viviendas aisladas

$SU_{máxima,A}^j$  = Sobrecarga de uso máxima de la vivienda  $j$

$SU_{mínima,A}^j$  = Sobrecarga de uso mínima de la vivienda  $j$

$SU_{media,A}^j$  = Sobrecarga de uso media de la vivienda  $j$

$S_{típica,A}^j$  = Desviación típica de la vivienda  $j$

$SU^j_{característica,A}$  = Sobrecarga de uso característica de la vivienda  $j$   
 $k_1$  = Número de viviendas aisladas de la muestra

Para los **valores característicos**, las ecuaciones utilizadas han sido las siguientes:

$$(Ec. 142) \quad SU_{máxima,K,A}^{Ei} = máx[SU_{K,A}^{Eij}]_{j=1}^{j=k_1}$$

$$(Ec. 143) \quad SU_{mínima,K,A}^{Ei} = mín[SU_{K,A}^{Eij}]_{j=1}^{j=k_1}$$

$$(Ec. 144) \quad SU_{media,K,A}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} SU_K^{Eij}}{k_1}$$

$$(Ec. 145) \quad s_{típica,K,A}^{Ei} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_1} (SU_{media,K,A}^{Ei} - SU_K^{Eij})^2}{k_1}}$$

$$(Ec. 146) \quad SU_{característica,K,A}^{Ei} = SU_{media,K,A}^{Ei} + 1,64s_{típica,K,A}^{Ei}$$

siendo:

$SU_{máxima,K,A}^{Ei}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de las viviendas aisladas

$SU_{mínima,K,A}^{Ei}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$SU_{media,K,A}^{Ei}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$s_{típica,K,A}^{Ei}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$SU_{característicaK,A}^{Ei}$  = Valor característico de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas aisladas

$SU_K^{Eij}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$

$k_1$  = Número de viviendas aisladas de la muestra

Los valores anteriores, referidos a superficie construida se han obtenido multiplicando los anteriores por  $\beta=0,88$ , tal y como se indica en la introducción de este apartado. Es decir:

$$(Ec. 147) \quad (SU - RMV_A)_{S.construida} = 0,88 \cdot (SU - RMV_A)_{S.útil}$$

**Tabla 10, Anexo 2**

**Sobrecarga de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de las viviendas adosadas de la muestra (SU-RMV<sub>AD</sub>)**

La tabla 10 del Anexo 2, recoge los valores medios de los representativos de las  $k_2$  viviendas adosadas de la muestra, y los representativos de los característicos, de forma similar a lo indicado para la tabla 9.

Para el caso de los **valores medios**, las ecuaciones utilizadas han sido las que siguen:

$$(Ec. 148) \quad SU_{m\acute{a}xima,AD}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} SU_{m\acute{a}xima,AD}^j}{k_2}$$

$$(Ec. 149) \quad SU_{m\acute{a}xima,AD}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} SU_{m\acute{a}xima,AD}^j}{k_2}$$

$$(Ec. 150) \quad SU_{media,AD}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} SU_{media,AD}^j}{k_2}$$

$$(Ec. 151) \quad S_{t\acute{i}pica,AD}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} S_{t\acute{i}pica,AD}^j}{k_2}$$

$$(Ec. 152) \quad SU_{caracteristica,AD}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} SU_{caracteristica,AD}^j}{k_2}$$

siendo:

$SU_{m\acute{a}xima,AD}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso máxima de las viviendas adosadas

$SU_{m\acute{a}xima,AD}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso mínima de las viviendas adosadas

$SU_{media,AD}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso media de las viviendas adosadas

$S_{t\acute{i}pica,AD}^{media}$  = Valor medio de la desviación típica de las viviendas adosadas

$SU^{media}_{característica,AD}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de las viviendas adosadas

$SU^j_{máxima,AD}$  = Sobrecarga de uso máxima de la vivienda  $j$

$SU^j_{mínima,AD}$  = Sobrecarga de uso mínima de la vivienda  $j$

$SU^j_{media,AD}$  = Sobrecarga de uso media de la vivienda  $j$

$s^j_{típica,AD}$  = Desviación típica de la vivienda  $j$

$SU^j_{característica,AD}$  = Sobrecarga de uso característica de la vivienda  $j$

$k_2$  = Número de viviendas aisladas de la muestra

Para los **valores característicos**, la obtención de los valores máximo, mínimo, medio, desviación típica y valor característico, se han utilizado las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 153) \quad SU^{Ei}_{máxima,K,AD} = \max[SU^{Eij}_{K,AD}]_{j=1}^{j=k_2}$$

$$(Ec. 154) \quad SU^{Ei}_{mínima,K,AD} = \min[SU^{Eij}_{K,AD}]_{j=1}^{j=k_2}$$

$$(Ec. 155) \quad SU^{Ei}_{media,K,AD} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} SU^{Eij}_K}{k_2}$$

$$(Ec. 156) \quad s^{Ei}_{típica,K,AD} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_2} (SU^{Ei}_{media,K,AD} - SU^{Eij}_K)^2}{k_2}}$$

$$(Ec. 157) \quad SU^{Ei}_{característica,K,AD} = SU^{Ei}_{media,K,AD} + 1,64s^{Ei}_{típica,K,AD}$$

siendo:

$SU^{Ei}_{máxima,K,AD}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de las viviendas adosadas

$SU^{Ei}_{mínima,K,AD}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$SU^{Ei}_{media,K,AD}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$s^{Ei}_{típica,K,AD}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$SU^{Ei}_{característicaK,AD}$  = Valor característico de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas adosadas

$SU^{Eij}_K$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$

$k_2$  = Número de viviendas adosadas de la muestra

Las ecuaciones dadas, representan valores referidos a superficies útiles, los valores referidos a superficie construida se han obtenido multiplicando los anteriores por  $\beta=0,81$ , que es el coeficiente de conversión adoptado para viviendas adosadas:

$$(Ec. 158) \quad (SU - RMV_{AD})_{S.construida} = 0,81 \cdot (SU - RMV_{AD})_{S. \acute{u}til}$$

**Tabla 11, Anexo 2**

**Sobrecarga de uso (Kg/m2) de las viviendas en bloque de la muestra (SU-RMV<sub>B</sub>)**

De forma equivalente a las dos tipologías anteriores, los valores medios de los representativos y los representativos de los característicos de las viviendas en bloque se han calculado según las expresiones que se recogen a continuación.

Para los valores medios, las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 159) \quad SU_{m\acute{a}xima,B}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} SU_{m\acute{a}xima,B}^j}{k_3}$$

$$(Ec. 160) \quad SU_{m\acute{i}nima,B}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} SU_{m\acute{i}nima,B}^j}{k_3}$$

$$(Ec. 161) \quad SU_{media,B}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} SU_{media,B}^j}{k_3}$$

$$(Ec. 162) \quad S_{t\acute{i}pica,B}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} S_{t\acute{i}pica,B}^j}{k_3}$$

$$(Ec. 163) \quad SU_{caracter\acute{i}stica,B}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} SU_{caracter\acute{i}stica,B}^j}{k_3}$$

siendo:

$SU^{media}_{máxima,AD}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso máxima de las viviendas adosadas

$SU^{media}_{mínima,AD}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso mínima de las viviendas adosadas

$SU^{media}_{media,AD}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso media de las viviendas adosadas

$s^{media}_{típica,AD}$  = Valor medio de la desviación típica de las viviendas adosadas

$SU^{media}_{característica,AD}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de las viviendas adosadas

$SU^j_{máxima,AD}$  = Sobrecarga de uso máxima de la vivienda  $j$

$SU^j_{mínima,AD}$  = Sobrecarga de uso mínima de la vivienda  $j$

$SU^j_{media,AD}$  = Sobrecarga de uso media de la vivienda  $j$

$s^j_{típica,AD}$  = Desviación típica de la vivienda  $j$

$SU^j_{característica,AD}$  = Sobrecarga de uso característica de la vivienda  $j$

$k_2$  = Número de viviendas aisladas de la muestra

Para los **valores característicos**, la obtención de los valores máximo, mínimo, medio, desviación típica y valor característico de las viviendas en bloque, se han utilizado las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 164) \quad SU^{Ei}_{máxima,K,B} = \max[SU^{Eij}_{K,B}]_{j=1}^{j=k_3}$$

$$(Ec. 165) \quad SU^{Ei}_{mínima,K,B} = \min[SU^{Eij}_{K,B}]_{j=1}^{j=k_3}$$

$$(Ec. 166) \quad SU^{Ei}_{media,K,B} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} SU^{Eij}_K}{k_3}$$

$$(Ec. 167) \quad s^{Ei}_{típica,K,B} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_3} (SU^{Ei}_{media,K,B} - SU^{Eij}_K)^2}{k_3}}$$

$$(Ec. 168) \quad SU^{Ei}_{característica,K,B} = SU^{Ei}_{media,K,B} + 1,64s^{Ei}_{típica,K,B}$$

siendo:

$SU^{Ei}_{máxima,K,B}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de las viviendas en bloque

$SU^{Ei}_{mínima,K,B}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque

$SU^{Ei}_{media,K,B}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque

- $s^{Ei}_{típica,K,B}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque  
 $SU^{Ei}_{característicaK,B}$  = Valor característico de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de las viviendas en bloque  
 $SU_K^{Eij}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$   
 $k_3$  = Número de viviendas en bloque de la muestra

La conversión de los datos anteriores a valores referidos a superficie construida se ha realizado multiplicando los anteriores por  $\beta=0,78$ , dato ya reseñado en la introducción de este apartado:

$$(Ec. 169) \quad (SU - RMV_B)_{S.construida} = 0,78 \cdot (SU - RMV_B)_{S.útil}$$

**Tabla 12, Anexo 2**

**Sobrecarga de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de todas las viviendas de la muestra (SU-RMV<sub>T</sub>)**

Para todas las viviendas, la hoja de cálculo del Anexo 2 es la recogida en la Tabla 12, y utilizando los datos representativos, no ya de una tipología sino, de todas las viviendas y operando de forma similar a las tres tablas anteriores, se han obtenido los valores medios de la sobrecargas de uso de las viviendas de la muestra referidos a superficies útiles y los valores representativos (máximo, mínimo, medio, desviación típica y valor característico) de la sobrecarga de uso de todas las viviendas. Para los datos referidos a superficies construidas, dado que los coeficientes de conversión son distintos para cada tipología, se han tenido que ponderar en función de la influencia de aquellos en la muestra total.

Para los **valores medios**, los resultados de la totalidad de las viviendas, referidos a las superficie útil, se han barajado en la tabla 12 las ecuaciones siguientes:

$$(Ec. 170) \quad SU_{máxima,T}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} SU_{máxima,T}^j}{k_t}$$

$$(Ec. 171) \quad SU_{mínima,T}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} SU_{mínima,T}^j}{k_t}$$

$$(Ec. 172) \quad SU_{media,T}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} SU_{media,T}^j}{k_t}$$

$$(Ec. 173) \quad s_{típica,T}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} s_{típica,T}^j}{k_t}$$

$$(Ec. 174) \quad SU_{característica,T}^{media} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} SU_{característica,T}^j}{k_t}$$

siendo:

- $SU_{máxima,T}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso máxima de todas las viviendas
- $SU_{mínima,T}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso mínima de todas las viviendas
- $SU_{media,T}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso media de todas las viviendas
- $s_{típica,T}^{media}$  = Valor medio de la desviación típica de todas las viviendas
- $SU_{característica,T}^{media}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso caract. de todas las viviendas
- $SU_{máxima,T}^j$  = Sobrecarga de uso máxima de la vivienda  $j$
- $SU_{mínima,T}^j$  = Sobrecarga de uso mínima de la vivienda  $j$
- $SU_{media,T}^j$  = Sobrecarga de uso media de la vivienda  $j$
- $s_{típica,T}^j$  = Desviación típica de la vivienda  $j$
- $SU_{característica,T}^j$  = Sobrecarga de uso característica de la vivienda  $j$
- $k_t$  = Número de viviendas de la muestra

Para los **valores característicos**, las ecuaciones han sido las siguientes:

$$(Ec. 175) \quad SU_{máxima,K,T}^{Ei} = máx[SU_{K,T}^{Eij}]_{j=1}^{j=K_t}$$

$$(Ec. 176) \quad SU_{mínima,K,T}^{Ei} = mín[SU_{K,T}^{Eij}]_{j=1}^{j=K_t}$$

$$(Ec. 177) \quad SU_{media,K,T}^{Ei} = \frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} SU_K^{Eij}}{k_t}$$

$$(Ec. 178) \quad s_{típica,K,T}^{Ei} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=k_t} (SU_{media,K,T}^{Ei} - SU_K^{Eij})^2}{k_t}}$$

$$(Ec. 179) \quad SU_{característica,K,T}^{Ei} = SU_{media,K,T}^{Ei} + 1,64s_{típica,K,T}^{Ei}$$

siendo:

- $SU_{máxima,K,T}^{Ei}$  = Valor máximo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  ( $E1$ : recibidor,  $E2$ : salón, etc..) de todas las viviendas

- $SU_{mínima,K,T}^{Ei}$  = Valor mínimo de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas
- $SU_{media,K,T}^{Ei}$  = Valor medio de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas
- $S_{típica,K,T}^{Ei}$  = Desviación típica de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas
- $SU_{característicaK,T}^{Ei}$  = Valor característico de la sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  de todas las viviendas en bloque
- $SU_K^{Eij}$  = Sobrecarga de uso característica de la estancia  $Ei$  en la vivienda  $j$
- $k_t$  = Número de todas las viviendas

La obtención de los datos anteriores repercutidos sobre **superficie construida** exige ponderar los resultados obtenidos sobre superficies útiles por un coeficiente global obtenido de la ponderación de los parciales por sus frecuencias relativas en la muestra. Es decir:

$$(SU - RMV_t)_{SC} = [\alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2 + \alpha_3\beta_3](SU - RMV_t)_{SU}$$

siendo:

$$\alpha_i = \text{Frecuencia relativa de la tipología } i = K_i/K_t$$

$$\beta_1 = 0,88 \quad ; \quad \beta_2 = 0,81 \quad ; \quad \beta_3 = 0,78$$

Para el caso concreto que nos ocupa, el coeficiente de ponderación global es:  
 $(0,14 \times 0,88) + (0,23 \times 0,81) + (0,63 \times 0,78) = 0,80$

Se recogen a continuación los **valores representativos de las sobrecargas de uso características** de las distintas viviendas, según la clasificación de aisladas, adosadas, en bloque y total de la muestra<sup>152</sup>:

Ref	Tipología	Sobrecargas de uso de las viviendas de la muestra referidas a superficie útil (Kg/m2)				
		$SU_{máxima}^{Caract}$ Kg/m2	$SU_{mínima}^{Caract}$ Kg/m2	$SU_{media}^{Caract}$ Kg/m2	$S_{típica, Caract}$ Kg/m2	$SU_{Caract}^{Caract}$ Kg/m2
A	Aislada	158,00	68,00	104,36	17,84	133,62
AD	Adosada	183,00	78,00	122,43	21,38	157,49
B	En bloque	190,00	87,00	139,06	16,30	165,80
<b>Total todas las viviendas</b>		190,00	68,00	130,39	21,54	<b>165,71</b>

Tabla 93 Valores representativos de la  $SU_K$ , referidas a S. útil, de las viv. de la muestra según su tipología

<sup>152</sup> Los valores medios de los representativos se pueden consultar en las tablas 9, 10, 11 y 12 del anexo 2.

Coeficiente $S_{\text{util}} / S_{\text{cons}}$ $\beta$	Tipología	Sobrecargas de uso de las viviendas de la muestra referidas a superficie construida (Kg/m <sup>2</sup> )				
		$SU_{\text{Caract}}^{\text{máxima}}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{\text{Caract}}^{\text{mínima}}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{\text{Caract}}^{\text{media}}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{\text{tipica, Caract}}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{\text{Caract}}^{\text{Caract}}$ Kg/m <sup>2</sup>
0,88	Aislada $\alpha_1 = 14\%$	139,04	59,84	91,84	12,70	117,59
0,81	Adosada $\alpha_2 = 23\%$	148,23	63,18	99,17	17,32	127,57
0,78	En bloque $\alpha_3 = 63\%$	148,20	67,86	108,47	12,71	132,71
<b>Total todas las viviendas</b> $\beta = 0,80$		152,17	54,46	104,43	17,25	<b>132,71</b>

Tabla 94 Valores representativos de la  $SU_K$ , referidas a Superficie construida, de las viviendas de la muestra según su tipología

**Tabla 13, Anexo 2****Superficie útil (m<sup>2</sup>) y Peso de mobiliario (Kg) de las viviendas aisladas de la muestra (P/Sútil-RMV<sub>A</sub>)**

El valor medio de la superficie útil y el característico del peso del mobiliario que forman la sobrecarga de uso de las viviendas aisladas de la muestra, se han calculado en la tabla 13 del anexo 2. Sus resultados se recogen en la Tabla 95 y responden a los cálculos dados por las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 180) \quad S_{\text{útil}}^{\text{media}}_A = \frac{\sum_{j=1}^{k_1} S_{\text{útil}}^j_A}{K_1}$$

$$(Ec. 181) \quad P_A^{\text{Caract.}} = P_A^{\text{Medio}} + 1.64\sigma_{\text{Tip,PA}}$$

siendo:

$S_{\text{útil}}^{\text{media}}_A$  = Superficie útil media de las viviendas aisladas de la muestra

$S_{\text{útil}}^j_A$  = Superficie útil de la vivienda aislada  $j$  de las  $K_1$  de la muestra

$P^{\text{Medio}}_A$  = Peso medio del mobiliario y elementos de las viviendas aisladas de la muestra

$P^{\text{Caract.}}_A$  = Peso característico del mobiliario y elementos de las viviendas aisladas de la muestra

$\sigma_{\text{tip,PA}}$  = Desviación típica del peso del mobiliario y otros de las viviendas aisladas

$k_1$  = Número de viviendas aisladas de la muestra

**Tabla 14, Anexo 2****Superficie útil (m<sup>2</sup>) y Peso de mobiliario (Kg) de las viviendas adosadas de la muestra (P/Sútil-RMV<sub>AD</sub>)**

De forma equivalente a lo descrito para la tabla 13, en el caso de las viviendas adosadas, el valor medio de su superficie útil y el característico del peso del mobiliario y otros, se ha calculado en la tabla 14 del anexo 2. Sus resultados se recogen en la Tabla 95 y responden a los cálculos dados por las mismas ecuaciones que las dadas en la tabla anterior, adaptando las referencias de aisladas por adosadas, quedando como sigue:

$$(Ec. 182) \quad S_{\text{útil}}^{\text{media}}_{VAD} = \frac{\sum_{j=1}^{k_2} S_{\text{útil}}^j_{AD}}{K_2}$$

$$(Ec. 183) \quad P_{AD}^{Caract.} = P_{AD}^{Medio} + 1.64\sigma_{Tip, PAD}$$

siendo:

$S_{AD}^{útil\ media}$  = Superficie útil media de las viviendas adosadas de la muestra

$S_{AD}^{útil\ j}$  = Superficie útil de la vivienda adosada  $j$  de las  $K_2$  de la muestra

$P_{AD}^{medio}$  = Peso medio del mobiliario y elementos de las viviendas adosadas de la muestra

$P_{AD}^{Caract.}$  = Peso característico del mobiliario y elementos de las viviendas adosadas de la muestra

$\sigma_{tip, PAD}$  = Desviación típica del peso del mobiliario y otros de las viviendas adosadas

$k_2$  = Número de viviendas adosadas de la muestra

**Tabla 15, Anexo 2**

**Superficie útil (m<sup>2</sup>) y Peso de mobiliario (Kg) de las viviendas en bloque de la muestra (P/S útil-RMV<sub>B</sub>)**

Para las viviendas en bloque, las ecuaciones han sido las que siguen, y sus resultados se han recogido en Tabla 95:

$$(Ec. 184) \quad S_{VB}^{útil\ media} = \frac{\sum_{j=1}^{k_3} S_{VB}^{útil\ j}}{K_3}$$

$$(Ec. 185) \quad P_B^{Caract.} = P_B^{Medio} + 1.64\sigma_{Tip, PB}$$

siendo:

$S_B^{útil\ media}$  = Superficie útil media de las viviendas en bloque de la muestra

$S_B^{útil\ j}$  = Superficie útil de la vivienda en bloque  $j$  de las  $K_3$  de la muestra

$P_B^{medio}$  = Peso medio del mobiliario y elementos de las viviendas en bloque de la muestra

$P_B^{Caract.}$  = Peso característico del mobiliario y elementos de las viviendas en bloque de la muestra

$\sigma_{tip, PB}$  = Desviación típica del peso del mobiliario y otros de las viviendas en bloque

$k_3$  = Número de viviendas en bloque de la muestra

**Tabla 16, Anexo 2**

**Superficie útil (m<sup>2</sup>) y Peso de mobiliario (Kg) de las viviendas en bloque de la muestra (P/S útil-RMV<sub>B</sub>)**

Para todas las viviendas de la muestra, la superficie útil media obtenida y el valor característico del peso del mobiliario y otros elementos que componen la sobrecarga de uso de las viviendas, se han obtenido aplicando las ecuaciones dadas para las tablas 13, 14 y 15 pero aplicadas a la totalidad de las 630 viviendas de la muestras. Los resultados

obtenidos se han reflejado en la Tabla 95 y las ecuaciones utilizadas han sido las siguientes:

$$(Ec. 186) \quad S_{\text{útil}}^{\text{media}} = \frac{\sum_{j=1}^{630} S_{\text{útil}}^j}{630}$$

$$(Ec. 187) \quad P_T^{\text{Caract.}} = P_T^{\text{Medio}} + 1.64\sigma_{\text{Tip,PT}}$$

siendo:

$S_{\text{útil}}^{\text{media}}$  = Superficie útil media de las viviendas en bloque de la muestra

$S_{\text{útil}}^j$  = Superficie útil de la vivienda en bloque  $j$  de las 630 de la muestra

$P^{\text{medio}}$  = Peso medio del mobiliario y elementos de las viviendas en bloque de la muestra

$P^{\text{Caract.}}$  = Peso característico del mobiliario y elementos de todas las viviendas

$\sigma_{\text{tip,PT}}$  = Desviación típica del peso del mobiliario y otros de todas las viviendas

$630 = k_1 + k_2 + k_3$  = Número total de viviendas de la muestra

### Resumen de los resultados de las tablas 13, 14, 15 y 16

		Valores representativos de la Superficie útil media ( $m^2$ ) y Peso característico del mobiliario y elementos ( $Kg$ ) por tipo de vivienda			
		Aislada	Adosada	Bloque	Todas
Valor máximo	S útil ( $m^2$ )	554,10	229,19	187,22	554,10
	Peso ( $Kg$ )	15.252,10	7.079,30	10.677,80	15.252,10
Valor mínimo	S útil ( $m^2$ )	76,52	43,70	19,89	19,89
	Peso ( $Kg$ )	2.109,00	2.079,70	1.406,65	1.406,65
Valor medio	S útil ( $m^2$ )	<b>134,59</b>	<b>100,91</b>	<b>86,24</b>	<b>96,37</b>
	Peso ( $Kg$ )	4.139,17	4.000,80	4.863,26	4.563,61
Desviación típica	S útil ( $m^2$ )	57,18	28,65	23,62	35,57
	Peso ( $Kg$ )	1.584,57	935,31	1.036,55	1.174,26
Valor característico superior	S útil ( $m^2$ )	228,37	147,91	124,98	154,71
	Peso ( $Kg$ )	<b>6.737,86</b>	<b>5.534,72</b>	<b>6.563,20</b>	<b>6.489,40</b>
Valor característico inferior	S útil ( $m^2$ )	40,80	53,92	47,50	38,03
	Peso ( $Kg$ )	1.540,47	2.466,89	3.163,31	2.637,82

Tabla 95 Valores característicos de la Superficie útil media y Peso característico del mobiliario según la tipología de la vivienda (P/S.útil-RMV)

### 3.3.5.- Resultados ponderados por estancias (*RPE*)

La extrapolación de los resultados, obtenidos en las estancias de la muestra investigada, a la totalidad de la población del País, exige la ponderación de los valores de las tablas de estancias anteriores (Tabla 88, Tabla 89, Tabla 90, y Tabla 91) por los coeficientes de tipología que, tanto el CIS<sup>153</sup> como los valores censales del INE<sup>154</sup>, asumen como porcentajes que determinan la frecuencia del número de viviendas aisladas, adosadas y en bloque que existen en España al final del siglo XX.

#### *Tabla 17, Anexo 2*

#### *Resultados ponderados de Superficie útil (m2) y Sobrecarga de uso (Kg/m2) por estancias (S.útil+SU-RPE<sub>T</sub>)*

En la Tabla 96, se han recogido los valores ponderados tanto de la superficie útil como de la sobrecarga de uso característica de cada una de las estancias en estudio, resultado del cálculo recogido en la tabla 17 del Anexo 2.

