

ÁNGEL E. MAYORAL HERNÁNDEZ

ARQUITECTURA
A OJO DE BUEN CUBERO

MANUAL PRÁCTICO DE PREDIMENSIONADOS ESPACIALES DE ESTRUCTURAS E INSTALACIONES

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Manual práctico de predimensionados espaciales de
estructuras e instalaciones

Ángel Ezequiel Mayoral Hernández

Reservados todos los derechos. Quedan prohibidas, sin el permiso escrito del autor o editores, la reproducción o la transmisión total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento mecánico o electrónico, incluyendo la reprografía y el tratamiento informático.

Arquitectura a ojo de buen cubero

© Autor: Ángel Ezequiel Mayoral Hernández

© Diseño cubierta: Antonio José Cidoncha Pérez

© Ulzama ediciones

Depósito legal: NA-1025-2012

ISBN: 978-84-92870-86-8

Imprime: Ulzama digital

*A mis padres,
por haberme dado la mejor educación posible.*

PRÓLOGO

“Profesional” es aquella persona que es capaz de hacer una tarea determinada, no sólo bien y de forma eficaz, sino también rápido. Un profesional es también capaz de discernir entre varias opciones y elegir, a veces la más rápida, a veces la más económica y también, por qué no, la que menos problemas pueda dar en el futuro.

El profesional de la arquitectura y la construcción se enfrenta, en la época actual, al problema de tener que abarcar muchas disciplinas diversas, que exigen muchos conocimientos, y que convergen en una única obra que tendrá que diseñar, dimensionar y ejecutar.

El dimensionamiento parte siempre de una aproximación, en la fase de diseño, que, cuanto mejor sea, mejorará la fase del cálculo. En la fase de diseño habrá que tener en cuenta una serie de predimensionados que serán definitivos en etapas posteriores del proyecto.

El presente libro es una ayuda necesaria en estas primeras etapas del diseño. Es necesario advertir que este predimensionado NO evita posteriores fases de cálculo y comprobaciones tanto en construcción, como en instalaciones y estructuras. Estos elementos tendrán que ser comprobados con el rigor de las normativas existentes. No obstante, la aproximación que se plantea es buena para el desarrollo del proyecto.

Pamplona, mayo de 2012

*Rufino Goñi Lasheras
Dr. Ingeniero Industrial*

SOBRE ESTE MANUAL

Paseaba junto a mi padre por la fantástica localidad de Ezcaray comentando la belleza de las construcciones tradicionales en piedra y madera. La conversación derivó en otros temas y, entre ellos, me explicó el origen del significado de la famosa expresión “a ojo de buen cubero”. Ésta nace de los antiguos maestros carpinteros que, para las bodegas, a simple vista, estimaban con gran precisión el volumen de vino que habrían de contener las barricas.

Es así que, análogamente, existe en el aprendizaje del proyectista una parte fundamental que no se enseña en las escuelas de arquitectura y que, desgraciadamente, no se llega a adquirir hasta bien entrados los años en el mundo profesional. No me refiero a otra que al desarrollo de una intuición que permita aproximar medidas y dimensiones sin necesidad de realizar cuentas o pre cálculos.

Sin duda, la obra “Números Gordos en el Proyecto de Estructuras” marcó un antes y un después en el proceso de diseño de proyectos dando al arquitecto o ingeniero valiosas herramientas de estimación. A pesar de ello, dicha publicación, en mi humilde opinión, es válida para una fase segunda de diseño en la que el cálculo estructural tenga rangos de acierto superiores al 90%. Es pues que, tal y como creo, existe una etapa primera, anterior ésta, en la que el proyectista ha de emplear valores de precisión inferior, pero muy válidos para un predimensionado. Imagínese el lector la situación de una llamada telefónica en la que se nos pida el canto aproximado que tendrá una viga de hormigón o cuánto ocupará un patinillo para evacuación de aguas. ¿Cuánta altura libre se puede ganar sustituyendo una viga de canto por una viga con cabeza de compresión? El aporte aproximado de esos datos es el objetivo de ésta publicación.

Con todo ello, como ya se ha dicho, se pretende facilitar tanto a arquitectos e ingenieros noveles, ya bien en la escuela o en sus primeros años de profesión, como a profesores de construcción, instalaciones, estructuras y proyectos, herramientas sencillas para la realización de cálculos previos que, bien no siendo absolutamente precisos, son muy indicativos de las dimensiones a conseguir, de manera que a su vez, sirvan como elemento de juicio para valorar si el resultado posterior es desmesurado o escaso. Sin embargo, es necesario indicar que dichos

valores no significan nada y que no garantizan corrección absoluta pero sí una cercanía al valor real.

El método presentado responde a dos conceptos básicos: breve introducción del elemento y recomendaciones de diseño, y predimensionado por tabla o breve operación matemática. El manual se divide a su vez en tres capítulos: elementos estructurales, instalaciones y elementos relativos a éstas y espacios arquitectónicos singulares. Las referencias bibliográficas son continuas y los procedimientos son los empleados por entidades académicas, tratadistas y profesionales de los respectivos campos.

No puedo concluir este exordio sin agradecer de manera efusiva a *Antonio José Cidoncha Pérez* la, para mí, inabarcable tarea de realizar la cubierta y la sobresaliente ayuda y apoyo recibida por: *Rufino Goñi Lasheras*, a su vez redactor del prólogo, *César Martín Gómez*, *José Manuel Cabrero*, *Domingo Pellicer Daviña* y *Miguel Ángel Alonso del Val*, además de otros incontables profesores en la formación universitaria, colegas de profesión, familiares y amigos que han hecho posible con su tiempo, comprensión, pasión docente, revisiones y apuntes constantes esta publicación, que es tan suya como mía, pero sobre todo el incesable espíritu de profesionalidad y autosuperación que me han inculcado.

Finalmente, no hay que olvidar que la herramienta más importante a emplear por todo profesional de la elaboración de proyectos, por encima de lo demás, es el sentido común.

Pamplona, junio de 2012

ÍNDICE

CAPÍTULO I: Elementos estructurales

- PARTE I: Generalidades	13
1. Hipótesis de carga habituales	15
- PARTE II: Estructuras de hormigón armado	17
1. El hormigón armado	19
2. Pilares	21
3. Muros de contención	24
4. Muros portantes y pantallas	26
5. Vigas	31
6. Forjados	39
7. Losas unidireccionales	41
8. Losas de escaleras	43
9. Losas de rampas	45
10. Placas	46
11. Hormigón pretensado	49
12. Hormigón postesado	51
13. Vigas pared	54
14. Ménsulas	55
15. Vigas vierendeel	56
- PARTE III: Estructuras de acero	65
1. El acero	67
2. Pilares	69
3. Vigas	73
4. Vigas boyd (alveolares)	75
5. Cerchas	77
6. Vigas vierendeel	81
- PARTE IV: Estructuras mixtas	91
1. Consideraciones preliminares	93
2. Vigas principales y secundarias	96
3. Forjados de chapa colaborante	100
- PARTE V: Estructuras de madera	101
1. La madera	103
2. Pilares	108
3. Vigas	111
4. Forjados de madera	115
5. Madera laminada para grandes luces	117
6. Cerchas de madera	122

- PARTE VI: FÁBRICAS	125
1. Muros de fábricas cerámicas	127
2. Muros de fábricas de bloque de hormigón	132
- PARTE VII: Estructuras sismorresistentes	135
1. Diseño de estructuras sismorresistentes	137
CAPÍTULO II: INSTALACIONES	
PARTE I: Aspectos generales	141
1. Consideraciones generales y porcentajes	143
- PARTE II: Instalaciones eléctricas, mecánicas, fontanería, saneamiento y telecomunicación	145
1. Generalidades sobre las instalaciones MEP	147
2. Instalaciones mecánicas: demanda de energía	150
3. Instalaciones mecánicas: gestión de la energía	152
4. Instalaciones mecánicas: producción de energía	154
5. Instalaciones mecánicas: salas de máquinas	160
6. Instalaciones mecánicas, transporte de energía	167
7. Instalaciones mecánicas: cesión y renovación	169
8. Instalaciones de fontanería	176
9. Instalaciones de saneamiento	178
10. Instalaciones eléctricas: previsión de cargas	180
11. Instalaciones eléctricas: salas de máquinas	183
12. Instalación de pararrayos	189
13. Instalaciones solares fotovoltaicas	193
14. Instalaciones de cogeneración	195
15. Instalaciones de telecomunicación: recintos	197
16. Instalaciones de telecomunicación: antenas	199
17. Patinillos	203
18. Falsos techos y suelos técnicos	205
19. Armarios de contadores	208
- PARTE III: Instalaciones de protección contra incendios	209
1. Criterios básicos	211
- PARTE IV: Instalaciones de comunicación vertical	217
1. Baterías de ascensores	219
2. Descansillos de baterías de ascensores	228
3. Escaleras y rampas mecánicas	229
BIBLIOGRAFÍA	231

CAPÍTULO I: ELEMENTOS ESTRUCTURALES

PARTE I: GENERALIDADES

La parte relativa a estructura analizará construcciones en hormigón, acero, mixtas, madera y fábricas. Se estudiarán elementos relativos a vigas, forjados, pilares, muros, cerchas, losas, etc. pero nunca a elementos relacionados con la cimentación o las uniones puesto que en la fase primera de diseño lo que se busca es conocer las dimensiones espaciales que construye la arquitectura “a simple vista”. A pesar de ello, como se ha indicado en la introducción, hay que emplear el sentido común y el proyectista habrá de darse cuenta de que todo lo que proyecte habrá de poder cimentarse o interactuar.

HIPÓTESIS DE CARGA HABITUALES EN EDIFICACIÓN

Los valores de las cargas que se aplicarán en este documento nacen de un cómputo global de los datos aportados por CTE SE-AE y CTE SE: Bases de cálculo. Se hará pues una estimación media de carga que incluya los efectos combinatorios más desfavorables de cargas permanentes y variables conforme a las tablas C.5 y 3.1 de dichos manuales mediante las siguientes conclusiones:

- 1- Los valores para el predimensionado son generales y no recogen casos concretos.
- 2- La carga de viento será asumida por arriostramientos, pantallas o núcleos rigidizadores.
- 3- Los valores en ELU se emplearán cuándo el predimensionado sea a resistencia, lo más habitual, y los de ELS cuándo se haga a flecha.
- 4- Los resultados empleados incluyen el peso propio de la estructura.

Tipo de elemento constructivo	Valor de carga final mayorada (kN/m²)	
	ELU	ELS
Cubiertas planas transitables al público	15	10.5
Cubiertas planas no transitables al público	9.3	6.7
Cubiertas inclinadas	14.7	10.7
Forjados edificios residenciales y administrativos	11.1 + $q_{\text{cerramiento}} \times 1.35$	8 + $q_{\text{cerramiento}} \times 1.35$
Forjados edificios de acceso público o comercial	15.6 + $q_{\text{cerramiento}} \times 1.35$	11 + $q_{\text{cerramiento}} \times 1.35$
Nota: $q_{\text{cerramiento}} = [5 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{superficie total de fachadas}] / \text{superficie planta}$ El efecto del cerramiento, para una fase de predimensionado, si se quiere, se puede obviar.		

PARTE II: ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

Se estudiarán los elementos habituales en edificación para estructura de hormigón. Tan solo se prestará atención al aspecto dimensional, no al del armado, es decir, lo que se busca es una estimación de tamaños, no conocer la ferralla necesaria, puesto que esto forma parte de un proceso de cálculo posterior. A pesar de ello, el proyectista habrá de conocer la necesidad de armar el hormigón tanto para controlar la retracción como para resistir los esfuerzos de cálculo.

EL HORMIGÓN ARMADO

El hormigón es un material resultante de la mezcla un conglomerante (cemento) con grava, arena y agua. Una vez mezclado se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes que una vez fraguado torna en un material de consistencia pétreo.



Su principal característica es su alta resistencia a compresión. Sin embargo ante esfuerzos de flexión o tracción es débil, hecho que se subsana añadiendo armaduras de acero cuya acción conjunta tiene un comportamiento muy favorable puesto que el acero aporta resistencia a tracción y el hormigón lo protege de las acciones externas como la corrosión o los incendios.

El hormigón:

Las resistencias a compresión de los hormigones armados " f_{ck} " en N/mm^2 son generalmente (en negrita los más típicos):

20 – 25 - 30 – 35 – 40 -45 – 50

La resistencia de cálculo se hallará a partir de la siguiente expresión:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

Siendo:

- F_{cd} : resistencia de cálculo en N/mm².
- F_{ck} : resistencia a compresión del hormigón en N/mm².
- γ_c : coeficiente de seguridad de valor 1.5.

Las armaduras:

Las armaduras se presentan en forma de barras corrugadas de acero con los siguientes diámetros en mm (en negrita los más típicos):

6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40

El límite elástico de las armaduras corresponde a los dos tipos de acero empleado para las barras corrugadas: B400, con $f_{yk} = 400\text{N/mm}^2$, y B500, con $f_{yk}=500\text{ N/mm}^2$, siendo el segundo el más empleado.

Su módulo de Young equivale a $E = 210000\text{ N/mm}^2$.

La resistencia de cálculo para las armaduras se obtendrá de la siguiente expresión:

$$f_{yd}' = f_{yk} / \gamma_s$$

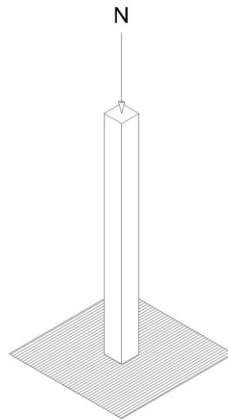
Siendo:

- F_{yd}' : resistencia de cálculo en N/mm².
- F_{yk} : límite elástico en N/mm².
- γ_s : coeficiente de seguridad de valor 1.15.

PREDIMENSIONADO DE PILARES DE HORMIGÓN ARMADO

En general, el predimensionado de pilares supone la inclusión de un cierto error en la estimación. Dicho fenómeno ocurre debido a las flexiones que inevitablemente los pilares van a soportar debido a su interacción con vigas y forjados. Es por ello, que en mayor o menor medida el efecto de la flexión en pilares queda ignorado o, en su caso, asumido por una mayoración del axil que absorba el efecto de la flexión.

Pese a lo indicado, y debido a la propia naturaleza de los pilares, éstos no han de ser diseñados para someterse a flexiones fuertes. Para cumplir dicho objetivo se ha de procurar que las luces entre pilares sean similares, es decir, no difieran más de un 20% entre sí y habrá que tratar de aproximar el mecanismo de entrega en los pilares extremos a la articulación virtual.



El proceder correcto es el de estimar el tamaño del pilar más desfavorable en cada caso, por supuesto en la planta más cercana a los cimientos, puesto que es la sección de pilar que más carga axial soportará.

Se proponen tres métodos de predimensionado, todos válidos para una fase primera de diseño. Éstos surgen de la relación entre fuerza y la superficie sobre la que actúa, equivalente a la resistencia a compresión.

$$\sigma_{admissible} = \frac{F}{A}$$

Nota: siendo los lados del pilar “a” y “b”, si la relación de éstos es tal que $4 \cdot a \geq b \rightarrow$ el pilar se deberá considerar pantalla y no se deberán aplicar los métodos del presente capítulo.

Método Arnal-Epelboin (1985):

Explicado en su “Manual de estructuras de concreto armado para la edificación”, es un método sencillo y rápido que nace de despejar el área de la fórmula anterior, mayorando el resultado por un coeficiente relativo a la posición de los pilares:

$$As = \frac{N}{\alpha \cdot f_{cd}}$$

Siendo:

- A: área de la sección.
- N: axil soportado por el pilar mayorado. Se calcula:

$$N = (Peso_{cubierta} + Peso_{forjados} \cdot n^{\circ} plantas) \cdot Área_{Influencia}$$
- f_{cd} : resistencia a compresión mayorada del hormigón:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$
- α : coeficiente de mayoración relativo a la posición de la columna según la siguiente tabla:

Posición de la columna	α
Esquina	0.2
Borde	0.25
Central	0.28

Método según BS-1985:

Procedimiento adecuado para columnas cortas, válido en edificación para longitud de pandeo igual a la distancia entre forjados para distancias cercanas a los tres o tres metros y medio. “Un método conservador y si se emplea no dará problemas salvo que los pilares sufran unos momentos muy grandes” (Domingo Pellicer)

La carga axial deberá ser menor que la indicada por la siguiente expresión:

$$N = 0.35 \cdot f_{cd} \cdot Ac + 0.67 \cdot f_{yd} \cdot As$$

Siendo:

- N: axil soportado por el pilar mayorado. Se calcula:

$$N = (Peso_{cubierta} + Peso_{forjados} \cdot n^{\circ} plantas) \cdot Área_{Influencia}$$
- f_{cd} : resistencia a compresión mayorada del hormigón

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

- A_c : área de hormigón.
- f_{yd} : resistencia a compresión mayorada del acero de armado:

$$f_{yd}' = f_{yk} / \gamma_s$$

- A_s : área de armado. Es un porcentaje del área de hormigón correspondiente al 4‰.

$$A_s = 0.004 \cdot A_c$$

Es decir, la operación consistirá en despejar A_c empleando la última equivalencia entre armado y hormigón. Aunque no compete, el sistema de la BS-1985 permite a su vez estimar el armado con bastante seguridad.

Método Nilson-Winter (1994):

Éste sistema es adecuado para los casos contrarios a la premisa inicial de flexión casi nula en los extremos.

Se parte de la fórmula anterior, de manera que se despeja el área de la sección quedando:

$$A_s = \frac{N}{f_{cd}}$$

Siendo:

- A_s : área de la sección.
- N : axil soportado por el pilar mayorado. Se calcula:

$$N = (Peso_{cubierta} + Peso_{forjados} \cdot n^{\circ} plantas) \cdot Área_{Influencia}$$

- f_{cd} : resistencia a compresión mayorada del hormigón:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

A continuación se procede a un reajuste que tenga en cuenta el efecto de la flexión de manera que se aumenta la sección del pilar acorde al siguiente criterio:

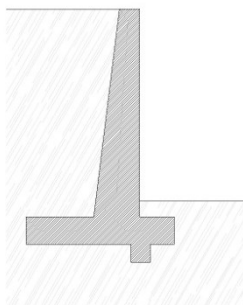
- *Columnas interiores*: aumento del momento despreciable. Se mayor la sección un 10%
- *Columnas exteriores*: aumento del momento importante. Se mayor la sección un 50%

PREDIMENSIONADO DE MUROS DE CONTENCIÓN

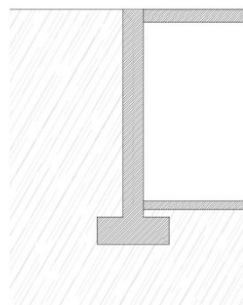
Los muros de contención son elementos encargados de soportar grandes cargas de componente horizontal como puede ser la acción de terreno. Se incluyen en esta categoría también los tanques de agua puesto que su funcionamiento es similar, con algunos matices.

Siguiendo la filosofía de la publicación, no se hablará acerca de la cimentación pero vale la pena indicar al lector que es fundamental el diseño de ésta de manera que sea capaz de resistir los desplazamientos que provocará la acción de cargas al igual que el vuelco. Así pues habrá que pensar en cimentaciones con talón, puntera, o cualquiera que fuera el sistema de contrarrestar dichas situaciones. En definitiva, el estudio de una correcta ligazón entre muro y cimentación es fundamental.

Se clasifican los muros de carga en dos tipos básicos: muros de carga habituales cuyo trabajo se asemeja a una ménsula empotrada en la cimentación y mamparos, elementos empotrados en la fundación y articulados en su coronación a, generalmente, el forjado de la planta superior. Éstos últimos no son susceptibles de volcar puesto que están arriostrados en su coronación.



Muro de contención



Mamparo

Predimensionado de muros de carga habituales (ménsulas):

El espesor del muro se puede estimar, según lo indicado por José Calavera según la relación:

$$e \geq \frac{h}{10} \text{ Con "h" igual a la altura libre del muro.}$$

Los valores habituales para alturas y cargas normales oscilan entre los 20 y los 30 cm.

Predimensionado de mamparos:

El espesor del muro se puede estimar, según lo indicado en la publicación “números gordos en el proyecto de estructuras” mediante:

$$e \geq \frac{h}{15} \text{ Con "h" igual a la altura libre del mamparo.}$$

Los valores habituales para alturas y cargas normales comprenden los 20 y los 30 cm.

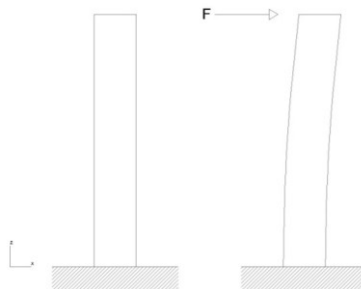
PREDIMENSIONADO DE MUROS PORTANTES Y PANTALLAS

Los muros de carga de hormigón son elementos portantes diseñados para trabajar a compresión y a un cierto grado de flexión de manera que a través de ellos se transmitan los esfuerzos verticales.

Las pantallas de hormigón son grandes muros ya sea en desarrollo vertical u horizontal, generalmente el primero, cuya misión es doble; por un lado soportar las acciones axiales y por otro, la de resistir cargas horizontales de gran magnitud, como por ejemplo las producidas por viento o sismo. Es por ello que se convierten en elementos muy útiles para la rigidización del conjunto estructural.

Se considerarán como pantallas aquellos elementos cuyos lados “a” y “b”, cumplan la relación $4 \cdot a \geq b$.

Su comportamiento se asemeja al de una enorme ménsula empotrada en el suelo. Como su misión también es la de resistir cargas perpendiculares a la altura del edificio, se llaman también muros de cortante.

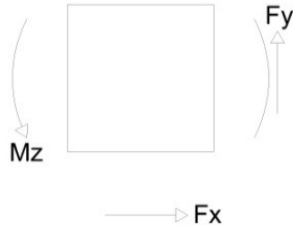


Por su propia naturaleza, es evidente que el punto frágil de estos elementos es el eje débil, tanto por la acción conjunta de la carga axial como por la flexión. Sin embargo y gracias a su unión con los forjados, el fenómeno se contrarresta puesto que la longitud efectiva de pandeo se reduce a la distancia entre forjados.