El cálculo de la superficie útil media ponderada, responde a la expresión de (Ec. 188), donde los datos sin ponderar se encuentran en la Tabla 88.

$$(Ec. 188) \quad S_{\text{útil}}^{Ei}_{\text{media,pond}} = 28\%S_{\text{útil}}^{Ei}_{\text{media,A}} + 12\%S_{\text{útil}}^{Ei}_{\text{media,AD}} + 60\%S_{\text{útil}}^{Ei}_{\text{media,B}}$$

El cálculo de la sobrecarga de uso característica ponderada, responde a la expresión (Ec. 189) y los datos sin ponderar, correspondientes a los valores de sobrecarga de uso característica de cada estancia, se han obtenido de la Tabla 89, la Tabla 90 y la Tabla 91. La ecuación que ha servido para elaborar la columna de sobrecarga característica ponderada de las estancias *Ei* es la que sigue:

$$(Ec. 189) \quad SU_{\text{característica,pond}}^{Ei} = 28\%SU_{\text{característica,A}}^{Ei} + 12\%S_{\text{útil}}^{Ei}_{\text{característica,AD}} + 60\%S_{\text{útil}}^{Ei}_{\text{característica,B}}$$

<sup>153</sup> CIS, 2001; Encuesta barómetro de junio 2001. Centro de Investigaciones Sociológicas. Ministerio de la Presidencia. Madrid, 2001

<sup>154</sup> INE; Instituto Nacional de Estadística. Varios censos de población y vivienda. Ver apartado de “Estadísticas recientes”

Ref	Estancia	Resultados ponderados por estancias	
		<i>S. útil</i> <small>media,pond</small> (m <sup>2</sup> )	<i>SU</i> <small>característica,pond</small> (Kg/m <sup>2</sup> )
E1	Recibidor	4,64	127,79
E2	Salón	15,52	114,59
E3	Comedor	14,56	105,41
E4	Salón/comedor	24,66	98,69
E5	Cocina	11,32	186,45
E6	Dormitorio	11,78	84,44
E7	Baño/aseo	4,72	141,33
E8	Trastero	3,77	191,58
E9	Galería	3,81	190,71
E10	Pasillo/distrib	6,12	107,69

Tabla 96 Superficie útil media y Sobrecarga de uso característica ponderados por estancias

### 3.3.6.- Resultados ponderados por viviendas (RPV)

Para finalizar, se han obtenido como valores más representativos de las sobrecarga de uso de viviendas, los que se recogen en la Tabla 97, donde se reflejan: los valores ponderados de la sobrecarga de uso máxima, mínima, media y característica referida a superficies útiles y a superficies construidas. Igualmente en la Tabla 98 se recogen la superficie útil ponderada de viviendas y el peso ponderado del mobiliario y otros.

La importancia de referir la sobrecarga de uso a la superficie construida y no a la útil viene de asumir que la inmensa mayoría, sino el 100%, de los cálculos que se llevan a cabo en España de producen aplicando la sobrecarga de uso al área de forjado a construir, lo que supone aplicar la sobrecarga a la superficie construida y no a la útil, ya que esto último exigiría, descontar las superficies ocupadas por tabiquerías, muros, pilares, etc, en la consideración de áreas cargadas de forjado. No obstante para su uso específico, también de han incluido las referidas a la superficie útil.

#### **Tabla 18, Anexo 2**

#### **Resultados ponderados de Sobrecargas de uso (Kg/m<sup>2</sup>) de viviendas (SU-RPV<sub>T</sub>)**

Los valores de sobrecargas ponderados, valores medios y valores característicos, referidos a superficie útil, se han obtenido aplicando la expresiones que siguen; donde los datos sin ponderar se han obtenido de la Tabla 93, siendo estos los resultantes de la hoja de cálculo contenida en la tabla 14 del Anexo 2. Tanto para valores medios, como para

valores característicos, las ecuaciones utilizadas mantienen las mismas expresiones, si bien para el caso que nos ocupa, la Tabla 97 contiene sólo los valores característicos, y responden a las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 190) \quad SU_{m\acute{a}x,K,ponderada} = 28\%SU_{m\acute{a}x,A}^K + 12\%SU_{m\acute{a}x,AD}^K + 60\%SU_{m\acute{a}x,B}^K$$

$$(Ec. 191) \quad SU_{m\acute{i}n,K,ponderada} = 28\%SU_{m\acute{i}n,A}^K + 12\%SU_{m\acute{i}n,AD}^K + 60\%SU_{m\acute{i}n,B}^K$$

$$(Ec. 192) \quad SU_{med,K,ponderada} = 28\%SU_{med,A}^K + 12\%SU_{med,AD}^K + 60\%SU_{med,B}^K$$

$$(Ec. 193) \quad S_{t\acute{i}pica,K,ponderada} = 28\%s_{t\acute{i}pica,A}^K + 12\%s_{t\acute{i}pica,AD}^K + 60\%SU_{t\acute{i}pica,B}^K$$

$$(Ec. 194) \quad SU_{caract,K,ponderada} = 28\%SU_{caract,A}^K + 12\%SU_{caract,AD}^K + 60\%SU_{caract,B}^K$$

Los valores de sobrecargas referidos a superficie construida se han obtenido aplicando el coeficiente  $\beta$  de conversión (relación entre  $S_{\acute{u}til}$  y  $S_{construida}$ ) a los resultados dados en las ecuaciones anteriores (ver ecuaciones que siguen). Igualmente, se podrían obtener también las ecuaciones referidas a superficie construida según formulas equivalentes a las dadas para superficie útil, en las que los datos sin ponderar se habrían obtenido de la Tabla 94.

$$(Ec. 195) \quad SU_{K,ponderada}^{SC} = [0.88 \cdot 28\% + 0.81 \cdot 12\% + 0.78 \cdot 60\%]SU_K^{S\acute{u}til}$$

El coeficiente de ponderación, desarrollando los valores anteriores es de 0,81.

Tipología	Valores ponderados de las Sobrecargas de uso caract.de viviendas (Kg/m2)				
	$SU_{K,m\acute{a}xima,pond}$ Kg/m2	$SU_{K,m\acute{i}nima,pond}$ Kg/m2	$SU_{K,media,pond}$ Kg/m2	$S_{t\acute{i}pica,K,pond}$ Kg/m2	$SU_{K,caract,pond}$ Kg/m2
Referida a Superficie útil ( $S_{\acute{u}til}$ )	180,20	80,60	127,35	17,34	<b>155,79</b>
Referida a Superficie construida ( $S_{const}$ )	146,25	65,41	106,36	14,07	<b>126,44</b>

Tabla 97 Sobrecargas de uso ponderadas de viviendas referidas a superficie útil y construida

**Tabla 19, Anexo 2**

**Resultados ponderados de Superficie útil (m<sup>2</sup>) y Pesos de mobiliario y otros (Kg) de viviendas (P/S útil-RPV<sub>T</sub>)**

El proceso de obtención de los datos ponderados contenidos en la Tabla 98, pasa por afectar cada dato de la muestra (Tabla 95) por los coeficientes contenidos en la Tabla 87. La ecuación general de ponderación sería:

$$RP = 0,28 RM_1 + 0,12 RM_2 + 0,60 RM_3$$

siendo:

*RP*: Resultados ponderados

*RM<sub>1</sub>*: Resultados de la muestra de viviendas aisladas

*RM<sub>2</sub>*: Resultados de la muestra de viviendas adosadas

*RM<sub>3</sub>*: Resultados de la muestra de viviendas en bloque

	Valores ponderados de la Superficie útil media y el Peso característico del mobiliario y otros de viviendas				
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Desviación típica	Valor Característico
Superficie útil media ponderada de viviendas. (m <sup>2</sup> )	294,98	38,60	<b>101,54</b>	33,62	156,68 S 46,39 I
Peso Característico ponderado de mobiliario y otros. (Kg)	11.526,78	1.684,07	4.557,02	1.177,85	<b>6.488,69 S</b> 2.625,34 I

Tabla 98 Superficie útil media ponderada y Peso característico<sup>155</sup> del mobiliario de viviendas

<sup>155</sup> En el cuadro, se ha designado con **S** el valor superior y con **I** el valor inferior

## **Capítulo 4**

### **Discusión de resultados**

## Capítulo 4

### 4.- Discusión de resultados

#### 4.1.- Introducción. Tablas resumen de resultados

Como se recoge en el apartado de “Resultados”, los valores más representativos han sido ordenados siguiendo dos criterios distintos para medir las influencias de ambos contenedores. Así, se analizan las influencias derivadas de los resultados por “**estancia**”, y se analizan las influencias derivadas de los resultados por “**vivienda**”.

Teniendo en cuenta que se han estudiado 630 viviendas, y que cada una cuenta con una media de 10 estancias, para analizar los dos criterios básicos de este contenedor, esto es, la superficie media y la sobrecarga característica, se han tenido que barajar unos 12.000 datos.

Para el caso de las viviendas, los tres factores fundamentales de análisis han sido, la superficie útil media, el peso característico del mobiliario y la sobrecarga de uso característica, los tres en función de las tres tipologías de análisis, esto es, aislada, adosada y en bloque, y en conjunto con la totalidad de las 630 viviendas chequeadas.

Para el total de la muestra (630 viviendas), y teniendo en cuenta que cada ficha contiene unos 80 datos y resultados de la vivienda a que corresponde, el total de valores manejados supera los 50.000 ítem, lo que exige una clara organización para exponer los resultados obtenidos, si no se quiere contribuir a la confusión de las influencias encontradas, por lo que he considerado oportuno seguir el siguiente esquema:

- Análisis de los resultados sobre las **estancias** estudiadas, según la influencia de la tipología de vivienda en la superficie útil y la sobrecarga de uso de la estancia y la relación entre éstas últimas, introduciendo el concepto de área de influencia
- Análisis de los resultados sobre las **viviendas** estudiadas, según la superficie útil, el peso del mobiliario y la sobrecarga de uso en función de la tipología vivienda y el análisis de los valores más representativos de la sobrecarga de uso de la vivienda en función de su valor medio, característico y ponderación al total del País.

Se concluye la discusión de los resultados obtenidos, con la propuesta de tres métodos de evaluación de sobrecargas de uso de viviendas, basados en los resultados obtenidos en esta investigación y según los siguientes titulares: Método Determinista (*MD*) con la propuesta de un valor determinista de sobrecarga de uso; Método del Área de Influencia (*MAI*), con la aportación de una función que vincula la sobrecarga de uso con el área de influencia de la carga; y el Método de la Evaluación Pormenorizada

(MEP), conteniendo el diseño de un método específico para la evaluación de sobrecargas de uso especialmente diseñado para la evaluación en fase de intervención/peritación.

Para la fácil localización de los valores que se barajan en los apartados que siguen se recogen a continuación las tablas de los resultados obtenidos :

### Tablas resumen de resultados por ESTANCIAS

#### Superficies útiles ESTANCIAS

Ref	Estancia	Superficie útil media por estancia (m2)			
		<i>S. útil media,A</i> Aislada	<i>S. útil media,AD</i> Adosada	<i>S. útil media,B</i> Bloque	<i>S. útil media,T</i> Todas
E1	Recibidor	6,61	3,93	3,87	4,27
E2	Salón	21,22	16,75	12,61	16,92
E3	Comedor	13,88	14,45	14,90	14,36
E4	Salón/comedor	<b>31,15</b>	23,78	21,80	23,43
E5	Cocina	15,08	<b>11,98</b>	9,44	10,82
E6	Dormitorio	13,14	11,74	<b>11,15</b>	11,57
E7	Baño/aseo	5,57	4,88	4,29	4,61
E8	Trastero	5,57	4,71	2,74	4,10
E9	Galería	4,92	4,83	3,09	3,67
E10	Pasillo/distrib.	7,03	6,28	5,66	6,00
		Tabla 1 Anexo 2	Tabla 2 Anexo 2	Tabla 3 Anexo 2	Tabla 4 Anexo 2

Tabla 99 Superficies útiles medias de las estancias en función de la tipología de vivienda (*S.útil-RME*)

#### Sobrecargas de uso características ESTANCIAS

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m2)				
		<i>SU máxima,A</i> Kg/m2	<i>SU mínima,A</i> Kg/m2	<i>SU media,A</i> Kg/m2	<i>S típica,A</i> Kg/m2	<i>SU característica,A</i> Kg/m2
E1	Recibidor	159,83	21,99	76,38	22,77	113,72
E2	Salón	92,56	22,27	52,40	15,46	77,76
E3	Comedor	86,22	35,63	66,10	13,69	88,54
E4	Salón/comedor	73,77	24,56	47,20	11,95	66,80
E5	Cocina	191,70	44,43	113,14	31,60	164,95
E6	Dormitorio	67,22	27,00	43,77	8,26	57,32
E7	Baño/aseo	153,42	50,86	85,95	20,05	118,82
E8	Trastero	171,26	51,03	85,95	44,55	159,02
E9	Galería	194,03	37,03	97,69	35,99	156,71
E10	Pasillo/distrib.	152,17	23,79	69,81	18,79	100,63
		Tabla 5 Anexo 2				

Tabla 100 Sobrecarga de uso por estancias de viviendas aisladas

**Sobrecargas de uso características**  
**ESTANCIAS**

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> )				
		<i>SU</i> máxima,AD Kg/m <sup>2</sup>	<i>SU</i> mínima,AD Kg/m <sup>2</sup>	<i>SU</i> media,AD Kg/m <sup>2</sup>	<i>S</i> típica,AD Kg/m <sup>2</sup>	<i>SU</i> característica,AD Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	191,70	41,65	101,26	38,16	163,85
E2	Salón	116,45	50,33	72,79	17,34	101,23
E3	Comedor	105,25	48,51	70,01	16,61	97,25
E4	Salón/comedor	112,91	34,06	63,50	17,37	91,98
E5	Cocina	233,50	74,72	134,61	35,03	192,06
E6	Dormitorio	91,60	30,80	53,67	9,47	69,21
E7	Baño/aseo	172,03	35,00	99,21	25,50	141,02
E8	Trastero	259,20	36,00	133,86	73,98	255,19
E9	Galería	237,36	23,91	108,08	52,43	194,05
E10	Pasillo/distrib.	170,48	35,50	82,55	23,61	121,27
Tabla 6 Anexo 2						

Tabla 101 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas adosadas

**Sobrecargas de uso características**  
**ESTANCIAS**

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> )				
		<i>SU</i> máxima,B Kg/m <sup>2</sup>	<i>SU</i> mínima,B Kg/m <sup>2</sup>	<i>SU</i> media,B Kg/m <sup>2</sup>	<i>S</i> típica,B Kg/m <sup>2</sup>	<i>SU</i> característica,B Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	171,76	44,64	89,94	22,69	127,15
E2	Salón	153,74	72,82	95,31	23,87	134,45
E3	Comedor	129,27	59,35	82,51	19,76	114,92
E4	Salón/comedor	161,13	42,81	88,76	15,95	114,92
E5	Cocina	232,95	78,57	151,34	26,84	195,36
E6	Dormitorio	118,70	37,27	77,31	13,92	100,14
E7	Baño/aseo	174,34	52,85	118,81	20,17	151,89
E8	Trastero	187,45	79,26	146,22	29,17	194,05
E9	Galería	284,29	41,75	139,77	40,33	205,91
E10	Pasillo/distrib.	147,47	13,94	77,87	18,53	108,27
Tabla 7 Anexo 2						

Tabla 102 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas en bloque

**Sobrecargas de uso características**  
**ESTANCIAS**

Ref	Estancia	Sobrecarga de uso por estancias (Kg/m <sup>2</sup> ) TODAS LAS VIVIENDAS				
		$SU_{m\acute{a}xima,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{m\acute{i}nima,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{media,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{t\acute{i}pica,T}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{caracter\acute{i}stica,T}$ Kg/m <sup>2</sup>
E1	Recibidor	191,70	21,99	90,65	28,00	136,57
E2	Salón	153,74	22,27	77,21	26,79	121,14
E3	Comedor	129,27	35,63	71,68	17,27	100,00
E4	Salón/comedor	161,13	24,56	77,95	22,16	114,30
E5	Cocina	233,50	44,43	142,15	32,51	195,47
E6	Dormitorio	118,70	27,00	67,17	18,32	97,21
E7	Baño/aseo	174,34	35,00	109,71	24,85	150,45
E8	Trastero	259,20	36,00	128,25	56,26	220,51
E9	Galería	284,29	23,91	128,06	45,55	202,76
E10	Pasillo/distrib.	170,48	13,94	77,70	20,13	110,71
		Tabla 8 Anexo 2				

Tabla 103 Sobrecarga de uso por estancias de todas las viviendas de la muestra

## Tablas resumen de resultados por VIVIENDAS

### Sobrecargas de uso características VIVIENDAS

Ref	Tipología	Sobrecargas de uso de las viviendas de la muestra referidas a superficie útil (Kg/m <sup>2</sup> )				
		$SU_{Caract}^{máxima}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{Caract}^{mínima}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{Caract}^{media}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{típica, Caract}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{Caract}^{Caract.}$ Kg/m <sup>2</sup>
Tabla 9 Anexo 2	Aislada	158,00	68,00	104,36	17,84	133,62
Tabla 10 Anexo 2	Adosada	183,00	78,00	122,43	21,38	157,49
Tabla 11 Anexo 2	En bloque	190,00	87,00	139,06	16,30	165,80
Tabla 12 Anexo 2	<b>Total todas las viviendas</b>	190,00	68,00	130,39	21,54	<b>165,71</b>

Tabla 104 Valores representativos de la  $SU_K$ , referidas a S. útil, de las viv. de la muestra según su tipología

### Sobrecargas de uso características VIVIENDAS

Coeficiente $S_{util}/S_{cons}$ $\beta$	Tipología	Sobrecargas de uso de las viviendas de la muestra referidas a superficie construida (Kg/m <sup>2</sup> )				
		$SU_{Caract}^{máxima}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{Caract}^{mínima}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{Caract}^{media}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{típica, Caract}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{Caract}^{Caract.}$ Kg/m <sup>2</sup>
Tabla 9 Anexo 2 0,88	Aislada $\alpha_1=14\%$	139,04	59,84	91,84	12,70	117,59
Tabla 10 Anexo 2 0,81	Adosada $\alpha_2=23\%$	148,23	63,18	99,17	17,32	127,57
Tabla 11 Anexo 2 0,78	En bloque $\alpha_3=63\%$	148,20	67,86	108,47	12,71	132,71
Tabla 12 Anexo 2 $\beta=0,80$	<b>Todas las viviendas</b>	152,17	54,46	104,43	17,25	<b>132,71</b>

Tabla 105 Valores representativos de la  $SU_K$ , referidas a Superficie construida, de las viviendas de la muestra según su tipología

## Superficie útiles y Peso del mobiliario VIVIENDAS

		Valores representativos de la Superficie útil media ( <i>m2</i> ) y Peso característico del mobiliario y elementos ( <i>Kg</i> ) por tipo de vivienda			
		Aislada	Adosada	Bloque	Todas
Valor máximo	S útil ( <i>m2</i> )	554,10	229,19	187,22	554,10
	Peso ( <i>Kg</i> )	15.252,10	7.079,30	10.677,80	15.252,10
Valor mínimo	S útil ( <i>m2</i> )	76,52	43,70	19,89	19,89
	Peso ( <i>Kg</i> )	2.109,00	2.079,70	1.406,65	1.406,65
Valor medio	S útil ( <i>m2</i> )	<b>134,59</b>	<b>100,91</b>	<b>86,24</b>	<b>96,37</b>
	Peso ( <i>Kg</i> )	4.139,17	4.000,80	4.863,26	4.563,61
Desviación típica	S útil ( <i>m2</i> )	57,18	28,65	23,62	35,57
	Peso ( <i>Kg</i> )	1.584,57	935,31	1.036,55	1.174,26
Valor característico superior	S útil ( <i>m2</i> )	228,37	147,91	124,98	154,71
	Peso ( <i>Kg</i> )	<b>6.737,86</b>	<b>5.534,72</b>	<b>6.563,20</b>	<b>6.489,40</b>
Valor característico inferior	S útil ( <i>m2</i> )	40,80	53,92	47,50	38,03
	Peso ( <i>Kg</i> )	1.540,47	2.466,89	3.163,31	2.637,82
		Tabla 13 Anexo 2	Tabla 14 Anexo 2	Tabla 15 Anexo 2	Tabla 16 Anexo 2

Tabla 106 Valores característicos de la Superficie útil media y Peso característico del mobiliario según la tipología de la vivienda (P/S.útil-RMV)

### Resultados ponderados/extrapolados para todo el País

Ref	Estancia	Resultados ponderados por estancias	
		$S. \text{ útil}_{media,pond}$ (m <sup>2</sup> )	$SU_{característica,pond}$ (Kg/m <sup>2</sup> )
E1	Recibidor	4,64	127,79
E2	Salón	15,52	114,59
E3	Comedor	14,56	105,41
E4	Salón/comedor	24,66	98,69
E5	Cocina	11,32	186,45
E6	Dormitorio	11,78	84,44
E7	Baño/aseo	4,72	141,33
E8	Trastero	3,77	191,58
E9	Galería	3,81	190,71
E10	Pasillo/distrib	6,12	107,69
Tabla 17 Anexo 2			

Tabla 107 Superficie útil media y Sobrecarga de uso característica ponderados por estancias

Tipología	Valores ponderados de las Sobrecargas de uso caract.de viviendas (Kg/m <sup>2</sup> )				
	$SU_{K,máxima,pond}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{K,minima,pond}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{K,media,pond}$ Kg/m <sup>2</sup>	$S_{tipica,K,pond}$ Kg/m <sup>2</sup>	$SU_{K,caract,pond}$ Kg/m <sup>2</sup>
Referida a Superficie útil ( <i>S. útil</i> )	180,20	80,60	127,35	17,34	<b>155,79</b>
Referida a Superficie construida ( <i>S. const</i> )	146,25	65,41	106,36	14,07	<b>126,44</b>
Tabla 18 Anexo 2					

Tabla 108 Sobrecargas de uso ponderadas de viviendas referidas a superficie útil y construida

	<b>Valores ponderados de la Superficie útil media y el Peso característico del mobiliario y otros de viviendas</b>				
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Desviación típica	Valor Característico
Superficie útil media ponderada de viviendas. (m <sup>2</sup> )	294,98	38,60	<b>101,54</b>	33,62	156,68 S 46,39 I
Peso Característico ponderado de mobiliario y otros. (Kg)	11.526,78	1.684,07	4.557,02	1.177,85	<b>6.488,69 S</b> 2.625,34 I
	Tabla 19 Anexo 2				

Tabla 109 Superficie útil media ponderada y Peso característico<sup>156</sup> del mobiliario de viviendas

<sup>156</sup> En el cuadro, se ha designado con **S** el valor superior y con **I** el valor inferior

#### 4.2.- Ajuste de curvas según mínimos cuadrados

Con la finalidad de aplicar directamente los procedimientos de ajuste de curvas a los resultados obtenidos, con una justificación matemática que los avalen, desarrollo a continuación el método, de forma simplificada, de ajuste para el caso de curvas hiperbólicas con asíntota en  $K_2$  y según mínimos cuadrados, por afinar mejor las pretensiones de obtención de ecuaciones que vinculan lo experimentado en este trabajo con modelos matemáticos que puedan extenderse en su utilización.

Así pues, si disponemos de una nube de  $n$  puntos  $(a_1, b_1), (a_2, b_2), \dots, (a_n, b_n)$ , y los representamos en una gráfica cartesiana, donde el eje X (horizontal) contenga los  $n$  valores  $a_i$ , y el eje Y (vertical), contenga los  $n$  valores  $b_i$  dispondremos de un conjunto de puntos según se refleja en la Figura 104.

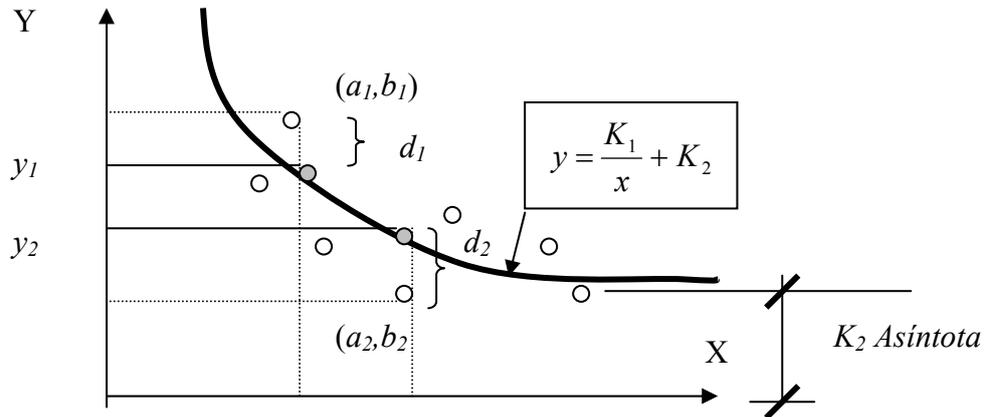


Figura 104 Nube de puntos con curva de ajuste tipo

Para ajustar una curva a la nube, es preciso seleccionar el tipo de ajuste más afinado y fijar aquellos parámetros acotados por la forma distribución del conjunto de puntos. En el caso de un ajuste hiperbólico, la curva a utilizar tiene una expresión de hipérbola del tipo que se indica a continuación:

(Ec. 196) 
$$y = \frac{K_1}{x} + K_2$$

Un ajuste afinado puede ser el de mínimos cuadrados, es decir, aquel cuya suma de los cuadrados de las distancias  $d_i$  sea mínimo. El valor de esta suma se puede expresar como sigue:

(Ec. 197) 
$$D = \sum_{i=1}^{i=n} d_i^2 = (b_1 - y_1)^2 + (b_2 - y_2)^2 + \dots + (b_n - y_n)^2 = \text{Mínimo}$$

Sustituyendo los valores de  $y_i$ , por sus equivalentes en función de la curva de ajuste, tendremos:

$$(Ec. 198) \quad D = \sum_{i=1}^{i=n} d_i^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \left( b_n - \frac{K_1}{a_n} - K_2 \right)^2$$

Para que  $D$  sea mínimo bastará con que la derivada de su expresión respecto a  $K_1$  sea nula. Es decir:

$$(Ec. 199) \quad \frac{\partial \left( \sum_{i=1}^{i=n} d_i^2 \right)}{\partial k_1} = \frac{\partial \left( \sum_{i=1}^{i=n} \left( b_i - \frac{k_1}{a_i} - k_2 \right)^2 \right)}{\partial k_1} = 0$$

Efectuando la operación tendremos:

$$(Ec. 200) \quad -2 \sum_{i=1}^{i=n} \left( b_i - \frac{k_1}{a_i} - k_2 \right) \frac{1}{a_i} = 0$$

Desarrollando la expresión anterior tendremos:

$$(Ec. 201) \quad \sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{b_i - k_2}{a_i} \right) - k_1 \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{a_i^2} = 0$$

Despejando el valor de  $k_1$  tendremos:

$$(Ec. 202) \quad k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{b_i - k_2}{a_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{a_i^2}}$$

Con el valor de  $K_1$  y con el valor seleccionado de  $K_2$ , podemos ya expresar la ecuación del ajuste, que se recoge en la (Ec. 203).

$$(Ec. 203) \quad y = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{b_i - k_2}{a_i} \right) x} + k_2$$

### 4.3.- Discusión de resultados en estancias

De todas las estancias encontradas en las viviendas analizadas, se han seleccionado 10, cuyo uso y superficie pueden representar dos factores influyentes, de forma decisiva, en la sobrecarga de uso característica de cada una de ellas. Las estancias estudiadas son las siguientes:

Referencia Anexo 2	Estancia	Observaciones
E1	Recibidor	En el acceso a la vivienda
E2	Salón	Incluye salones y salas de estar
E3	Comedor	Solo el uso de comedor
E4	Salón/Comedor	Uso de comedor y estar juntos
E5	Cocina	Incluye el uso de comedor en cocina
E6	Dormitorio	Valor medio de los dormitorios de la vivienda
E7	Baño	Valor medio de los baños/aseos de la vivienda
E8	Trastero	Estancia expresa de trastero
E9	Galería	Lavadero, tendedero
E10	Pasillo	Incluye distribuidor interior (no recibidor)

#### 4.3.1.- Influencia de la tipología de vivienda en la superficie de las estancias

En general, se ha encontrado que las estancias de las viviendas aisladas suelen tener mayor superficie que las de las viviendas adosadas y estas que las en bloque (Figura 105). Los resultados coinciden con lo que la intuición apunta al ser de mayor superficie (en valores medios) las viviendas aisladas, que las adosadas y estas que la en bloque.

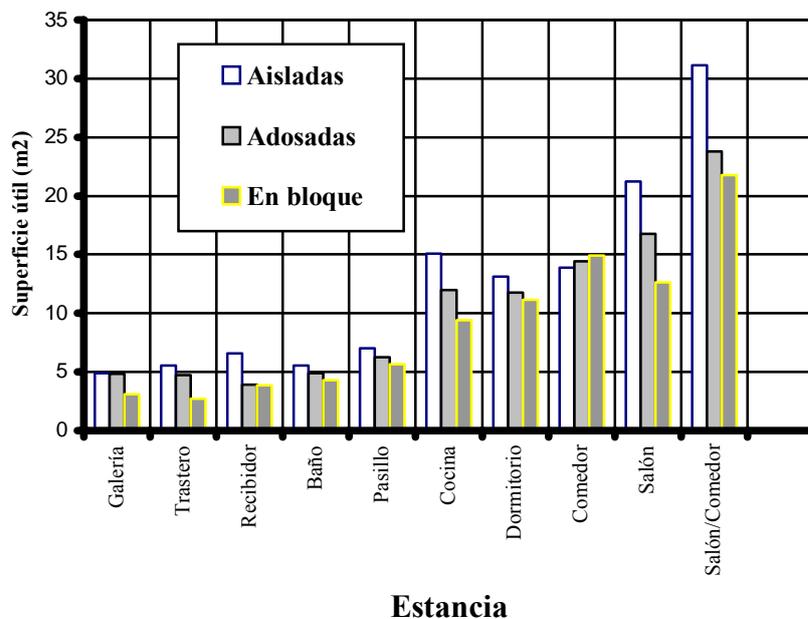


Figura 105 Superficies útiles de las estancias en función del tipo de vivienda

En la Figura 106 se observa como el orden creciente de los valores de las superficies útiles medias de las estancias tradicionales, para el conjunto de la muestra, es el siguiente: galería, trastero, recibidor, baño, pasillo, cocina, dormitorio, comedor, salón y salón comedor. También se pueden observar, en la curva común a todas las viviendas, tres escalones distintos de superficie, esto es: las estancias cuya superficie media está por debajo de los 5 m<sup>2</sup> (galería, trastero, recibidor y baño); las estancias con superficie media entre 5 y 15 m<sup>2</sup> (pasillo, cocina y dormitorio); y las estancias cuya superficie útil media está entre los 15 y los 30 m<sup>2</sup> (comedor, salón y salón/comedor).

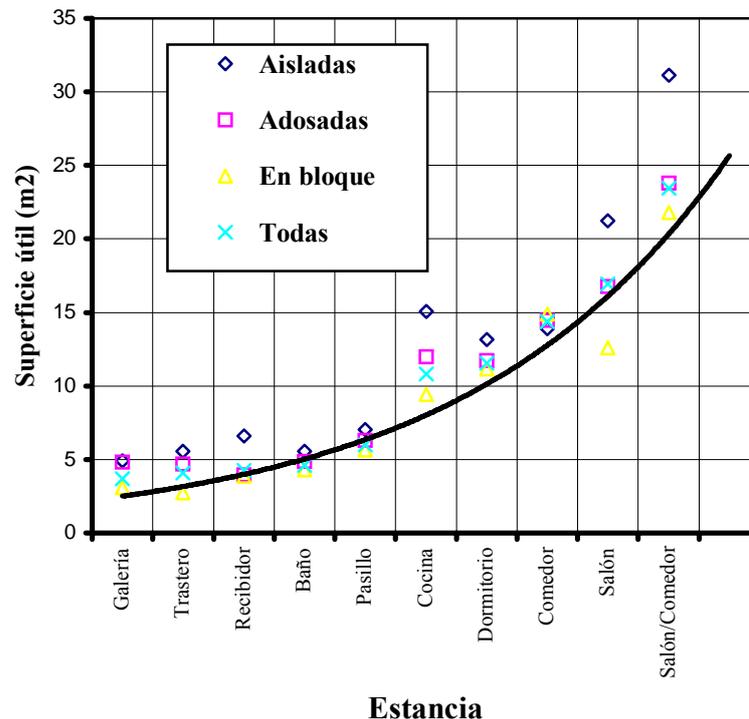


Figura 106 Curva de ajuste creciente de la relación entre la estancia y su superficie útil representativa

Es también significativo destacar la importancia de cada una de las estancias en el total del conjunto de viviendas de la muestra. En el gráfico de la Figura 107<sup>157</sup> se refleja como, el 62 % de la superficie útil de la vivienda está ocupada por los usos de salón/comedor y dormitorio, y que en el 16% de superficie se desarrollan los usos de galería, recibidor y pasillo. En el restante 22%, se desarrollan los usos de baño y cocina. Es importante esta distinción, por cuanto las asignaciones de sobrecarga de uso característica para cada estancia de las que componen las tres zonas, presenta enormes dispersiones, como veremos en los apartados que siguen.

<sup>157</sup> Para su confección se ha considerado una vivienda tipo compuesta por salón/comedor, cocina, tres dormitorios, 2 baños, recibidor, pasillo/distribuidor y galería.

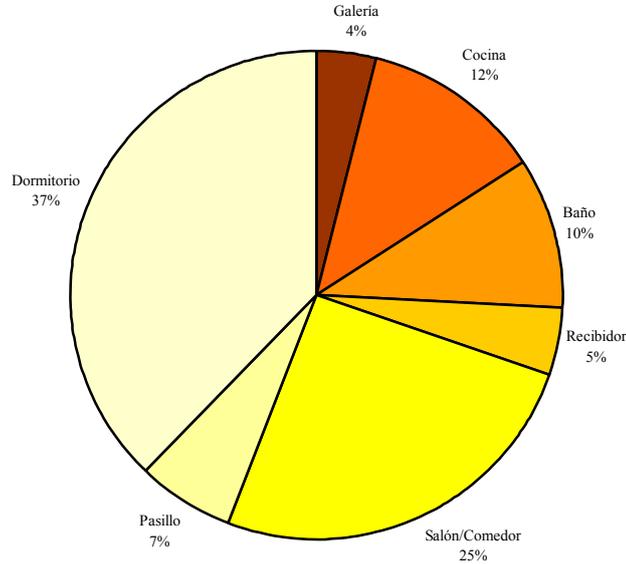


Figura 107 Gráfico del peso relativo de cada estancia en la muestra estudiada

De las consideraciones anteriores se puede afirmar que, a igualdad de uso de la estancia, la superficie media de ésta es mayor para viviendas aisladas, que para viviendas adosadas, que para viviendas en bloque, según el orden reseñado. Los valores medios encontrados son los recogidos en la Tabla 88 y han sido representados en la Figura 106.

#### 4.3.2.- Relación entre el tipo de estancia y la sobrecarga de uso. Influencia de la tipología de vivienda

En general, las viviendas aisladas tienen más superficie que las adosadas, y estas más que las en bloque. La pura intuición se ve ahora refrendada por la medición efectuada en esta investigación: la superficie útil media de las tres tipologías es, según orden creciente, de 134,59 m<sup>2</sup> para las aisladas, 100,91 m<sup>2</sup> para las adosadas, y 86,24 m<sup>2</sup> para las en bloque. Este orden se traslada, casi linealmente, a las estancias que las componen y, sin embargo, el peso del mobiliario y habitantes de las mismas no se comporta de igual forma, manteniendo una variación más pequeña que las superficies. En la Tabla 110 se resumen los valores de la sobrecarga de uso de las distintas estancias en función de los tres tipos de vivienda, y en la Figura 108 se han representado tales relaciones siguiendo el mismo orden de crecimiento de las superficies útiles de las estancias. Es inmediato observar como, conforme crece la superficie útil del tipo de estancia, disminuye su sobrecarga de uso, con la excepción fundamental de la “cocina”,

donde a pesar de encontrarse en un tramo intermedio de superficie, no ocurre así con la sobrecarga que, crece hasta valores cercanos a los 200 Kg/m<sup>2</sup>.

Ref	Estancia	Aisladas	Adosadas	Bloque	Todas
E1	Recibidor	113,72	163,85	127,15	136,57
E2	Salón	77,76	101,23	134,45	121,14
E3	Comedor	88,54	97,25	114,92	100,00
E4	Salón/comedor	66,80	91,98	114,92	114,30
E5	Cocina	164,95	192,06	195,36	195,47
E6	Dormitorio	57,32	69,21	100,14	97,21
E7	Baño/aseo	118,82	141,02	151,89	150,45
E8	Trastero	159,02	255,19	194,05	220,51
E9	Galería	156,71	194,05	205,91	202,76
E10	Pasillo/distribuidor	100,63	121,27	108,27	110,71

Tabla 110 Sobrecarga de uso característica de las estancias en función del tipo de vivienda

En la Figura 108, la curva de ajuste medio, recoge la tendencia, ya apuntada, de que para estancias de mayor superficie, la sobrecarga de uso característica disminuye.

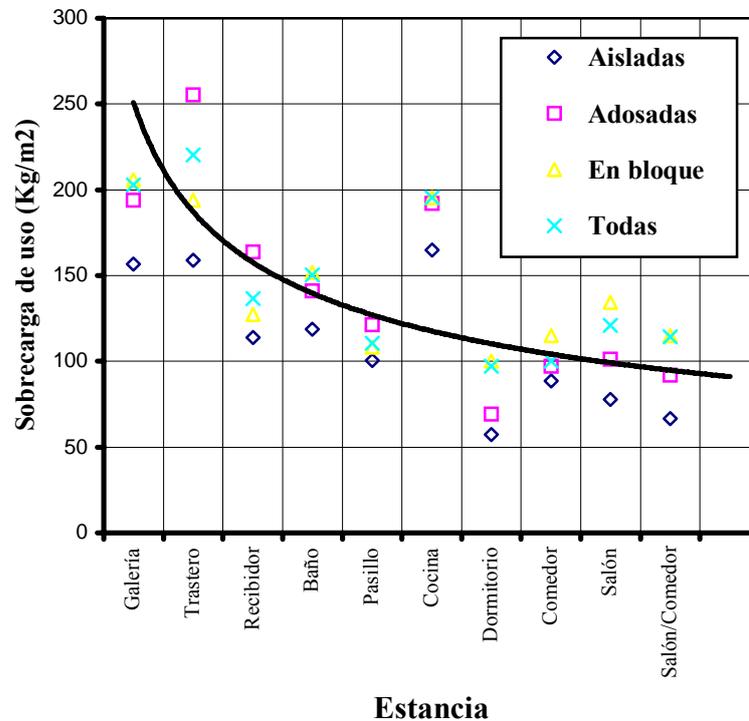


Figura 108 Curva de ajuste de la relación entre el tipo de estancia y su sobrecarga de uso, en orden creciente de superficie útil

Por otro lado, es muy importante destacar varias conclusiones que se derivan de la curva de ajuste reflejada en la grafica de la Figura 109. El orden de crecimiento de la sobrecarga de uso es, en general, inversamente dependiente del tamaño representativo, en superficie, de las estancias. El orden de crecimiento de sobrecargas permite apuntar las siguientes observaciones:

- Sólo los trasteros superan el valor de 200 Kg/m<sup>2</sup> (NBE-AE-88), llegando a los 225 Kg/m<sup>2</sup>, e incluso a los 250 Kg/m<sup>2</sup> en viviendas adosadas
- Cocinas y galerías soportan sobrecargas entre los 150 y los 200 Kg/m<sup>2</sup>
- Baños y recibidores contienen sobrecargas entre los 150 y 125 Kg/m<sup>2</sup>
- El resto de las estancias, salón, salón/comedor, pasillo, comedor y dormitorios, , soportan sobrecargas características inferiores a los 125Kg/m<sup>2</sup>, es decir, del orden del 70% de la superficie útil de la casa está vinculada a una sobrecarga característica que no supera los 125 Kg/m<sup>2</sup>, llegando a alcanzar en el caso de los dormitorios valores representativos inferiores a los 100 Kg/m<sup>2</sup>.

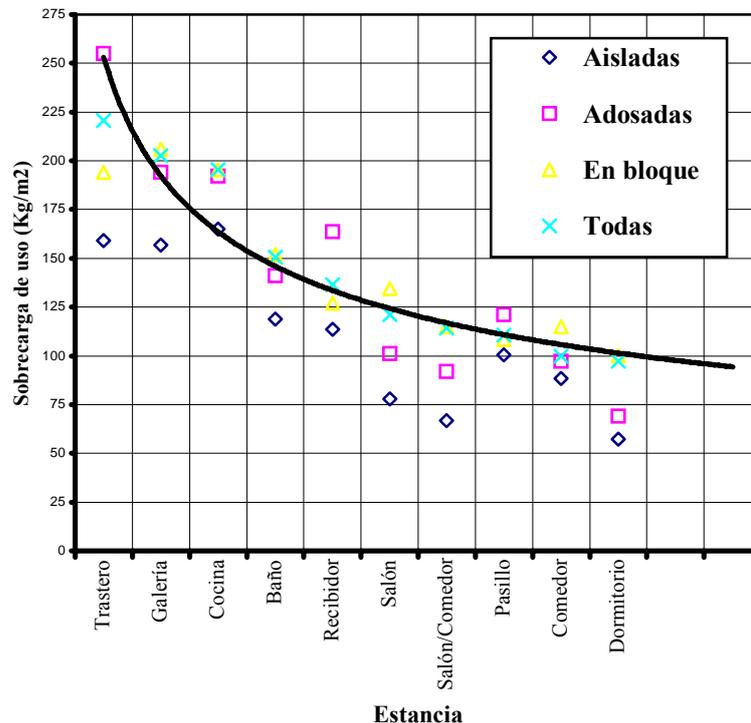


Figura 109 Curva de ajuste de la sobrecarga de uso de las estancias en orden decreciente de SU

Con los resultados anteriores es difícilmente aceptable un valor determinista, único, para el uso vivienda si no viene precedido de un nivel de seguridad distinto para

cada zona representativa de la misma. Es decir, si aceptamos  $200 \text{ Kg/m}^2$ <sup>158</sup> como valor válido para toda la vivienda, tendríamos distintos coeficientes de seguridad para las distintas zonas de diseño que se suelen concentrar en las edificaciones actuales. Las zonas de dormitorios y salones, serían más seguras que las zonas de cocinas, galerías y trasteros. Al haber encontrado diferencias de sobrecarga tan significativas entre las distintas estancias, parecería más razonable aportar varios valores deterministas dependientes del grupo significativo en que se encuentre la estancia en cuestión. A este propósito, se acompaña el cuadro de la Tabla 111.

Zona	Estancias	Sobrecarga de uso
1	Salón Comedor Salón/comedor Dormitorio Pasillo	125 Kg/m <sup>2</sup>
2	Recibidor Baño Aseo	150 Kg/m <sup>2</sup>
3	Cocina Galería	200 Kg/m <sup>2</sup>
4	Trasteros	225 Kg/m <sup>2</sup>

Tabla 111 Valores deterministas de sobrecargas de uso según zonas de estancias

#### 4.3.3.- Relación entre la superficie útil y la sobrecarga de uso de las estancias. Área de influencia

Dado que la sobrecarga de uso depende del tipo estancia, y cada estancia está vinculada a una superficie útil representativa, podríamos deducir la relación entre esta última y la sobrecarga de uso, entendiendo que, una determinada superficie tributaria de carga sobre un elemento estructural lleva asociada un área de influencia, compuesta por las estancias o parte de ellas que la rellenan.

Para ello supondremos que tramos de área de influencia, crecientes de 5 en 5 metros cuadrados, estarán ocupados por las estancias que lo llenan, comenzando por la de mayor sobrecarga y continuando según el orden obtenido en esta investigación y recogido en la Figura 109. La limitación de la ocupación se reservará al 95% de la superficie representativa de la estancia para admitir, sólo, un 5% de dispersión en el ajuste.

En el cuadro que sigue se recogen los dos tipos de valores precisos para determinar la relación buscada, esto es, la superficie útil representativa de cada estancia

<sup>158</sup> Valor coincidente con la actual sobrecarga de uso propuesto por la NBE-AE-88

(Tabla 90) y la sobrecarga de uso característica encontrada para la muestra de la investigación (Tabla 110) ordenados según el criterio de la Figura 109<sup>159</sup>.

Ref	Estancia	S. útil m <sup>2</sup>	Sobrecarga Uso Kg/m <sup>2</sup>
E9	Galería	3,67	202,76
E5	Cocina	10,82	195,47
E7	Baño/aseo	4,61	150,45
E1	Recibidor	4,27	136,57
E4	Salón/comedor	23,43	114,30
E10	Pasillo/distribuidor	6,00	110,71
E6	Dormitorio	11,57	97,21

Tabla 112 Valores representativos de la S. útil y de la sobrecarga de uso de las estancias más significativas

#### Escalón 1. Área de influencia = 5 m<sup>2</sup>

3,67 m<sup>2</sup> x 0,95 = 3,48 m<sup>2</sup> se ocupan con E9 (69,6 %) y restan 1,52 m<sup>2</sup>  
 1,52 m<sup>2</sup> x 1,00 = 1,52 m<sup>2</sup> se ocupan con E5 (30,4 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$SU_1 = (202,76 \times 0,696) + (195,47 \times 0,304) = \mathbf{200 \text{ Kg/m}^2}$$

#### Escalón 2. Área de influencia = 10 m<sup>2</sup>

3,67 m<sup>2</sup> x 0,95 = 3,48 m<sup>2</sup> se ocupan con E9 (34,8 %) y restan 6,52 m<sup>2</sup>  
 6,52 m<sup>2</sup> x 1,00 = 6,52 m<sup>2</sup> se ocupan con E5 (65,2 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$SU_2 = (202,76 \times 0,348) + (195,47 \times 0,652) = \mathbf{198 \text{ Kg/m}^2}$$

#### Escalón 3. Área de influencia = 15 m<sup>2</sup>

3,67 m<sup>2</sup> x 0,95 = 3,48 m<sup>2</sup> se ocupan con E9 (23,2 %) y restan 11,52 m<sup>2</sup>  
 10,82 m<sup>2</sup> x 0,95 = 10,27 m<sup>2</sup> se ocupan con E5 (68,4 %) y restan 1,25 m<sup>2</sup>  
 1,25 m<sup>2</sup> x 1,00 = 1,25 m<sup>2</sup> se ocupan con E7 ( 8,4 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$SU_3 = (202,76 \times 0,232) + (195,47 \times 0,684) + (150,45 \times 0,084) = \mathbf{193 \text{ Kg/m}^2}$$

<sup>159</sup> Se ha eliminado el uso trastero por no estar presente en el 95,72 % de las viviendas de la muestra

Escalón 4. Área de influencia = 20 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 (17,4 \%)} \text{ y restan } 16,52 \text{ m}^2 \\
 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (51,3 \%)} \text{ y restan } 6,25 \text{ m}^2 \\
 6,25 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 6,25 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (31,3 \%)} \text{ y restan } 0,00 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$SU_4 = (202,76 \times 0,174) + (195,47 \times 0,513) + (150,45 \times 0,313) = \mathbf{182 \text{ Kg/m}^2}$$

Escalón 5. Área de influencia = 25 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 (13,9 \%)} \text{ y restan } 21,52 \text{ m}^2 \\
 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (41,1 \%)} \text{ y restan } 11,25 \text{ m}^2 \\
 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (35,0 \%)} \text{ y restan } 2,49 \text{ m}^2 \\
 2,49 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 2,49 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (10,0 \%)} \text{ y restan } 0,00 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SU_5 &= (202,76 \times 0,139) + (195,47 \times 0,411) + (150,45 \times 0,350) \\
 &+ (136,57 \times 0,100) = \mathbf{175 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Escalón 6. Área de influencia = 30 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 (11,6 \%)} \text{ y restan } 26,52 \text{ m}^2 \\
 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (34,2 \%)} \text{ y restan } 16,25 \text{ m}^2 \\
 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (29,2 \%)} \text{ y restan } 7,49 \text{ m}^2 \\
 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (13,5 \%)} \text{ y restan } 3,44 \text{ m}^2 \\
 3,44 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 3,44 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (11,5 \%)} \text{ y restan } 0,00 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SU_6 &= (202,76 \times 0,116) + (195,47 \times 0,342) + (150,45 \times 0,292) \\
 &+ (136,57 \times 0,135) + (114,30 \times 0,115) = \mathbf{166 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Escalón 7. Área de influencia = 35 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 (9,9 \%)} \text{ y restan } 31,52 \text{ m}^2 \\
 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (29,3 \%)} \text{ y restan } 21,25 \text{ m}^2 \\
 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (25,0 \%)} \text{ y restan } 12,49 \text{ m}^2 \\
 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (11,6 \%)} \text{ y restan } 8,44 \text{ m}^2 \\
 8,44 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 8,44 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (24,2 \%)} \text{ y restan } 2,74 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SU_7 &= (202,76 \times 0,099) + (195,47 \times 0,293) + (150,45 \times 0,250) \\
 &+ (136,57 \times 0,116) + (114,30 \times 0,242) = \mathbf{158 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Escalón 8. Área de influencia = 40 m<sup>2</sup>

$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2$  se ocupan con E9 (8,7 %) y restan 36,52 m<sup>2</sup>  
 $10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2$  se ocupan con E5 (25,6 %) y restan 26,25 m<sup>2</sup>  
 $9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2$  se ocupan con E7 (21,9 %) y restan 17,49 m<sup>2</sup>  
 $4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2$  se ocupan con E1 (10,1 %) y restan 13,44 m<sup>2</sup>  
 $13,44 \text{ m}^2 \times 1,00 = 13,44 \text{ m}^2$  se ocupan con E4 (33,7 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{SU}_8 &= (202,76 \times 0,087) + (195,47 \times 0,256) + (150,45 \times 0,219) \\
 &+ (136,57 \times 0,101) + (114,30 \times 0,337) = \mathbf{153 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Escalón 9. Área de influencia = 45 m<sup>2</sup>

$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2$  se ocupan con E9 (7,7 %) y restan 41,52 m<sup>2</sup>  
 $10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2$  se ocupan con E5 (22,8 %) y restan 31,25 m<sup>2</sup>  
 $9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2$  se ocupan con E7 (19,4 %) y restan 22,49 m<sup>2</sup>  
 $4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2$  se ocupan con E1 (9,0 %) y restan 18,44 m<sup>2</sup>  
 $18,44 \text{ m}^2 \times 1,00 = 18,44 \text{ m}^2$  se ocupan con E4 (41,1 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{SU}_9 &= (202,76 \times 0,077) + (195,47 \times 0,228) + (150,45 \times 0,194) \\
 &+ (136,57 \times 0,090) + (114,30 \times 0,411) = \mathbf{149 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Escalón 10. Área de influencia = 50 m<sup>2</sup>