La disposición en planta será la clave para su correcto funcionamiento así pues, siguiendo los siguientes consejos, se conseguirá en los casos habituales un comportamiento adecuado:

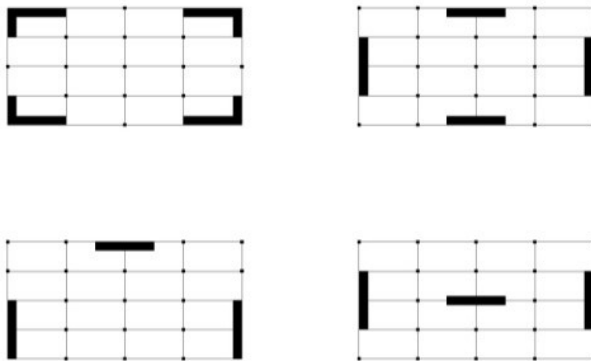
- Distribución regular con preferencia de la simetría.

- Buscar la cercanía de los centros de masas así como de las rigideces.
- Emplazamiento en la periferia. Éste es un punto clave puesto que es lo que garantizará la resistencia a torsión del eje vertical del edificio, es decir, habrá que garantizar que la inercia en planta de las pantallas sea capaz de resistir el momento torsional producido por las acciones horizontales.



- En edificios de gran altura y de áreas sísmicas la concentración de cargas en sólo uno o dos muros implica la necesidad de una cimentación muy profunda.
- Garantizar la continuidad vertical de manera que no haya interrupciones en la pantalla que causen su mal funcionamiento.

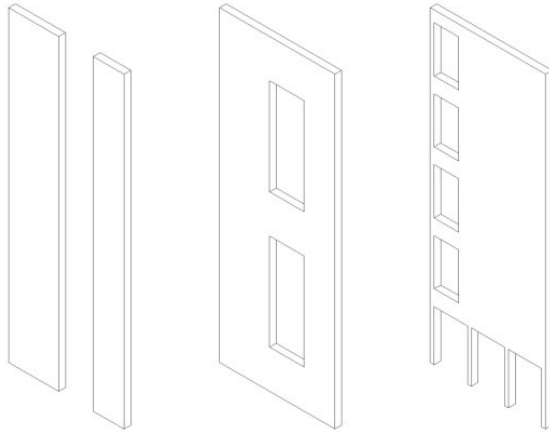
Algunos ejemplos de planteamientos estables son:



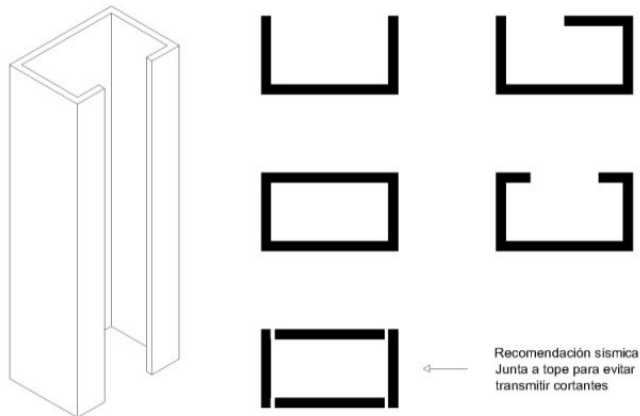
Ejemplos de configuraciones estables

Los tipos de pantallas son:

- Pantallas con huecos continuos o discontinuos y las soportadas por pilares.



- Núcleos: agrupaciones que forman un contorno más o menos cerrado, un ejemplo son las cajas de ascensores.



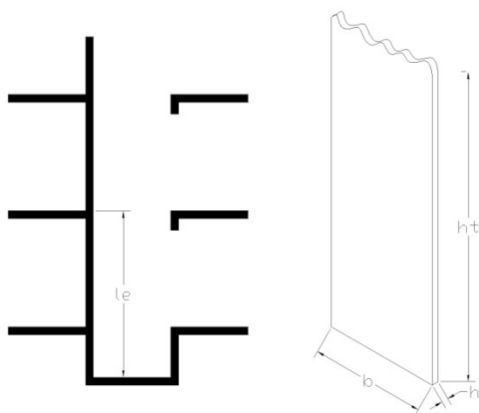
El cálculo preciso de estos elementos es muy complejo puesto que entran en juego múltiples factores, pero fundamentalmente debido a la disposición geométrica y la acción axil. Sin embargo se puede establecer que para los casos habituales de pantallas en edificación, es decir, para longitudes normales comprendidas entre los 2 y los 8 metros (en planta) y desarrollo vertical continuo los espesores de pantallas estarán comprendidos entre 10-25 cm en edificios hasta diez alturas y en edificios de gran altura, con grandes esfuerzos horizontales o edificios en área sísmica, las pantallas serán de grosor superior a 30 cm.

Predimensionado mediante el método empírico:

Henrique Arnal, en su obra “Manual para obras de concreto armado” remite el estudio al sistema dictado por la normativa americana del hormigón ACI, válida para muros de sección rectangular sin vacíos y con carga axil actuando en el tercio central de inercia de manera que no se produzcan flexiones fuertes debidas a excentricidad de cargas.

Se propone pues el empleo de dicho método, engendrado del citado en el párrafo anterior, generalizándolo a pantallas con vacíos contando siempre que la fase que incumbe a este manual es la de diseño y no la de cálculo, así que para fase posterior se habrá de confirmar el espesor mínimo. *El método es válido para, como ya se ha indicado, longitudes normales comprendidas entre los 2 y los 8 metros (en planta) y desarrollo vertical continuo.* La carga axil máxima que soportará la sección será:

$$N = 0.55 \cdot f_{cd} \cdot Ag \left[1 - \left(\frac{k \cdot le}{32 \cdot h} \right)^2 \right]$$



Siendo:

- N: axil mayorado soportado por la pantalla. Se calcula:

$$N = (\text{Peso}_{\text{cubierta}} + \text{Peso}_{\text{forjados}} \cdot n^{\circ} \text{ plantas}) \cdot \text{Área}_{\text{Influencia}}$$
- f_{cd} : resistencia a compresión mayorada del hormigón:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$
- Ag: Área de la sección transversal de la pantalla

- l_e : longitud entre apoyos en la base (punto donde recibe la carga máxima).
- k : coeficiente de pandeo según la siguiente tabla:

Situación de la pantalla	k
Coacción al giro en uno o ambos extremos de la longitud l_e (superior o inferior). (*)	0.8
No hay coacción en ningún extremo.	1
Muros no arriostrados contra traslaciones laterales.	2

(*) Implica conexión a un elemento con rigidez a flexión tan grande como la del muro, generalmente otra pantalla

- h : espesor de la pantalla. Dos casos:

(a) *Muros portantes*

$$h \geq \frac{n}{25} \geq \begin{matrix} \text{Só tanos / cimientos} \rightarrow 190\text{mm} \\ \text{Superficie} \rightarrow 150\text{mm} \end{matrix}$$

Siendo “ n ” el valor mayor de “ h_t ” o “ b ”.

(b) *Muros no portantes*

$$h \geq \frac{n}{30} \geq \begin{matrix} \text{Só tanos / cimientos} \rightarrow 190\text{mm} \\ \text{Superficie} \rightarrow 150\text{mm} \end{matrix}$$

Siendo “ n ” el valor mayor de “ h_t ” o “ b ”.

Como se ha podido comprobar el análisis de los muros de carga “sencillos” se podrá realizar empleando el método anterior quedando simplificado en prácticamente sus puntos.

PREDIMENSIONADO DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

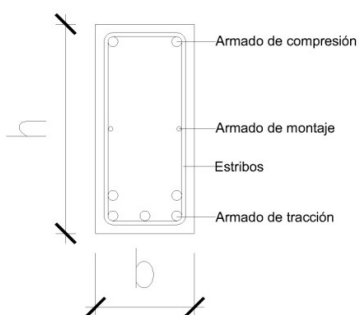
El predimensionado de vigas de hormigón es un tema complejo que suscita diferentes opiniones y criterios. El que se explicará a continuación surge del compendio de las indicaciones aportadas tanto por expertos calculistas y tratadistas del hormigón armado como por proyectistas más centrados en el diseño e incorporación de dichos elementos.

En primer lugar se ha de indicar que las vigas son elementos que habrán de ser diseñados para trabajo a flexión y, en casos particulares a cortante. Lo que de aquí en adelante se expone es válido para casos de flexión y en algunos casos de cortante, sin embargo el segundo fenómeno se controla principalmente con el estribado, punto que no concierne a esta publicación. Bien es cierto que para vigas sometidas a cortantes importantes habrá que controlar el tamaño de la sección para que no dé problemas. Se considerarán de manera general las vigas como clasificadas en rectangulares (planas o de canto), vigas con cabeza de compresión (vigas T y vigas L), vigas de gran canto y vigas Vierendeel (se analizan éstas dos últimos en capítulos específicos).

La metodología de diseño y predimensionado que se seguirá para lo concerniente a vigas tiene que ver con las características geométricas de la sección acorde a las relaciones anchura/canto así como a las relaciones canto/luz, propias de la carga.

Diseño y predimensionado de vigas de canto:

Constituyen el caso más habitual en edificación. Las relaciones geométricas de la sección suelen responder al siguiente esquema:



$$\text{Con } \frac{h}{2} \geq b \geq 100\text{mm}$$

$$\text{Siendo habitual } b = \frac{h}{3}$$

Las relaciones canto luz atienden a dos posibilidades:

- Canto mínimo sin necesidad de comprobación de flecha.
- Cantos recomendados.

La primera hipótesis nos garantiza una deflexión correcta en todo caso. La segunda opción aúna los criterios habituales de predimensionado, éstos aportan cantos más conservadores, mayores que la opción primera pero que pueden servir si no se quiere apurar tanto la sección. Se concluye que las relaciones expuestas a continuación podrán ser modificadas con el fin de obtener cantos todavía menores pero en cualquier caso habrá que comprobar posteriormente la deflexión de la viga y no existe relación que garantice el cumplimiento de dicho requisito sin realización del cálculo oportuno.

Relaciones luz/canto para que la viga no requiera comprobación a flecha:

Difieren según el autor o la publicación. Se adjuntan las sugeridas por la EHE-08, la BS-1985 y la ACI-08:

Tipo de sistema estructural	EHE-08	BS-1985	ACI-08
Viga simplemente apoyada	L/14	L/20	L/16
Viga continua en un extremo	L/18	-	L/18
Viga continua en ambos extremos	L/20	L/26	L/20
Voladizo	L/6	L/7	L/6

Como se puede ver, la norma menos conservadora es la española y por ello, cualquiera de ellas es válida. La elección de una u otra será del proyectista en cuanto a lo que desee sabiendo que conforme avance hacia la derecha en la tabla los cantos serán más grandes la altura libre conseguida será menor. Todo por supuesto del lado de la seguridad.

Relaciones luz/canto recomendadas por proyectistas y expertos:

En lo que concierne a éste punto no hay un consenso unificado. Miguel Ángel Alonso del Val recomienda como valor de predimensionado L/10 para hormigón armado, mientras que José Calavera sugiere L/10-15 y Fco. Javier Estévez L/12.

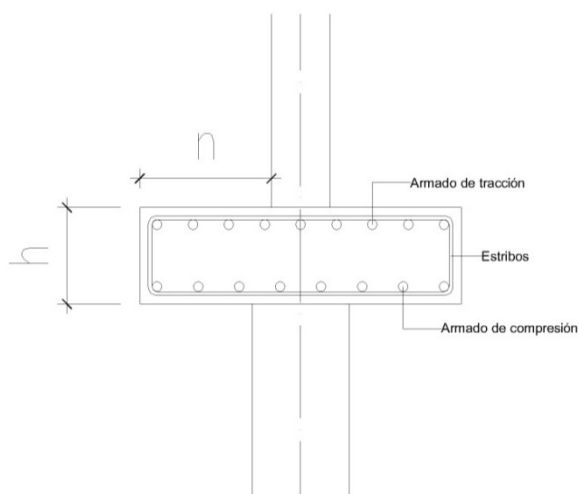
Se concluye pues que la relación a utilizar variará entre L/10 y L/15 según la tabla siguiente para vigas aisladas de luces no superiores a los 10-12 m,

pudiéndose reducir en caso de vigas continuas el canto en cierto porcentaje y habiendo éste ser aumentado en el caso de voladizos.

Tipo de sistema estructural	Canto holgado	Canto medio	Canto apurado
Viga simplemente apoyada	L/10	L/12	L/15

Diseño y predimensionado de vigas planas:

Las vigas planas suelen emplearse en casos en los que se desee ocultar el elemento a la vista. De esta manera quedan alineadas en la medida de lo posible con el forjado. También son útiles para sustituir los forjados sin vigas por forjados con vigas de igual canto que éste, siendo así el diseño menos rígido en respecto a la opción contraria. José Calavera recomienda un diseño de vigas planas que atienda a los siguientes factores con fin de contrarrestar los problemas de transmisión de flexiones, cortantes, punzonamientos, control de deformaciones y enlaces con otros elementos:



$$\text{Con } \frac{h}{2} < n < 1.5h$$

Relaciones luz/canto para que la viga no requiera comprobación a flecha:

Para este caso, se repite la tabla correspondiente para vigas de canto puesto que el supuesto es para vigas en general:

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Tipo de sistema estructural	EHE-08	BS-1985	ACI-08
Viga simplemente apoyada	L/20	L/20	L/16
Viga continua en un extremo	L/26	-	L/18
Viga continua en ambos extremos	L/30	L/26	L/20
Voladizo	L/8	L/7	L/6

De nuevo todas serán válidas a discreción del proyectista.

Relaciones luz/canto recomendadas por proyectistas y expertos:

La igualdad que se recomienda en este caso es la propuesta por José Calavera que corresponde a L/18 hasta L/22 para vigas continuas de luces no superiores a doce metros.

Tipo de sistema estructural	Canto holgado	Canto apurado
Vigas planas continuas	L/18	L/22

Nota: el canto apurado requiere comprobación posterior a flecha.

Diseño y predimensionado de vigas con cabeza de compresión:

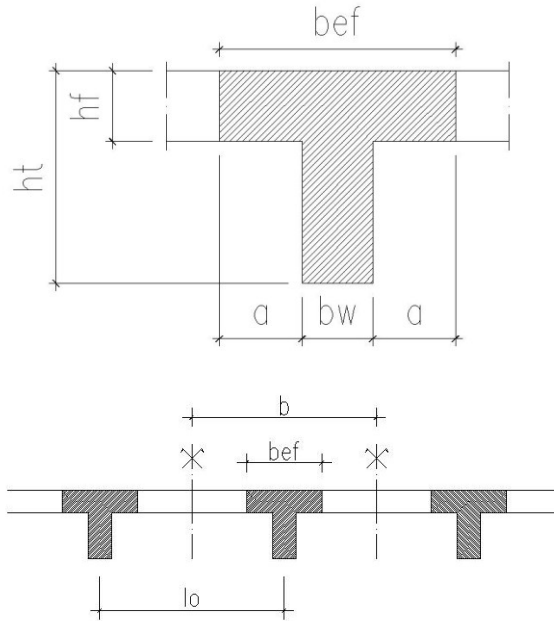
Las vigas con cabeza de compresión son aquellas en las que el armado se prolonga en la parte comprimida alargándose a través del ala superior, elemento que crece llamándose cabeza de compresión. Las subcategorías dentro de este tipo son: vigas en T embebidas en losas, vigas en L y vigas en T aisladas.

Relaciones luz/canto recomendadas por BS-1985 y EHE-08

Para vigas con cabeza de compresión, y siempre que $b_w / b_{ef} \leq 0.3$, las normas citadas hacen válida la siguiente equivalencia:

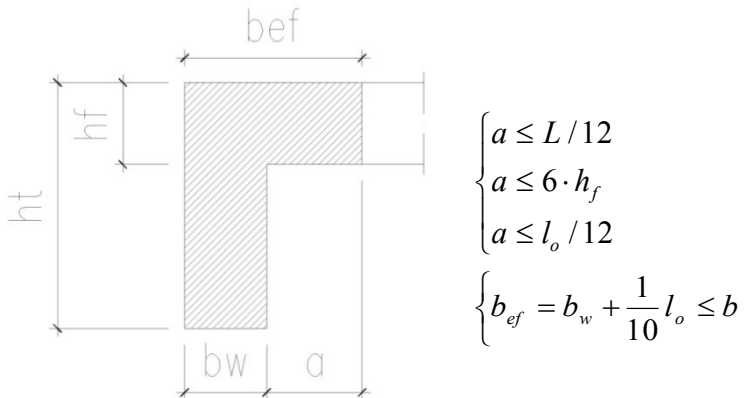
Tipo de sistema estructural	EHE-08	BS-1985
Apoyo simple	L/16	L/16
Viga continua	L/20.8	L/20.8
Voladizo	L/6.4	L/5.6

a) Vigas-T embebidas en losa:



$$\begin{cases} b_{ef} \leq L/4 \\ b_{ef} = b_w + \frac{1}{5}l_o \leq b \end{cases} \begin{cases} a \leq 8h_f \\ a \leq l_o/2 \end{cases}$$

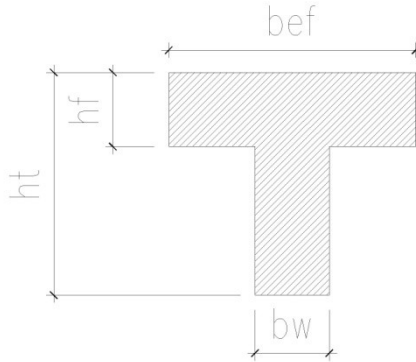
b) Vigas-L:



$$\begin{cases} a \leq L/12 \\ a \leq 6 \cdot h_f \\ a \leq l_o/12 \end{cases} \begin{cases} b_{ef} = b_w + \frac{1}{10}l_o \leq b \end{cases}$$

c) Vigas-T aisladas:

José Calavera recomienda las siguientes relaciones geométricas:



Tipo de viga-T	Relación almas	Relación cantos
Viga-T esbelta	$b_w / b_{ef} = 0.1$	$h_f / h_t = 0.2$
Viga- maciza	$b_w / b_{ef} = 0.2$	$h_f / h_t = 0.4$

En la práctica constructiva las vigas-T son muy interesantes porque pueden sustituir a vigas de canto habituales reduciendo así la altura libre. La relación de equivalencia entre la altura de unas y otras es muy compleja puesto que responde a cada caso particular. Sin embargo, y para hacer una estimación sabiendo que en esta fase el error matemático es válido, se puede hacer una aproximación* geométrica partiendo de la relación momento máximo admisible, partido tensión máxima que equivale al módulo resistente:

$$W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}}$$

Así pues, si igualamos los módulos resistentes de vigas de canto y vigas-T y tomamos como elementos comunes para resolver la ecuación:

- $b = b_w$, de las vigas de canto y vigas-T respectivamente
- Relación de almas y cantos intermedias a vigas-T esbeltas y macizas:

$$b_w / b_{ef} = 0.15 \text{ y } h_f / h_t = 0.3$$

Tras la resolución de los casos correspondientes a cantos comprendidos entre los 0 m y los 2 m, se obtiene el ábaco mostrado a continuación.

Como se puede ver, la equivalencia geométrica, y se reitera lo aproximativo de ésta, hace que las vigas en T sean adecuadas para cantos superiores a los 53 cm, medida a partir de la que el momento de inercia de la cabeza de compresión, por su magnitud, comienza a contrarrestar su diferencia con la altura en la viga de canto.

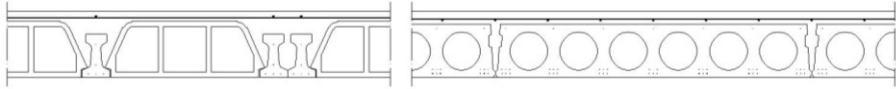
(*) Nota: para llegar a la aproximación anterior, se ha asumido que el hormigón resiste la flexión gracias al módulo resistente de su sección, hecho, que en un análisis preciso del material no es cierto al cien por cien.



Ábaco de relación geométrica entre vigas de canto y vigas-T

PREDIMENSIONADO FORJADOS DE HORMIGÓN

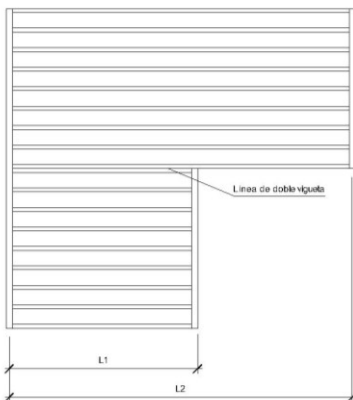
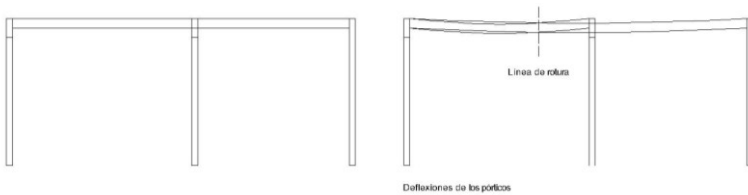
El tema presente corresponde al análisis de forjados de viguetas armadas o pretensadas y al de losas alveolares pretensadas.



Diseño y predimensionado forjados de hormigón:

El diseño de forjados no tiene mayor complicación que la asignación de un canto correcto para lo que se podrá seguir un método como el que se verá a continuación. Sin embargo conviene hacer dos matices prácticos sobre la necesidad de emplear dobles viguetas.

Su primer uso es el refuerzo estructural en las líneas de forjado que vayan a soportar cargas fuertes como por ejemplo un muro especialmente pesado, consiguiendo así duplicar la resistencia en dicho área. El segundo se debe a que los forjados no son elementos que puedan tener flechas diferentes en su continuidad, de manera que en las líneas en las que la deflexión vaya a diferir, se emplea dicha técnica para absorber de manera correcta las flexiones como se indica en el ejemplo.



Relaciones luz/canto para que el forjado no precise comprobación a flecha:
 La norma EHE-08 propone la obtención del canto mínimo a partir de la resolución de la siguiente ecuación:

$$h_{\min} = \frac{\delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L}{C}$$

Siendo:

- h_{\min} : canto mínimo del forjado.
- δ_1 : factor que depende de la carga con valor:

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{q}{7}}$$

Siendo “q” la carga sin mayorar que soporta el forjado en kN/m².