$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2$  se ocupan con E9 (6,9 %) y restan 46,52 m<sup>2</sup>  
 $10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2$  se ocupan con E5 (20,5 %) y restan 36,25 m<sup>2</sup>  
 $9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2$  se ocupan con E7 (17,5 %) y restan 27,49 m<sup>2</sup>  
 $4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2$  se ocupan con E1 (8,1 %) y restan 23,44 m<sup>2</sup>  
 $23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 = 22,26 \text{ m}^2$  se ocupan con E4 (44,5 %) y restan 1,18 m<sup>2</sup>  
 $1,18 \text{ m}^2 \times 1,00 = 1,18 \text{ m}^2$  se ocupan con E10 (2,5 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{SU}_{10} &= (202,76 \times 0,069) + (195,47 \times 0,205) + (150,45 \times 0,175) \\
 &+ (136,57 \times 0,081) + (114,30 \times 0,445) + (110,71 \times 0,025) = \mathbf{145 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Escalón 11. Área de influencia = 55 m<sup>2</sup>

$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2$  se ocupan con E9 (6,3 %) y restan 51,52 m<sup>2</sup>  
 $10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2$  se ocupan con E5 (18,6 %) y restan 41,25 m<sup>2</sup>  
 $9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2$  se ocupan con E7 (15,9 %) y restan 32,49 m<sup>2</sup>  
 $4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2$  se ocupan con E1 (7,3 %) y restan 28,44 m<sup>2</sup>  
 $23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 = 22,26 \text{ m}^2$  se ocupan con E4 (40,5 %) y restan 6,18 m<sup>2</sup>  
 $6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 = 5,70 \text{ m}^2$  se ocupan con E10 (10,3 %) y restan 0,48 m<sup>2</sup>  
 $0,48 \text{ m}^2 \times 1,00 = 0,48 \text{ m}^2$  se ocupan con E6 (1,1 %) y restan 0,00 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} SU_{11} &= (202,76 \times 0,063) + (195,47 \times 0,186) + (150,45 \times 0,159) \\ &+ (136,57 \times 0,073) + (114,30 \times 0,405) + (110,71 \times 0,103) \\ &+ (97,21 \times 0,011) = \mathbf{141 \text{ Kg/m}^2} \end{aligned}$$

Escalón 12. Área de influencia = 60 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 5,8 \% ) y restan } 56,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (17,1 \% ) y restan } 46,25 \text{ m}^2 \\ 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (14,6 \% ) y restan } 37,49 \text{ m}^2 \\ 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (6,7 \% ) y restan } 33,44 \text{ m}^2 \\ 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (37,1 \% ) y restan } 11,18 \text{ m}^2 \\ 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (9,5 \% ) y restan } 5,48 \text{ m}^2 \\ 5,48 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 5,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (9,2 \% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SU_{12} &= (202,76 \times 0,058) + (195,47 \times 0,171) + (150,45 \times 0,146) \\ &+ (136,57 \times 0,067) + (114,30 \times 0,371) + (110,71 \times 0,095) \\ &+ (97,21 \times 0,092) = \mathbf{138 \text{ Kg/m}^2} \end{aligned}$$

Escalón 13. Área de influencia = 65 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 5,3 \% ) y restan } 61,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (15,8 \% ) y restan } 51,25 \text{ m}^2 \\ 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (13,4 \% ) y restan } 42,49 \text{ m}^2 \\ 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (6,2\% ) y restan } 38,44 \text{ m}^2 \\ 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (34,2 \% ) y restan } 16,18 \text{ m}^2 \\ 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (8,7 \% ) y restan } 10,48 \text{ m}^2 \\ 10,48 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 10,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (16,4 \% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SU_{13} &= (202,76 \times 0,053) + (195,47 \times 0,158) + (150,45 \times 0,134) \\ &+ (136,57 \times 0,062) + (114,30 \times 0,342) + (110,71 \times 0,087) \\ &+ (97,21 \times 0,164) = \mathbf{134 \text{ Kg/m}^2} \end{aligned}$$

Escalón 14. Área de influencia = 70 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} 3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 4,9 \% ) y restan } 66,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (14,6 \% ) y restan } 56,25 \text{ m}^2 \\ 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (12,5 \% ) y restan } 47,49 \text{ m}^2 \\ 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (5,8 \% ) y restan } 43,44 \text{ m}^2 \\ 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (31,8 \% ) y restan } 21,18 \text{ m}^2 \\ 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (8,1 \% ) y restan } 15,48 \text{ m}^2 \\ 15,48 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 15,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (22,3 \% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$SU_{14} = (202,76 \times 0,049) + (195,47 \times 0,146) + (150,45 \times 0,125)$$

$$+ (136,57 \times 0,058) + (114,30 \times 0,318) + (110,71 \times 0,081) \\ + (97,21 \times 0,223) = \mathbf{132 \text{ Kg/m}^2}$$

Escalón 15. Área de influencia = 75 m<sup>2</sup>

$$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 4,6\% ) y restan } 71,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (13,7 \% ) y restan } 61,25 \text{ m}^2 \\ 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (11,7 \% ) y restan } 52,49 \text{ m}^2 \\ 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (5,4 \% ) y restan } 48,44 \text{ m}^2 \\ 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 = 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (29,7 \% ) y restan } 26,18 \text{ m}^2 \\ 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 = 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (7,6 \% ) y restan } 20,48 \text{ m}^2 \\ 20,48 \text{ m}^2 \times 1,00 = 20,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (27,3 \% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2$$

$$SU_{14} = (202,76 \times 0,046 + (195,47 \times 0,137) + (150,45 \times 0,117) \\ + (136,57 \times 0,054) + (114,30 \times 0,297) + (110,71 \times 0,076) \\ + (97,21 \times 0,273) = \mathbf{130 \text{ Kg/m}^2}$$

Escalón 16. Área de influencia = 80 m<sup>2</sup>

$$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 4,3\% ) y restan } 76,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (12,8 \% ) y restan } 66,25 \text{ m}^2 \\ 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (10,9 \% ) y restan } 57,49 \text{ m}^2 \\ 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (5,0 \% ) y restan } 53,44 \text{ m}^2 \\ 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 = 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (27,8 \% ) y restan } 31,18 \text{ m}^2 \\ 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 = 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (7,1 \% ) y restan } 25,48 \text{ m}^2 \\ 25,48 \text{ m}^2 \times 1,00 = 25,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (32,1\% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2$$

$$SU_{15} = (202,76 \times 0,043) + (195,47 \times 0,128) + (150,45 \times 0,109) \\ + (136,57 \times 0,050) + (114,30 \times 0,278) + (110,71 \times 0,071) \\ + (97,21 \times 0,321) = \mathbf{128 \text{ Kg/m}^2}$$

Escalón 17. Área de influencia = 85 m<sup>2</sup>

$$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 4,1\% ) y restan } 81,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (12,1 \% ) y restan } 71,25 \text{ m}^2 \\ 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 = 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 (10,3 \% ) y restan } 62,49 \text{ m}^2 \\ 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 = 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (4,7 \% ) y restan } 58,44 \text{ m}^2 \\ 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 = 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (26,2 \% ) y restan } 36,18 \text{ m}^2 \\ 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 = 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (6,7 \% ) y restan } 30,48 \text{ m}^2 \\ 30,48 \text{ m}^2 \times 1,00 = 30,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (35,9 \% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2$$

$$SU_{16} = (202,76 \times 0,041) + (195,47 \times 0,121) + (150,45 \times 0,103) \\ + (136,57 \times 0,047) + (114,30 \times 0,262) + (110,71 \times 0,067) \\ + (97,21 \times 0,359) = \mathbf{126 \text{ Kg/m}^2}$$

Escalón 18. Área de influencia = 90 m<sup>2</sup>

$$3,67 \text{ m}^2 \times 0,95 = 3,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E9 ( 3,8 \% ) y restan } 86,52 \text{ m}^2 \\ 10,82 \text{ m}^2 \times 0,95 = 10,27 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E5 (11,4 \% ) y restan } 76,25 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 9,22 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 8,76 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E7 ( 9,7 \% ) y restan } 67,49 \text{ m}^2 \\
 4,27 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 4,05 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E1 (4,5 \% ) y restan } 63,44 \text{ m}^2 \\
 23,43 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 22,26 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E4 (24,7 \% ) y restan } 41,18 \text{ m}^2 \\
 6,00 \text{ m}^2 \times 0,95 &= 5,70 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E10 (6,3 \% ) y restan } 35,48 \text{ m}^2 \\
 35,48 \text{ m}^2 \times 1,00 &= 35,48 \text{ m}^2 \text{ se ocupan con E6 (39,6 \% ) y restan } 0,00 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SU}_{16} &= (202,76 \times 0,038) + (195,47 \times 0,114) + (150,45 \times 0,097) \\
 &+ (136,57 \times 0,045) + (114,30 \times 0,247) + (110,71 \times 0,063) \\
 &+ (97,21 \times 0,396) = \mathbf{125 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Los resultados de los cálculos anteriores se han reflejado en la Tabla 113, y recogen los valores de la sobrecarga de uso en función de la superficie útil del área de influencia<sup>160</sup> analizada para las zonas A y zonas B recogidas en la Figura 110, y que garantizan un nivel de confianza del orden del 95% en no ser superados independientemente de la posición que ocupa el área de influencia en la misma planta.

Escalón	Área de influencia m <sup>2</sup>		Sobrecarga de uso Kg/m <sup>2</sup>
	1 única vivienda Zonas A	2 viviendas simultaneas Zonas B	
1	5	10	200
2	10	20	198
3	15	30	193
4	20	40	182
5	25	50	175
6	30	60	166
7	35	70	158
8	40	80	153
9	45	90	149
10	50	100	145
11	55	110	141
12	60	120	138
13	65	130	134
14	70	140	132
15	75	150	130
16	80	160	128
17	85	170	126
18	90	180	125

Tabla 113 Relación entre el Área de influencia y la Sobrecarga de uso de una vivienda

<sup>160</sup> Área de influencia: superficie de forjado vinculada estructuralmente a un elemento que, de estar cargada en alguna medida, conlleva una probabilidad significativamente diferente de cero de que el elemento reciba carga. (Ver apartado 2.6)

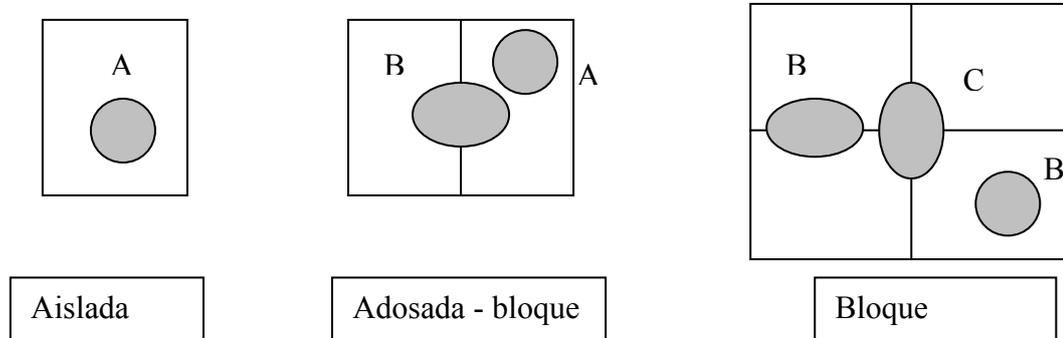


Figura 110 Zonas de influencia según el tipo de vivienda

En cuanto al caso de coincidencia de viviendas distintas en una misma área de influencia, el caso más desfavorable lo presentan las viviendas en bloque<sup>161</sup>. La posibilidad de que coincidan áreas de influencia de distintas viviendas, al menos 2 en una misma planta (Zonas B en Figura 110), es alta, por lo que en la situación extrema de provenir un área de dos viviendas distintas de forma simétrica, se duplicaría el valor del área de influencia en su relación con la sobrecarga de uso a considerar, por lo que los valores de la primera columna de la Tabla 113 se han corregido con los de la segunda columna, duplicando la primera. El caso de más de dos viviendas actuando simultáneamente en una misma planta sobre una misma área de influencia es un caso muy específico y, analizable en algunos casos concretos de elemento estructural (pilar en zona C en Figura 110) y siempre en valores de área muy reducidos, donde precisamente la variación de la sobrecarga es muy escasa y sus valores altos.

En las condiciones anteriores la relación entre el área de influencia y la sobrecarga de uso se ha reflejado en la Figura 111, resultado de llevar a unos ejes cartesianos los valores de la Tabla 113. En las gráficas, las zonas A y B se corresponden con la recogidas en la Figura 110.

<sup>161</sup> En menor medida las adosadas, ya que estas sólo contemplan tal posibilidad en una o dos plantas fundamentalmente

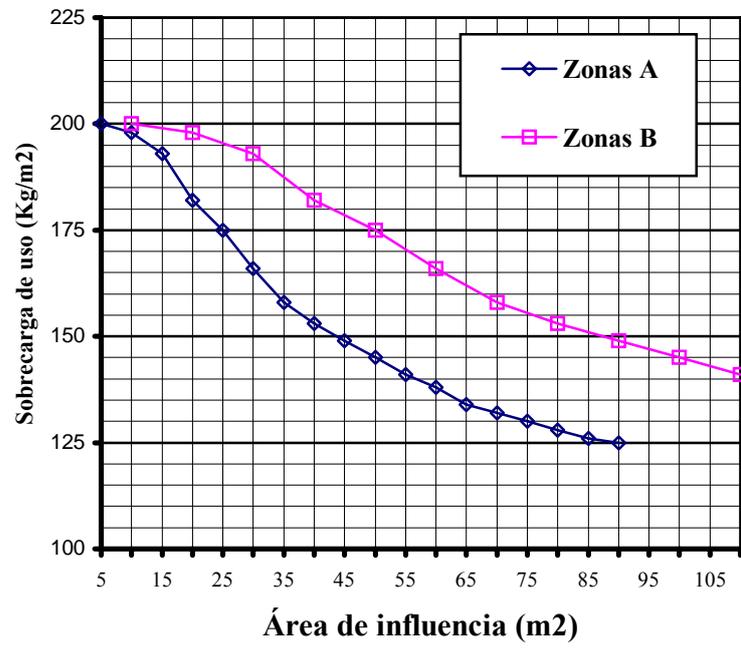


Figura 111 Relación entre el Área de influencia y la Sobrecarga de uso según la zona de evaluación A o B (Figura 110)

**4.3.4.- Ajuste hiperbólico de la relación entre la sobrecarga de uso y el área de influencia**

Observando las curvas segmentarias de la Figura 111, es procedente buscar un ajuste hiperbólico del tipo descrito en el apartado 4.2 siguiendo, para ello, el procedimiento que en esa sección se aportó.

Curva hiperbólica de ajuste de las zonas A según mínimos cuadrados

Según recogemos en el apartado ajuste de curvas (apartado 4.2), los valores precisos para el caso en cuestión son:

- Disponemos de  $n$  igual a 18 pares de valores  $(a_n, b_n)$ , para el caso (superficie, sobrecarga) según contiene la Tabla 113.
- La asíntota ajustada a la nube de puntos será:  **$K_2= 120 \text{ Kg/m}^2$**
- El valor de  $K_1$  será:

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{b_i - k_2}{a_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{a_i^2}} = \frac{16,18}{0,0135} = 1.198,52$$

$a_n$	$b_n$	Numer.	Denom	SU	$a_n$	$b_n$	Numer.	Denom	SU
5	200	-	-	200,00	50	145	0,50	0,0004	144,00
10	198	-	-	200,00	55	141	0,38	0,0003	141,82
15	193	4,87	0,0044	200,00	60	138	0,30	0,0003	140,00
20	182	3,10	0,0025	180,00	65	134	0,22	0,0002	138,46
25	175	2,20	0,0016	168,00	70	132	0,17	0,0002	137,14
30	166	1,53	0,0011	160,00	75	130	0,13	0,0002	136,00
35	158	1,09	0,0008	154,29	80	128	0,10	0,0002	135,00
40	153	0,83	0,0006	150,00	85	126	0,07	0,0001	134,12
45	149	0,64	0,0005	146,67	90	125	0,06	0,0001	133,33
						Suma	<b>16,18</b>	<b>0,0135</b>	

; redondeando el valor tendremos  **$K_1= 1.200$**

- Y, la ecuación de ajuste, para las zonas A, será :

(Ec. 204)  $SU_A = 200 \left( \frac{6}{A_I} + 0,6 \right)$

siendo:

$SU_A$  = Sobrecarga de uso en Kg/m<sup>2</sup> para las zonas A

$A_I$  = Área de influencia en m<sup>2</sup>, con  $A_I \geq 15$  m<sup>2</sup>; para  $A_I < 15$  m<sup>2</sup>  $\Rightarrow SU_A = 200$  Kg/m<sup>2</sup>

Curva hiperbólica de ajuste de las zonas B según mínimos cuadrados

Repitiendo el mismo procedimiento que para las zonas B tendremos:

- Disponemos de  $n$  igual a 18 pares de valores  $(a_n, b_n)$ , para el caso (superficie, sobrecarga) según contiene la Tabla 113.
- La asíntota ajustada a la nube de puntos será:  **$K_2 = 120$  Kg/m<sup>2</sup>**
- El valor de  $K_1$  será:

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{b_i - k_2}{a_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{a_i^2}} = \frac{8,09}{0,0034} = 2.379,41$$

$a_n$	$b_n$	Numer.	Denom	SU	$a_n$	$b_n$	Numer.	Denom	SU
10	200	-	-	200,00	100	145	0,25	0,0001	144,00
20	198	-	-	200,00	110	141	0,19	0,0001	141,82
30	193	2,43	0,0011	200,00	120	138	0,15	0,0001	140,00
40	182	1,55	0,0006	180,00	130	134	0,11	0,0001	138,46
50	175	1,10	0,0004	168,00	140	132	0,09	0,0001	137,14
60	166	0,77	0,0003	160,00	150	130	0,07	0,0000	136,00
70	158	0,54	0,0002	154,29	160	128	0,05	0,0000	135,00
80	153	0,41	0,0002	150,00	170	126	0,04	0,0000	134,12
90	149	0,32	0,0001	146,67	180	125	0,03	0,0000	133,33
						Suma	<b>8,09</b>	<b>0,0034</b>	

; redondeando el valor tendremos  **$K_1 = 2.400$**

- Y, la ecuación de ajuste, para las zonas A, será :

(Ec. 205)  $SU_B = 200 \left( \frac{12}{A_I} + 0,6 \right)$

siendo:

$SU_B$  Sobrecarga de uso en Kg/m<sup>2</sup> para las zonas B

$A_I$  = Área de influencia en m<sup>2</sup>, con  $A_I \geq 30$ m<sup>2</sup>; para  $A_I < 30$  m<sup>2</sup>  $\Rightarrow SU_B = 200$  Kg/m<sup>2</sup>

La representación gráfica de las ecuaciones (Ec. 204) y (Ec. 205) correspondientes a la sobrecarga de uso de las zonas A y B en función del área de influencia se recogen en la Figura 112.

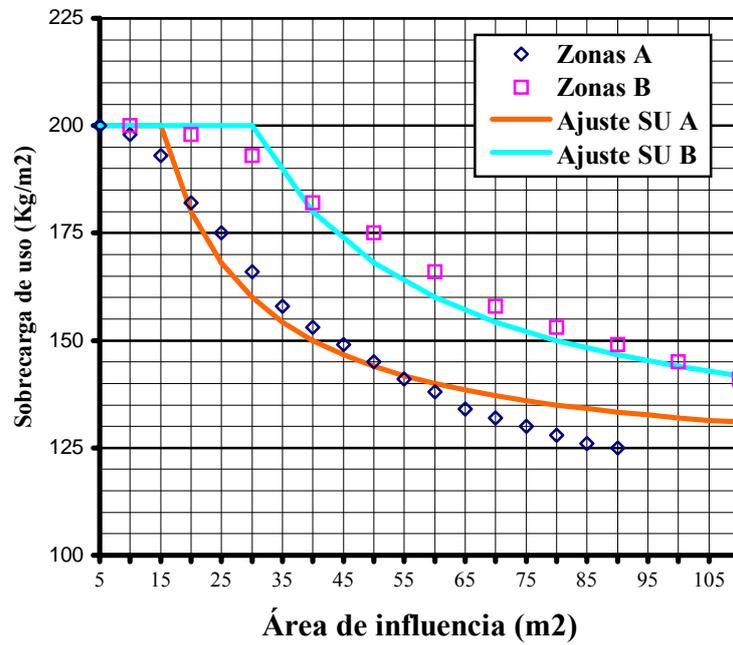


Figura 112 Curvas de ajuste de la sobrecarga de uso en función del área de influencia según la zona de análisis A o B (Figura 110)

#### 4.3.5.- Factor reductor para sobrecargas provenientes de varios niveles

En el caso de elementos estructurales que reciban carga de varios niveles podemos acudir a los coeficientes correctores que el actual Eurocódigo contiene y aplicarlos a los valores de sobrecarga obtenidos para un nivel. Así en el apartado 2.5.3 de este trabajo, dedicado al estudio del Eurocódigo 1, parte 2.1 de acciones en la edificación, se encuentra el desarrollo del coeficiente reductor  $\alpha_n$ , cuya expresión es la siguiente:

$$(Ec. 206) \quad \alpha_n = 0,7 + \frac{0,6}{n}$$

La curva del coeficiente de reducción del EC 1.2-1 y otras de igual pretensión se encuentran reflejadas en la Figura 113, donde destaca por su mensurada posición el coeficiente reductor contenido en las Normas del Reglamento Inglés, anterior a 1.925, y cuyo desarrollo específico se encuentra en los apartados 2.3.1 y 2.3.2 de este trabajo.

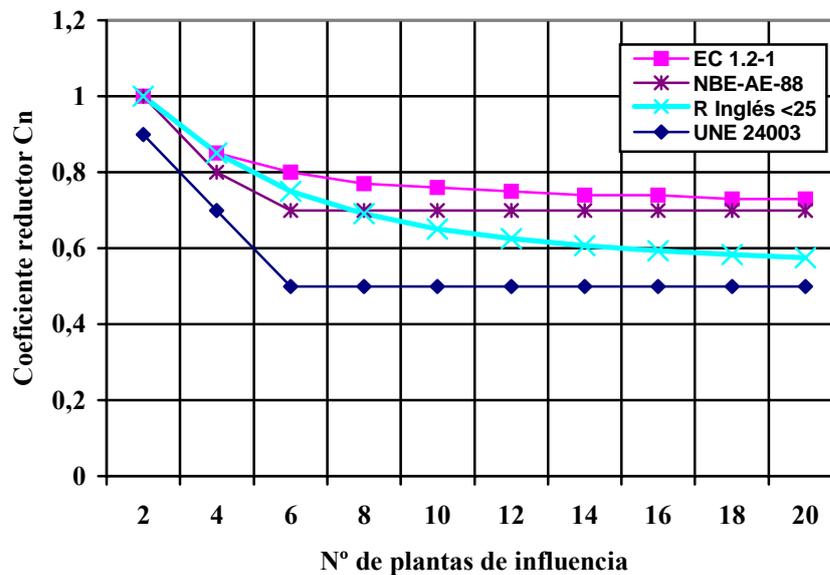


Figura 113 Coeficientes reductor de sobrecarga según varias normas en función del nº de plantas de influencia

He considerado oportuno acudir al procedimiento utilizado para el ajuste de sobrecargas y aplicarlo al caso del coeficiente reductor, teniendo en cuenta los 40 pares de valores que nos proporcionan las normas reflejadas en el gráfico anterior, es decir: el Eurocódigo 1.2-1, la NBE-AE-88, el Reglamento Inglés anterior a 1925 y la norma UNE 24003. Aplicando lo dicho tendremos:

Curva hiperbólica de ajuste del coeficiente corrector de sobrecargas de varios niveles

- Disponemos de  $n$  igual a 40 pares de valores  $(a_n, b_n)$ , para el caso (niveles, coeficiente reductor) según contiene la Figura 113.
- La asíntota ajustada a la nube de puntos será:  $K_2= 0,50$
- El valor de  $K_1$  será:

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{b_i - k_2}{a_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{a_i^2}} = \frac{0,94}{0,7998} = 1,18$$

$a_n$	$b_n$	Numer.	Denom	SU	$a_n$	$b_n$	Numer.	Denom	SU
2	1,00	-	-	1	12	0,75	0,02	0,0069	0,60
2	1,00	-	-	1	12	0,70	0,02	0,0069	0,60
2	1,00	-	-	1	12	0,607	0,01	0,0069	0,60
2	0,90	0,25	0,2500	1,00	12	0,50	0,00	0,0069	0,60
4	0,85	0,09	0,0625	0,80	14	0,74	0,02	0,0051	0,59
4	0,80	0,08	0,0625	0,80	14	0,70	0,01	0,0051	0,59
4	0,85	0,09	0,0625	0,80	14	0,594	0,01	0,0051	0,59
4	0,70	0,05	0,0625	0,80	14	0,50	0,00	0,0051	0,59
6	0,80	0,05	0,0278	0,70	16	0,74	0,02	0,0039	0,58
6	0,70	0,03	0,0278	0,70	16	0,70	0,01	0,0039	0,58
6	0,75	0,04	0,0278	0,70	16	0,594	0,01	0,0039	0,58
6	0,50	0,00	0,0278	0,70	16	0,50	0,00	0,0039	0,58
8	0,77	0,03	0,0156	0,65	18	0,73	0,01	0,0031	0,57
8	0,70	0,03	0,0156	0,65	18	0,70	0,01	0,0031	0,57
8	0,69	0,02	0,0156	0,65	18	0,583	0,00	0,0031	0,57
8	0,50	0,00	0,0156	0,65	18	0,50	0,00	0,0031	0,57
10	0,76	0,03	0,0100	0,62	20	0,73	0,01	0,0025	0,56
10	0,70	0,02	0,0100	0,62	20	0,70	0,01	0,0025	0,56
10	0,65	0,02	0,0100	0,62	20	0,575	0,00	0,0025	0,56
10	0,50	0,00	0,0100	0,62	20	0,50	0,00	0,0025	0,56
						Suma	<b>1,68</b>	<b>1,0498</b>	

; redondeando el valor tendremos  $K_1= 1,2$

- Y, la ecuación de ajuste, para el coeficiente reductor, será:

(Ec. 207) 
$$c_n = \frac{1,2}{n} + 0,4$$

siendo:

$c_n$ = coeficiente reductor para  $n$  plantas

$n = n^\circ$  de plantas de influencia, siendo  $n > 2$ . Para  $n \leq 2 \Rightarrow c_n = 1$

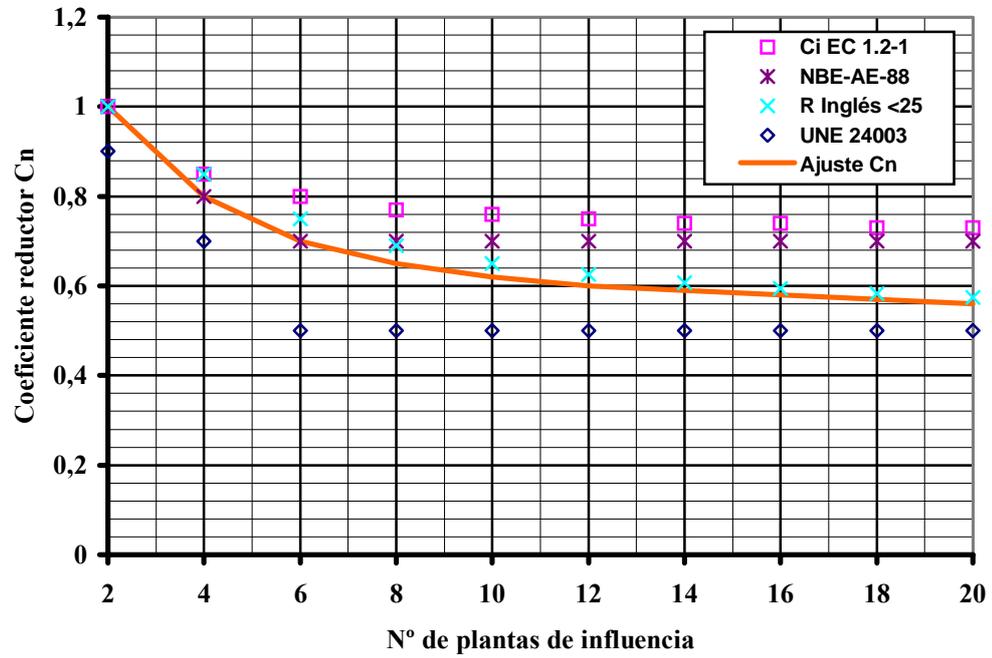


Figura 114 Coeficientes de reducción de sobrecarga en función del nº de plantas de influencia

#### 4.4.- Discusión de resultados en viviendas

Los resultados más significativos obtenidos para la muestra del estudio, 630 viviendas, se recogen en las siguientes tablas:

- Tabla 104 Valores representativos de la  $SU_K$ , referidas a S. útil, de las viv. de la muestra según su tipología
- Tabla 105 Valores representativos de la  $SU_K$ , referidas a Superficie construida, de las viviendas de la muestra según su tipología
- Tabla 106 Valores característicos de la Superficie útil media y Peso característico del mobiliario según la tipología de la vivienda (P/S.útil-RMV)

##### 4.4.1.- Superficie útil y peso del mobiliario en función de la tipología de la vivienda

Las superficies medias obtenidas para la muestra en estudio se han reflejado en la Tabla 114, donde se indica que para las viviendas aisladas se ha obtenido como valor representativo el de 134,59 m<sup>2</sup>, con un coeficiente de variación de 0,42, para las viviendas adosadas 100,91 m<sup>2</sup>, con un coeficiente de variación de 0,28 y para las viviendas en bloque 86,24 m<sup>2</sup>, con una coeficiente de variación de 0,27. La dispersión de las viviendas unifamiliares es del orden del doble que las adosadas y las en bloque, como era de esperar, dado que las superficies útiles de este tipo de viviendas varía, en la muestra, desde los 76,52 m<sup>2</sup> hasta los 554,10 m<sup>2</sup>.

	Tipología vivienda			
	Aislada	Adosada	Bloque	Todas
Superficie útil media	<b>134,59</b>	<b>100,91</b>	<b>86,24</b>	<b>96,37</b>
Coef. variación	0,42	0,28	0,27	0,37
S. útil Anuario Region	128,60	95,80	80,80	95,90
Peso mobiliario caract	<b>6.737,86</b>	<b>5.534,72</b>	<b>6.563,20</b>	<b>6.489,40</b>
Coef. variación	0,38	0,23	0,21	0,26

Tabla 114 Superficie útil y Peso del mobiliario en función de la tipología de vivienda

Es importante observar (Figura 115) como la superficie útil de vivienda varía muy significativamente entre las tres tipologías, llegando a alcanzar entre aisladas y en bloque un 56% de diferencia a favor de la primera, mientras que, el peso característico del mobiliario no varía tanto, sólo alcanza un 22% entre las de mayor diferencia. El coeficiente de variación, para el total de las viviendas, es 0,37 para la superficie útil, mientras que, para el peso del mobiliario es tan solo de 0,26. Se desprende de estos valores que, el contenido de mobiliario en la mayoría de las viviendas es muy similar,

pero al distribuirse entre superficies mayores, produce una repercusión por metro cuadrado mayor en las más pequeñas, lo que se ratifica con los resultados de sobrecarga de uso característica contenidos en la Tabla 93, donde según el orden de aislada, adosada y en bloque, la sobrecarga obtenida es de 133,62, 157,49, y 165,80 respectivamente.

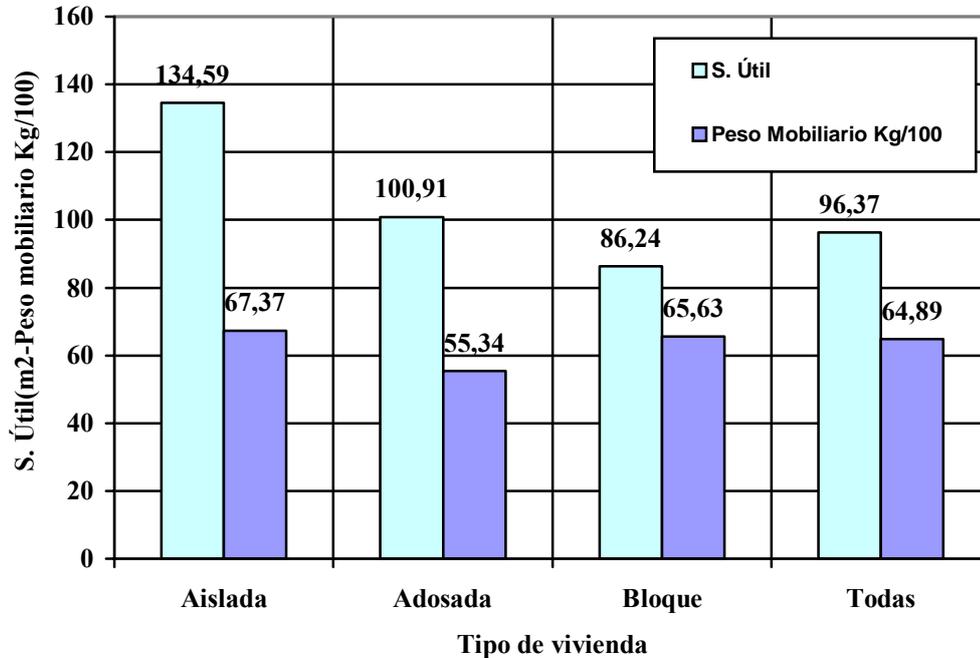


Figura 115 Superficie útil y Peso del mobiliario según el tipo de vivienda

Por otro lado, la sobrecarga proporcionada por una distribución uniforme del peso característico del mobiliario, supone un valor que varía entre los 50-80 Kg/m<sup>2</sup>, valores que coinciden, sensiblemente, con los obtenidos de aplicar, en casos concretos, la norma NRE-AEOR-93<sup>162</sup>, y que en mi opinión no representan la sobrecarga característica, por cuanto se refieren a valores medios, distribuidos uniformemente entre la superficie de la vivienda y, nada más alejado de la realidad, como lo hemos demostrado en los apartados anteriores y como se observa en la Figura 109.

<sup>162</sup> NRE-AEOR-93 Norma Reglamentaria de Edificación sobre Acciones en la Edificación en las Obras de Rehabilitación de los Forjados de Edificios de Vivienda. Orden GC, de 18 de enero 1994. Ver en bibliografía comentada : NRE-AEOR-93.

#### 4.4.2.- Influencia de la tipología en la sobrecarga de uso de las viviendas

La investigación a puesto de manifiesto que la sobrecarga de uso, expresada en Kg/m<sup>2</sup>, depende del tipo de casa evaluada, entendiéndose por tal si es, aislada, adosada o en bloque. Así, en el mismo orden descrito, la sobrecarga obtenida ha sido, 133.62 m<sup>2</sup>, 157.49 m<sup>2</sup> y 165.80 m<sup>2</sup>. El motivo no está, evidentemente, vinculado con el nombre del tipo, sino con una de sus características más representativas que es, su tamaño. En general son más grandes las viviendas aisladas, que las viviendas adosadas, y estas más grandes que las en bloque, lo que unido a contenidos no muy dispares, supone al repercutir estos últimos sobre las superficies valores menores para las viviendas más grandes.

Los resultados medios y característicos de la sobrecarga de uso, obtenidos para cada tipología (Figura 116), arrojan la misma tendencia entre sí, es decir crecen en el orden aislada, adosada y en bloque. Según ese orden, los coeficientes de variación obtenidos, 0.17, 0.17, y 0.12, reflejan un gran ajuste en los resultados obtenidos, aportando un valor de desviación típica no superior a los 22 Kg/m<sup>2</sup> para cualquier tipo.

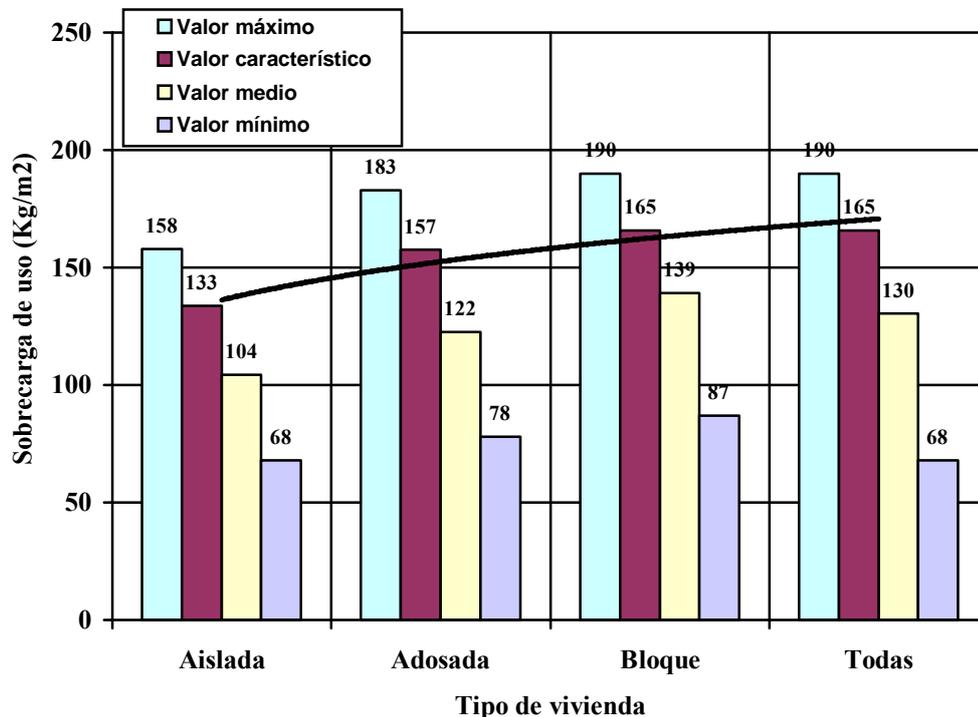


Figura 116 Valores representativos de la sobrecarga de uso en función del tipo de vivienda

El valor característico obtenido para todas las viviendas de la muestra, despreciando los decimales, ha sido de **165 Kg/m<sup>2</sup>**, valor muy cercano al de las viviendas

en bloque, por cuanto el peso de éstas en el número de 630 estudiadas es del 63%, frente al 14 % y al 23 % de las aisladas y las adosadas, respectivamente. La aplicación de los pesos relativos indicados sobre los valores medios de las sobrecargas, coincide exactamente con los valores aportados en la Tabla 93.

Si comparamos los valores obtenidos en el análisis del contenedor “vivienda”, con los que se obtuvieron en el análisis de las “estancias”, se pueden aportar algunas reflexiones que ayudarán a entender el comportamiento de la sobrecarga de uso según el tipo de afine con el que se quiera evaluar (Figura 117). Así:

- Los valores característicos máximos alcanzados en las tres tipologías, desde 158 hasta 190 Kg/m<sup>2</sup>, sólo se encuentra en un 15% de la superficie de la vivienda, ubicándose exclusivamente en las estancias de trasteros, galerías y cocinas
- Los valores característicos de las tres tipologías, desde 133 hasta 165 Kg/m<sup>2</sup>, se encuentran en un 15% de la superficie de las viviendas y se localizan fundamentalmente en baños y recibidores.
- En general los valores mínimos y medios de las tres tipologías, desde 68 hasta 130 Kg/m<sup>2</sup> aproximadamente, se ubican en un 70% de la superficie útil de la vivienda y específicamente en las estancias de salón, salón/comedor, comedor, pasillo y dormitorios.

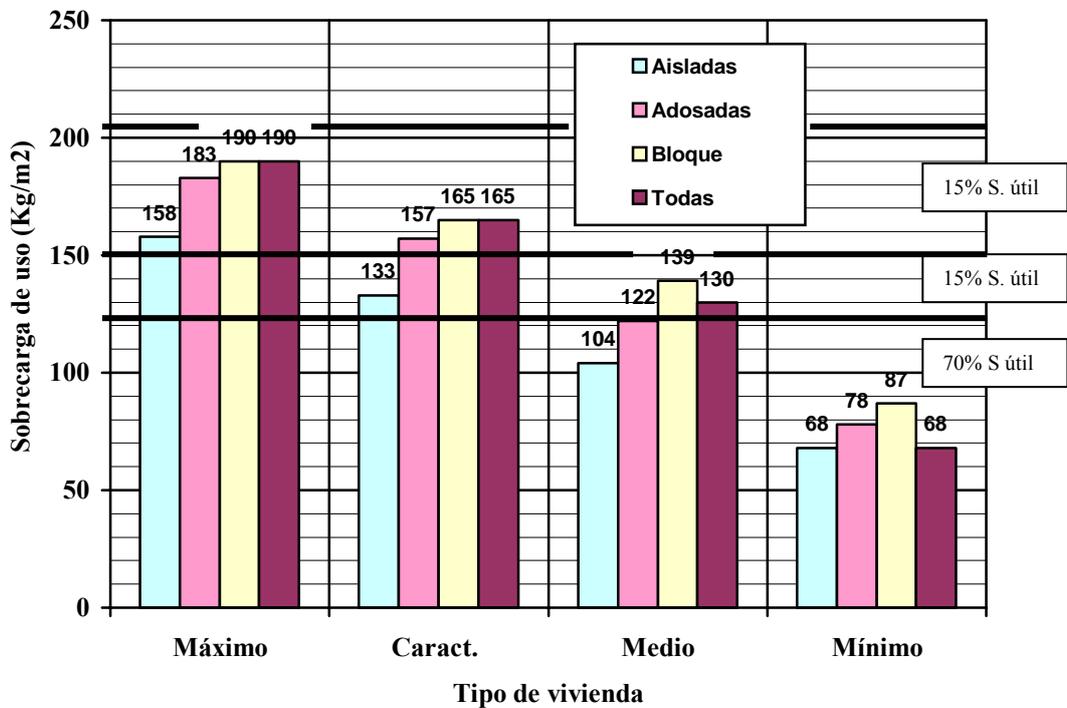


Figura 117 Sobrecarga de uso representativa y superficie útil que ocupa



#### 4.4.3.- Valores representativos de la sobrecarga de uso de vivienda

Tras las discusiones anteriores conviene aclarar los valores representativos que a tenor de los resultados, se pueden aportar como útiles para una evaluación de cargas.

En mi opinión, el motivo de la evaluación permite distinguir varios tipos de evaluación de sobrecargas, dependiendo del nivel de afine que exija la motivación. Así, para la fase de proyecto posiblemente baste con la disposición de un valor determinista que avale con garantía suficiente lo característico de la sobrecarga en viviendas; sin embargo para fases de intervención o peritación, pueden resultar muy groseros.

Centrándonos en la utilización de valores deterministas, es conveniente contrastar los resultados que hemos obtenido, en esta investigación, con al menos tres de las normas que más influyen en el panorama nacional al respecto, esto es, la NBE-AE-88 y el Eurocódigo 1 dedicado a bases de proyecto y acciones y el Código Modelo de hormigón.

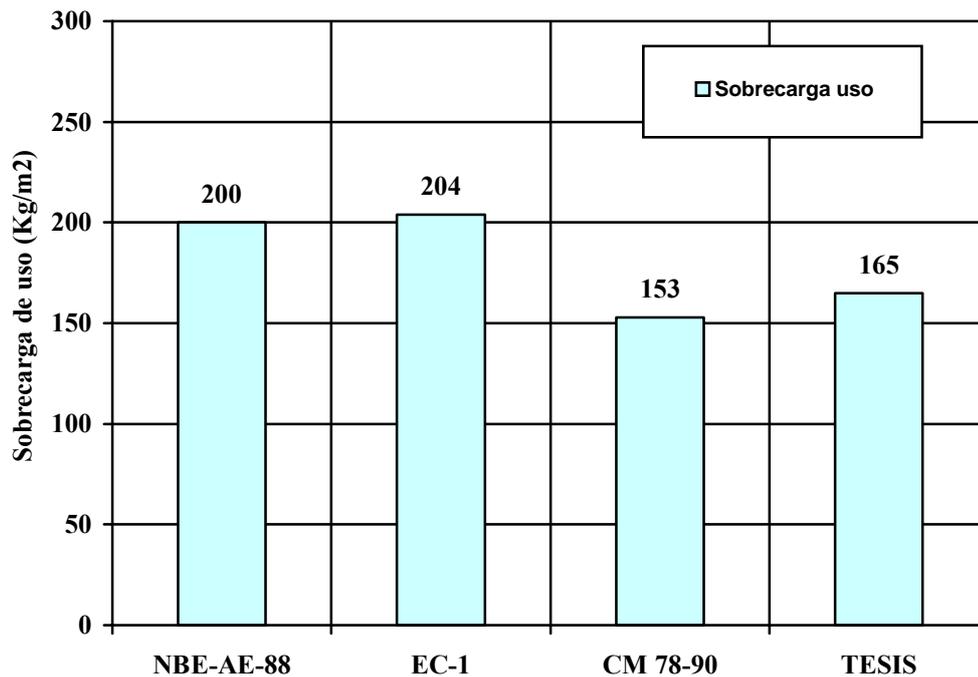


Figura 118 Contraste de valores deterministas de la sobrecarga de uso de vivienda

La NBE-AE-88 recoge como valor de sobrecarga de uso el de 200 Kg/m<sup>2</sup> (1,96 KN/m<sup>2</sup>) y el Eurocódigo 1 recoge 2 KN/m<sup>2</sup> (204 Kg/m<sup>2</sup>). El Código Modelo de 1978 y el Código Modelo de 1990 han recogido 1,5 KN/m<sup>2</sup> (153 Kg/m<sup>2</sup>) como valor característico, 1 KN/m<sup>2</sup> (102 Kg/m<sup>2</sup>) de valor medio y 0,4 KN/m<sup>2</sup> (41 Kg/m<sup>2</sup>) de desviación típica. Los resultados de este trabajo, despreciando los decimales, arrojan 165

Kg/m<sup>2</sup> de valor característico, 130 Kg/m<sup>2</sup> de valor medio, y 21 Kg/m<sup>2</sup> de desviación típica, valores que expresados en KN/m<sup>2</sup> los redondearemos a **1,62 KN/m<sup>2</sup> ( $\cong$ 165 Kg/m<sup>2</sup>)**, 1,30 KN/m<sup>2</sup> y 0,21 KN/m<sup>2</sup>.

Según hemos podido apuntar en los apartados anteriores, el valor de 200 Kg/m<sup>2</sup> que mantiene nuestra actual NBE-AE-88, sólo se alcanza en la muestra estudiada en tan sólo un 15% de la superficie de las viviendas estudiadas y concretamente en las estancias de trastero, galería y cocina. Parece en consecuencia un valor excesivo para ser el característico del uso vivienda, por lo que propongo su modificación al valor de **165 Kg/m<sup>2</sup> equivalente a 1,62 KN/m<sup>2</sup>**<sup>163</sup>.

Por otro lado si se emprendiera un estudio de evaluación por zonas, el valor de 200 Kg/m<sup>2</sup> podría quedar corto en algunas y superar con creces otras. Para este tipo de evaluación sería procedente adoptar al menos las cuatro zonas reseñadas en la Tabla 111, cuyos valores representados se han recogido en la Figura 119.

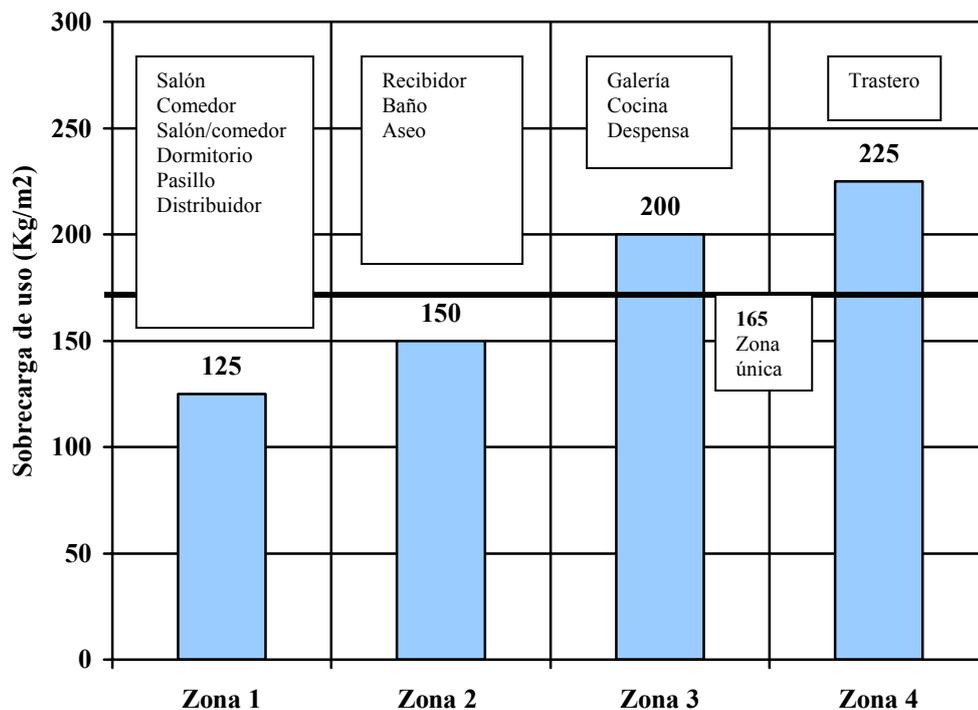


Figura 119 Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas

Por otro lado resulta inevitable hacer una reflexión final sobre la utilización de valores de sobrecarga de uso repercutida sobre superficies útiles o sobre superficies construidas. En mi opinión, la correcta utilización del valor de referencia de la sobrecarga, debe hacerse respecto a la superficie útil, por cuanto sobre lo construido no cabe sobrecarga de uso plena, solamente, cuadros, lámparas, y en general elementos

<sup>163</sup> La propuesta sólo alcanza a la Región de Murcia, que es donde se ha realizado la investigación. Para su extrapolación al resto del País ver el apartado de “Discusión de resultados ponderados”.

colgados de paredes y puertas de escasa relevancia en la sobrecarga final. Sin embargo, la utilización habitual del valor determinista al uso, se distribuye sobre la superficie de forjado que contempla el uso en cuestión, es decir sobre lo construido, y ello exige una ligera conversión para no exceder las cargas que se pretenden introducir. Este coeficiente corrector está entorno a 0,88 para viviendas unifamiliares, 0,82 para viviendas adosadas y alcanza el 0,78 para viviendas en bloque. La media ponderada de esos valores está entorno a 0,80 tal y como se ha expresado en la Tabla 94.