- δ_2 : factor que depende de la luz con valor:

$$\delta_2 = \sqrt[4]{\frac{L}{6}}$$

Siendo “L” la luz a salvar en metros.

- C: factor dependiente del tipo de forjado, su situación y el tipo de carga según la siguiente tabla:

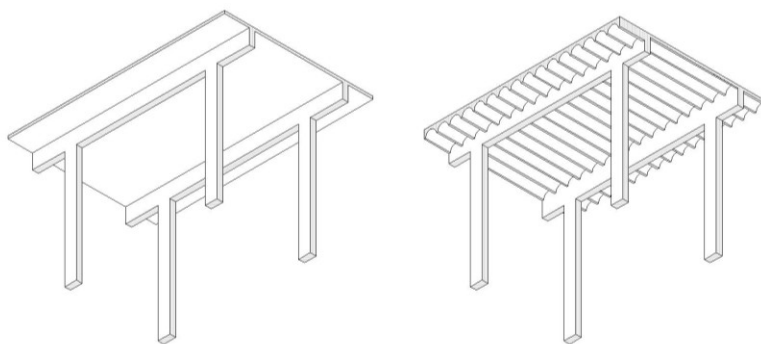
COEFICIENTE “C”				
Tipo de forjado	Tipo de carga	Tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas	Tabiques o muros	36	-	-
	Cubiertas	45	-	-

PREDIMENSIONADO LOSAS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN

Las losas unidireccionales son elementos estructurales de hormigón diseñados para trabajar principalmente a flexión que contando con cantos muy reducidos permiten salvar las luces que emplea de manera habitual la edificación. Se pueden disponer horizontalmente o inclinadas constituyendo forjados para pisos y cubiertas, rampas, etc.

Las losas unidireccionales reparten sus cargas linealmente en una sola dirección de manera que requieren de ser sustentadas por elementos estructurales continuos como vigas, muros, pantallas, etc.

Se clasifican en macizas y en nervadas. Las primeras tienen el canto liso y las segundas disponen de piezas de refuerzo en la dirección de descarga que refuerzan la losa en dicho sentido.



Las losas que se estudiarán en este apartado son sólo unidireccionales. No confundir con las losas bidireccionales o placas.

Diseño y predimensionado losas de hormigón:

El diseño de losas viene ligado a las luces que han de salvar. Asimismo, será muy interesante saber que existe la posibilidad de realizar piezas de canto no constante a lo largo de la sección en, por ejemplo, vuelos, donde en los extremos el grosor podrá ser diseñado para ser menor que en apoyo o empotramiento, donde la pieza habrá de tener grandes dimensiones para absorber las flexiones.

Relaciones luz/canto para que la losa no requiera comprobación a flecha:

Para el predimensionado, la EHE es muy generalista y hace extensivo su criterio para ambas subcategorías según la siguiente tabla con las relaciones canto luz para las que no será necesario comprobar la deflexión:

Tipología constructiva	EHE-08
Losa unidireccional simplemente apoyada	L/20
Losa unidireccional continua en un solo vano	L/26
Losa unidireccional continua en ambos extremos	L/30
Voladizo	L/8

Nota: las losas habrán de estar sustentadas mediante elementos portantes continuos como vigas o muros, nunca elementos puntuales como pilares.

Sin embargo, pese a ser una equivalencia válida, se puede precisar un poco más la obtención del grosor de la losa acorde a la tipología de losa unidireccional. Para ello es recomendable seguir las indicaciones de la ACI-08:

Relaciones luz/canto para losas unidireccionales sobre elementos continuos				
Tipología constructiva	Simplemente apoyada	Continua en un extremo	Continua en ambos extremos	Voladizo
Tipo de losa unidireccional	Elementos que no soportan o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Maciza	L/20	L/24	L/28	L/10
Nervada	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Como se puede comprobar, los valores recomendados son más conservadores que los propuestos por la EHE, así que no será necesario chequear la flecha si se siguen, excepto en el caso de losas macizas voladas.

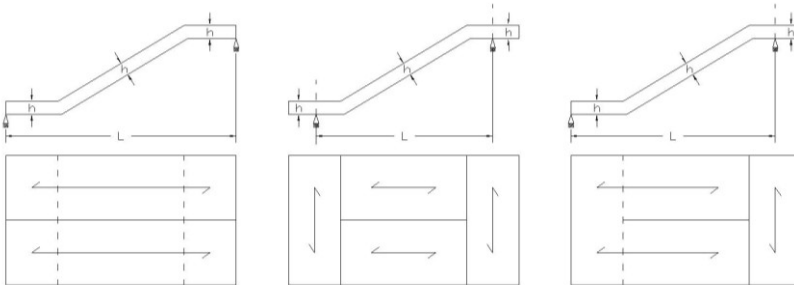
Cabe finalmente decir que los valores, de nuevo, son orientativos y se pueden conseguir cantos menores con otras relaciones superiores pero habiéndose siempre que comprobar más adelante la deflexión en el cálculo pormenorizado.

PREDIMENSIONADO DE LOSAS DE ESCALERAS

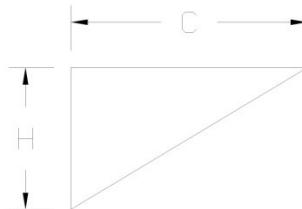
Se analizará un caso muy habitual en estructuras de hormigón como es el de las losas para escaleras.

Diseño y predimensionado de losas de escalera:

Las losas de escalera se presentan en la inmensa mayoría de los casos como estructuras biapoyadas según los siguientes esquemas:



Habrá que tener en cuenta la geometría que requieren los peldaños para garantizar un ascenso cómodo. Las dimensiones recomendadas para escalones son:



$$2C + H = 64\text{cm}$$

$$27\text{cm} \leq H \leq 30\text{cm}$$

$$16\text{cm} \leq C \leq 19\text{cm}$$

Relaciones luz/canto recomendadas para losas de escalera:

Por el mero hecho de ser losas el criterio a seguir es el explicado para éstas con anterioridad. Si bien es cierto que, básicamente se traducirá a:

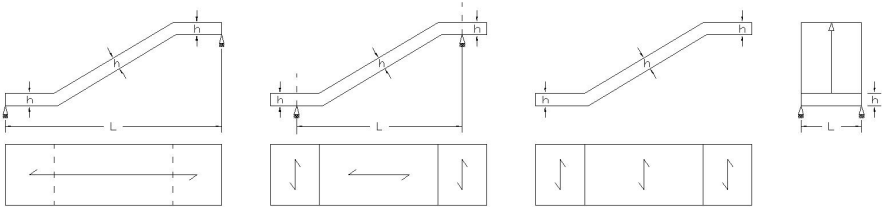
- Analizar el sistema de sustentación de la losa.
- Elegir como referencia la luz más grande que exista *en proyección horizontal* en los tramos de la escalera.
- Dimensionar el tramo dicho más desfavorable según la relación:

$$Canto_{escalera} = \frac{L}{20} \geq 18cm$$

- Dar el mismo canto a la escalera en toda su longitud. Por norma general facilita la construcción y no se incrementa significativamente el coste de materiales.

PREDIMENSIONADO DE LOSAS DE RAMPAS

Se analizarán dos casos muy habituales en estructuras de hormigón como son las losas de rampas, en su caso más extendido, para garajes.



Diseño y predimensionado de losas de escalera:

Las características dimensionales en cuanto a pendiente, anchura, etc. recomendadas para rampas de garaje se analizarán en el capítulo correspondiente a espacios singulares – garajes. Sin embargo, en lo referente a las características geométricas de la estructura de hormigón que forma la losa se podrá seguir el siguiente criterio.

Relaciones canto/luz recomendadas para losas de rampas:

Para cargas normales de aparcamiento se seguirá el siguiente procedimiento:

- Analizar el sistema de sustentación de la losa.
- Elegir como referencia la luz según la que se prevea la sustentación. A lo ancho (será, generalmente más corta y por tanto la losa menos gruesa) o sustentación en la dirección de la pendiente (habitualmente a la inversa).
- Dimensionar dicho tramo más desfavorable según la relación:

$$Canto_{rampa} = \frac{L}{20} \text{ hasta } \frac{L}{25} \geq 20cm$$

- Dar el mismo canto a la rampa en toda su longitud. Por norma general facilita la construcción y no se incrementa significativamente el coste de materiales.

PREDIMENSIONADO DE PLACAS DE HORMIGÓN

Las placas o losas bidireccionales son elementos estructurales de hormigón armado con destinados a la creación forjados, cubiertas, y similares.

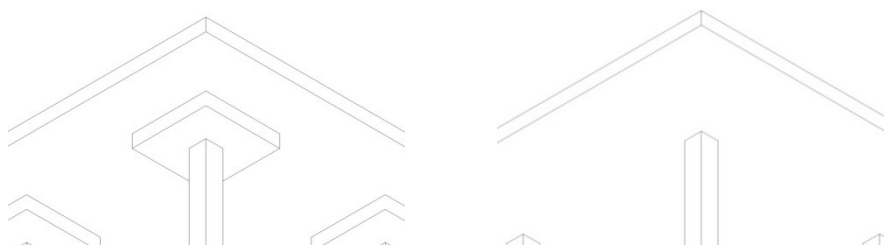
Las *losas que se estudiarán en este apartado son sólo bidireccionales*. No confundir con las analizadas en el capítulo anterior.

Las losas bidireccionales tienen su reparto de cargas, como su nombre indica, en dos direcciones, una principal y una secundaria. Se dispondrán siempre descansando en primera instancia sobre la luz corta y en segunda sobre el vano largo. Las losas bidireccionales pueden sustentarse ya bien sea sobre elementos puntuales (pilares) o continuos (vigas, muros, etc).

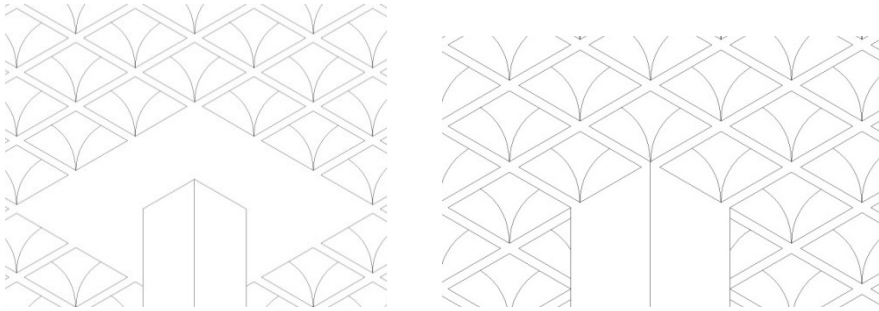
Asimismo, se subdividen en macizas y aligeradas mediante bovedillas o moldes recuperables. Además, este tipo de forjados puede llevar vigas en los bordes extremos quedando el conjunto atado y rigidizado.

Diseño y predimensionado de losas bidireccionales sobre pilares:

Con las distancias habituales entre soportes en edificación suele ser suficiente con sustentar los forjados bidireccionales sobre pilares. Sin embargo habrá que tener en cuenta el fenómeno de punzonamiento y si se prevé será potente, se habrá de contrarrestar tomando las medidas oportunas. La más sencilla y económica es la construcción de capiteles en la coronación de los pilares también llamados ábacos.



Losas bidireccionales macizas con o sin ábacos.



Losas bidireccionales nervadas con o sin ábacos.

Relaciones luz/canto para que la losa no requiera comprobación a flecha:

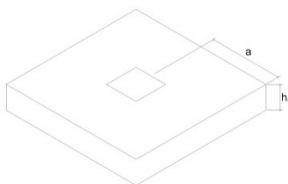
Se propone, de nuevo, el modelo indicado por José Calavera, importado de la normativa americana que adapta a los armados habituales españoles B400S y B500S:

	Sin ábacos			Con ábacos		
	Paneles exteriores *		Paneles interiores	Paneles exteriores*		Paneles interiores
Acero	Sin viga de borde	Con viga de borde		Sin viga de borde	Con viga de borde	
B400S	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/28	Ln/31	Ln/31
B500S	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/26	Ln/29	Ln/29

(*) Las losas con vigas entre las columnas a lo largo de los bordes exteriores.

Ln: luz libre en la dirección larga medida entre caras de los apoyos en losas sin vigas y entre caras de las vigas para losas con vigas u otros apoyos en otros casos.

En su caso el ábaco responderá a las siguientes características:

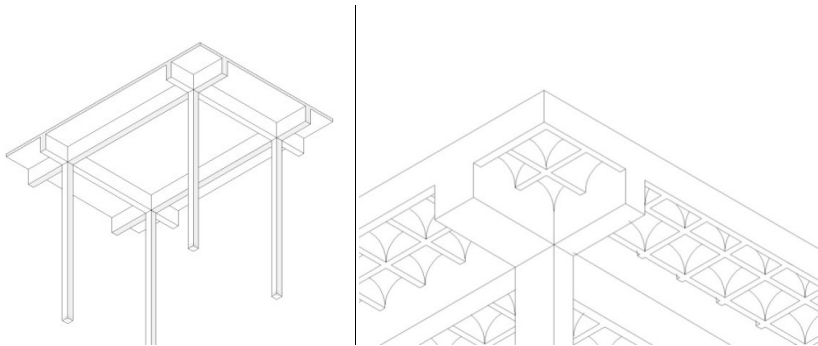


$$h_a = \frac{1}{4} \text{canto}_{losa}$$

$$a = \frac{1}{6} l_n$$

Diseño y predimensionado de losas bidireccionales sobre soportes continuos:

Este caso viene analizado por la EHE pero cabe añadir que es quizás el menos común en edificación ya que se emplea solo para entramados con grandes luces superiores a las habituales (del orden de los ocho o diez metros como máximo).



Losas bidireccionales sobre vigas: maciza (izda.) y nervada (dcha.)

Relaciones luz/canto para que la losa no requiera comprobación a flecha

La norma española no distingue en este caso entre la opción maciza o nervada. Los cantos irán en función de:

Tipología constructiva	EHE-08
Losa bidireccional simplemente apoyada	L/20
Losa bidireccional continua en ambos extremos	L/30
Voladizo	L/8

Nota: las losas habrán de estar sustentadas mediante elementos portantes continuos como vigas o muros.

PREDIMENSIONADO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN PRETENSADO

El pretensado es un procedimiento muy generalizado que consiste en el tensado de las armaduras previamente a que el hormigón fragüe, de esta manera, la pieza quedará autocomprimida con la ventaja posterior de contrarrestar con más facilidad las acciones que actúen sobre ella. El campo de aplicación de elementos pretensados son las grandes luces con sobrecargas pequeñas respecto al peso propio: edificación, aparcamientos y cimentaciones.

Los dos sistemas de pretensado son:

- Armadura postesa adherente: se dispone el tendón en contacto directo con el hormigón para pasar a aplicarle el pretensado mediante gatos hidráulicos. A continuación se hormigona y tras el fraguado retiran los gatos estando la pieza ya comprimida. Su problema principal es el fallo de adherencia puntual debido, generalmente a la degradación del armado preteso.
- Armadura postesa no adherente: el procedimiento es el mismo pero se incluye una vaina de protección que evita el contacto del hormigón con el acero evitándose así problemas de degradación del armado. Asimismo, la vaina garantiza la transmisión de adherencia y por ello de pretensado.

Las ventajas del pretensado son:

- Reducción y control de las fisuraciones.
- Aumento de la resistencia a flexión, cortante y punzonamiento.
- Reducción de cantos y aumento de luces admisibles.
- Reducción de las deflexiones.

Las desventajas del pretensado son:

- Al reducir los cantos se eligen tolerancias estrictas para el hormigón.
- Los recubrimientos habrán de estar ejecutados con corrección a fin de evitar la degradación del armado.
- Al ser piezas muy flexibles las flechas diferidas pueden dañar el resto de los elementos constructivos.

Relaciones luz/canto recomendadas para piezas pretensadas:

José Calavera en su tratado sobre el hormigón armado analiza el caso disponiendo del siguiente criterio de dimensionado:

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Elemento	Sobrecarga	Relación luz/canto
Vigas y losas en direcciones ortogonales	Normal	1/10 → 1/18
	Pesada	1/15 → 1/20
Placas aligeradas con casetones	Normal	1/26 → 1/32
	Pesada	1/20 → 1/28
Placas macizas	Ligera	1/40 → 1/48
	Normal	1/34 → 1/42
	Pesada	1/28 → 1/36

PREDIMENSIONADO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN POSTESADO

El postesado es un procedimiento que cada vez se está generalizando más en construcción. Consiste en el tensado de las armaduras tras el fraguado del hormigón que conformará la pieza mediante uno de los sistemas que más adelante se explicarán. Se diferencia del pretensado en que durante el tiempo del hormigonado el acero no contacta con el hormigón sino que queda protegido por una vaina que garantiza que ambos no se adhieran.

Los dos sistemas de postesado son:

- Armadura postesa adherente: se tiene el armado embebido en una vaina de plástico. Se replantea ésta en forma de parábola o recta (formas que mejoren el posterior funcionamiento a flexión). A continuación se hormigona y tras el fraguado se tensa el acero inyectando una lechada de mortero súper adherente de alta presión que garantice el contacto.
- Armadura postesa no adherente: el procedimiento es el mismo pero no se incluye lechada de manera que el contacto entre el hormigón y el armado sólo se hace en los extremos.

El campo de aplicación de elementos postesados son las luces superiores a 8 m dónde se pueden obtener porcentajes interesantes de optimización de material.

Las ventajas del postesado son:

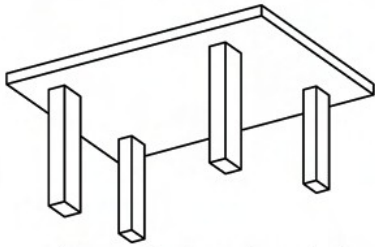
- Las estructuras se convierten en más esbeltas puesto que se reducen los cantos.
- El trazado adecuado del armado contrarresta las acciones exteriores.
- Se tiene un mayor control de deformaciones y fisuración.
- Aumento de resistencia.

Los tipos más habituales de losas postesadas son: maciza de canto constante, unidireccional con vigas planas, maciza de canto constante y capiteles, unidireccional con vigas de canto, bidireccional con vigas planas, bidireccional con vigas de canto, aligerada con canto constante o forjado reticular postesado.

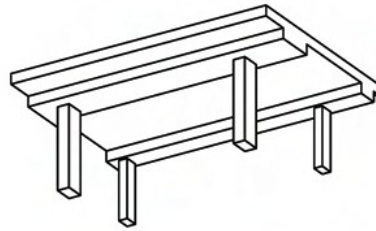
Relaciones canto/luz recomendadas por la “guía de aplicación de la EHE”:

Alfonso Cobo Escamilla y Luis Felipe Rodríguez Martín, miembros del departamento de estructuras de la UNED aconsejan para este caso el empleo de la “guía de aplicación de la EHE” que aporta las siguientes conclusiones:

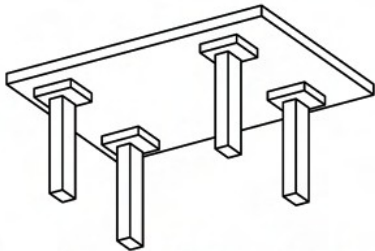
Tipo de placa postesada	Relación luz/canto
Losa unidireccional	L/48
Losa bidireccional	L/45
Losas con ábacos (ábacos > L/6)	L/50
Losa bidireccional con vigas en dos direcciones	L/55
Losas aligeradas con casetones	L/35
Vigas de canto ($b \equiv h/3$)	L/20
Vigas plana ($b \equiv 3h$)	L/30



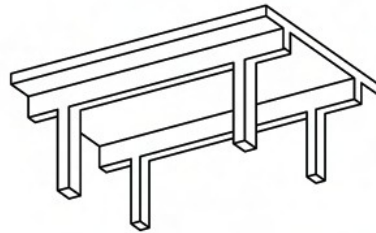
Losa maciza de canto constante



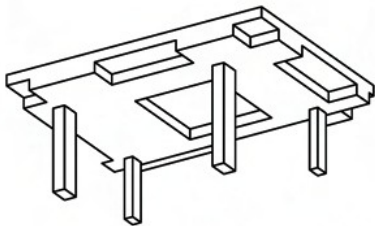
Losa unidireccional con vigas planas



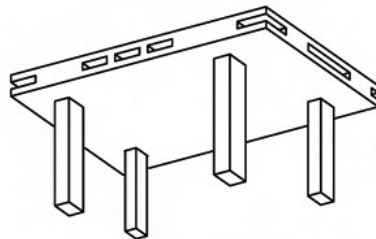
Losa maciza de canto constante con capiteles



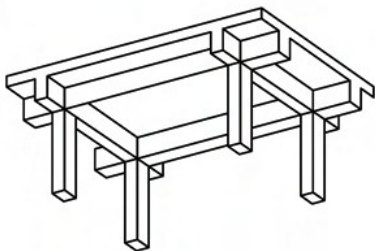
Losa unidireccional con vigas de canto



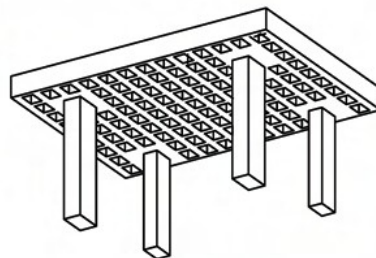
Losa bidireccional con vigas planas



Losa aligerada de canto constante



Losa bidireccional con vigas de canto



Forjado reticular postesado

PREDIMENSIONADO DE VIGAS PARED

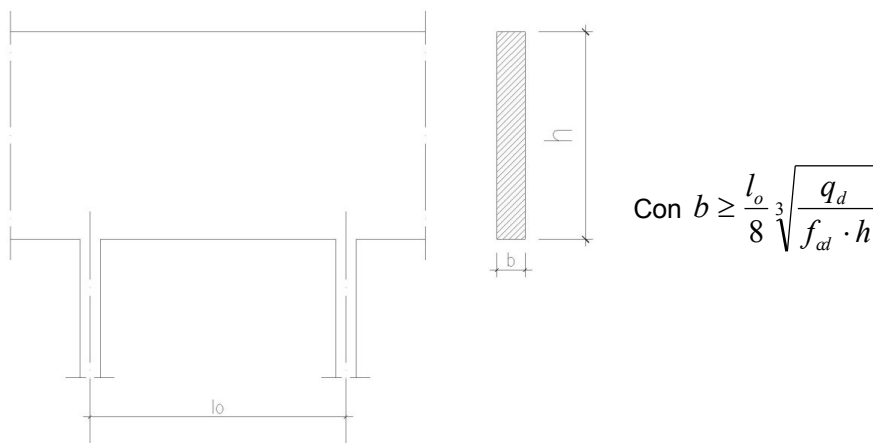
Las vigas pared o de gran canto son aquellas que según la EHE “*siendo de sección constante tienen una luz no superior a dos veces el canto en el caso de vigas simplemente apoyadas y dos veces y media en caso de vigas continuas*”.

Diseño y predimensionado de vigas de pared:

El diseño será a discreción del proyectista, pero tendrá en cuenta que la apertura de huecos no será posible sino a costa de grandes problemas que en muchos casos transformarán las vigas en Vierendeel.

Relaciones luz/canto recomendadas:

José Calavera, en referencia a la EHE establece las siguientes relaciones geométricas como recomendadas:



Siendo:

b : espesor de la viga.

l_0 : distancia entre apoyos.

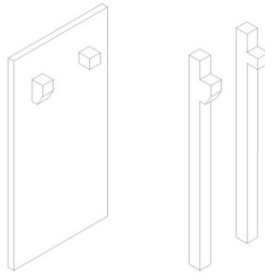
q_d : carga efectiva mayorada.

f_{cd} : resistencia de cálculo del hormigón mayorada.

h : canto de la viga pared.

PREDIMENSIONADO DE MÉNSULAS DE HORMIGÓN

Las ménsulas cortas son elementos constructivos que sobresalen de muros y pilares que se encargan de transmitir a éstos esfuerzos verticales recibidos del apoyo de vigas, celosías, etc. Asimismo son elementos muy comunes en la transición de la estructura de acero al hormigón.



Su empleo es extendidísimo en la prefabricación donde se incorporan a los pilares de manera industrializada garantizando con ello un funcionamiento muy riguroso a lo calculado.

Diseño y predimensionado de ménsulas cortas:

Atendiendo a lo indicado en “números gordos del proyecto de estructuras”, que generaliza el tamaño de las ménsulas acorde a unos datos geométricos medios, una aproximación dimensional correcta atenderá al siguiente criterio:

$$1 \geq \frac{a}{d}$$

$$b \cdot c \geq 4 \cdot \frac{P}{f_{cd}}$$

$$d \geq 1.7 \cdot a$$

$$m \geq \frac{d}{2}$$

Siendo:

P : carga mayorada prevista en la ménsula.

a: excentricidad de la carga respecto al borde del elemento que sustente la ménsula.

f_{cd} : resistencia de cálculo del hormigón mayorada:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

PREDIMENSIONADO DE VIGAS VIERENDEEL

Las vigas vierendeel son cerchas a las que se les ha suprimido la triangulación en el alma. Debido a ello, para resistir los esfuerzos y evitar el colapso, los nudos han de ser rígidos. Constituyen elementos de transición que permiten salvar luces del orden de 20 a 30 m.



Edificio de oficinas STC (1989)

Al carecer de diagonales tienen una enorme ventaja respecto a las celosías trianguladas y es que permiten la apertura de huecos que pueden llegar a dejar paso libre a personas.

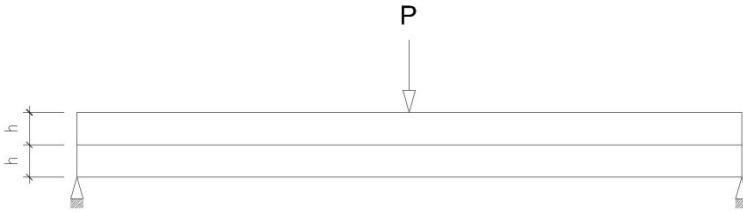
Puesto que son elementos muy singulares que se emplean en ocasiones concretas y son, por lo general, bastante desconocidos, se entrará más en detalle a su explicación que en los elementos correspondientes a capítulos diferentes. Para su estudio se considera interesante lo indicado en la “Cátedra de Estructuras” – Taller Vertical III – DNC, de la Universidad Nacional de la Plata.

Análisis de funcionamiento

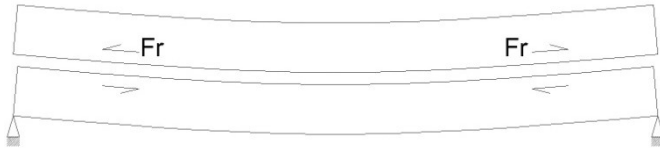
Válido tanto para vigas Vierendeel en hormigón como en acero.

Se suponen dos vigas de canto “h”, una sobre la otra, sometidas a una carga puntual “P”. Cada una de ellas recibe P/2 y el módulo resistente del conjunto es:

$$W_t = 2 \cdot W = 2 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}$$

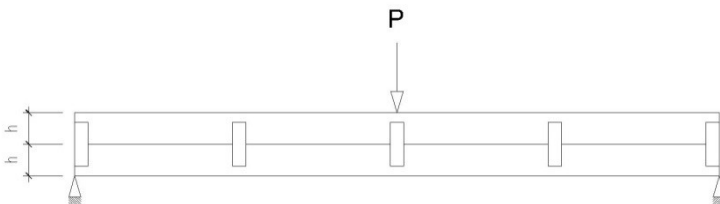


Al flexionar ambas vigas deslizan generando fuerzas de rozamiento entre sí.



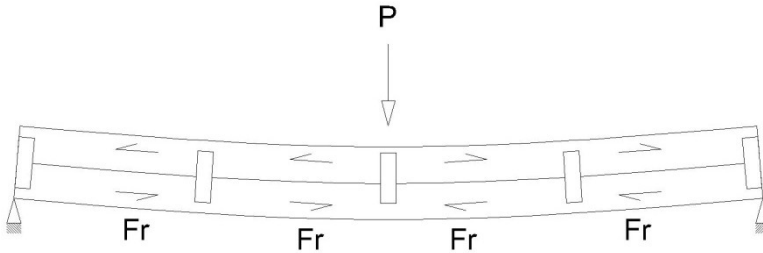
Si se añaden conectores entre ambas vigas que absorban esas fuerzas de rozamiento se logrará un trabajo unitario de las vigas de forma que el módulo resistente final responderá a:

$$W_t = 2 \cdot W = 2 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}$$

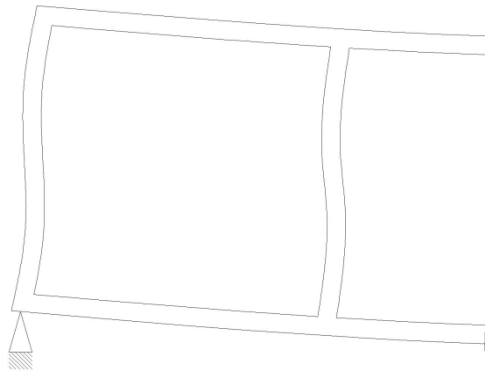


Es decir, la viga resistirá el doble que si ambas trabajasen de manera independiente.

Dichas fuerzas de rozamiento dependen de la carga, en concreto del cortante en la sección considerada. Así pues, un conector situado en el centro del vano no recibirá cortante puesto que ahí es nulo.



Si se disponen de conectores que unan ambas vigas a lo largo de su longitud aumentará $2h$ y con ello el brazo de palanca. Así pues, queda demostrado que el cortante queda asumido por la flexión de los montantes.



Bases de diseño para vigas Vierendeel

Extraídas de las conclusiones del “Análisis del rendimiento de estructuras de vigas Vierendeel” de Javier Estévez y Emilio Martín Gutiérrez:

- Cantos con la menor dimensión posible optimizan la estructura. Reducen el peso y no afectan significativamente a la capacidad mecánica a flexión.
- El empleo de cordones de igual sección mejoran el rendimiento y la sencillez constructiva a costa de pequeños incrementos de peso.
- Las modulaciones pequeñas penalizan el rendimiento resistente, de esta manera, procurar que las modulaciones sean grandes, con lo que, además, se reducirán el número de uniones y el peso al haber menos montantes.

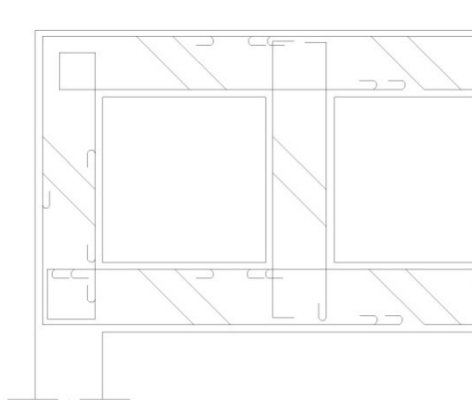
- Las secciones tubulares se adaptan mejor al comportamiento de estas vigas.
Nota: esta última es recomendable para vigas Vierendeel en acero ya que en hormigón su ejecución es compleja.

Rendimiento respecto a las celosías

El rendimiento es mucho menor, por ello las vigas Vierendeel sólo son adecuadas en los casos en los que haya necesidad de dejar paso libre a través del alma de la viga hecho que es dificultoso mediante el empleo de celosías.

Detalle de armado de vigas Vierendeel en hormigón

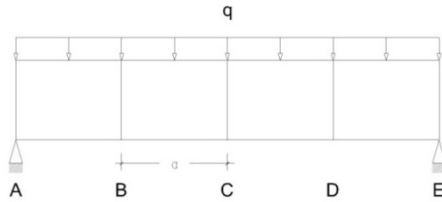
Por su singularidad, se añade un detalle del esquema de armado, que responderá al siguiente modelo, para conocimiento del lector:



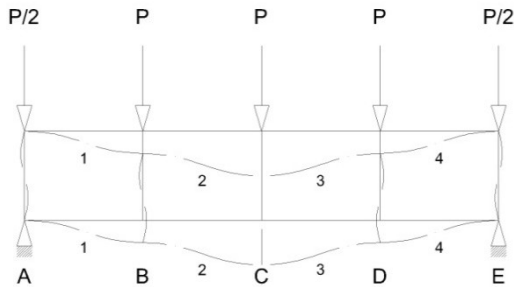
Cálculo simplificado para el predimensionado

No es posible determinar de manera sencilla el espesor de los elementos que conforman una viga de este tipo. Para un planteamiento inicial que optimice el sistema se habrá de recurrir a lo explicado anteriormente. A partir de ahí se procederá a un pre-cálculo empleando el método simplificado.

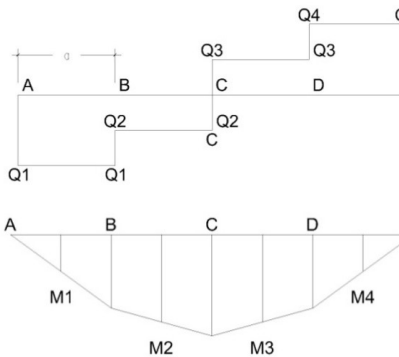
Este procedimiento es válido para vigas simétricas con cargas uniformemente distribuidas a lo largo del vano con cordones y montantes de dimensiones similares.



Se supone la deformada de la viga en la que en los centros de cada cordón y montante hay un punto de inflexión.



Los diagramas globales de flexión y cortante responderán a lo siguiente de valores:

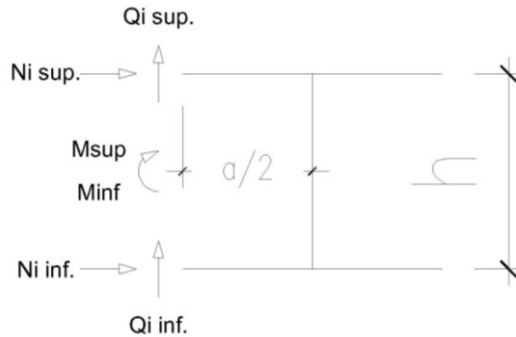


Cortante	Flectores
$M1 = Q1 + a/2$	$Q1 = Ra - P/2$
$M2 = Q1 \cdot a + Q2 \cdot a/2$	$Q2 = Q1 - P$
$M3 = M2$	$Q3 = -Q2$
$M4 = M1$	$Q4 = -Q1$

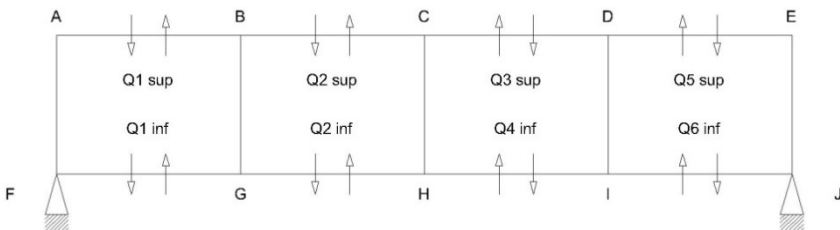
Determinación de las solicitaciones en los cordones:

Esfuerzo axial (N). El momento flector global es resistido por un par de fuerzas iguales y contrarias que generan compresión en el cordón superior y tracción en el inferior. El signo negativo corresponde al cordón superior y el positivo al cordón inferior.

Esfuerzo cortante (Q). El esfuerzo cortante es tomado por los cordones en función de las rigideces relativas. Si los cordones superior e inferior tienen igual rigidez (igual momento de inercia), el corte se toma en cada cordón por mitades iguales.



Momento flector (M). El momento flector en los cordones sigue una ley de variación lineal siendo nulo en los centros de cada malla (articulaciones) y máximo en los nudos. Su valor surge de multiplicar el cortante aplicado en la articulación por la semiluz de la malla.



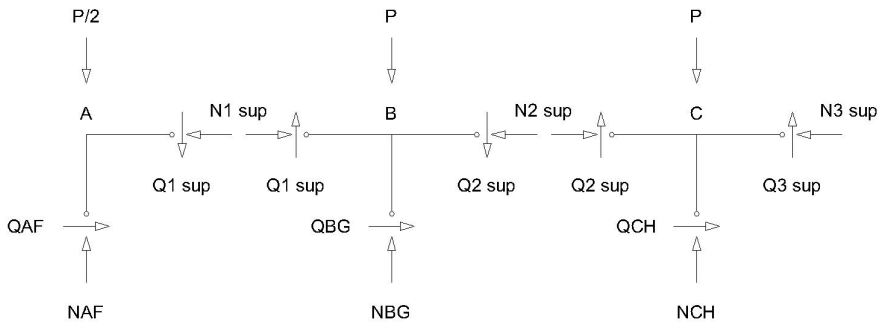
Axiles	Cortantes	Flectores
$N1 = M1/h$	$Q1 = Ra-P/2$	$M1A = -Q1sup \cdot a/2 = M1F$
$N2 = M2/h$	$Q2 = Q1-P$	$M1B = +Q1sup \cdot a/2 = M1G$
$N3 = -N2$	$Q3 = -Q2$	$M2B = -Q2sup \cdot a/2 = M2G$
$N4 = -N1$	$Q4 = -Q1$	$M2C = +Q2sup \cdot a/2 = M2H$
		$M3C = +Q3sup \cdot a/2 = M3H$
		$M3D = -Q3sup \cdot a/2 = M3I$
		$M4D = +Q4sup = M4J$
		$M4E = -Q4sup = M4J$

Determinación de las solicitaciones en los montantes:

Esfuerzo axial (N): surge del equilibrio de fuerzas verticales, cortante en los cordones y cargas exteriores.

Esfuerzo cortante (Q): surge del equilibrio de fuerzas horizontales y axiales en los cordones.

Momento flector (M): su valor es nulo en el centro de la pieza y máximo en sus extremos y surge de multiplicar el cortante en los montantes por la semialtura de la malla.



Axiles	Cortantes	Flectores
NAF = Q1sup + P/2	QAF = N1sup = QEJ	MA = QAF · h/2 = -ME
NBG = P = NDI	QBG = N1sup - N2sup = -QDI	MB = -MD
NCH = P	QCH = 0	MF = -MJ
		MG = -MI

Predimensionado de montantes y cordones:

a) *Predimensionado de montantes:*

Los montantes se dimensionan acorde a:

$$\tau_{\max} = \frac{Q}{0.9 \cdot b \cdot h}$$

Siendo:

- τ_{\max} : resistencia a cortante $\tau_{\max} = 196 N / cm^2$

- Q: cortante de cálculo

Se adopta b y se determinan h y ht debiendo cumplirse que:

$$2 \cdot b \leq ht \leq 2.5 \cdot b$$

Ejemplo: b = 40 cm, Q = 60000 kg = 588000 N

$$h = \frac{588000 \text{ cm}^2}{0.9 \cdot 196 \text{ N} \cdot 40 \text{ cm}} = 83.3 \rightarrow h = 85 \text{ cm}$$

$$2 \cdot b \leq ht \leq 2.5 \cdot b \rightarrow ht = 2.25 \cdot 40 = 90 \text{ cm}$$

b) *Predimensionado de los cordones:*

Los cordones se dimensionan acorde a:

$$R = 0.16 = \frac{M \cdot V_{flexión}}{b \cdot h^2 \cdot \sigma'_{bk}}$$

Se despeja h quedando:

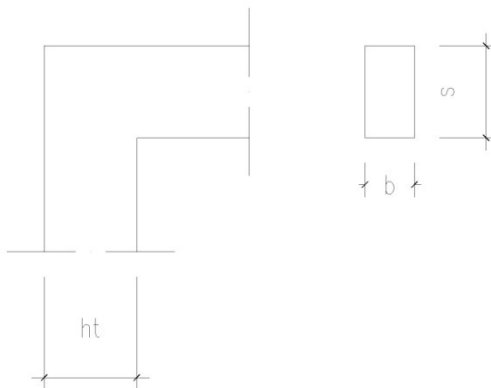
$$h = \sqrt{\frac{M}{b \cdot 0.16 \cdot \frac{\sigma'_{bk}}{V_{flexión}}}}$$

Siendo:

- $V_{flexión}$: 1.8
- σ'_{bk} : 1470 N/cm²

Finalmente,

$$s = h + 5 \text{ cm}$$



PARTE III: ESTRUCTURAS DE ACERO

Se estudiarán los elementos habituales en edificación para estructura de acero. Las relaciones expuestas a continuación se consideran disponiendo las barras en la posición más favorable para resistir el esfuerzo principal. No se estudiarán las uniones ni su diseño, pero el proyectista habrá que contar con la necesidad de concebir la estructura con la mayor sencillez posible para garantizar su sencilla ejecución y mantenimiento.

EL ACERO

El acero es un material estructural que surge de una aleación de hierro con carbono. Para estructuras se emplea acero al que se ha sometido a un proceso de laminado.



Se trata de un material muy tenaz, dúctil y maleable que permite procesos de mecanización, además su resistencia mecánica es enorme. Sin embargo, es muy débil ante la corrosión (se oxida) y ante los incendios, ya que al aumentar su temperatura pierde sus características mecánicas.

El límite elástico de los aceros corresponde a los tres habituales:

- S235, con $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$.
- S275, con $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$. El más empleado.
- S355, con $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$.

Su módulo de Young equivale a $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ y su densidad es de 7850 kg/m^3 .

La resistencia de cálculo para el acero se obtendrá de la siguiente expresión:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M$$

Siendo:

- F_{yd} : resistencia de cálculo en N/mm^2 .
- F_y : límite elástico en N/mm^2 .
- γ_m : coeficiente de seguridad de valor 1.05.

No es competencia de esta publicación el estudio de las uniones puesto que no tienen mayor relevancia espacial. A pesar de ello, y para un estudio posterior, se habrán de garantizar los espesores mínimos en las gargantas de soldadura y la capacidad de los tornillos y chapas en las uniones que los empleen.

PREDIMENSIONADO DE PILARES DE ACERO

El predimensionado de pilares de acero adolece de la misma patología que presenta el equivalente en hormigón debido, de nuevo, a la omisión de flexiones o su inclusión en el método a seguir mediante mayoraciones del axil.



Interior y pilar de la casa Tugendhat de Mies van der Rohe

Se vuelve a incidir en la necesidad de evitar que los pilares sufran flexiones importantes para evitar la aparición ya no solo de pandeo axial sino del flexional o pandeo lateral. Sin embargo, para casos normales de edificación en la que los pilares serán habitualmente cortos (del orden de unos tres o cuatro metros y medio) y de una esbeltez controlada se considerará válido lo expuesto a continuación siempre que la distribución de momentos sea aproximadamente uniforme (luces de orden similar).

Se proponen dos métodos de predimensionado, uno geométrico y otro mecánico, desarrollados por el departamento de estructuras de la ETSA de la Universidad de Sevilla. Éstos surgen a partir de las equivalencias geométricas de radio de giro, esbeltez, carga crítica de Euler y tensión máxima admisible.

Predimensionado geométrico

En éste método no es necesario conocer el valor de carga que soportará el pilar y se estima a partir de la geometría que lo rodea y la propia. El radio de giro del perfil elegido habrá de cumplir la siguiente equivalencia:

$$i \geq \frac{L_k}{\lambda \cdot \pi \cdot \sqrt{E / f_y}}$$

Siendo:

- i : radio de giro de la sección (obtenida de las tablas de perfilería comercial).
- L_k : debido a la gran variedad de casos se ha optado por una simplificación consistente en la clasificación de las barras en aisladas o integrantes de un sistema de pórticos. La longitud de pandeo será tal que:

$$L_k = \beta \cdot L, \text{ siendo } L \text{ longitud efectiva de pandeo y } \beta:$$

COEFICIENTE DE PANDEO DE BARRAS AISLADAS

Condición de sustentación	β
Articulada – articulada	1
Biempotrada desplazable	1
Biempotrada	0.5
Empotrada – articulada	0.7
Empotrada - libre	2

COEFICIENTE DE PANDEO DE BARRAS DE SISTEMAS

Tipo de sistema	β
Pórtico intraslacional	0.8
Pórtico traslacional	1.3

- λ : esbeltez reducida de la barra:

Esbeltez reducida de barras de sistemas de pórticos	λ
Pórtico intraslacional	0.7
Pórtico traslacional	1.2

- E: módulo de elasticidad del acero $E = 210000\text{N/mm}^2$.
- f_y : resistencia a compresión sin mayorar del acero.

Resultado: el lado para el eje más desfavorable saldrá del orden de:

$$l \geq h/25$$

Con h = altura libre del pilar.