Es decir, podemos estar aportando un 20% más de sobrecarga de la prevista si tal consideración no se tiene en cuenta, lo que, si bien en fase de proyecto no tiene mucha relevancia, en fase de peritación y o comprobación la tiene y mucha, por cuanto una vez construido un edificio, uno de los coeficientes de seguridad más relevantes es el referido a la sobrecarga de uso, por ser esta la que tiene mayor incertidumbre sobre su aportación. Para ver los valores de sobrecarga referidos a la superficie construida se han elaborado la Tabla 94 y la Tabla 97. No obstante en lo referente a la dualidad superficie útil o superficie construida, lo que más interesa es tener presente esa seguridad añadida cuando, sobre todo, nos enfrentamos a problemas de peritaje, donde, se trata de estar del lado de la realidad para poder obtener la fiabilidad existente de la forma más afinada posible, sobre todo si se trata de decisiones de ruindad, ya que, en mi opinión, actuando del lado de la seguridad sólo se puede descartar la ruindad, pero no concluir en ella.

#### 4.5.- Discusión de los resultados ponderados

La muestra estudiada se refiere a viviendas de la Región de Murcia y, el peso de cada tipología ha sido el 14 % para las viviendas unifamiliares, el 23 % para las viviendas adosadas, y el 63% para las viviendas en bloque. Sin embargo, el peso de las tres tipologías en el panorama nacional difiere ligeramente de los expresados; así, ponderando con análisis propios, las aportaciones del INE y del CIS, según vimos en el apartado de “Estadísticas recientes”, se puede aceptar como valores de peso más afinados los siguientes:

- Viviendas aisladas            28 %
- Viviendas adosadas            12 %
- Viviendas en bloque            60 %

Los resultados obtenidos para la Región de Murcia, ponderados con los pesos anteriores nos permite extrapolar los valores a todo el País, con todas las reservas que ello conlleva al admitir que, las dispersiones entre Comunidades Autónomas será pequeña. Evidentemente, esta hipótesis, más que admitirse, debería de ratificarse con la elaboración de trabajos similares a este en otras Comunidades, para a continuación tener resultados que se puedan ponderar con más acierto que en lo ahora planteado. Sin embargo, considero interesante tal aportación aun cuando en ello se asuma cierto riesgo de no acertar.

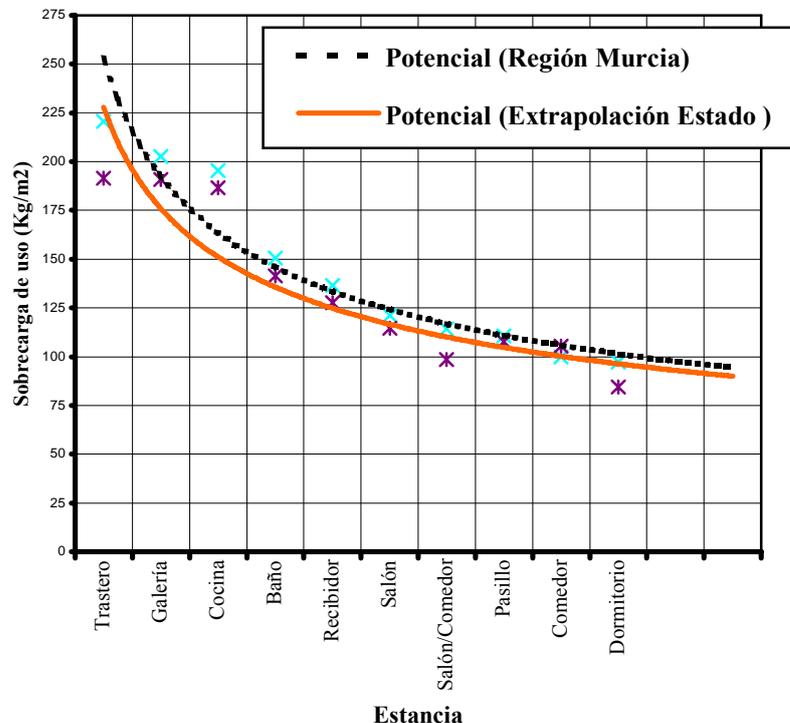


Figura 120 Resultados ponderados para todo el Estado .Sobrecarga de uso de las estancias en orden decreciente

En cuanto a la sobrecarga de uso por zonas, siguiendo los mismos criterios que para el análisis en la muestra, los resultados se encuentran en la Figura 120 y en la Tabla 115. En ellos se observa como la corrección, comparada con los resultados obtenidos para la Región de Murcia, son siempre a la baja, variando desde los 120 Kg/m<sup>2</sup> en la zona 1 hasta los 200 Kg/m<sup>2</sup> en la zona 4.

Zona	Estancias	Sobrecarga de uso
1	Salón Comedor Salón/comedor Dormitorio Pasillo	120 Kg/m <sup>2</sup>
2	Recibidor Baño Aseo	140 Kg/m <sup>2</sup>
3	Cocina Galería	175 Kg/m <sup>2</sup>
4	Trasteros	200 Kg/m <sup>2</sup>

Tabla 115 Resultados ponderados para todo el Estado. Valores deterministas de sobrecargas de uso según zonas de estancias

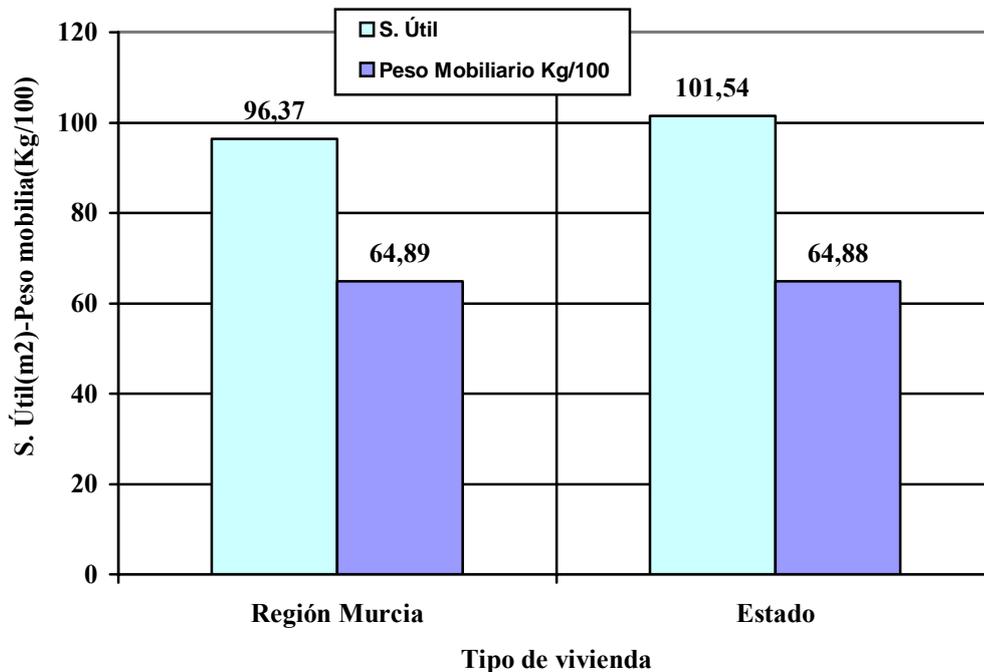


Figura 121 Valores ponderados para todo el Estado. Superficie útil y Peso del mobiliario

Si analizamos los resultados referentes a la superficie útil de las viviendas y los pesos del mobiliario, vemos que, en cuanto a superficie útil, la ponderación para todo el Estado nos conduce a valores del orden de 101,54 m<sup>2</sup>, mientras que para la Región de Murcia sólo se alcanzaban 96,37 m<sup>2</sup>. Sin embargo, en cuanto al peso del mobiliario, no se obtiene diferencia significativa entre Murcia y el Estado, lo que ayuda a entender las sobrecargas de uso a la baja, indicadas en el párrafo anterior.

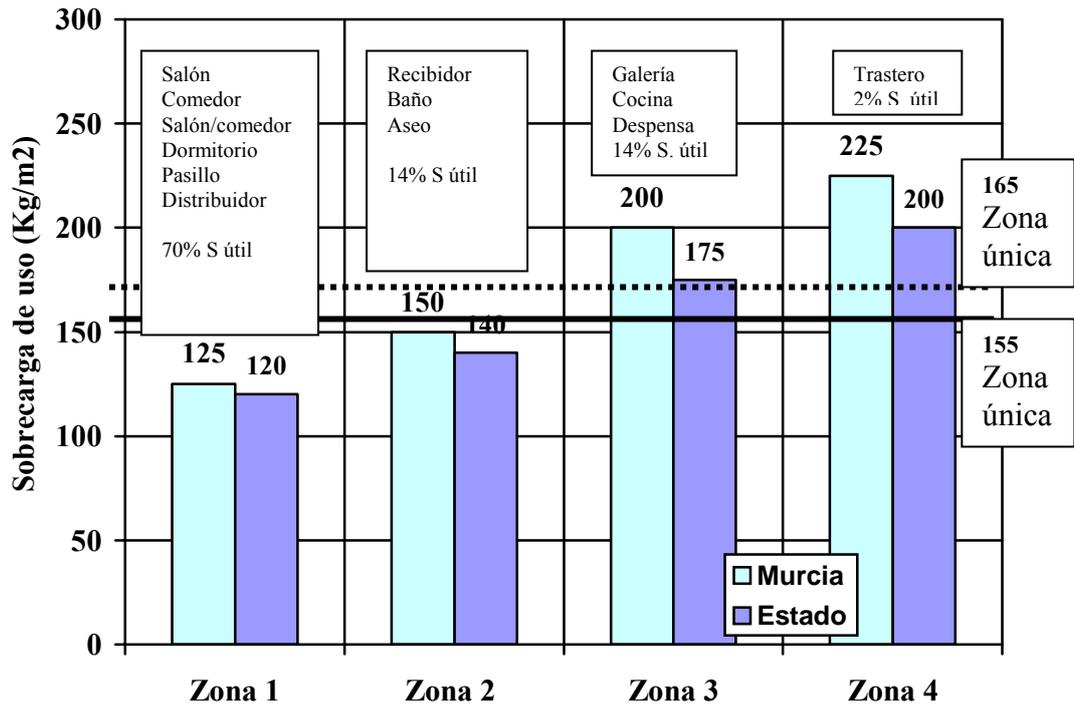


Figura 122 Resultados ponderados para todo el Estado. Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas

En cuanto al valor determinista, único, para todo el contenedor vivienda, el resultado ponderado, despreciando los decimales, es de 155 Kg/m<sup>2</sup>, frente a los 165 Kg/m<sup>2</sup> obtenidos para la Región de Murcia.

Por otro lado, las ecuaciones obtenidas para la relación entre la sobrecarga de uso y el área de influencia, (Ec. 204) y (Ec. 205), y representadas en la Figura 112, no sufren modificación sustancial por cuanto la corrección estaría entorno al 5% y a la baja.

#### 4.6.- Propuestas de evaluación

Respondiendo a los objetivos que marcaron esta investigación, recogidos en el apartado 3.1, y con base en los resultados y su discusión, se desarrollan a continuación tres métodos de evaluación en función de las características, del uso y del destino de la misma, esto es:

- |  |     |
|--|-----|
| - El Método Determinista                   | MD  |
| - El Método del Área de Influencia         | MAI |
| - El Método de la Evaluación Pormenorizada | MEP |

##### 4.6.1.- El método determinista (MD)

Se trata del método más extendido, el que mantiene nuestra NBE-AE-88, y consistente en la utilización de valores determinados, generalmente tabulados en normas y que pretenden ser los valores característicos del uso. El método MD se singulariza, respecto a las existentes, en las siguientes distinciones:

- Se propone un valor único para el caso más elemental de evaluación, aplicado al uso general de vivienda y con el valor de 165 Kg/m<sup>2</sup>. Su utilización preferente se centra en la fase de proyecto y en la inicial de peritación y/o comprobación.
- Para evaluaciones más precisas, se proponen cuatro valores deterministas, que se corresponden con cuatro zonas del uso principal y cuyos valores y localizaciones se recogen en la Figura 123.
- Los valores anteriores pueden ser corregidos en función del número de plantas que influyen según la ecuación que sigue:
- 

(Ec. 208) 
$$c_n = \frac{1,2}{n} + 0,4$$

siendo:

$c_n$  = coeficiente reductor para  $n$  plantas

$n$  = nº de plantas de influencia, siendo  $n > 2$ . Para  $n \leq 2 \Rightarrow c_n = 1$

En las figuras que siguen se resume el método *MD*.

**MÉTODO MD: Valores deterministas de la sobrecarga de uso**

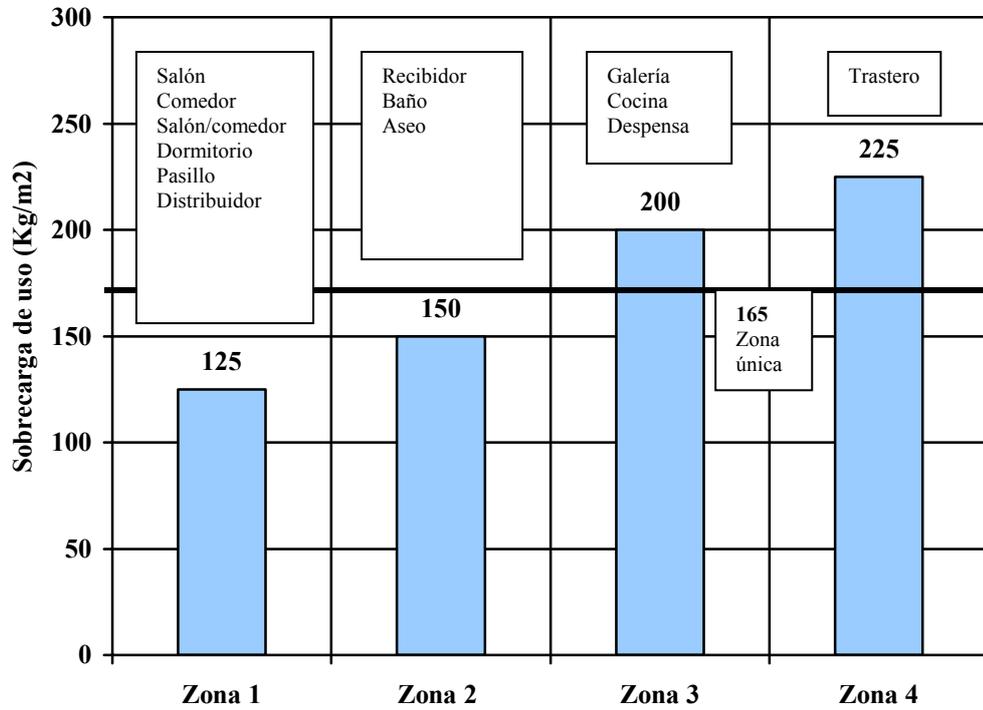


Figura 123 Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas

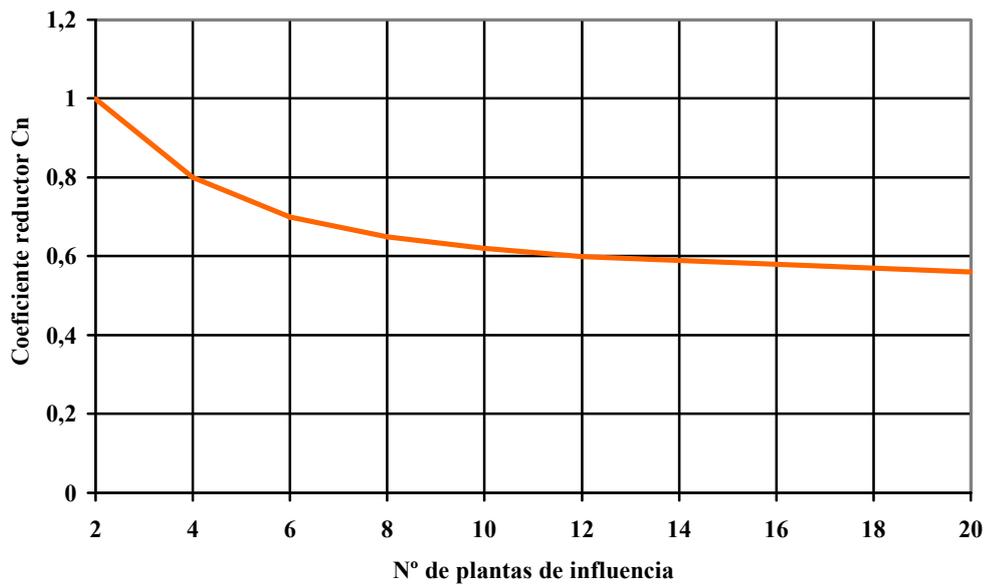


Figura 124 Coeficientes de reducción de sobrecarga en función del nº de plantas de influencia

#### 4.6.2.- Método del Área de Influencia (MAI)

Se trata de obtener el valor de la sobrecarga de uso a aplicar sobre un elemento estructural en función de tres parámetros: la superficie tributaria de carga y el tipo de elemento estructural y la localización de la zona de influencia. Los dos primeros parámetros se introducen a través del concepto de Área de Influencia en cada planta y el segundo en función de la localización en zona A o zona B según se vio en la Figura 110 de los apartados anteriores<sup>164</sup>. Está especialmente indicado para fases de peritación semiprobabilistas.

La ecuación general es la que sigue:

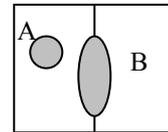
(Ec. 209) 
$$SU = 200 \left( \frac{6\lambda}{A_I} + 0,6 \right)$$

siendo:

$SU$  = Sobrecarga de uso en Kg/m<sup>2</sup>

$\lambda$  = Coeficiente de zona

Zona	A	B
$\lambda$	1	2



$A_I$  = Área de influencia en m<sup>2</sup>, con  $A_I \geq 15\lambda$  m<sup>2</sup> ; para  $A_I < 15\lambda$  m<sup>2</sup>  $\Rightarrow SU = 200$  Kg/m<sup>2</sup>

$A_I = \beta A_t$  siendo:  $\beta$  = Coeficiente función del tipo de elemento estructural

$A_t$  = Superficie tributaria de carga en m<sup>2</sup>

Elemento	Pilares	Vigas	Forjados
$\beta$	4	2	1

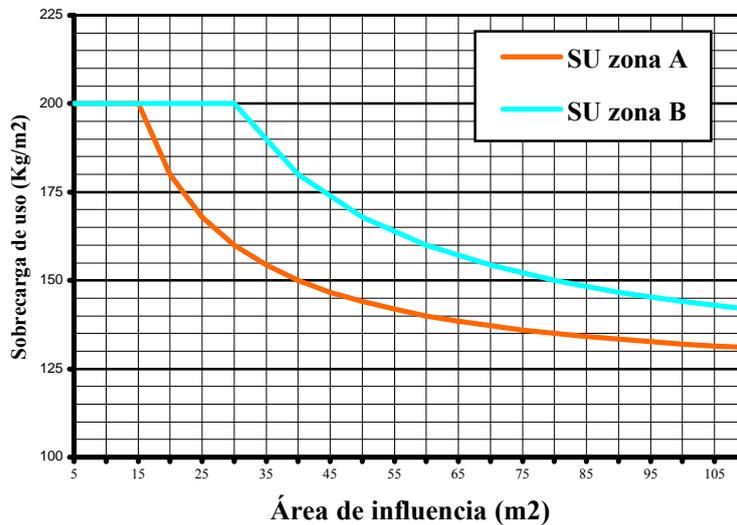


Figura 125 Sobrecarga de uso en función del área de influencia y la zona de análisis A o B

A continuación se incluyen las gráficas de aplicación directa en función de la superficie tributaria de carga, la zona y el elemento estructural.

<sup>164</sup> El coeficiente reductor por número de plantas es igualmente de aplicación, sobre todo para pilares

**MÉTODO MAI: Método del Área de Influencia**

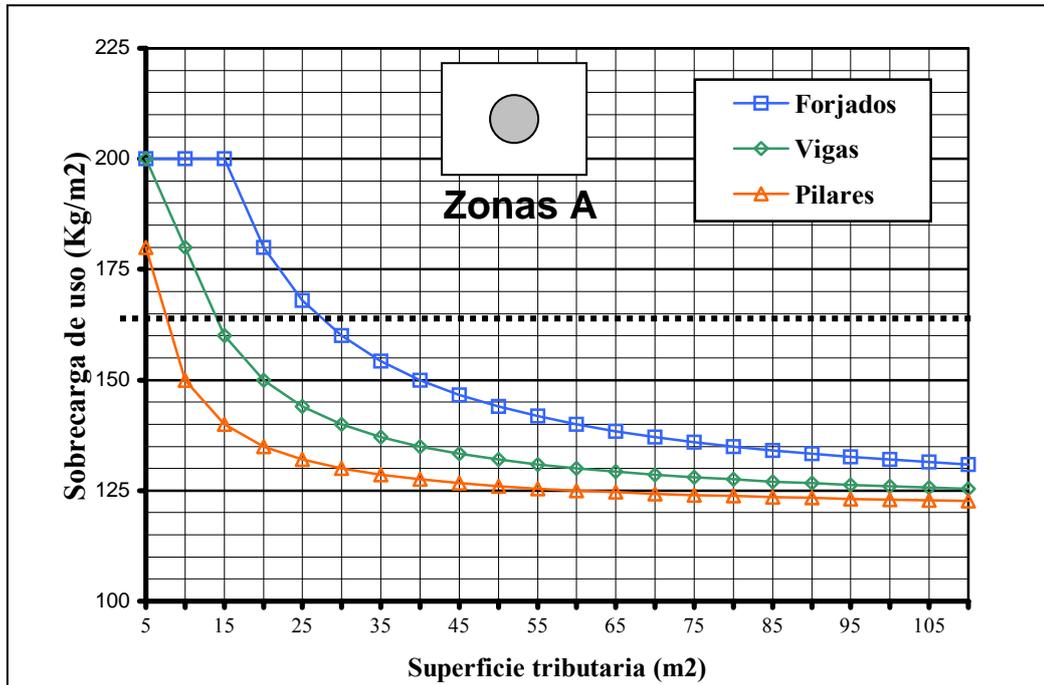


Figura 126 Sobrecarga de uso de vivienda en zonas A por planta en función de la superficie tributaria de carga y del tipo de elemento estructural

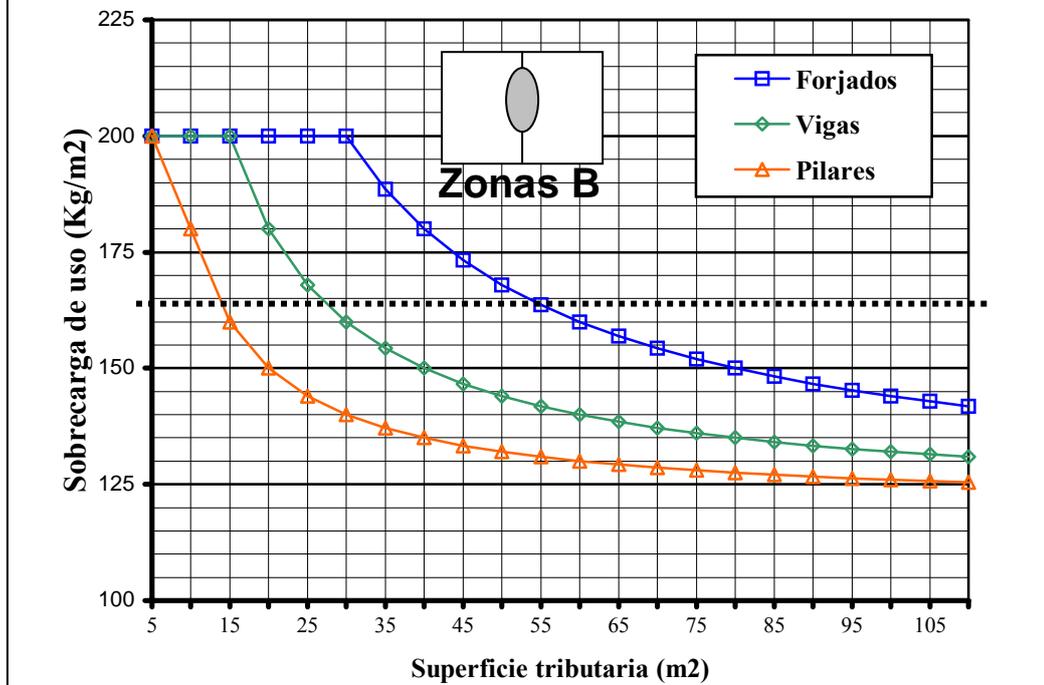


Figura 127 Sobrecarga de uso de vivienda en zonas B por planta en función de la superficie tributaria de carga y del tipo de elemento estructural

#### 4.6.3.- Método de la Evaluación Pormenorizada (MEP)

Consiste en aplicar el método de evaluación que se ha seguido para realizar esta investigación, es decir;

1. Se realiza la inspección de la vivienda levantando un plano de distribución con la ubicación del mobiliario más relevante, es decir, el mobiliario que al menos defina el uso de la estancia, incluyendo las superficies útiles de las estancias y del total de la vivienda
2. Se obtiene el número y la evaluación de las magnitudes en longitud y superficie que definen los objetos y mobiliario de cada estancia.
3. Se calcula peso total del mobiliario (*Tabla A: apart. 3.2.3*) y el peso de los usuarios de cada estancia (*Tabla B: apart. 3.2.4*)
4. Se repercute el peso del mobiliario y el de los usuarios sobre la superficie útil de cada estancia
5. Se suman los valores anteriores y se obtiene la sobrecarga de uso de cada estancia<sup>165</sup>
6. Se calcula el peso total del mobiliario y la superficie útil total de la vivienda
7. Se obtienen las frecuencias relativas de las sobrecargas de las estancias en el total de la vivienda.
8. Se calculan los valores representativos de la sobrecarga de uso repercutida sobre superficie útil, es decir, el valor máximo, el mínimo, el medio, la desviación típica, y el valor característico.
9. Se calcula el valor característico repercutido sobre superficie construida
10. Se utiliza el valor característico sobre superficie útil o construida en función del procedimiento de análisis de solicitudes que se desarrolle.