Predimensionado mecánico

Conocida la carga axial que recibirá el pilar (se presupone sin excentricidades significativas) el área de la sección del pilar será tal que:

$$A \geq \frac{N}{\chi \cdot f_{yd}}$$

Siendo:

- A: el área de la sección
- N: carga axial mayorada que soporta el pilar de valor:

$$N = (\text{Peso}_{\text{cubierta}} + \text{Peso}_{\text{forjados}} \cdot n^{\circ} \text{ plantas}) \cdot \text{Área}_{\text{Influencia}}$$

- X: coeficiente de reducción por pandeo según:

Coeficiente de reducción por pandeo	X
Sistema intraslacional	0.8
Sistema traslacional	0.5

- f_{yd} : resistencia a compresión mayorada del acero según:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}, \text{ siendo } \gamma_{M1} = 1.05$$

Valores de referencia

La entidad Access – Steel en su publicación “Proyecto básico: estructura vertical para edificios de varias plantas destinados a uso comercial y

residencial” aporta la siguiente tabla para altura libre de forjados de 4 m, carga permanente de 4 kN/m² y sobrecarga del mismo valor que incluye tabiquería en pilares unidos a las vigas principales por sus alas mediante empotramiento (ejemplo chapa de testa) en acero de calidad S355 que podrá emplearse como referencia teniendo en cuenta que habrá que aumentar el tamaño de las secciones en casos de aceros de peor calidad.

Tamaños típicos de columnas HE en estructuras arriostradas

Número plantas	Distribución de columnas			
	6x6 m	6x9 m	6x12 m	6x15 m
4	HE 220 B	HE 280 B	HE 240 M	HE 260 M
6	HE 280 B	HE 240 M	HE 260 M	HE 300 M
8	HE 300 B	HE 260 M	HE 300 M	HE 320 M
10	HE 240 M	HE 300 M	HE 320 M	HD 400X347

PREDIMENSIONADO DE VIGAS DE ACERO

El predimensionado y diseño de vigas de acero es un tema que no adolece de mayor dificultad que el conocimiento de las luces a salvar o las cargas aproximadas a soportar.

El empleo de estructura mixta puede modificar en cierto grado lo expuesto de aquí en adelante. Así pues, para un diseño específico más preciso de este tipo de construcciones consultar lo indicado en la sección correspondiente.



Finalmente es interesante recordar al lector las opciones de sustentación existentes y ejemplos de métodos de conseguirla:

- Apoyo simple: descanso directo sobre la sección del pilar, otra viga o un perfil en L.
- Unión articulada: mediante unión soldada o perfiles L.
- Unión empotrada: chapa de testa soldada a la viga y atornillada a otra chapa de testa o ala de pilar.

Predimensionado geométrico

En éste método no es necesario conocer el valor de carga que soportará y se estima a partir de la luz del vano que se desea salvar. La relación canto/luz para vigas en acero en luces normales de edificación responderá a:

Tipo de viga	Relación luz/canto
Vigas principales o con grandes cargas puntuales	L/10-15
Vigas secundarias (cargas distribuidas)	L/15-25
Vigas de cubierta con carga ligera	L/18-30
Cargaderos de forjados	L/10

El caso más habitual para vigas con carga distribuida será L/17.

Predimensionado mecánico a estado límite último (tensión máxima)

Conocida la carga lineal que recibirá la viga, el módulo resistente plástico de ésta será igual o superior al obtenido de la relación:

$$W_{pl} \geq \frac{M_{ed}}{f_{yd}}$$

Siendo:

- W_{pl} : módulo resistente plástico de la sección
- M_{ed} : momento máximo mayorado que soportará la viga. Tomando el valor $M=qL^2/8$ siempre se estará del lado de la seguridad.
- f_{yd} : resistencia a flexión mayorada del acero según:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}, \text{ siendo } \gamma_{M1} = 1.05$$

Predimensionado mecánico a estado límite de servicio (flecha máxima)

Conocida la carga lineal que recibirá la viga y la longitud del vano, el momento de inercia será capaz de soportar la equivalencia dada por la siguiente expresión:

$$\delta_{max} \leq \delta_{lim}$$

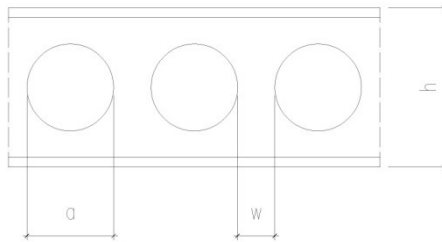
Siendo:

- δ_{max} : deflexión máxima, de valor:
 Para viga biapoyada con carga continua: $\delta_{max} = 5 \cdot q \cdot L^4 / 384 \cdot E \cdot I$
 Para viga biempotrada con carga continua: $\delta_{max} = q \cdot L^4 / 384 \cdot E \cdot I$
 E: módulo de elasticidad del acero $E = 210000 \text{ N/mm}^2$.
- δ_{lim} : valor de deflexión que no se podrá sobrepasar, equivalente a L/300.

PREDIMENSIONADO DE VIGAS BOYD (ALVEOLARES)

El dimensionado de vigas alveolares es un tema muy complejo en el que parte de las hipótesis para vigas Vierendeel puesto que es necesario comprobar el cortante y la flexión en las zonas más débiles.

Su diseño parte fundamentalmente de la geometría que se pretende emplear así como los tipos de alveolos a conseguir (para que permitan el paso de instalaciones, por estética, etc.). Arcelor – Mittal, en su catálogo comercial para vigas aligeradas simétricas con alveolo circular, indica que las características de éstas responderán a:



$$1.25 \cdot a \leq h \leq 1.75 \cdot a$$

$$\left. \begin{array}{l} a/12 \\ 50mm \end{array} \right\} \leq w \leq \frac{a}{1.25}$$

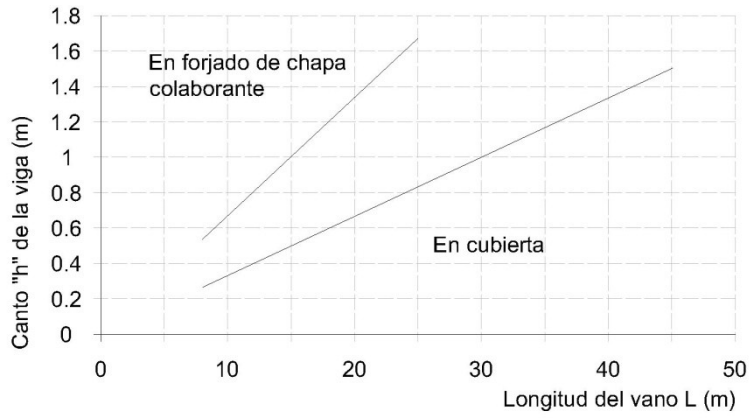
Las relaciones canto – luz en aplicaciones para cubiertas y forjados de chapa colaborante responderán a la siguiente relación:

- Cubiertas: relaciones habituales $h = \frac{L}{20-40}$, para vigas en pórticos (empotradas o actuando como viguetas se podrá emplear:

$$h = \frac{L}{30}$$

- Forjados: relaciones habituales $h = \frac{L}{10-20}$, para vigas en forjados con sobrecargas de uso normales se podrá emplear:

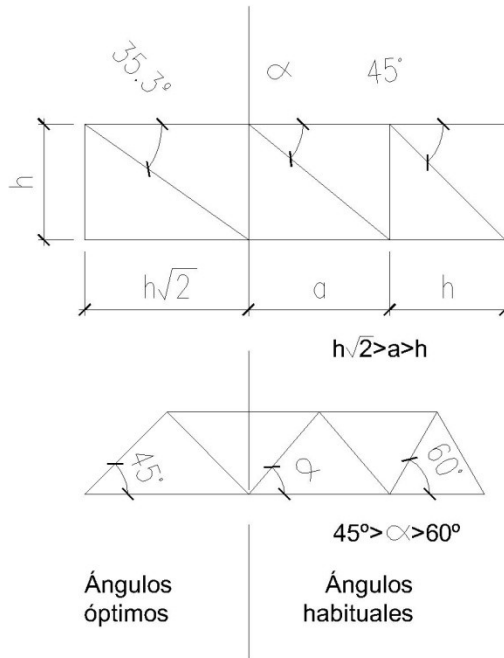
$$h = \frac{L}{15}$$



PREDIMENSIONADO DE CERCHAS DE ACERO

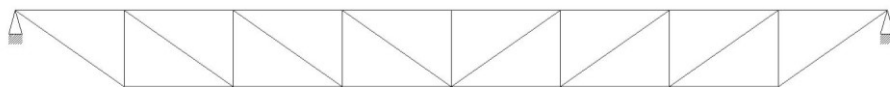
El empleo de cerchas ya bien sean bidimensionales o tridimensionales es un hecho común en arquitectura. Son elementos que permiten alcanzar grandes luces con un coste de material bajo.

Es fundamental entender el funcionamiento de una cercha como un elemento “viga” en el que el cordón superior trabaja a compresión, el inferior a tracción y los montantes y diagonales se encargan de soportar el cortante y de redistribuir los esfuerzos. Así pues, es necesario conocer la incidencia de los ángulos para garantizar un diseño adecuado y que optimice los materiales. Según Ricardo Aroca, la disposición geométrica responde al esquema mostrado.



Además de lo expuesto es interesante incidir en algunos consejos añadidos de diseño que favorezcan el objetivo explicado:

- Búsqueda de la simetría, ésta hará que el reparto de cargas sea homogéneo.
- Disponer las diagonales de manera que trabajen a tracción según el esquema de la “viga Pratt”. Se evita así que éstas pandeen.

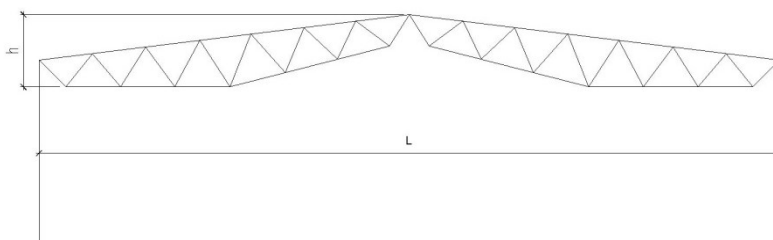


- La distancia entre cerchas suele ser del orden de cinco metros.

Predimensionado general según ITEA (1985)

El organismo ITEA en su publicación “guía de diseño para edificios con estructura de acero, vol. 2” indica las siguientes relaciones canto luz para el predimensionado de cerchas (para uniones rígidas usar los valores mayores):

Esquema de cargas para celosías de un vano	Relación luz/canto
Carga grande	L/12-15
Carga media	L/15-18
Carga ligera (cubiertas ligeras)	L/18-21



Predimensionado de celosías de cubiertas inclinadas según “Access-Steel”

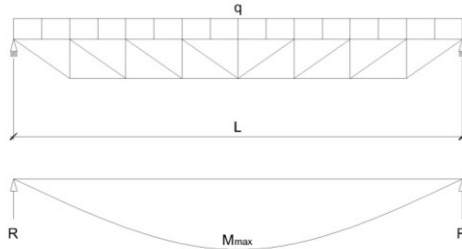
La página web Access-Steel de soluciones en acero acordes al Eurocódigo recomienda las siguientes relaciones canto – luz para cubiertas inclinadas con pendientes a dos aguas comprendidas entre 1/16 y 1/10. La altura del “triángulo” que forma la cubierta responderá a:

Pendiente del alero	Valor del canto de la celosía en el apoyo
1/16	L/25-30
1/10	L/35-40

“Números gordos en el proyecto de estructuras” emplea la relación L/15-20, más general pero también válida.

Predimensionado de las barras

El predimensionado de las barras coincide con el cálculo pormenorizado puesto que es un procedimiento sencillo y no tedioso. Se parte del esquema de cargas y gráfica de flexiones:



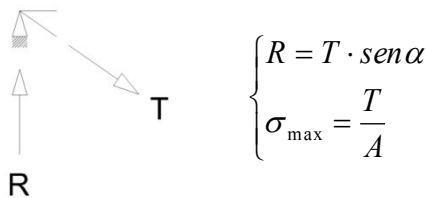
En el centro del vano el momento flector será máximo de valor

$$M_{max} = \frac{qL^2}{8}$$

El cortante será máximo en el apoyo de valor $V_{max} = R = \frac{qL}{2}$

d) Dimensionado de las diagonales:

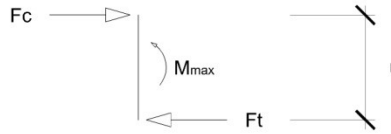
Se comprobarán en el apoyo donde el valor T (tracción) es máximo:



Con $\sigma_{max} = f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$ siendo $\gamma_{M0} = 1.05$ se despeja el área de acero y se asigna el tipo de perfila elegir.

e) Dimensionado de los cordones inferior y superior:

Se parte del momento máximo en el centro del vano. En dx a la izquierda del centro el equilibrio será el mostrado a continuación.



El valor de F_c (compresión) y F_t (tracción) han de ser iguales para equilibrar el sistema.

De manera que $F_c = F_t$, luego $M_{\max} = C \cdot 2h$, se sustituye en la ecuación básica de la tensión admisible y queda:

$$A = \frac{M_{\max}}{2 \cdot h \cdot \sigma_{\max}} \quad \text{Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{con } \gamma_{M0} = 1.05$$

A continuación se elige de nuevo un perfil en función del área.

Nota: como se ha podido comprobar, el perfil asignado tanto para el cordón superior e inferior es el mismo puesto que la carga es la misma. Sin embargo hay que hacer un matiz y es que si el cordón comprimido fuera susceptible de pandeo habría que comprobar que se resista dicho fenómeno mediante la carga de pandeo de Euler:

$$N_{\max} = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

Con β de valor 1 por estar biarticulada

Comprobación a flecha

La comprobación a flecha se podrá realizar empleando el criterio indicado en la página 74 tomando como valor de inercia el dado por las siguientes expresiones:

Cerchas con cordones diferentes

Cerchas con cordones iguales

$$I_{cercha} = \sum \frac{A_c \cdot d^2}{4}$$

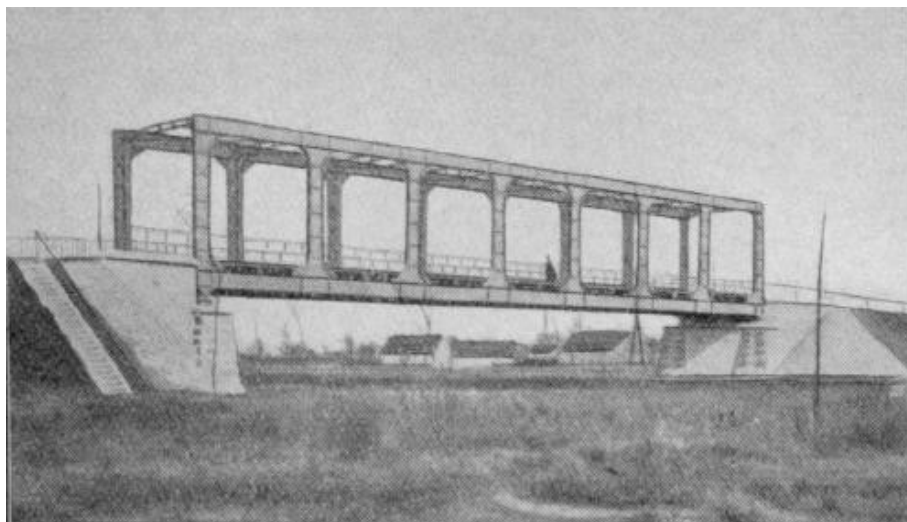
$$I_{cercha} = \frac{A_c \cdot d^2}{4}$$

Siendo:

- A_c : área de los cordones
- d : canto de la cercha.

PREDIMENSIONADO DE VIGAS VIERENDEEL DE ACERO

Como se ha indicado en el capítulo de hormigón, las vigas vierendeel son cerchas a las que se les suprimen los diagonales de manera que para garantizar la estabilidad los nudos se convierten en rígidos.



Cuatro puente entre Ruien y Avelgem. Año: 1904

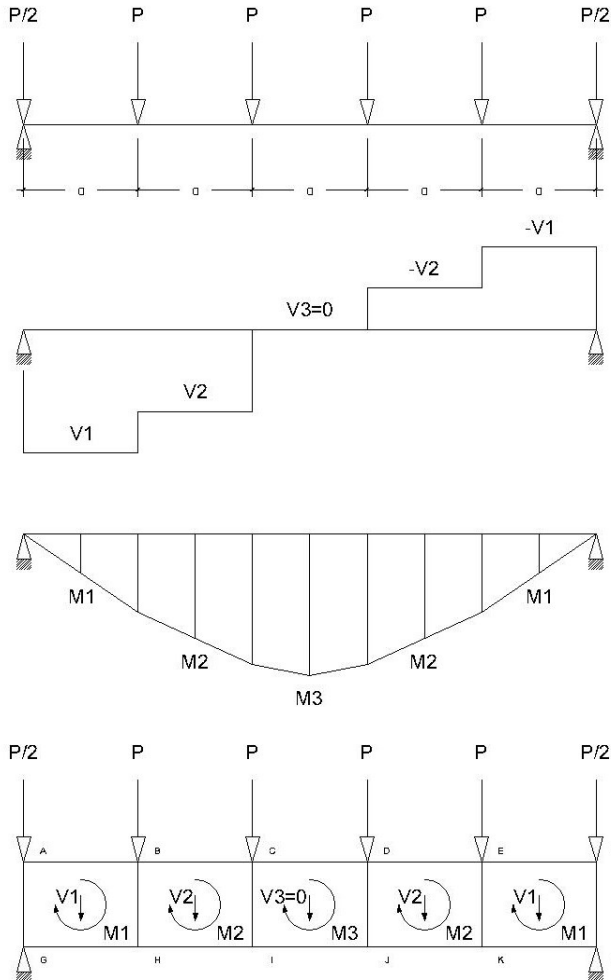
Los consejos fundamentales de diseño son:

- Búsqueda de la simetría, ésta hará que el reparto de cargas sea homogéneo.
- Utilización de modulaciones grandes (distancia entre montantes) junto con cantos reducidos optimiza su comportamiento estructural, es decir, geometría rectangular de los huecos con dimensión mayor en longitud.
- El empleo de perfiles tubulares aprovecha mejor las características del conjunto aportando además mayor masividad para la resistencia al fuego.
- El empleo de cordones continuos reduce favorece la sencillez constructiva y la armonía visual no afectando al comportamiento estructural óptimo.
- Las luces óptimas para vigas vierendeel están entre los 6 y los 18 metros.
- La relación canto - luz aproximada para estas vigas es $h = L/8-10$.

Predimensionado general según Hugon, A. y Serre, M.

En la publicación “Cálculos y ensayos, estudio de los proyectos” de los anteriores autores se propone el siguiente método aproximado para vigas con cargas actuantes en los nudos, elementos de igual inercia y puntos de momento nulo en el centro de las barras. El momento en los nudos tiene valor cero.

Se han de analizar los 4 puntos más desfavorables: el cordón superior en el vano central, el cordón superior junto al apoyo, el montante ubicado en el apoyo y el primer montante tras el apoyo. Para obtener los esfuerzos en dichos puntos se puede recurrir a los diagramas de una viga análoga independiente.



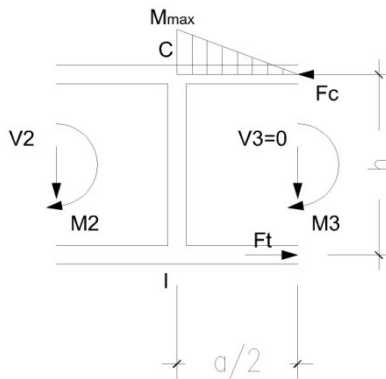
Puesto que se trata de una fase de predimensionado se puede asumir que los esfuerzos cortantes internos van a quedar siempre absorbidos por el perfil sin problemas.

f) Dimensionado del cordón superior e inferior:

Para simplificar la operación se considera que se dispondrá el mismo perfil para el cordón superior e inferior.

Se analizará el caso del cordón superior en el centro del vano y junto al apoyo. El perfil resultante habrá de cumplir ambos requisitos.

- 1- En el centro del vano: su esfuerzo más desfavorable es la compresión. Deberá comprobarse a flexo-compresión (puesto que el superior queda comprimido) y a pandeo. Los valores serán los siguientes:



- *Flexión:* el momento de cálculo será de valor:

$$M_{max} = \frac{V_3 \cdot a}{2 \cdot 2}$$

Para la elección del perfil se busca emplea la equivalencia del módulo resistente:

$$W_{pl} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} \text{ Siendo } \sigma_{max} = f_{yd} = \frac{fy}{\gamma_{M0}} \text{ con } \gamma_{M0} = 1.05$$

- *Compresión:* el momento en el centro del vano genera un esfuerzo de compresión "Fc" de valor:

$$F_c = \frac{M_3}{h}$$

Para la elección del perfil se dimensiona el perfil a resistencia:

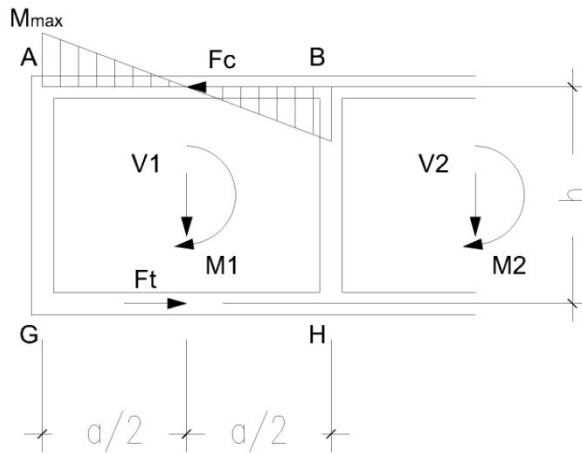
$$A = \frac{F_c}{\sigma_{\max}} \quad \text{Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{con } \gamma_{M0} = 1.05$$

- *Pandeo*: empleando el anterior valor "Fc" se recurre a la fórmula de la carga crítica de Euler:

$$F_c = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

Con β de valor 0.5 por estar biempotrada

- 2- *Junto al apoyo*: su esfuerzo más desfavorable es la flexión. Deberá comprobarse a flexo-compresión (puesto que el superior queda comprimido) y a pandeo. Los valores serán los siguientes:



- *Flexión*: el momento de cálculo será de valor:

$$M_{\max} = \frac{V_1 \cdot a}{2}$$

Para la elección del perfil se busca emplea la equivalencia del módulo resistente:

$$W_{pl} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}} \text{ Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{fy}{\gamma_{M0}} \text{ con } \gamma_{M0} = 1.05$$

- *Compresión*: el momento en el centro del vano genera un esfuerzo de compresión "Fc" de valor:

$$Fc = \frac{M_1}{h}$$

Para la elección del perfil se dimensiona el perfil a resistencia:

$$A = \frac{Fc}{\sigma_{\max}} \text{ Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{fy}{\gamma_{M0}} \text{ con } \gamma_{M0} = 1.05$$

- *Pandeo*: empleando el anterior valor "Fc" se recurre a la fórmula de la carga crítica de Euler:

$$Fc = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

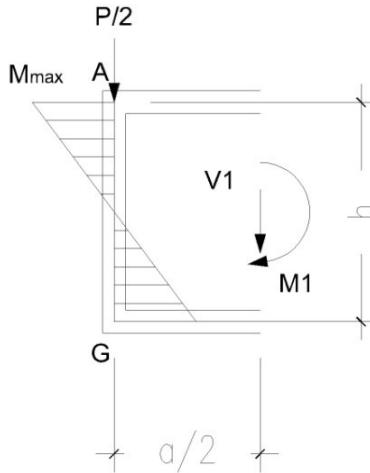
Con β de valor 0.5 por estar biempotrada.

g) Dimensionado de los montantes:

Para simplificar la operación se considera que se dispondrá el mismo perfil a lo largo de toda la longitud.