El procedimiento descrito queda recogido en la ficha que sigue:

---

<sup>165</sup> Como se desprende de tal consideración, la hipótesis inicial del método es la admisión de que el peso del mobiliario y usuarios de cada estancia se reparte uniformemente sobre toda la superficie de la misma. Esta hipótesis, no aceptada para el total de la vivienda, se acepta en el espacio “estancia” a pesar se admitir que ello es una aproximación a la realidad; un mayor afine en el método, sería considerar dentro de cada estancia zonas de distribución uniforme de peso, por ejemplo la superficie ocupada por cada mobiliario, la zona de dormir, la de comer, la de estar, la de cocinar, etc... Las posibilidades informáticas permiten, actualmente, abordar ésta mínima partición de la uniformidad con la precisión que necesitemos, por lo que queda abierta esta nueva vía de análisis para precisar aun más los valores que en esta investigación se han obtenido.

**MÉTODO MEP: Método de la Evaluación Pormenorizada**

Localización vivienda									Fecha		
									Edad en años		
Tipología		Aislada	Adosada		En bloque		Promoción		Libre	VPO	Pública
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estancia	S. Útil (m <sup>2</sup> )	Mobiliario y Elementos				Habitantes			Sobrecarga (Kg/m <sup>2</sup> ) (Sobre superficie útil)		
		Tipo	Uds	Peso (Kg)		Uds	Peso (kg)		Mobiliario	Habitantes	Total
				Ud	Total		Ud	Total	(Σ6)/2	(Σ9)/2	10+11
										Frecuencia relativa (f <sub>i</sub> )	
										$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$
										Frecuencia relativa (f <sub>i</sub> )	
										$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$
										Frecuencia relativa (f <sub>i</sub> )	
										$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$
										Frecuencia relativa (f <sub>i</sub> )	
										$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$
										Frecuencia relativa (f <sub>i</sub> )	
										$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$
										Frecuencia relativa (f <sub>i</sub> )	
										$(M_j - x_i)^2 f_i$	$(M_j - x_i)^2 f_i$
Total S. Útil		Total Peso Mobiliario (Kg)							Suma frecuencias		<b>1,000</b>
Coefic. β S.Útil/S.Cons t		<b>Resultados Sobrecarga de Uso Kg/m<sup>2</sup> sobre S. Útil</b>									
		Valor máximo									
		Valor mínimo									
		Valor medio									
Valor característico Sobrecarga de Uso (Kg/m <sup>2</sup> ) sobre S. Constr.		Desviación típica									
		Valor característico									

## **Capítulo 5**

### **Conclusiones**

## 5.- Conclusiones

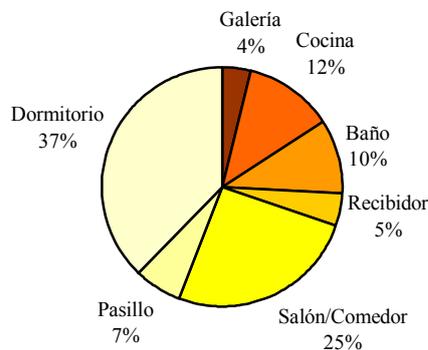
De las consideraciones obtenidas en la introducción, del establecimiento del estado y análisis de la cuestión, del desarrollo del plan experimental diseñado sobre 630 viviendas, y de la discusión de los resultados obtenidos, se pueden extraer las conclusiones que, a modo de decálogo, se recogen a continuación y que se unifican en la síntesis recogida al final.

### 5.1.- Decálogo de conclusiones

1.- De la muestra estudiada, la superficie útil media de las tres tipologías en que se ha dividido es, según orden creciente, de 86,24 m<sup>2</sup> para las viviendas en bloque, 100,91 m<sup>2</sup> para las adosadas, y 134,59 m<sup>2</sup> para las aisladas. Para la totalidad de la muestra, la media obtenida ha sido de 96,37 m<sup>2</sup>. Esta misma tendencia creciente se da en las estancias de las viviendas, así, las estancias de las viviendas aisladas suelen ser de mayor superficie que las de las viviendas adosadas, y las de estas, mayores que las de las viviendas en bloque, pudiéndose distinguir tres escalones de estancias en función de su superficie representativa (la media):

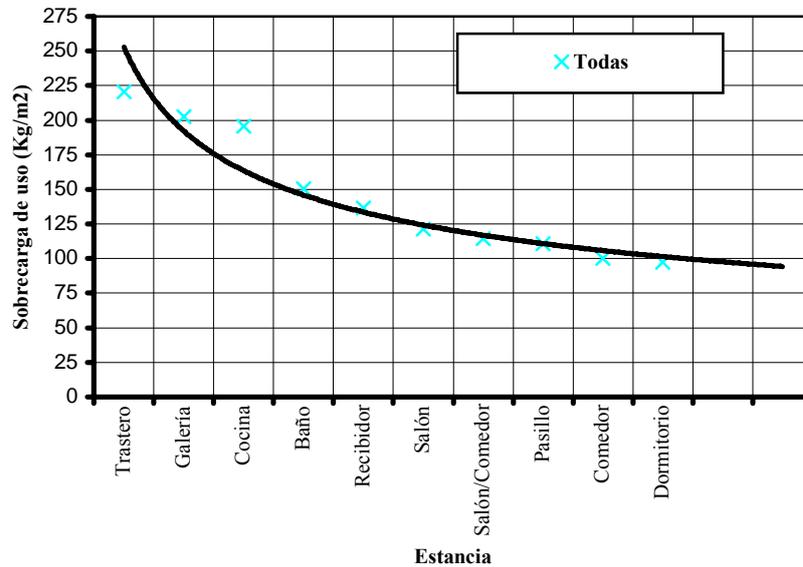
- Estancias con superficie representativa inferior a 5 m<sup>2</sup>: galería, trastero, recibidor y baño.
- Estancias con superficie representativa entre 5 y 15 m<sup>2</sup>: pasillo, cocina y dormitorio.
- Estancias con superficie representativa entre 15 y 30 m<sup>2</sup>: comedor, salón y salón-comedor.

2.- En las viviendas representativas de la muestra<sup>166</sup>, un 70% de su superficie útil está ocupada por las estancias de pasillo, dormitorios y salón-comedor cuya sobrecarga de uso característica no supera los 125 Kg/m<sup>2</sup>.



<sup>166</sup> Vivienda representativa de la muestra: salón/comedor, cocina, tres dormitorios, 2 baños, recibidor, pasillo/distribuidor y galería.

3.- La sobrecarga de uso característica de una estancia es menor cuanto mayor es su superficie útil media. En orden decreciente de sobrecarga, la relación con el tipo de estancia sigue una ley hiperbólica, del tipo recogido en la figura que sigue, variando ésta desde los 225-250 Kg/m<sup>2</sup> en trasteros hasta los 100 Kg/m<sup>2</sup> encontrados en dormitorios.



4.- Dada la gran dispersión de la sobrecarga de uso en función del tipo de estancia, es recomendable dividir el análisis de una vivienda al menos en cuatro zonas, a saber:

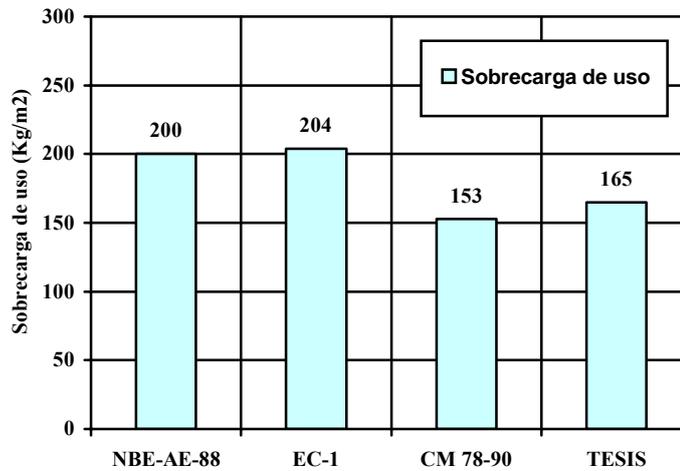
Zona 1: Salón, Salón/comedor, comedor, dormitorios, pasillos y distribuidores, con una sobrecarga de uso característica de 125 Kg/m<sup>2</sup>

Zona 2: Recibidor, baños y aseos, con una sobrecarga de uso característica de 150 Kg/m<sup>2</sup>

Zona 3: Cocina y galerías, con sobrecarga de uso característica de 200 Kg/m<sup>2</sup>

Zona 4: Trasteros, con sobrecargas de uso característica de 225 Kg/m<sup>2</sup>

5.- Para análisis globales del uso vivienda, es decir, para zona única, se ha obtenido como valor de sobrecarga característica en viviendas aisladas el de 133 Kg/m<sup>2</sup>, en viviendas adosadas el de 157 Kg/m<sup>2</sup>, y en viviendas en bloque el de 166 Kg/m<sup>2</sup>. Para la totalidad de las viviendas, sin distinción de tipología, se recomienda la utilización del valor 165 Kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga de uso, valor que representa el valor característico de la sobrecarga de uso característica de las viviendas de la muestra, en vez de los 200 Kg/m<sup>2</sup> recogidos en la NBE-AE-88. En este sentido, el valor aportado por los Códigos Modelos de 1978 y de 1990 (153 Kg/m<sup>2</sup>) es más ajustado a los obtenidos en esta investigación que los dados en la NBE-AE-88 y el Eurocódigo 1, sobre todos al recordar que se debe tratar de valores característicos y no valores máximos.



6.- La evaluación de la sobrecarga de uso en viviendas depende, al menos, de cuatro factores: del tipo de elemento estructural, de la superficie tributaria de carga sobre este, de la zona en que se localice en una misma planta, y del número de plantas que intervienen.

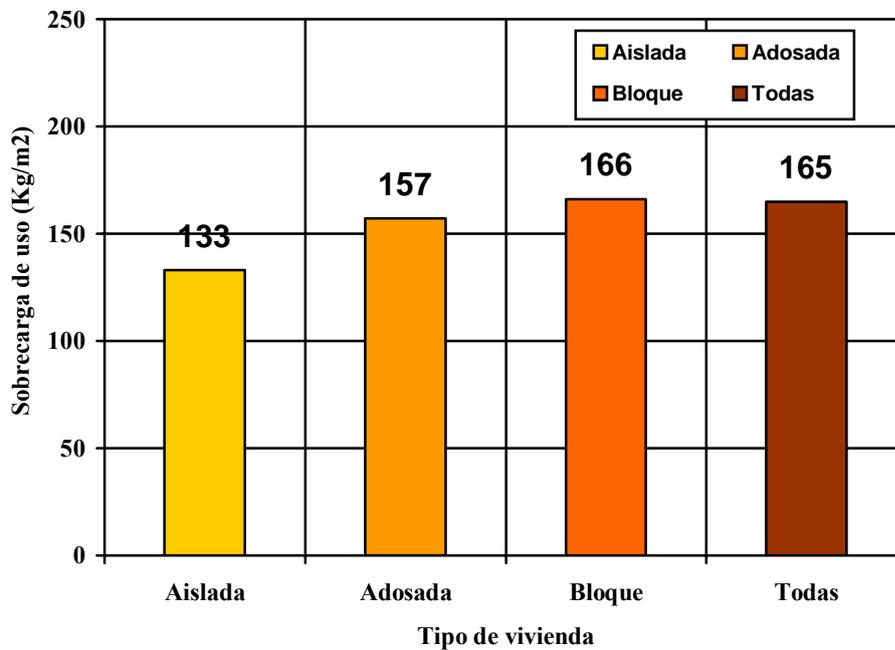
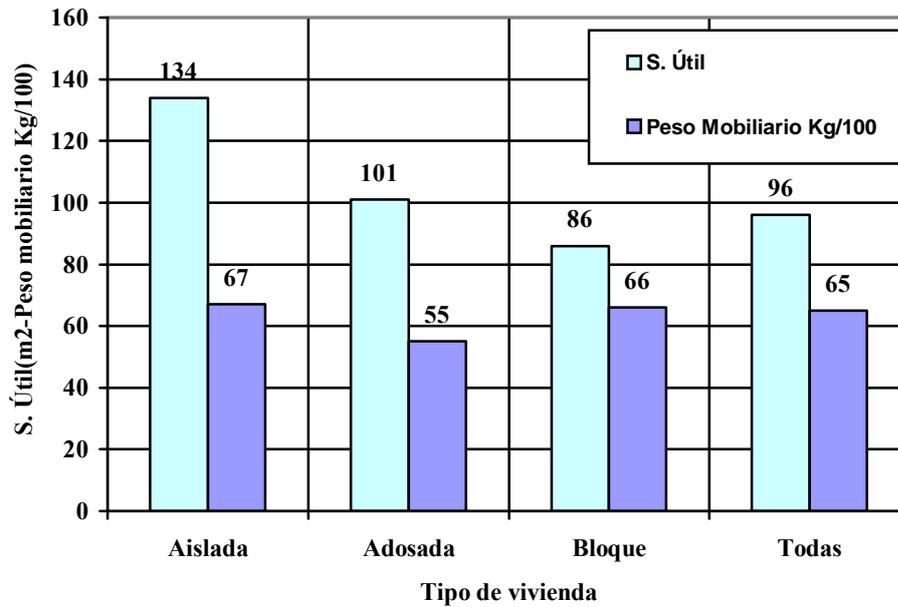
En cuanto al tipo de elemento estructural, a igualdad de superficie tributaria, debe ser mayor la sobrecarga de uso a considerar en una losa o forjado, que en una viga; y mayor en un pilar que en una viga, por cuanto de forma aproximada, el área de influencia cargada para que la tributaria actúe es doble en la viga que en el forjado y cuádruple en un pilar que en un forjado, es decir doble en un pilar respecto a la viga.

En cuanto a la superficie tributaria de carga, la sobrecarga de uso a considerar es menor cuanto mayor es aquella, por cuanto más improbable es que esté a plena carga toda la superficie, cuanto mayor es el área que actúa; a la vez que, el peso del mobiliario y elementos que componen la sobrecarga crece más despacio que la superficie de las estancias que intervienen en la evaluación.

Respecto a la localización en la misma planta, al menos hay que distinguir dos zonas de influencia, que la zona esté influenciada por una sola vivienda, **zonas A**, en cuyo caso la sobrecarga máxima que puede contener el área de influencia está limitada por la combinación máxima posible de entre las estancias que pueden ocupar la superficie en cuestión, mientras que, si la zona de ubicación está influenciada por dos o más viviendas, **zonas B**, la sobrecarga de uso máxima puede resultar de la coincidencia de sobrecargas máximas de estancias equivalentes en distintas viviendas. Por lo dicho, a igualdad del resto de los parámetros, en las **zonas B** se debe considerar una sobrecarga de uso mayor que en las zonas A.

Atendiendo al número de plantas, cuantos más niveles aporten zonas de influencia sobre un elemento estructural, menor será la probabilidad de que se repitan, a plena carga, las consideraciones de sobrecarga sobre un único nivel, por lo que la sobrecarga a considerar deberá ser menor conforme crece el número de niveles que influyen

7.- El peso del mobiliario que contienen las viviendas de la muestra no presenta grandes diferencias, el valor característico para cada tipología no difiere en más del 22% de entre la mayor y la menor, mientras que las superficies útiles entre las tres tipologías sí que presenta variaciones significativas, próximas al 40%, lo que justifica que el valor característico de la sobrecarga de uso (expresada por metro cuadrado) sea inferior en viviendas aisladas, que en viviendas adosadas y, en estas que en viviendas en bloque.



8.- Los valores que se obtienen en la aplicación de la norma NRE-AEOR-93, al resultar de una distribución uniforme de la carga, proporcionan valores medios, por lo que no representan la sobrecarga característica de la vivienda, derivándose de su aplicación situaciones no suficientemente representativas de la situación real, muy al contrario, la evaluación pormenorizada admitiendo el valor medio de la sobrecarga del contenedor vivienda, deja la evaluación en clara situación de inseguridad, según he podido demostrar en los apartados anteriores y como se puede desprender de la observación de la figura de la conclusión tercera.

9.- Aceptando los coeficientes de ponderación de cada tipología de vivienda que se dedujeron en el apartado "Estadísticas recientes"<sup>167</sup>, la extrapolación de los resultados de la muestra a todo el Estado no presenta grandes diferencias con lo hasta ahora concluido, salvo indicar que todos los indicadores sufren una ligera modificación a la baja. Así, el valor determinista de zona única pasaría de los 165 Kg/m<sup>2</sup> para la Región de Murcia a los 155 Kg/m<sup>2</sup> para todo el Estado.

10.- Por último, conviene establecer una reflexión final sobre la repercusión de la sobrecarga en superficies útiles o construidas. En general, los valores de sobrecarga de uso, deterministas o no de las diferentes normas, están referidos a superficie útil del uso vivienda, por lo que los cálculos derivados de la aplicación de los valores anteriores a superficie plenas de forjado pueden aportar un 20% de mayoración de la sobrecarga, que si bien en fase de proyecto puede resultar ventajosa, en fases de peritación no es conveniente olvidar para establecer la más cercana situación real de la evaluación.

---

<sup>167</sup> INE, CIS y extrapolación propia: Aislada 28%, adosada 12% y en bloque 60%

## 5.2.- Síntesis

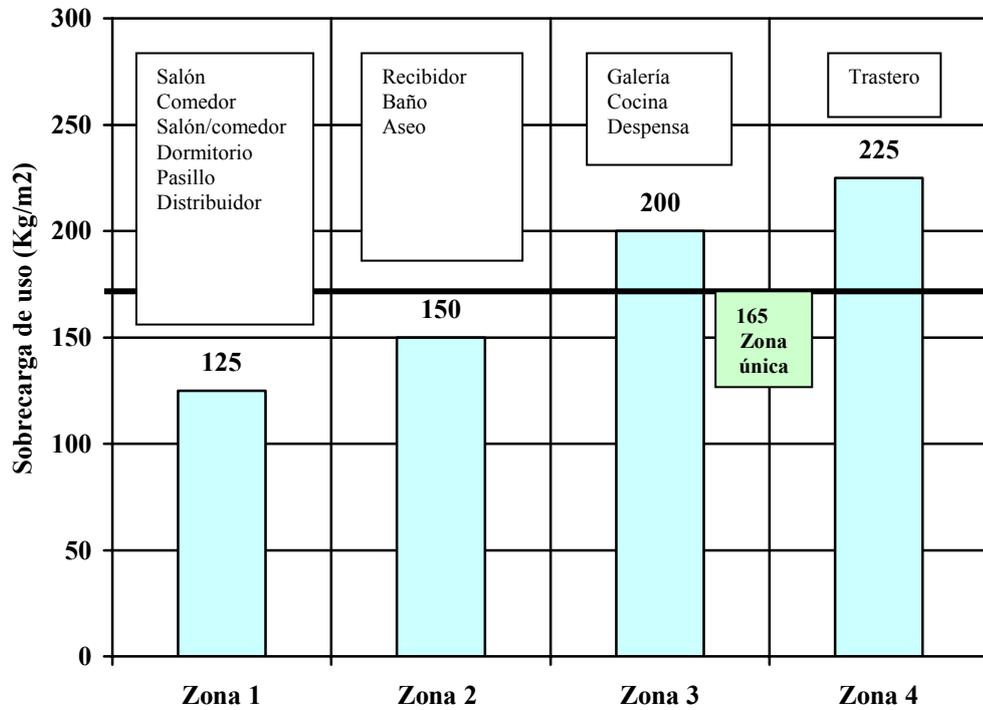
Por último, como respuesta a los objetivos que pusieron en marcha en 1998 este trabajo, y como resumen de la investigación que representa ésta tesis, acompaño a continuación, en función de la fase de intervención, los tres métodos de evaluación de sobrecargas de uso de vivienda que como síntesis de la tesis propongo:

<b>Fase</b>	<b>Método propuesto de evaluación de sobrecarga de uso</b>
Proyecto y peritación determinista	Método determinista ( <i>MD</i> )
Peritación semiprobabilista	Método del Área de Influencia ( <i>MAI</i> ) <sup>168</sup>
Peritación pormenorizada	Método de Evaluación Pormenorizada ( <i>MEP</i> )

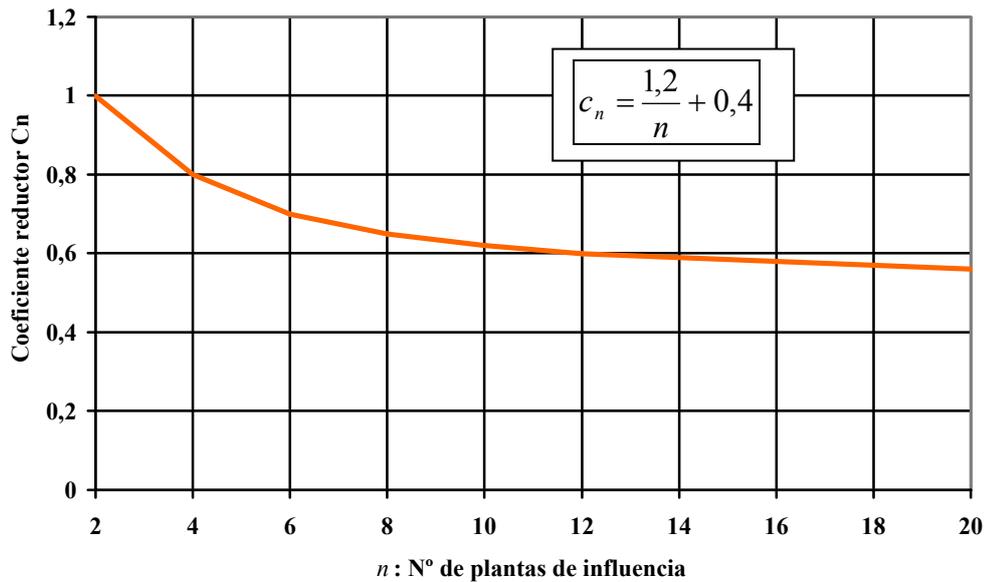
Nota: Los métodos se resumen a continuación

<sup>168</sup> El nivel de desarrollo informático del análisis estructural permite ya, o permitirá en breve, la aplicación del método MAI, también en fase de proyecto.