Se analizarán el primer los montantes del apoyo y el primero tras éste. El perfil resultante habrá de cumplir ambos requisitos.

- 1- Montante del apoyo: su esfuerzo más desfavorable es la flexión. Deberá comprobarse a flexo-compresión y a pandeo. Los valores serán los siguientes:



- **Flexión:** el momento máximo será de valor:

$$M_{\max} = \frac{V_1 \cdot a}{4}$$

Para la elección del perfil se busca emplea la equivalencia del módulo resistente:

$$W_{pl} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}} \quad \text{Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{con } \gamma_{M0} = 1.05$$

- **Compresión (resistencia):** el valor de la compresión (P') se podrá hallar mediante la siguiente expresión:

$$P' = \frac{\Sigma P}{2} + \frac{P}{2}$$

Es decir, la mitad de la suma de todas las cargas puntuales más el valor de la carga en el nudo superior al apoyo.

Se procederá al cálculo:

$$A = \frac{P'}{\sigma_{\max}} \quad \text{Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{con } \gamma_{M0} = 1.05$$

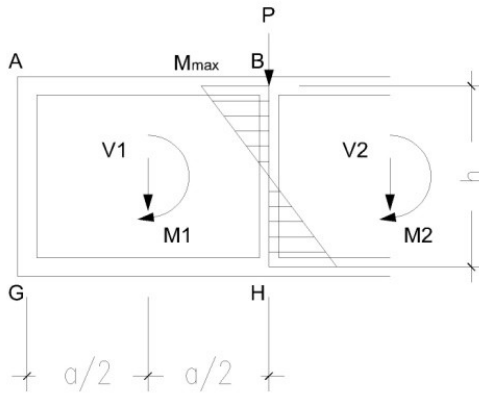
- **Pandeo:** empleando el anterior valor "P'" se recurre a la fórmula de la carga crítica de Euler:

$$P' = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

Con β de valor 0.5 por estar biempotrada.

Se elegirá un perfil que cumpla los requisitos de módulo resistente, inercia y área.

- 2- Primer montante tras el apoyo: su esfuerzo más desfavorable es la flexión. Deberá comprobarse a flexo-compresión y a pandeo. Los valores serán los siguientes:



- *Flexión*: el momento máximo será de valor:

$$M_{max} = \frac{V_1 \cdot a}{4} + \frac{V_2 \cdot a}{4}$$

Para la elección del perfil se busca emplea la equivalencia del módulo resistente:

$$W_{pl} = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} \quad \text{Siendo} \quad \sigma_{max} = f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{con} \quad \gamma_{M0} = 1.05$$

- *Compresión (resistencia)*: el valor de la compresión (P') equivale a la carga puntual aplicada en el nudo ($P'=P$). Se procederá al cálculo:

$$A = \frac{P'}{\sigma_{\max}} \text{ Siendo } \sigma_{\max} = f_{yd} = \frac{fy}{\gamma_{M0}} \text{ con } \gamma_{M0} = 1.05$$

- *Pandeo*: empleando el anterior valor "P'" se recurre a la fórmula de la carga crítica de Euler:

$$P' = \left(\frac{\pi}{\beta \cdot l} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

Con β de valor 0.5 por estar biempotrada.

Se elegirá un perfil que cumpla los requisitos de módulo resistente, inercia y área.

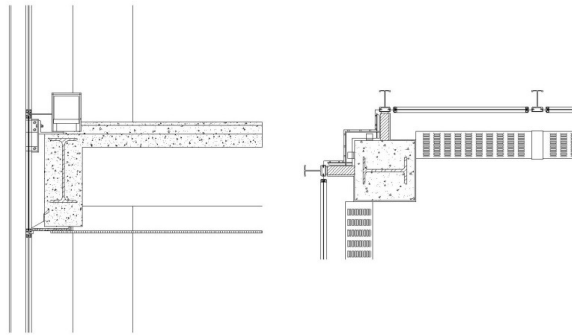
Nota: en el caso de los montantes, si las cargas puntuales estuvieran aplicadas en los nudos inferiores, los esfuerzos serían de tracción en vez de compresión pudiéndose así evitar el cálculo a pandeo.

PARTE IV: ESTRUCTURAS MIXTAS HORMIGÓN Y ACERO

Se estudiarán los elementos habituales en edificación para estructura mixta de hormigón y acero. Las relaciones expuestas a continuación se consideran disponiendo las barras de acero en la posición más favorable para resistir el esfuerzo principal. No se estudiarán las uniones ni su diseño, pero el proyectista habrá que contar con la necesidad de concebir la estructura con la mayor sencillez posible para garantizar su sencilla ejecución y mantenimiento. Asimismo, de manera general, se recomienda el empleo de conectores para garantizar un funcionamiento más solidario entre los elementos de hormigón y metálicos.

CONSIDERACIONES PREVIAS DE ESTRUCTURAS MIXTAS

La combinación del acero y el hormigón es un hecho habitual en edificación. La interacción de ambos elementos es adecuada puesto que el hormigón protege al acero ante la corrosión y el fuego y el acero aporta una gran resistencia estructural. Además, con el empleo inteligente de ambos, se puede optimizar el comportamiento frente a la acción de cargas y la integración posterior de elementos en su haber.



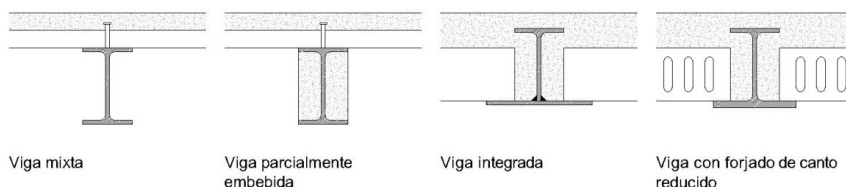
La ilustración muestra los detalles de pilares, forjados y vigas del edificio Seagram (Nueva York 1954-58) de Mies van der Rohe en los que se puede apreciar la protección del acero así como la integración de las instalaciones en el hueco dejado por el canto de la viga para el falso techo.

La entidad Access – Steel en su publicación “Proyecto básico: coordinación del diseño estructural y arquitectónico para edificios de varias plantas con estructuras de acero” aporta los siguientes consejos de diseño y predimensionado:

Ratios de predimensionado para estructuras mixtas:

Las relaciones canto luz para el predimensionado de las vigas de acero según su empleo podrán estimarse mediante los valores:

Tipo de viga	Relación luz/canto
Vigas mixtas	L/25
Vigas aligeradas (alveolares)	L/25
Vigas principales armadas	L/20
Forjados con canto reducido o vigas integradas	L/25



Nota: una viga mixta se diferencia de una corriente en que la primera lleva conectores para el trabajo solidario con el forjado, por ello es que la relación es menor que $h = L/15-20$ propuesta en el capítulo de acero.

Opciones estructurales disponibles:

Las opciones más habituales para la edificación en estructura mixta responden a la siguiente tabla:

Tipología	Luces
Vigas mixtas con forjados mixtos	6-13 m
Vigas no mixtas con losas prefabricadas	6-9 m
Vigas mixtas parcialmente embebidas	6-12 m
Vigas aligeradas o armadas con forjado mixto	8-18 m
Forjados de canto reducido o vigas integradas	5-9 m

Métodos de diseño posibles:

Existen dos métodos posibles para el diseño de entramados mixtos:

- Vigas principales largas y vigas secundarias cortas: las vigas principales tendrán un canto mayor que las secundarias. Sus ventajas son: la integración de servicios en el canto que genera el falso techo o en la apertura que se puede hacer cerca del vano central y el ahorro en protección contra incendios debido a la mayor masividad.
- Vigas principales cortas y vigas secundarias largas: se conseguirá que los cantos de ambas sean parecidos con las ventajas derivadas de: relaciones canto – luz entre 20 y 25, posibilidad de integración (se podrán aligerar las vigas secundarias hasta en un 70% del alma posibilitando el paso de instalaciones a través de éstas), así como una gran facilidad para la protección del fuego puesto que la ejecución de cajeados o similares será más sencilla.

Rangos para las luces de los sistemas estructurales:

El orden de las luces acordes a los diferentes sistemas estructurales que consiguen la optimización de éstos responde al siguiente gráfico:

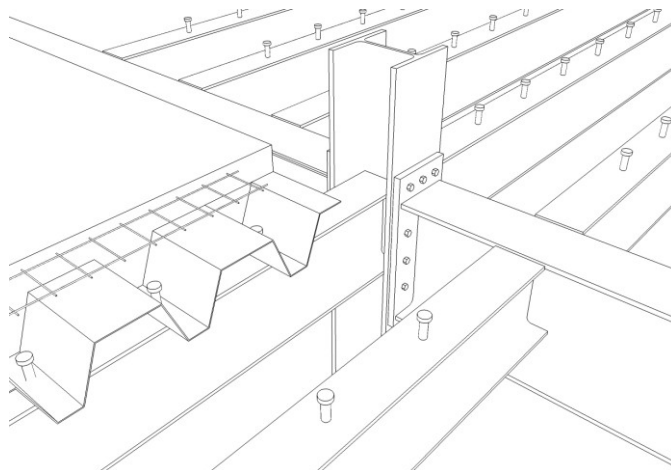
	Tramo (m)					
	6	8	10	13	16	20
Losa plana de hormigón armado	■					
Vigas con forjado de canto reducido y forjados mixtos de gran canto	■	■				
Vigas integradas con losas prefabricadas	■	■	■			
Vigas y losa de hormigón armado		■	■	■		
Losa plana de hormigón pretensado			■	■		
Viga y losa mixta		■	■	■		
Vigas armadas de alma aligerada			■	■	■	
Vigas mixtas aligeradas			■	■	■	
Celosías mixtas				■	■	■

Ventajas de la construcción con estructuras de grandes luces:

- Se eliminan las columnas interiores, logrando un uso más flexible y eficiente de espacio interior.
- Pueden integrarse los servicios dentro del canto de la estructura, de tal forma que la altura de planta a planta no se incremente.
- Se requieren menos componentes (en general 30% menos vigas) logrando reducciones en los tiempos de construcción e instalación.
- Los costes de protección contra incendios pueden reducirse debido a la masividad de los miembros de longitud mayor.
- Para las vigas aligeradas, los conductos redondos múltiples para los servicios son más baratos que los conductos rectangulares.
- No se aumentan significativamente los costes para construir la estructura de acero, a pesar de tener luces más largas.
- En conjunto, los costes del edificio se incrementan en una cantidad despreciable (menos del 1%).

VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS DE ESTRUCTURAS MIXTAS

Los entramados de estructura mixta contienen dos tipos de vigas: las principales y las secundarias.



Las vigas principales se encargan de soportar las cargas de forjados y la transmiten a los pilares a los que están directamente unidos.

Las vigas secundarias son las encargadas de recibir de manera directa el peso propio del forjado y de las cargas que soporta para transmitir las posteriormente a las vigas principales.

Predimensionado de vigas principales:

Las dimensiones aproximadas para vigas sometidas a cargas habituales de edificación y sobrecargas de valor 3 kN/m^2 más 1 kN/m^2 para tabiques, etc. responderán a:

Tamaños típicos de vigas principales mixtas en secciones IPE

Vano vigas secundarias	Vano máximo viga principal				
	6 m	7.5 m	9 m	10.5 m	12 m
6m	IPE 360	IPE 400	IPE 450	IPE 550	IPE 600R
	IPE 400	IPE 450	IPE 550	IPE 600R	IPE 750X137
7.5m	IPE 450	IPE 500	IPE 600	IPE 750X137	IPE 750X173
	IPE 500	IPE 600	IPE 750X137	IPE 750X173	

Predimensionado de vigas secundarias:

Las dimensiones de vigas secundarias bajo las siguientes condiciones: soportando losas con canto de 130 mm, y espaciamiento de vigas de 3 m, y sobrecarga de 3 kN/m^2 más 1 kN/m^2 para tabiquería, etc. responderán a:

**Tamaños típicos de vigas secundarias mixtas
en secciones IPE/HE (S235)**

Vigas perfiles laminados	Máxima longitud de la viga				
	6m	7.5m	9m	10.5m	12m
Peso mínimo	IPE 270A	IPE 300	IPE 360	IPE 400	IPE 500
Canto mínimo	HE 220A	HE 240A	HE 280A	HE 320A	HE 340B

Las longitudes máximas de vigas secundarias bajo las siguientes condiciones: sobrecarga de valor 3 kN/m^2 más 1 kN/m^2 para tabiquería, etc. canto de losa de 130mm y espaciamiento de vigas de 3 m serán:

Longitudes máximas de viga mixta para cargas típicas de oficina

YPE	Longitud (m)	HEA	Longitud (m)	HEB	Longitud (m)
200	5	200	5.8	200	6.7
220	5.6	220	6.5	220	7.7
240	6.2	240	7.3	240	8.6
-	-	260	8	260	9.3
270	7	280	8.7	280	9.9
300	7.9	300	9.6	300	10.9
330	8.4	320	10.3	320	11.6
-	-	340	11.3	340	12.3
360	9.4	360	11.9	360	12.9
400	10.4	400	13.1	400	13.8
450	12.2	450	14.2	450	14.7
500	13.6	500	15.1	500	15.6
550	14.7	550	15.9	550	16.4
600	15.7	600	16.6	600	17.1

Las dimensiones de vigas aligeradas que estén bajo losas con canto de 130 mm, y estén espaciadas 3 m, con sobrecarga de 3 kN/m^2 más 1 kN/m^2 para tabiquería, etc. responderán a:

Tamaño de vigas aligeradas circulares mixtas como vigas secundarias (IPEs y HEs en S355)

Vigas aligeradas circulares	Longitud máxima de la viga (m)				
	12	13.5	15	16.5	18
Diámetro abertura (mm)	300	350	400	450	500
Canto de viga (mm)	460	525	570	630	675
Cordón superior	IPE 360	IPE 400	IPE 400	IPE 450	IPE 500
Cordón inferior	HE 260A	HE300A	HE 340B	HE 360B	HE 400M

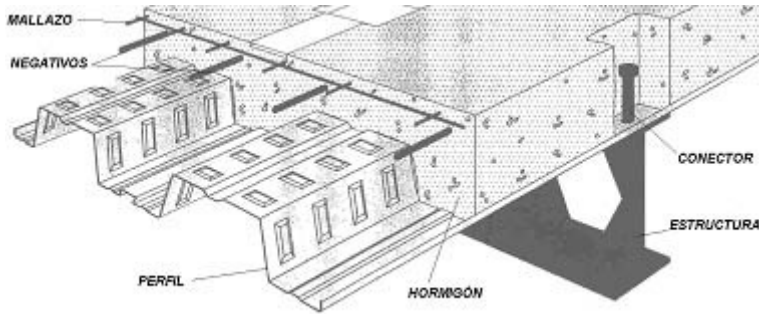
Uniones:

Las uniones viga principal a pilar se harán a las almas de éstos mediante unión empotrada (ejemplo: chapa de testa soldada a la sección de la viga y atornillada al ala del pilar).

Las uniones de las vigas secundarias a las principales serán articuladas (ejemplo: mediante perfiles en L atornillados a las almas de ambas o soldadura entre almas).

FORJADOS MIXTOS DE CHAPA COLABORANTE

Los forjados de chapa colaborante son forjados mixtos constituidos por una chapa grecada metálica que actúa como encofrado perdido y una losa de hormigón que queda nervada debido a las grecas de dicha chapa.



Se emplean para luces pequeñas y tienen la ventaja de un rápido montaje y ejecución sencilla. Si las luces que ha de cubrir son largas se habrá de apuntalar. Se emplea sobre viguetas metálicas, generalmente apoyado sobre ellas. Puede conseguirse continuidad entre vanos aprovechando el mallazo de manera que si se densifica podrá servir para absorber los negativos. Los vuelos máximos admisibles comprenden 0.5 y 1 m.

Predimensionado de forjados de chapa colaborante:

Los forjados de chapa colaborante (sea cual sea la forma de su greca) podrán estimarse en una fase previa de diseño acorde a la siguiente tabla propuesta por el departamento de estructuras de la Universidad Politécnica de Cataluña:

Forjados de chapa colaborante			
Tipología	Características	Luz (m)	Canto "h" (m)
Unidireccional	Valores máximos	< 5.00	0.1 -0.2
	Valores recomendables	3.00-5.00	0.12-0.16
	Relación canto luz	$h = L / [23-27]$	

PILARES MIXTOS DE HORMIGÓN Y ACERO

Los pilares mixtos de hormigón y acero son soportes cuyas características resistentes se ven potenciadas por la interacción de ambos materiales.



Se han utilizado, por ejemplo, en edificios de gran altura en los que la resistencia del acero ha sido clave pero su inestabilidad ante el fuego ha llevado a un refuerzo mediante hormigón estructural, creando así un elemento mucho más resistente a las solicitaciones varias.

Condiciones previas para el predimensionado

Según el método sugerido por Jiménez Montoya, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Área del acero de los perfiles menor o igual al 20% de la sección total del soporte.
2. Las secciones rectangulares o cuadradas deberán tener al menos cuatro redondos (uno por esquina) conectados mediante cercos. (Condiciones iguales a las de los pilares normales).
3. La distancia del perfil al cerco habrá de ser mayor o igual a 5 cm.
4. Las zonas de huecos deberán poder quedar rellenas de hormigón.
5. Esbeltez de los pilares menor o igual a 15.

Predimensionado de pilares mixtos

Se predimensionarán empleando la siguiente expresión:

$$1.2 \cdot N_d \leq N_u = 0.85 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} + A_p \cdot f_{ydp}$$

Siendo:

- N_d : axil de cálculo mayorado.
- A_c : área de hormigón (descontando el perfil).
- A_s : área de armados. $A_s = 0.004 A_c$
- A_p : área del perfil
- f_{cd} : resistencia de cálculo del hormigón $f_{cd} = f_{ck}/1.5$
- f_{yd} : resistencia de cálculo del armado $f_{yd} = f_{yk}/1.15$
- f_{ydp} : resistencia de cálculo del perfil $f_{ydp} = f_y/1.05$

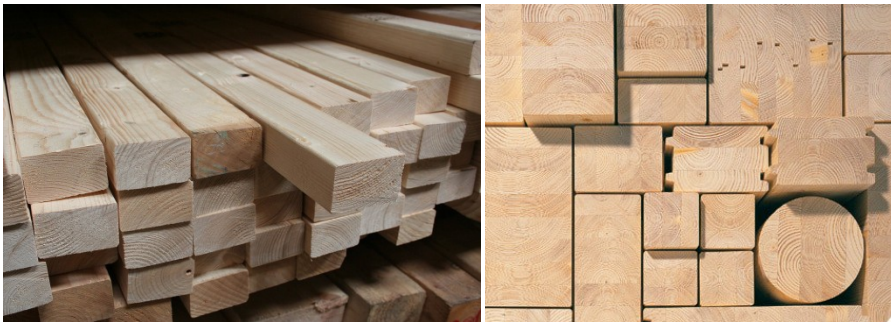
PARTE V: ESTRUCTURAS DE MADERA

Se estudiarán los elementos habituales en edificación para estructura de madera. Las relaciones expuestas a continuación se consideran disponiendo las barras en la posición más favorable para resistir el esfuerzo principal. No se estudiarán las uniones ni su diseño, pero el proyectista habrá que contar con la necesidad de concebir la estructura con la mayor sencillez posible para garantizar su sencilla ejecución y mantenimiento.

LA MADERA

La madera es un material natural que en arquitectura se puede manifestar en forma de madera aserrada (proviene de los árboles) o elementos fabricados a base de madera como pueden ser los tableros o la madera laminada.

La madera aserrada se aprovecha sustancialmente haciendo que las cargas principales discurran en la medida de lo posible en la dirección de las fibras.



La madera laminada encolada es un material constituido por grandes piezas obtenidas a partir de tablas o láminas de dimensiones relativamente pequeñas en relación a la pieza final, empalmadas longitudinal y transversalmente mediante colas sintéticas.

Las láminas se disponen de modo que sus fibras sean paralelas. Las directrices de estas piezas pueden ser rectas o curvas. Y su longitud y canto puede aumentarse fácilmente añadiendo más láminas o empalmando piezas.

La madera aserrada:

La madera aserrada ha de ser elegida en función del uso al que se vaya a destinar y su especie. Existen multitud de especies arbóreas con posible aplicación estructural pero básicamente se dividen en tres familias:

- *Coníferas:* engloba a: abetos, cedros, cipreses, secuoyas y a su especie más empleada, el pino.

Las clases resistentes son: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50. Sin embargo no se recomienda emplear nunca valores inferiores a C18. Las cuantías de los números indican la resistencia a flexión expresada en N/mm^2 . La más empleada es la C24.