**MÉTODO MD: Valores deterministas de la sobrecarga de uso**  
(Fases de proyecto y peritación determinista)

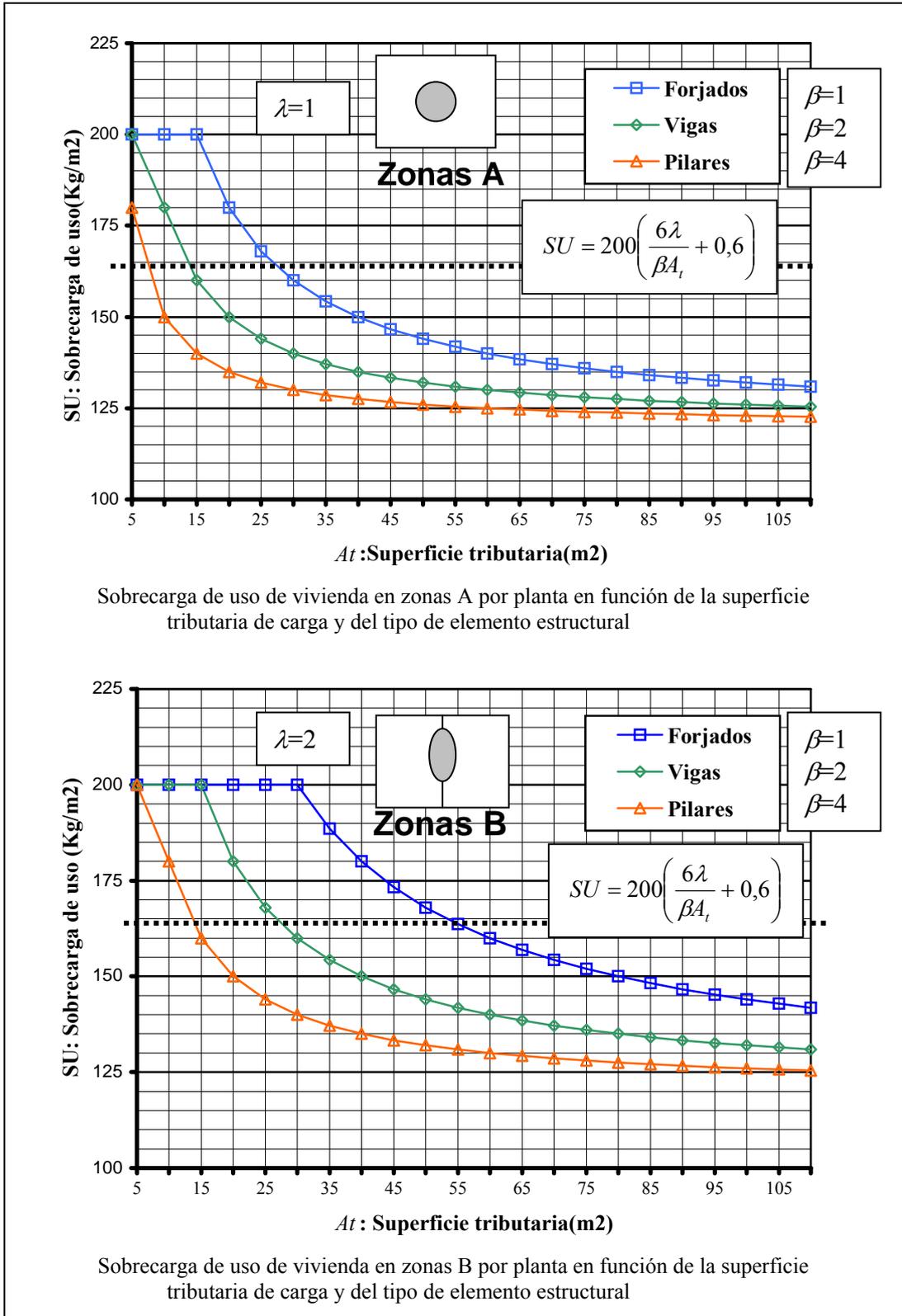


Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas



Coeficientes de reducción de sobrecarga en función del nº de plantas de influencia

**MÉTODO MAI: Método del Área de Influencia**  
(Fase de peritación semiprobabilista)



**MÉTODO MEP: Método de la Evaluación Pormenorizada**  
(Fase de peritación pormenorizada)



Anexo 1

Anexo 2

**Anexo 3.- Índice y relación de figuras**

Figura 1 Dos formas de alojamiento: el necesario y el desarrollado .....	12
Figura 2 Cueva de Menga (Antequera. Málaga).....	13
Figura 3 (a) Interior de la cueva de Menga. (b) Cueva del Romeral-Antequera- (sección y planta).....	14
Figura 4 (a) Conjunto megalítico de Stonehenge. (b) Taula (Menorca).....	15
Figura 5 Restos del zigurat de Heftete, cerca de Susa, en la zona Mesopotámica .....	15
Figura 6 Palacio de Cnossos en Creta .....	16
Figura 7 (a) Templo griego de Afaia en Egina. (b) El Partenón .....	16
Figura 8 (a) Plano de la Ciudad de Tirinto . (b) Plano de la ciudad de Mileto .....	17
Figura 9 Tipología de la casa romana particular. Domus. Atrio de la casa de Menandro, Pompeya .....	17
Figura 10 Casas de alquiler romanas de varias plantas. Ínsulas .....	18
Figura 11 Casa de campo del Fauno. Villa en Pompeya.....	18
Figura 12 Tipologías de corte paleocristiano: basílica y central.....	19
Figura 13 El contrarresto bizantino con bóvedas .....	19
Figura 14 Casa larga germánica .....	19
Figura 15 Casa urbana medieval ( <i>RISEBERO, 1991</i> ).....	20
Figura 16 Casa gótica artesanal .....	21
Figura 17 Villa (Rotonda-Palladio) y palacio renacentista (Pitti) .....	21
Figura 18 Edificios de madera del s. XVI en Inglaterra ( <i>RISEBERO, 1991</i> ) .....	23
Figura 19 Plaza de Valladolid .....	23
Figura 20 Casas inglesas urbanas y rurales del s. XVII.....	24
Figura 21 Casas de la rue Rivoli, París 1805. Casas de Park Square, Londres 1812 .....	25
Figura 22 Pruebas de cargas realizadas para el sistema Hennebique en 1894.....	26
Figura 23 Torres gemelas de apartamentos en Chicago. Mies van der Rohe .....	27
Figura 24 Unitte d' Habitation. Le Corbusier, 1952 .....	28
Figura 25 ¿ El desastre contemporáneo o la libertad de la organización espacial?. Le Corbusier .....	28
Figura 26 Densidades de edificación en España (1990) .....	36
Figura 27 Perfil gráfico de los edificios según el nº de plantas .....	38
Figura 28 Evolución de los costes construcción / automóviles .....	43
Figura 29 Proyecto de viviendas Keyenburg (Holanda).....	44
Figura 30 Espacios específicos y transitables para las instalaciones.....	45
Figura 31 Sistema industrializado tipo botellero .....	46
Figura 32 Sistema industrializado tipo estantería .....	46
Figura 33 Sistema industrializado tipo núcleo central .....	47
Figura 34 Cocina Modular (David Chipperfield) .....	48
Figura 35 Pavimento registrable (Clotet y Paricio) .....	48
Figura 36 Tabique móvil. Distintas posibilidades según Toyo Ito .....	48
Figura 37 Esquemas de la ventana perfectible (Ben van Berkel) .....	48
Figura 38 Los sanitarios-mueble (David Chipperfield) .....	49
Figura 39 Publicidad de la patente Hennebique.....	52
Figura 40 Portada del tratado de <i>Construcciones de Hormigón Armado</i> de C. Kersten. 1925.....	53

Figura 41 Diseño de vigas según Monier, 1879.....	54
Figura 42 Estructura de forjados planos de Le Corbusier, 1941.....	54
Figura 43 Acueducto de Tempul, Cádiz, 1926. Eduardo Torroja Miret.....	55
Figura 44 Cubierta del mercado de Algeciras, Cádiz 1935. Eduardo Torroja Miret.....	56
Figura 45 Acueducto de Alloz. Navarra, 1939. Eduardo Torroja Miret.....	56
Figura 46 Sistema Barredo de pretensado.....	57
Figura 47 Esquema de dependencia de los niveles de seguridad EHE -CM 90 .....	63
Figura 48 Funciones de distribución de la resistencia R y de la sollicitación S .....	64
Figura 49 Densidad de distribución de la función límite G .....	65
Figura 50 Funciones de distribución más habituales .....	68
Figura 51 Definición del punto de diseño. FORM.....	69
Figura 52 índice de fiabilidad $\beta$ en función de la probabilidad de fallo $P_f(10^x)$ . EC 1-1 1991 .....	71
Figura 53 Valores del coeficiente de seguridad a sobrecargas $C_{ss}$ en función de $C_{sn}$ y de la relación g/q.....	81
Figura 54 Representación gráfica de $C_{ss}$ en función de $\delta$ .....	83
Figura 55 Relación entre $f_c$ , probeta moldeada y el cociente entre $f_c$ testigo y $f_c$ probeta moldeada (Calavera, 1995) .....	85
Figura 56 Representación gráfica del coeficiente $c$ ( $f_{c, p \text{ testigo}}/f_{c, p \text{ moldeada}}$ ).....	86
Figura 57 Coeficiente $K$ igual a la relación entre $f_{cpm}$ y $f_{cpt}$ en función de $f_{cpm}$ .....	87
Figura 58 Variaciones de resistencia a lo largo de altura / espesor de diferentes elementos estructurales.....	88
Figura 59 Correlación entre ultrasonidos, esclerómetro y probetas testigo. J.M Izquierdo .....	89
Figura 60 Método general de evaluación en estructuras por construir .....	92
Figura 61 Esquema del proceso de cálculo y dimensionamiento en estructuras por construir ( <i>García Meseguer, 1997</i> ) especialmente para hormigón armado.....	94
Figura 62 Principio del procedimiento de evaluación por fases. Estructuras existentes .	95
Figura 63 Organigrama del procedimiento del método de los indicadores empíricos.....	99
Figura 64 Optimización del coste total acumulado (representación esquemática).....	101
Figura 65 Evolución de los procesos de intervención.....	104
Figura 66 Período de retorno $T$ de una acción variable en función de su probabilidad de no ocurrencia .....	113
Figura 67 Curvas de valores de los parámetros de <b>cargas variables</b> en oficinas. Apend. 3 CM 1978.....	119
Figura 68 Coeficiente reductor del Reglamento Inglés anterior a 1925, RRHE-NORMAS 41 .....	124
Figura 69 Reducciones de sobrecargas según varias normas .....	129
Figura 70 N° de NTEs publicadas en los 15 años primeros de su establecimiento .....	131
Figura 71 Porcentajes de reducción de sobrecargas según MV-101 y NTE-ECG .....	132
Figura 72 Coeficiente reductor $R_g$ de sobrecargas de uso según DIN 1055 y NBE-EA-88 .....	146
Figura 73 Coeficientes de reducción parcial $R_p$ según DIN 1055 y NBE-AE-88.....	148
Figura 74 Coeficientes de reducción parcial $R_p$ según varias normas .....	149
Figura 75 Esquema de posiciones y elementos tipo de vanos, pilares y vigas .....	151
Figura 76 Coeficiente de reducción de sobrecargas según ANSI.58-1982.....	154

Figura 77 Reducciones según ANSI. 58 en función del nº de plantas. Incluye otras normas .....	156
Figura 78 Coef. Reducción de ANSI.58 y NBE-AE-88 según sup. tributaria (Estimación) .....	157
Figura 79 Reducción máxima admitida por UBC-88 en función del q/g% .....	161
Figura 80 Coeficiente R reductor de sobrecargas según UBC-88 y NBE-AE-88 .....	162
Figura 81 Esquema gráfico de cálculo probabilístico de fiabilidad de primer orden, en nivel II (FORM) .....	167
Figura 82 Funciones de densidad más frecuentes ( m: valor medio; s: desviación típica) .....	168
Figura 83 Representación gráfica del coeficiente reductor $\alpha_A$ (forjados: 1 planta) según EC 1. 2-1 .....	171
Figura 84 Gráfica del coeficiente reductor $\alpha_n$ , (pilares, muros,...) según EC 1.2-1 .....	173
Figura 85 Representación gráfica del % de reducción $R_A$ (forjados: 1 planta) según EC 1. 2-1 .....	174
Figura 86 Coeficiente en % de reducción de SU según EC 1991. Se incluyen otras normas .....	175
Figura 87 Probabilidad de carga según el tipo de pieza ( <i>Calavera, 1996</i> ) .....	176
Figura 88 Esquema de carga y diagrama de momentos flectores de una viga apoyada-apoyada con carga $P$ puntual localizada en el punto $y$ .....	177
Figura 89 Gráfica de momentos flectores de la viga apoyada-apoyada con carga uniformemente repartida .....	179
Figura 90 Curva envolvente de los máximos valores de las graficas triangulares debidas a $P$ .....	180
Figura 91 Relación entre la carga uniforme y la puntual en función de la luz de la viga	181
Figura 92 Relación entre la luz de la viga y el valor de $q$ (lineal) en función de $P$ (kg)	182
Figura 93 Valor de carga superficial $q_{sv}$ equivalente a una puntual variable en posición en forjados unidireccionales habituales de edificación de viviendas .....	187
Figura 94 Esquema reticular de superficies tributarias de carga u áreas de influencia ..	191
Figura 95 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso en oficinas privadas.....	195
Figura 96 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso para oficinas. Estancias son $5 \text{ m}^2 < S \leq 10 \text{ m}^2$ .....	197
Figura 97 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso para oficinas. Estancias con $10 \text{ m}^2 < S \leq 30 \text{ m}^2$ .....	198
Figura 98 Histograma de frecuencias de sobrecargas de uso para oficinas. Estancias con $S > 30 \text{ m}^2$ .....	199
Figura 99 Estado comparativo de los histogramas de frecuencia de la SU de oficinas según la superficie de las estancias .....	200
Figura 100 Curva aproximada de la correlación de superficies de estancias y SU oficinas .....	201
Figura 101 Ecuación resultante de la correlación para SU en oficinas según la superficie de la estancia .....	202
Figura 102 Histograma de frecuencias del peso del elemento de mayor carga en oficinas .....	203
Figura 103 Histograma de frecuencias del % de SU localizado a menos de 75 cm de la pared.....	204
Figura 104 Nube de puntos con curva de ajuste tipo .....	283

Figura 105 Superficies útiles de las estancias en función del tipo de vivienda .....	285
Figura 106 Curva de ajuste creciente de la relación entre la estancia y su superficie útil representativa .....	286
Figura 107 Gráfico del peso relativo de cada estancia en la muestra estudiada .....	287
Figura 108 Curva de ajuste de la relación entre el tipo de estancia y su sobrecarga de uso, en orden creciente de superficie útil .....	288
Figura 109 Curva de ajuste de la sobrecarga de uso de las estancias en orden decreciente de SU .....	289
Figura 110 Zonas de influencia según el tipo de vivienda.....	297
Figura 111 Relación entre el Área de influencia y la Sobrecarga de uso según la zona de evaluación A o B (Figura 110).....	298
Figura 112 Curvas de ajuste de la sobrecarga de uso en función del área de influencia según la zona de análisis A o B (Figura 110) .....	301
Figura 113 Coeficientes reductor de sobrecarga según varias normas en función del nº de plantas de influencia.....	302
Figura 114 Coeficientes de reducción de sobrecarga en función del nº de plantas de influencia.....	304
Figura 115 Superficie útil y Peso del mobiliario según el tipo de vivienda .....	306
Figura 116 Valores representativos de la sobrecarga de uso en función del tipo de vivienda .....	307
Figura 117 Sobrecarga de uso representativa y superficie útil que ocupa.....	308
Figura 118 Contraste de valores deterministas de la sobrecarga de uso de vivienda .....	310
Figura 119 Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas.....	311
Figura 120 Resultados ponderados para todo el Estado .Sobrecarga de uso de las estancias en orden decreciente .....	313
Figura 121 Valores ponderados para todo el Estado. Superficie útil y Peso del mobiliario .....	314
Figura 122 Resultados ponderados para todo el Estado. Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas.....	315
Figura 123 Valores deterministas de la sobrecarga de uso según zonas.....	317
Figura 124 Coeficientes de reducción de sobrecarga en función del nº de plantas de influencia.....	317
Figura 125 Sobrecarga de uso en función del área de influencia y la zona de análisis A o B .....	318
Figura 126 Sobrecarga de uso de vivienda en zonas A por planta en función de la superficie tributaria de carga y del tipo de elemento estructural .....	319
Figura 127 Sobrecarga de uso de vivienda en zonas B por planta en función de la superficie tributaria de carga y del tipo de elemento estructural .....	319



**Anexo 4.- Índice y relación de tablas**

Tabla 1 CIAM: Congreso Internacional de Arquitectos Modernos.....	29
Tabla 2 Relación entre tipo de alojamiento y su forma más habitual de promoción.....	30
Tabla 3 Número de miembros por hogar 1991.....	32
Tabla 4 Número de hogares en función del nº de miembros que los componen.....	32
Tabla 5 Número de edificios en España desde 1950. Índice de crecimiento.....	33
Tabla 6 Uso principal de los edificios: 1990.....	33
Tabla 7 Número de viviendas según su tipología y por año desde 1992 hasta 1999.....	34
Tabla 8 Número y porcentaje de viviendas según su tipología en el período 1992-1999	34
Tabla 9 Localización de los edificios en núcleo o diseminados. 1990.....	36
Tabla 10 Porcentaje de edificios según el nº de viviendas que contienen. 1990.....	37
Tabla 11 Porcentaje de viviendas en España según su tipología. 2000.....	37
Tabla 12 Porcentaje de edificios según el nº de plantas.....	38
Tabla 13 Edad media de los edificios en España.....	39
Tabla 14 Estado de los edificios en España según distintos censos. %.....	39
Tabla 15 Número de viviendas en España en las tres últimas décadas. Distinción por dedicación uso.....	39
Tabla 16 Superficies útiles de las viviendas. Evolución desde 1970 en %.....	40
Tabla 17 Superficies útiles y construidas en función de la tipología de vivienda. Murcia, 1996-99.....	40
Tabla 18 Número de habitaciones de las viviendas. Porcentajes.....	41
Tabla 19 Reparto porcentual de viviendas y superficie útil media según su dedicación.	41
Tabla 20 Estado de las viviendas. 1990.....	42
Tabla 21 Régimen de propiedad de las viviendas. 1991.....	42
Tabla 22 Valores de cálculo para varias funciones de distribución. EC 1-1.....	68
Tabla 23 Niveles de fiabilidad según JCSS. Probabilidades de fallo (riesgo).....	70
Tabla 24 Clasificación de la vida útil del proyecto según EC 1-1, 1991.....	70
Tabla 25 Valores del índice de fiabilidad en función de la probabilidad de fallo.....	71
Tabla 26 Índice de fiabilidad y probabilidad de fallo. EHE.....	72
Tabla 27 Características de la edificación. Obtención en fase de proyecto versus fase de peritación.....	75
Tabla 28 Normativa y recomendaciones según fase de proyecto y de peritación / intervención.....	78
Tabla 29 Valores del coeficiente de seguridad a sobrecargas $C_{ss}$ en función de $C_{sn}$ y la relación $S_g/S_q$ .....	81
Tabla 30 Valores del coeficiente de seguridad a sobrecargas $C_{ss}$ en función de $C_{sn}$ y de $\delta=S_q/(S_g+S_q)$ .....	82
Tabla 31 Valor del coeficiente $c$ ( $f_{c,p \text{ testigo}}/f_{c,p \text{ moldeada}}$ ) en función de $f_{c,p \text{ moldeada}}$ .....	86
Tabla 32 Ejemplo de coeficientes parciales de introducción de la seguridad en ELU de uso habitual.....	91
Tabla 33 Coeficientes $\alpha_i$ para determinación de $VLR=\Sigma\alpha_i$ .....	98
Tabla 34 Valor de los indicadores geométricos y mecánicos para forjados unidireccionales de HA y HP.....	100

Tabla 35 Aspectos económicos influyentes en la fase de proyecto versus fases de intervención.....	106
Tabla 36 Período de retorno en función de la probabilidad de ocurrencia de una variable .....	112
Tabla 37 Valores de los parámetros de <b>cargas variables</b> en oficinas. Apend. 3 CM 1978 .....	118
Tabla 38 Reducciones de sobrecarga de uso. Reglamento Inglés y NORMAS-41 .....	123
Tabla 39 Porcentaje de reducción de sobrecargas de uso según UNE 24003.....	125
Tabla 40 Clasificación de las acciones según MV-101 /1962 .....	127
Tabla 41 Reducción de sobrecargas de uso MV-101/1962.....	128
Tabla 42 Cuadro de reducciones de sobrecargas de uso NTE-ECG-1976 y MV-101-1962 .....	131
Tabla 43 Clasificación de sobrecargas según NRE-AEOR-93 .....	136
Tabla 44 Coeficientes de seguridad según NRE-AEOR-93 .....	137
Tabla 45 Tipos de prospección y coeficientes de seguridad de sobrecargas según NRE-AEOR-93.....	137
Tabla 46 Ficha tipo de evaluación de sobrecargas según NRE-AEOR-93 .....	139
Tabla 47 Pesos y superficies de muebles y/o elementos habituales en viviendas, según NRE-AEOR-93 .....	142
Tabla 48 Número de usuarios según estancias en viviendas. NRE-AEOR-93 .....	142
Tabla 49 Valores deterministas de sobrecarga de uso para viviendas según varios países .....	145
Tabla 50 Coeficientes parciales y globales de reducción de sobrecargas según DIN 1055 p <sup>3a</sup> .....	146
Tabla 51 Coeficientes parciales de reducción $R_p(\%)$ para cada planta que carga según DIN 1055 y NBE-AE-88.....	148
Tabla 52 Coeficientes parciales de reducción $R_p(\%)$ para cada planta que carga según varias normas .....	149
Tabla 53 Coeficiente de Área de Influencia según ANSI-58-1982 .....	152
Tabla 54 Valores del coeficiente de reducción según ANSI. 58-1982 .....	153
Tabla 55 Coeficientes de reducción de ANSI.58 según el nº de plantas equivalentes que cargan .....	155
Tabla 56 Estimación de equivalencia entre nº de pisos y superficie tributaria y $R_g$ de NBE-AE-88.....	157
Tabla 57 Valores deterministas de sobrecarga de uso en viviendas según UBC-88 .....	159
Tabla 58 Valores del coeficiente r para reducción de sobrecargas según UBC-1988 ....	160
Tabla 59 Valores de cálculo para varias funciones de distribución. EC 1-1 .....	167
Tabla 60 Coeficientes $\Psi$ para sobrecargas de uso en viviendas .....	169
Tabla 61 Cargas exteriores (sobrecargas de uso) para viviendas.....	169
Tabla 62 Coeficiente reductor para forjados (1 planta) según Eurocódigo 1 . 2-1 .....	171
Tabla 63 Valores del coeficiente reductor $\alpha_n$ , (pilares, muros,...) según EC 1.2-1 .....	172
Tabla 64 % Reducción de SU para forjados (1 planta) según Eurocódigo 1 . 2-1 .....	174
Tabla 65 % reducción $R_n$ , (pilares, muros,...) según EC 1.2-1 .....	175
Tabla 66 Valor equivalente de la carga uniforme $q(kg/ml)$ en función de la luz de la viga y de la carga $P$ variable en posición.....	181

Tabla 67 Carga superficial $q_{sv}$ ( $kg/m^2$ ) equivalente a una puntual variable $P$ ( $kg$ ) en posición en función de la luz $l$ ( $m$ ) del nervio del forjado sobre la que se desarrolla .....	186
Tabla 68 Normas con referencias a coeficientes de reducción de sobrecarga de uso.....	190
Tabla 69 Relación aproximada entre la sup. tributaria y el área de influencia para vigas, pilares y losas .....	192
Tabla 70 Sobrecarga de uso en oficinas privadas en función del uso de la estancia .....	195
Tabla 71 Valores característicos de la SU en distintas estancias de edificios de oficinas .....	196
Tabla 72 Valores característicos recomendados para oficinas (CM 1978, A-2) .....	196
Tabla 73 Influencia de la superficie de las estancias en sobrecargas de uso de oficinas	200
Tabla 74 Valores característicos de SU oficinas en función de la superficie de las estancias .....	200
Tabla 75 Distribución espacial de la sobrecarga de los enseres habituales de oficinas..	204
Tabla 76 Valores deterministas de sobrecargas de uso de vivienda según distintas normas .....	207
Tabla 77 Porcentaje de reparto del número de viviendas según su tipología .....	212
Tabla 78 Modelo de ficha tipo de datos y parámetros analíticos.....	215
Tabla 79 Modelo de ficha de datos gráficos .....	216
Tabla 80 <b>Tabla A</b> de pesos de mobiliario y elementos habituales en viviendas.....	229
Tabla 81 Peso de hombres adultos según <i>STOUDT 1965</i> .....	235
Tabla 82 Peso de mujeres adultas según <i>STOUDT 1965</i> .....	236
Tabla 83 Tabla de habitantes según estancias de viviendas.....	239
Tabla 84 Ficha previa de toma de datos analíticos .....	241
Tabla 85 Ficha Gráfica tipo (FG).....	242
Tabla 86 Cuadro guía del orden de presentación de los resultados de la muestra del Anexo 2 (RM) .....	244
Tabla 87 Cuadro guía del orden de presentación de los resultados ponderados (RP) ....	245
Tabla 88 Superficies útiles medias de las estancias en función de la tipología de vivienda ( <i>S.útil-RME</i> ) .....	249
Tabla 89 Sobrecarga de uso por estancias de viviendas aisladas.....	254
Tabla 90 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas adosadas.....	255
Tabla 91 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas en bloque.....	255
Tabla 92 Sobrecarga de uso por estancias de todas las viviendas de la muestra .....	256
Tabla 93 Valores representativos de la $SU_K$ , referidas a S. útil, de las viv. de la muestra según su tipología.....	265
Tabla 94 Valores representativos de la $SU_K$ , referidas a Superficie construida, de las viviendas de la muestra según su tipología.....	266
Tabla 95 Valores característicos de la Superficie útil media y Peso característico del mobiliario según la tipología de la vivienda ( <i>P/S.útil-RMV</i> ) .....	269
Tabla 96 Superficie útil media y Sobrecarga de uso característica ponderados por estancias .....	271
Tabla 97 Sobrecargas de uso ponderadas de viviendas referidas a superficie útil y construida .....	272
Tabla 98 Superficie útil media ponderada y Peso característico del mobiliario de viviendas .....	273

Tabla 99 Superficies útiles medias de las estancias en función de la tipología de vivienda ( <i>S.útil-RME</i> ) .....	276
Tabla 100 Sobrecarga de uso por estancias de viviendas aisladas.....	276
Tabla 101 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas adosadas.....	277
Tabla 102 Sobrecarga de uso por estancias en viviendas en bloque.....	277
Tabla 103 Sobrecarga de uso por estancias de todas las viviendas de la muestra .....	278
Tabla 104 Valores representativos de la $SU_K$ , referidas a S. útil, de las viv. de la muestra según su tipología.....	279
Tabla 105 Valores representativos de la $SU_K$ , referidas a Superficie construida, de las viviendas de la muestra según su tipología.....	279
Tabla 106 Valores característicos de la Superficie útil media y Peso característico del mobiliario según la tipología de la vivienda ( <i>P/S.útil-RMV</i> ) .....	280
Tabla 107 Superficie útil media y Sobrecarga de uso característica ponderados por estancias .....	281
Tabla 108 Sobrecargas de uso ponderadas de viviendas referidas a superficie útil y construida .....	281
Tabla 109 Superficie útil media ponderada y Peso característico del mobiliario de viviendas .....	282
Tabla 110 Sobrecarga de uso característica de las estancias en función del tipo de vivienda .....	288
Tabla 111 Valores deterministas de sobrecargas de uso según zonas de estancias .....	290
Tabla 112 Valores representativos de la S. útil y de la sobrecarga de uso de las estancias más significativas .....	291
Tabla 113 Relación entre el Área de influencia y la Sobrecarga de uso de una vivienda .....	296
Tabla 114 Superficie útil y Peso del mobiliario en función de la tipología de vivienda	305
Tabla 115 Resultados ponderados para todo el Estado. Valores deterministas de sobrecargas de uso según zonas de estancias.....	314

Anexo 5.- Relación de alumnos colaboradores

Bibliografía

ANEJO  
FICHAS DE VIVIENDAS