Para el predimensionado se concluye que el tipo básico de madera aserrada conífera será el pino. Sus características serán:

1. Se puede estimar el valor de la resistencia a compresión igual a la de tracción, cifrado en $8 N/mm^2$.
2. La resistencia a flexión será de $9 N/mm^2$.
3. El módulo de elasticidad $E = 11000 N/mm^2$

- *Frondosas*: engloba a: acacias, abedules, castaños, hayas, fresnos, nogales, chopos y a su especie más empleada, el roble.

Las clases resistentes son: D30, D35, D40, D50, D60 y D70. No existen recomendaciones de calidades mínimas para especies frondosas. Las cuantías de los números indican la resistencia a flexión expresada en N/mm^2 . La más empleada es la D30.

Para el predimensionado se concluye que el tipo básico de madera aserrada frondosa será el roble. Sus características serán:

1. Se puede estimar el valor de la resistencia a compresión igual a la de tracción, cifrado en $10 N/mm^2$.
2. La resistencia a flexión será de $13 N/mm^2$.
3. El módulo de elasticidad $E = 12500 N/mm^2$

- *Tropicales*: su aplicación estructural es inexistente debido a su altísimo precio.

De todas sus características físicas conviene destacar la higroscopicidad, es decir, en ella se producen fluctuaciones en su contenido de humedad que la llevan a variaciones dimensionales importantes. Para ello será necesario un análisis del contenido de humedad relativo al ambiente de empleo para, en caso necesario, aplicar un tratamiento adecuado.

La madera laminada encolada:

Se caracteriza por características mecánicas buenas a flexión y compresión con alta estabilidad dimensional en el sentido longitudinal.

Las maderas más empleadas para su concepción son: el pino, el abeto, la picea y el alerce. Los tipos de cola más frecuentes son: la resorcina fenol, la caseína, y las urea fenol y formol. Los gramajes deben estar entre los 300 y 600g/m².

Las clases resistentes son: GL24, GL28, GL32 y GL36. Las cuantías de los números indican la resistencia a flexión expresada en N/mm². La más empleada es la GL24.

Para el predimensionado se concluye que el tipo básico de madera aserrada conífera será el pino. Sus características serán:

1. Se puede estimar el valor de la resistencia a compresión igual a la a flexión, cifrado en 11.5 N/mm².
2. La resistencia a tracción será de 8 N/mm².
3. El módulo de elasticidad $E = 11600\text{N/mm}^2$

De sus características físicas conviene destacar que tiene baja conductividad térmica y buen comportamiento ante el fuego. Es un material poco pesado lo que facilita la concepción de estructuras ligeras que permiten un montaje sencillo.

Sus desventajas son la gran higroscopicidad, que promueve el ataque biológico y los cambios dimensionales, y debilidad ante los rayos ultravioleta y la lluvia. Por ello no se recomienda su uso para exteriores.

La madera microlaminada:

Se trata de una variante de la madera laminada formada con chapas de madera de tamaño muy pequeño. Se caracteriza por sus excelentes cualidades mecánicas que para una fase de predimensionado se pueden asimilar a:

1. La resistencia a flexión = 9.6 N/mm².
2. Resistencia a compresión = 18.9 N/mm².
3. Resistencia a tracción = 12.9 N/mm².
4. Resistencia a cortante = 2 N/mm².
5. El módulo de elasticidad $E=14000\text{ N/mm}^2$.

De ello se deduce su idoneidad para el empleo como vigas y viguetas siempre que no posean cargas puntuales significativas.

Actualmente se emplean para la prefabricación de viguetas en doble T.

Tableros:

Las familias de tableros estructurales de madera son los tableros: contrachapados, de partículas, de virutas, de fibras de densidad media (DM), de fibras duros y de partículas aglomeradas con cemento.

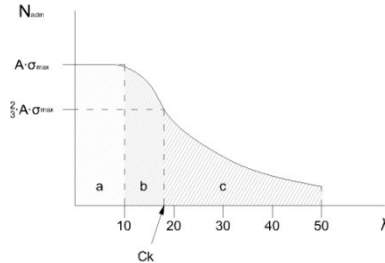
Sus características físicas, mecánicas y formales dependen mucho de la tipología interna. Puesto que para los precálculos que se indicarán posteriormente no se requieren de dichos datos no se hará mayor hincapié en ellos.

Uniones:

No es competencia de esta publicación el estudio de las uniones puesto que no tienen mayor relevancia espacial. Sin embargo es interesante señalar la enorme diversidad de posibilidades que existen para la realización de uniones en madera. Los mecanismos principales para su concepción son: clavos, tirafondos, tornillos, pernos, pasadores, pletinas, chapas, conectores metálicos, ensambles, empalmes y acopladuras.

PREDIMENSIONADO DE PILARES DE MADERA

El predimensionado de pilares de madera se puede realizar atendiendo a la geometría de la estructura de una manera adecuada. Habrá que tener en cuenta las condiciones de longitud efectiva de pandeo que son diferentes para pilares de madera acorde a las indicaciones de “Estructuras de madera. Diseño y cálculo”.



Carga admisible en columnas de madera

- a Columnas cortas
- b Columnas intermedias
- c Columnas largas

Previamente habrá que considerar la clasificación de los pilares en relación a la curva de esbeltez. Se diferencian tres tipos: cortos, intermedios y largos. Los pilares cortos colapsarán por resistencia y los largos por pandeo. Los intermedios adolecerán de un defecto u otro según se acerquen a un sector u otro.

Predimensionado geométrico:

Tras observar el gráfico anterior, se puede ver que las clasificaciones quedan marcadas por la esbeltez. Es así que, para dimensionar un pilar bastará con obtener el tamaño de la sección según la siguiente relación de esbeltez:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d}$$

Siendo:

- λ : esbeltez geométrica de la sección según:

Esbeltez geométrica según el tipo de pilar

Tipo de pilar	λ
Corto	$\lambda \leq 10$
Intermedio	$10 \leq \lambda \leq Ck$
Largo	$Ck \leq \lambda \leq 50$

El valor de Ck dependerá de si el pilar está aislado (Ck=18) o incluido en un entramado (Ck=21).

En ningún caso se podrán realizar pilares de esbeltez superior a 50.

- l_{ef} : longitud efectiva de pandeo que se obtendrá de la siguiente expresión:

$$L_{ef} = \beta \cdot L, \text{ siendo } L \text{ longitud del pilar entre sus uniones y } \beta:$$

COEFICIENTE DE PANDEO DE PILARES DE MADERA

Condición de sustentación	β
Articulada – articulada	1
Biempotrada desplazable	1.5
Biempotrada	0.75
Empotrada – articulada	1.05
<i>Empotrada - libre</i>	3

Nota: los valores de β se han obtenido de multiplicar los habituales por 1.5 salvo en el caso de articulada – articulada. Ésto se debe a la indicación de Argüelles y Arriaga puesto que las uniones en madera son deformables (semirrígidas) y difícilmente puede hacerse un nudo rígido o empotramiento perfecto.

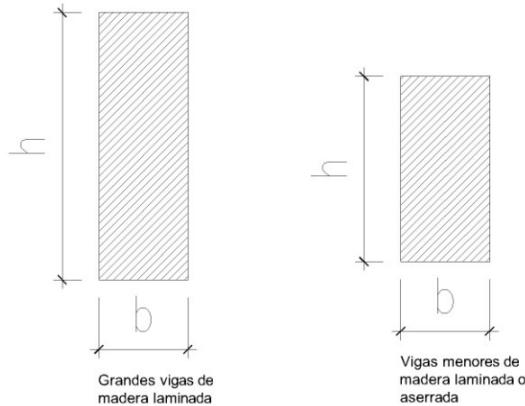
- d: la dimensión menor de la sección del pilar (puesto que en dicho plano es dónde la esbeltez será mayor). En pilares cuadrados, evidentemente, “d” es igual en ambas direcciones.

Así pues, elegir un tipo de pilar u otro dependerá del diseño que se quiera realizar. Los pilares “cortos” serán más resistentes pero también

requerirán de más material. Los pilares “largos” serán menos resistentes pero más esbeltos y con ello, requerirán menor cantidad de madera. Los “intermedios” ofrecerán posibilidades a caballo entre ambas, de manera que, si aún se desconoce qué tipo de espacio se pretende crear, se aconseja el empleo de éstos puesto que se estará en el lado de la seguridad en cualquier caso.

PREDIMENSIONADO DE VIGAS DE MADERA

El diseño de vigas de madera dependerá fundamentalmente de si la madera elegida es aserrada o laminada así como de la luz a salvar. Se recomiendan las siguientes relaciones geométricas para vigas de madera de sección rectangular (las más habituales) para luces iguales o inferiores a los diez o doce metros:



- Las vigas grandes se realizan en madera laminada puesto que ofrecen mejores resistencias a flexión. Habrán de cumplir:

$$\frac{h}{5} \leq b \leq \begin{cases} 18cm \\ 21cm \end{cases}$$

- Las vigas para luces menores, correas, vigas de forjado, etc. se ejecutan tanto en madera aserrada como laminada y responden a:

$$\frac{h}{5} \leq b \leq \frac{h}{3}$$

Predimensionado geométrico de vigas biapoyadas de madera aserrada y laminada encolada:

La relación canto – luz en madera de ambos tipos para vigas biapoyadas corresponde a:

Tipo de madera	Relación luz/canto
Madera aserrada	L/10-15
Madera laminada encolada	L/17

Predimensionado mecánico de vigas biapoyadas:

Conocida la carga por unidad de superficie que recibirá la viga, su anchura y la separación prevista entre vigas se puede estimar el canto acorde a:

$$h \geq K \cdot l \cdot \sqrt[3]{\frac{q \cdot s}{b}}$$

Siendo:

- h: el canto de la viga.
- K: coeficiente relativo al tipo de madera. Madera aserrada emplear $K=10.35 \text{ (kN/m}^2\text{)}^{-1/3}$ y madera laminada $K=9.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}^{-1/3}$
- l: luz del vano a salvar.
- s: separación entre vigas (a ejes).
- q: carga por unidad de superficie (kN/m^2) de valor 4 para pisos y 2 para cubiertas.
- b: base de la viga. Tomar para:
 - Madera aserrada: 6.3, 7.5 ó 10 cm
 - Madera laminada: 10, 12, 14, 16, 18.5 ó 21 cm

Predimensionado mecánico de vigas en voladizo:

Se empleará la siguiente equivalencia:

$$h_{\text{voladizo}} \geq 2.125 \cdot K \cdot l \cdot \sqrt[3]{\frac{q \cdot s}{b}}$$

Siendo:

- h_{voladizo} : el canto de la pieza volada
 - K: coeficiente relativo al tipo de madera. Madera aserrada emplear $K=10.35 \text{ (kN/m}^2\text{)}^{-1/3}$ y madera laminada $K=9.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}^{-1/3}$
 - l: luz del vuelo.
 - s: separación entre vigas (a ejes)
 - q: carga por unidad de superficie (kN/m^2) de valor 4 para pisos y 2 para cubiertas.
 - b: base de la viga. Tomar para:
 - Madera aserrada: 6.3, 7.5 ó 10cm
 - Madera laminada: 10, 12, 14, 16, 18.5 ó 21cm
-

Tabla de predimensionado de vigas biapoyadas de madera laminada encolada:

Conocida la carga que recibirá la viga se puede emplear la siguiente tabla obtenida de la empresa "Holza" para vigas calculadas sobre dos apoyos, en flexión recta y con carga uniformemente repartida con flecha máxima equivalente a 1/300 de la luz de cálculo:

Tabla de predimensionado de vigas de madera laminada encolada biapoyadas												
Luz		Q = carga por metro lineal = kg/m (carga por m ² multiplicado por la distancia interejes)										
	ml.	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00
	100	8 x 9,9	8 x 9,9	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 19,8	10 x 19,8	10 x 19,8	10 x 19,8
	150	8 x 9,9	8 x 13,2	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1
	200	8 x 9,9	8 x 13,2	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1
	250	8 x 13,2	8 x 13,2	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1
	300	8 x 13,2	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1
	400	8 x 13,2	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1
	500	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 23,1
	600	10 x 16,5	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 26,4	10 x 26,4	10 x 26,4	10 x 26,4	10 x 26,4	10 x 26,4	10 x 26,4
	700	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 29,7	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33
	800	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 29,7	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33
	900	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 26,4	10 x 29,7	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33	10 x 33
	1000	10 x 16,5	10 x 19,8	10 x 23,1	10 x 26,4	10 x 33	10 x 36,3	10 x 36,3	10 x 36,3	10 x 36,3	10 x 36,3	10 x 36,3
	1200	10 x 16,5	10 x 23,1	10 x 23,1	10 x 29,7	10 x 33	10 x 39,6	10 x 39,6	10 x 39,6	10 x 39,6	10 x 39,6	10 x 39,6

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

	12,00	11,00	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
12 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	12 x	10 x	10 x
39,6	39,6	36,3	36,3	33	29,7	29,7	29,7	26,4	23,1	23,1	23,1
12 X	12 x	12 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	12 x
46,2	42,9	39,6	39,6	36,3	33	33	33	33	29,7	26,4	23,1
14 x	12 x	12 x	12 x	12 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x
49,5	46,2	42,9	39,6	39,6	36,3	36,3	36,3	36,3	33	29,7	29,7
14 x	14 x	12 x	12 x	12 x	12 x	12 x	10 x	10 x	10 x	10 x	10 x
52,8	49,5	46,2	42,9	42,9	39,6	36,3	39,6	36,3	36,3	33	29,7
16 x	14 x	14 x	12 x	12 x	12 x	12 x	12 x	12 x	12 x	10 x	10 x
52,8	52,8	46,2	46,2	42,9	42,9	42,9	39,6	36,3	36,3	33	33
16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	14 x	12 x	14 x	12 x	12 x	10 x	10 x
59,4	52,8	52,8	49,5	46,2	46,2	46,2	42,9	39,6	39,6	36,3	36,3
16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	14 x	14 x	12 x	12 x	10 x	10 x
62,7	59,4	52,8	52,8	49,5	46,2	46,2	42,9	42,9	39,6	39,6	36,3
18 x	18 x	16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	12 x	12 x	12 x	12 x
64	60,8	56,1	52,8	52,8	49,5	49,5	46,2	46,2	42,9	39,6	36,3
18 x	16 x	16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	12 x	12 x	12 x	12 x
67,2	62,7	59,4	56,1	52,8	52,8	52,8	46,2	46,2	46,2	42,9	39,6
18 x	18 x	16 x	16 x	16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	12 x	12 x
70,4	64	62,7	59,4	56,1	52,8	52,8	49,5	49,5	46,2	42,9	39,6
20 x	18 x	16 x	16 x	16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	12 x	12 x
70,4	67,2	62,7	59,4	56,1	56,1	56,1	52,8	49,5	46,2	46,2	42,9
20 x	18 x	18 x	16 x	16 x	16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	12 x
73,6	70,4	64	62,7	59,4	56,1	56,1	52,8	52,8	49,5	46,2	42,9
20 x	20 x	18 x	18 x	18 x	16 x	16 x	16 x	14 x	14 x	14 x	12 x
80	73,6	67,2	64	62,7	59,4	59,4	56,2	52,8	52,8	49,5	46,2

PREDIMENSIONADO DE FORJADOS DE MADERA

El predimensionado y diseño de vigas de forjados de madera tiene que ver con los elementos que soportan las flexiones principales, las viguetas, y la superficie de apoyo, el tablero o elemento que constituya el forjado.



De aquí en adelante se tratarán los forjados de viguetas de madera aserrada con tablero para los casos más habituales de edificación. La información se ha obtenido del libro “*Casas de madera: cálculo estructural*” de AITIM.

Predimensionado del tablero:

Los espesores habituales de los diferentes tipos de tableros según la separación entre viguetas se pueden obtener de la siguiente tabla:

Material del tablero	Separación entre viguetas (mm)	Espesor mínimo (mm)
Madera aserrada	300	17
	400	17
	600	19
Tablero contrachapado	300	15.5
	400	15.5
	600	19
Tableros de virutas	300	15.9
	400	15.9
	600	19

Predimensionado de viguetas:

El predimensionado de viguetas para cargas ligeras se puede realizar empleando las siguientes tablas:

Tabla de predimensionado de viguetas de forjado								
Sección (mm)	Entreviguetado (cm)	C18	C22	C24	C27	C30	C38	C40
38 x 184	30	292	303	313	322	322	331	340
	40	264	274	283	292	292	300	308
	60	229	238	246	254	254	261	268
38 x 205	30	325	337	349	359	359	369	379
	40	294	305	316	325	325	334	343
	60	255	265	274	283	283	291	298
38 x 235	30	373	387	400	412	412	423	434
	40	338	350	362	373	373	483	393
	60	293	304	314	324	324	333	342
38 x 286	30	454	471	487	501	501	515	529
	40	411	426	441	454	454	467	479
	60	356	370	383	394	394	406	416
44 x 205	30	342	355	367	378	378	388	398
	40	310	321	332	342	342	352	361
	60	269	279	289	297	297	306	314
44 x 230	30	384	398	412	424	424	436	447
	40	348	361	373	384	384	395	405
	60	302	313	324	334	334	343	352
44 x 255	30	426	442	456	470	470	483	496
	40	385	400	413	426	426	438	449
	60	335	347	359	370	370	380	390
44 x 305	30	509	528	546	562	562	578	593
	40	461	478	494	509	509	524	537
	60	400	415	430	443	443	455	467

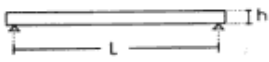
PREDIMENSIONADO: MADERA LAMINADA PARA GRANDES LUCES

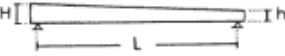
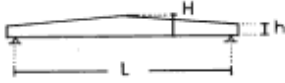
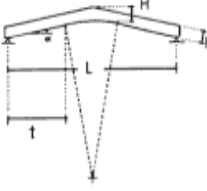
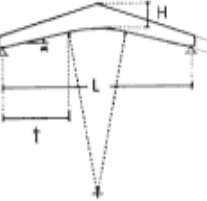
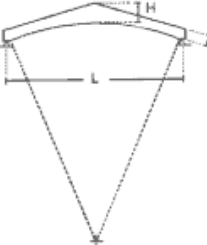
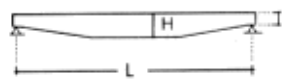

Las estructuras de madera laminada para grandes luces (superiores a los 10-12 m) pueden estimarse empleando los siguientes criterios:



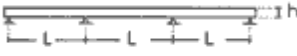

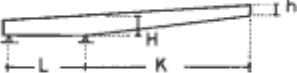
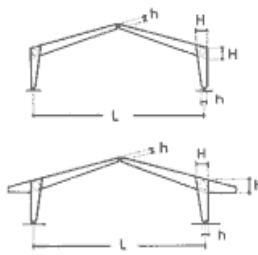
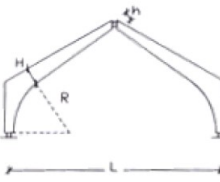
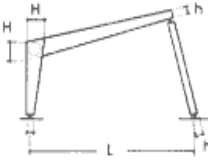

Predimensionado de estructuras principales para grandes luces y forjados ligeros

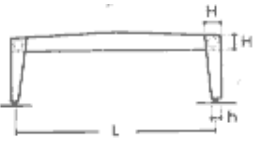


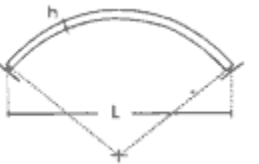

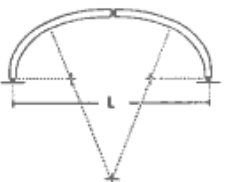
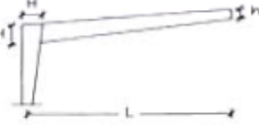
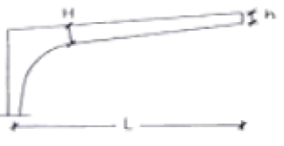
El predimensionado de elementos estructurales principales para estructuras de madera laminada que soporten forjados ligeros puede realizarse empleando las relaciones canto – luz propuestas en la obra “Estructuras de madera. Diseño y cálculo” (Ramón Argüelles y Francisco Arriaga):

Predimensionado de estructuras principales de madera laminada para grandes luces y forjados ligeros					
Sistema estructural		Pendiente cubierta (°)	Separación n (m)	Luces habituales (m)	Valores predimensionado
	Viga recta de canto constante	0	5-12	10-30	$h = L/17$

	Viga a un agua	3-15	5-12	10-30	$h = L/30$ $H = L/15$
	Viga a dos aguas	3-15	5-12	10-35	$h = L/30$ $H = L/15$
	Viga peraltada. Intradós curvo-recto(extremos de canto variable)	5-15	5-10	10-20	$h = L/30$ $H = L/15$ $t = 7L/20$ $\alpha \geq 12^\circ$
	Viga peraltada. Intradós curvo-recto(extremos de canto constante)	5-15	5-10	10-20	$h = L/30$ $H = L/15$ $t = 7L/20$ $\alpha \geq 12^\circ$
	Viga peraltada. Intradós curvo. Puede ser atriantada	5-15	5-7	10-20	$h = L/30$ $H = L/15$
	Viga en vientre de pez	-	5-12	15-35	$h = L/30$ $H = L/15$
	Viga con tirante	-	5-12	15-35	$h = L/40$ $f = L/12$

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

	Viga continua de canto constante	-	5-12	15-35	$h = L/20$
			5-7	10-30	$h = L/25$
	Viga en voladizo	2-12	5-10	$k=5-20$	$L/K = 1/3$ $h = K/45$ $H = K/10$
	Pórtico triarticulado	5-30	5-12	10-18	$h = L/40$ $H = L/17$
	Pórtico triarticulado	10-40	5-12	10-60	$h = L/40$ $H = L/17$ $R \geq 5m$
	Pórtico a un agua triarticulado	30-40	5-10	8-20	$h = L/35$ $H = L/16$
	Pórtico en V invertida, triarticulado	45-60	5-12	10-30	$h = L/25$

	Pórtico biarticulado	0-5	5-10	10-20	$h = L/45$ $H = L/20$
					
					
	Arco biarticulado o triarticulado	-	5-12	20-100	$h = L/50$
	Arco triangular triarticulado o con tirante	mínima 12 _o	5-12	15-50	$h = L/25 \rightarrow L/30$
	Arco biarticulado	-	5-10	20-60	$h = L/35$
	Pórtico voladizo	2-12	5-7	5-8	$h = L/45$ $H = L/10$
	Pórtico voladizo	2-12	5-7	5-12	$h = L/45$ $H = L/10$ $R \geq 5m$

Predimensionado de estructuras principales para grandes luces y forjados pesados

El predimensionado de elementos estructurales principales para estructuras de madera laminada que sustenten forjados pesados puede realizarse empleando las relaciones canto – luz:

Predimensionado para estructuras de madera laminada para grandes luces en forjados pesados

Tipo de pieza	Aplicación	Relación canto - luz
Esbeltas	Industria actual	L/17
No esbeltas	Rehabilitación	L/20

PREDIMENSIONADO DE CERCHAS DE MADERA

Las cerchas de madera, empleadas extensivamente en arquitectura, son elementos que responden a las mismas características geométricas recomendadas que las de acero puesto que su funcionamiento es equivalente.

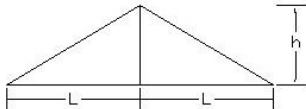
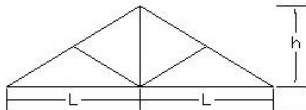
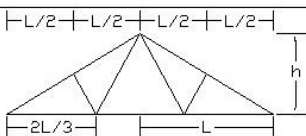
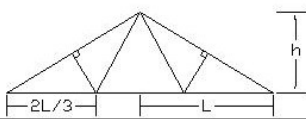
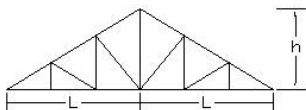
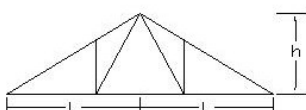
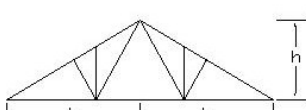


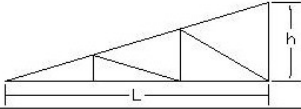
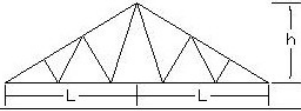
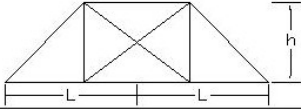
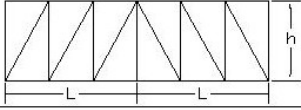
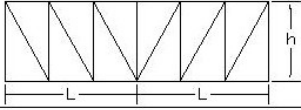
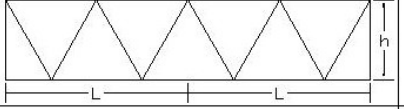
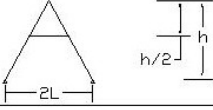
Ejemplo de una cercha de madera tipo Howe

Así pues, los consejos de diseño son los iguales en cuanto a simetría, ángulos (salvo que se indique lo contrario), evitar que las piezas estén comprimidas y separación de unos cinco metros entre cerchas.

Relaciones canto – luz para cerchas de madera según el manual de diseño grupo Andino:

Se proponen las siguientes tablas que establecen las relaciones geométricas y luces recomendadas para las tipologías de cercha más habituales:

FORMA	LUCES APROPIADAS (m)	$\frac{h}{l}$
	4-9	$\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$
A o Montante maestro		
	4-9	$\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$
Montante maestro		
	4-9	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
W		
	4-9	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
W(diagonales perpendiculares)		
	6-12 (más con más paños)	$\frac{1}{4} - \frac{5}{12}$
Howe		
	8-12 (más con más paños)	$\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$
Pratt		
	6-12	$\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$
Abanico		

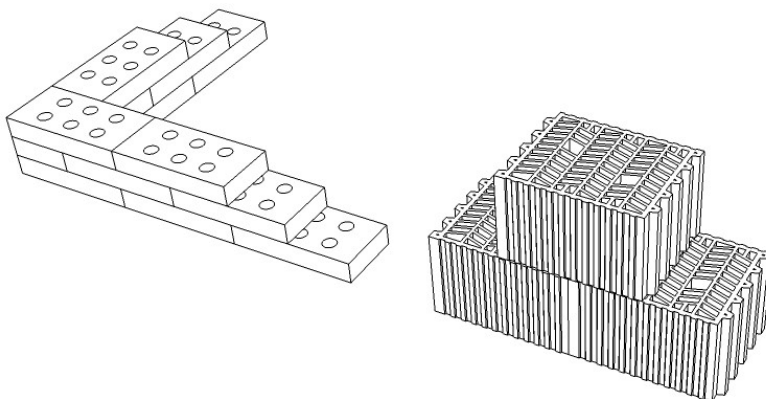
FORMA	LUCES APROPIADAS (m)	h/L
	4-8	$\frac{1}{4} - \frac{1}{1.5}$
Diente de sierra		
	6-12	$\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$
Belga		
	4-9	$\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$
Doble montante maestro		
	8-12	$\frac{1}{10} - \frac{1}{6}$
Howe de cuerdas paralelas		
	8-12 (o más)	$\frac{1}{10} - \frac{1}{6}$
Pratt		
	8-12 (más)	$\frac{1}{10} - \frac{1}{6}$
Warren		
	4-12	$\frac{1}{2} - 1$
Par y nudillo		

PARTE VI: FÁBRICAS

Se estudiarán los elementos habituales en edificación empleados en estructuras de fábricas. Lo expuesto a continuación se basa en diseños por resistencia a compresión admitiendo que las flexiones no serán significativas y decisivas en esta fase previa de diseño o si lo fueran, se corregirán con refuerzos de armado o mediante la construcción inteligente de éstas.

PREDIMENSIONADO DE MUROS DE FÁBRICAS CERÁMICAS

El predimensionado de muros de fábricas cerámicas puede simplificarse según lo expuesto por el “catálogo de soluciones cerámicas de HISPALYT” bajo los siguientes criterios:



- El número máximo de plantas será de tres (PB + 2). En el caso de edificaciones de 3 alturas, puede añadirse, además, un sótano o un forjado sanitario, por lo que el número de forjados reflejado en las tablas de dimensionado puede llegar hasta cuatro.
- La altura entre forjados de las plantas será de 3 m como máximo.
- Los muros podrán ser de cualquier espesor en función del cálculo, salvo los muros de carga de una hoja que estén en contacto con el ambiente exterior, cuyo espesor mínimo deberá ser de 24 cm.
- En las tablas se ha considerado que cada muro tiene sección constante en una misma planta.
- La longitud mínima de los machones en muros portantes será de 45 cm pero se recomienda un empleo mínimo de 60cm.
- Para la elaboración de las tablas, se ha considerado que el retranqueo de la tabica del forjado en los muros de carga exteriores tiene un valor de 1/3 del espesor del muro, sin superar en ningún caso los 5 cm.
- Se consideran sobrecargas de uso de 2,0 kN/m² (cuando se trata de cargas medias) y de 4,0 kN/m² (cuando se trata de cargas altas).
- En estos valores no se incluye la tabiquería, que se considera, a todos los efectos, carga permanente, según DB SE AE. Además, se considera que todas las plantas tienen la misma carga.

Con ello, se sugieren las siguientes tablas:

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Muros de carga cerámicos exteriores					
Piezas	Espesor	Tipo de tramo	Nº forjados por encima	Luces de forjado recomendadas (m)	
				Carga media ($q_{total} \leq 7 \text{ kN/m}^2$)	Carga media ($q_{total} \leq 7 \text{ kN/m}^2$)
Macizas o perforadas	1/2 pie	Aislado	1	5.5	4.5
			2	5.5	4
		Extremo	1	5.5	5
			2	6	5
			3	4	3
		1 pie	Aislado	1	5
	2-3			5	4.5
	4			5.5	4.5
	Extremo		1	5.5	4.5
			2-3	5.5	4.5
			4	6	5
	Aligeradas (Termoarcilla)	140 mm	Aislado	1	5
2				5	4
3				4.5	3
Extremo			1	5.5	5
			2	5.5	4.5
			3	4.5	3.5
190 mm		Aislado	1	5.5	4.5
			2-3	5	4
			4	4.5	3
		Extremo	1	5.5	5
			2-3	5.5	4.5
			4	5	4
240 mm		Aislado	1	5	4.5
			2-3	5	4.5
			4	5	4
		Extremo	1	6	5
			2-3	6	4.5
			4	6	4.5
290 mm		Aislado	1	5.5	4.5
			2-3	5.5	4.5
			4	6	4.5
		Extremo	1	6	5
			2-3	6	5
			4	6	5

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Muros de carga cerámicos exteriores													
Tipo de piezas	Espesor	Nº forjados encima	Luces de forjado máximas recomendadas (m)										
			Muro interior contiguo a muro extremo / Resto de muros interiores										
			Carga media ($q_{total} \leq 7 \text{ kN/m}^2$)					Carga media ($q_{total} \leq 7 \text{ kN/m}^2$)					
Macizas o perforadas	1/2 pie		Altura libre de planta (m)										
			2.5	3	3.5	3.75	4	2.5	3	3.5	3.75	4	
		1	8	8	8	7.2/8	6.2/7.2	7.8/8	6.8/8	5.7/6.7	5/5.9	4.3/5	
		2	5.4/6.3	4.6/5.4	3.8/4.4	3.2/3.8	2.7/3.1	3.7/4.3	3.2/3.8	2.6/3	2.2/2.6	-/2.2	
		3	3.4/4	2.9/3.4	2.3/2.7	-/2.2	-	2.4/2.8	2/2.3	-	-	-	
	4	2.4/2.8	2/2.4	-	-	-	-	-	-	-	-		
	1 pie		Altura libre de planta (m)										
			3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	
		1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
		2	8	8	8	8	7.3/8	8	8	7.4/8	6.3/7.4	5/5.9	
		3	8	7.5/8	6.4/7.5	5.2/6.1	3.9/4.5	5.8/6.8	5.2/6	4.4/5.2	3.6/4.2	2.7/3.1	
	4	5.9/6.9	5.2/6	4.3/5	3.3/3.8	2.1/2.5	4.1/4.8	3.6/4.2	3/3.5	2.3/2.6	-		
	Aligeradas (Termoarcilla)	140mm		Altura libre de planta (m)									
				2.5	3	3.5	3.75	4	2.5	3	3.5	3.75	4
			1	8	8	8	8	8	7.7/8	7.1/8	6.4/7.5	6/7	5.6/6.5
			2	5.3/6.2	4.8/5.6	4.2/5	3.9/4.6	3.6/4.2	3.7/4.3	3.3/3.9	2.9/3.4	2.7/3.2	2.5/2.9
3			3.4/3.9	3/3.5	2.6/3	2.4/2.8	2.1/2.5	2.3/2.7	2.1/2.4	-/2.1	-	-	
4		2.4/2.8	2.1/2.4	-/2	-	-	-	-	-	-	-		
190mm			Altura libre de planta (m)										
			3	3.5	4	4.5	5	3	3.5	4	4.5	5	
		1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
		2	7.4/8	6.9/8	6.4/7.5	5.8/6.8	5.2/6.1	5.1/6	4.8/5.6	4.4/5.2	4/4.7	3.6/4.2	
3		4.6/5.4	4.3/5	3.9/4.5	3.4/4	3/3.5	3.2/3.7	2.9/3.4	2.7/3.1	2.4/2.8	2/2.4		

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

	4	3.2/ 3.8	2.9/ 3.4	2.6/ 3	2.2/ 2.6	-2.2	2.2/ 2.6	2/2. 4	-2.1	-	-
240mm		Altura libre de planta (m)									
		3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
	1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	2	8	8	7.8/ 8	6.6/ 7.7	5.2/6. 1	6.7/ 7.9	6.1/ 7.2	5.4/ 6.3	4.6/ 5.3	3.6/ 4.2
	3	6.1/ 7.2	5.4/ 6.3	4.6/ 5.4	3.7/ 4.3	2.6/3	4.2/ 5	3.7/ 4.4	3.2/ 3.7	2.5/ 3	-2.1
4	4.3/ 5.1	3.7/ 4.3	3/3. 5	2.2/ 2.6	-	3/3. 5	2.6/ 3	2.1/ 2.4	-	-	
290mm		Altura libre de planta (m)									
		3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
	1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	2	8	8	8	7.9/ 8	6.5/7. 36	7.8/ 8	7.1/ 8	6.3/ 7.4	5.5/ 6.4	4.5/ 5.2
	3	6.9/ 8	6.1/ 7.1	5.2/ 6.1	4.2/ 4.9	3.1/3. 7	4.8/ 5.6	4.2/ 4.9	3.6/ 4.2	2.9/ 3.4	2.2/ 2.5
4	4.7/ 5.5	4/4. 7	3.2/ 3.8	2.4/ 2.8	-	3.3/ 3.8	2.8/ 3.3	2.2/ 2.6	-	-	

Nota: válido para muros sin arriostrar con diferencias de luces en vanos contiguos menores del 50%

Muros de arriostramiento				
Espesor del muro de carga (mm)	Altura de la planta	Distancia máxima entre muros de arriostramiento (m)	Dimensiones mínimas de los muros de arriostramiento	
			Espesor (mm)	Longitud (m)
115	3	2.3→4	85	0.6
	4	2.3→14.3		0.8
	5	2.3→8.2		1
	6	2.3→6.7		1.2
	8	2.3→6.2		1.6
140	3	2.3→8.4	85	0.6
	4	2.3→11.2		0.8
	5	2.3→14		1
	6	2.3→10.3		1.2
	8	2.3→7.8		1.6
190	10	2.3→7.5	85	2
	3	5.2	85	0.6
4	3.9→13	0.8		

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

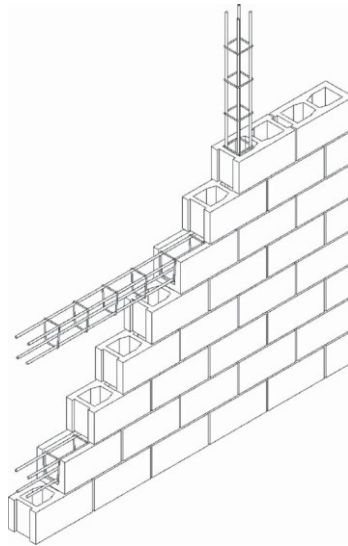
	5	3.8→6.6		1
	6	3.8→10.4		1.2
	8	3.8→14.5		1.6
	10	3.8→11		2
	12	3.8→10.2		2.4
240	3	-	85	0.6
	4	6		0.8
	5	5→18.3		1
	6	4.8→9		1.2
	8	4.8→12		1.6
	10	4.8→18.9		2
	12	4.8→14.4		2.4
14	4.8→13.3	2.8		
290	3	-	90	0.6
	4	16.1		0.8
	5	6.9		1
	6	6→24.2		1.2
	8	5.8→32.3		1.6
	10	5.8→40		2
	12	5.8→23		2.4
	14	5.8→17.9		2.8
16	5.8→16.4	3.2		

Para otras consultas respectivas a fábricas cerámicas se recomienda al lector consultar el catálogo mencionado puesto que presenta soluciones estandarizadas válidas, siendo además gratuito.

Nota: "Hispalyt" es la asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas.

PREDIMENSIONADO DE FÁBRICAS DE BLOQUE DE HORMIGÓN

Las fábricas de bloque de hormigón son elementos comunes en la construcción muy económicos. Se erigen como una fábrica de albañilería tradicional pero, los huecos que quedan en el interior son rellenados de hormigón así como se disponen de armaduras verticales y horizontales cada cierta distancia de manera que se le proporciona mayor solidez y resistencia ante los efectos de la flexión y el cortante.



Predimensionado general:

La Asociación de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón, "Normabloc", dispone de un catálogo con soluciones estandarizadas que garantizan la resistencia a flexión y cortante de la fábrica. Sin embargo, como viene siendo habitual en este documento, lo que se busca es el dimensionado geométrico, de manera, que se asume simplemente el predimensionado a compresión (esfuerzo principal) y se asume que en la fase posterior se calculará el armado necesario o se corregirán los defectos de diseño.

El método sugerido consiste en dimensionar la fábrica en un metro de longitud para elegir correctamente su anchura. Así pues:

$$e \geq \frac{N}{b \cdot f_{dm}}$$

Siendo:

- e: espesor del muro. Se habrá de tomar según la fábrica, por ejemplo, 18cm corresponderán a una pieza a soga; 35cm corresponderán a dos tizones o una soga.
- b: una longitud de fábrica de un metro. $b=1\text{m}$
- N: axil mayorado que soporta la fábrica en un metro de su longitud.
- f_{dm} : resistencia a compresión de la fábrica. Tomar $f_{dm} = 4 \text{ N/mm}^2$ para los casos habituales.

PARTE VII: ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

Se indicarán los procedimientos fundamentales para afrontar de manera inteligente y eficaz el diseño de una estructura sismorresistente así como se explicarán los elementos fundamentales que requieren para un correcto funcionamiento. Todo, por supuesto, a un nivel básico, de manera que el proyectista sepa con qué ha de contar y qué espacios o tipologías estructurales conviene seguir.

DISEÑO DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

El objetivo de este capítulo no es dar una lección sobre el funcionamiento de sismos, ni mucho menos dar valores de cálculo sino todo lo contrario, la intención es indicar una serie de pautas para que el proyectista pueda afrontar un diseño inteligente de edificios sismorresistentes y que, en éste, cuente con la necesidad de incluir ciertos elementos que garanticen resistencia a las fuertes cargas dinámicas de componente horizontal que un terremoto transmite a una edificación. Las pautas recomendadas son:

- Búsqueda de una estructura que garantice la deformabilidad y la capacidad de deflexión para evitar que el colapso sea rápido. Si se permiten los movimientos el edificio se adaptarán a la deformación sísmica y no quebrarán. Para entender el caso imagínese el lector un terremoto afectando a un columpio. La persona que esté sentada en el balancín no notará tanto los efectos puesto que la articulación del tensor permite los movimientos.
- Proporcionar arriostramiento en las dos direcciones y a lo largo de toda la longitud tanto horizontal como vertical. Con ello se garantiza la estabilidad de la estructura.
- Garantizar una buena conexión a la cimentación. Asimismo la cimentación habrá de estar atada entre sí y a los muros.
- Evitar los terrenos húmedos y sin capacidad resistente. En el caso de que no sea posible habrá que analizar la idoneidad de la fundación.
- Puesto que en el momento del sismo es cuándo la estructura sufrirá su carga más crítica habrá que garantizar que las características portantes de ésta se preserven, así pues, se deberá tener especial cuidado al escoger la calidad de los materiales, su resistencia a la humedad, corrosión, etc.
- La planificación inteligente de la planta del edificio acompañará a las premisas anteriores. Se sugiere: que la planta sea regular, predominancia de la simetría, separación del edificio en bloques según función, apostar simplicidad de diseño y la búsqueda de áreas cerradas.

Finalmente, se considera importante hacer reflexionar al proyectista de la seriedad que tiene el efecto de un sismo como para cometer la negligencia de omitir sus efectos. Se recuerda que habrá que diseñar estructuras de éste tipo siempre que la aceleración sísmica supere el valor 0.06g siendo

“g” la fuerza de gravedad. Por el mismo motivo, se sugiere que de no conocer con detalle el procedimiento de cálculo de estructuras de este tipo se delegue dicha labor a un especialista y se evite dejarlo en manos del ordenador que, pese a ser una herramienta fundamental para el cálculo, no ha de ser considerado como el instrumento infalible que todo lo sabe. “La ignorancia es atrevida” dice el saber popular.

Se puede apreciar el efecto desastroso de un terremoto en lo acaecido en la localidad de Lorca como ejemplo de la relevancia del efecto sísmico en la arquitectura.

CAPÍTULO II: INSTALACIONES

PARTE I: ASPECTOS GENERALES

Se estudiarán los espacios requeridos por los elementos habituales tanto propios como relativos a las instalaciones de climatización, eléctricas, de fontanería y de comunicación vertical. No concierne a ésta publicación estudiar funcionamientos, rendimientos o características más profundas de las ya citadas a no ser que influyan determinadamente en los procesos de predimensionado.

CONSIDERACIONES GENERALES Y PORCENTAJES

Definir de manera precisa de manera previa el área que ocuparán las instalaciones es una tarea prácticamente imposible debido a la infinidad de combinaciones posibles en la diferente interacción y diseño de éstas.

A pesar de ello, inicialmente, se puede partir de un “número gordo” obtenido del exhaustivo estudio realizado por el Departamento de Edificación de la Universidad de Navarra que, como es filosofía de esta publicación será meramente referencial pero sí, útil.

Los cuatro criterios básicos que se refieren a dicho porcentaje son:

- Los valores de conclusión son *valores mínimos de superficie en planta*, no en sección.
- Se miden superficies en planta de instalaciones que van de forjado a forjado.
- Las superficies incluyen el área constructiva necesaria para su ejecución de sus instalaciones.
- Las instalaciones se refieren a un clima fundamentalmente mediterráneo con cierta influencia atlántica como es Navarra. En localizaciones más calurosas el dato puede ser menos fiable. Así pues, podemos concluir que el dato es más o menos preciso para el tercio superior del norte peninsular.

Las instalaciones que se han considerado en las mediciones son:

- Protección contra incendios.
 - a) Depósitos de agua.
 - b) Locales técnicos para ventiladores de extracción de garajes.
 - c) Entradas de aire limpio a aparcamientos
 - d) Otros espacios técnicos propios de la instalación.
 - Fontanería y saneamiento.
 - a) Bajantes fecales y pluviales.
 - b) Locales para los contadores de agua de consumo.
 - c) Cuartos de bombeo de aguas pluviales y fecales.
 - d) Otros espacios técnicos propios de la instalación.
 - Acondicionamiento higrotérmico.
 - a) Salas de producción de calor y frío.
 - b) Cuartos de bombas.
 - c) Locales para los contadores de gas.
 - d) Otros espacios técnicos propios de la instalación (ventilaciones, paso de chimeneas,...).
 - Electricidad.
 - a) Centros de transformación.
 - b) Grupos electrógenos.
 - c) Locales para los contadores de electricidad.
 - d) Otros espacios técnicos propios de la instalación.
-

- Voz y datos.
 - a) Locales para los armarios concentradores.
 - b) RITS
 - c) RITI.
 - d) Otros espacios técnicos propios de la instalación.
- Comunicaciones verticales.
 - a) Ascensores
 - b) Montacargas para mercancías y vehículos.
 - c) No se incluyen los aparatos elevadores auxiliares para personas con movilidad reducida.
- Otras superficies computables.
 - a) Espacios técnicos para el tendido de las instalaciones (patinillos verticales, galerías,...).
 - b) En general, aquellos espacios que no existirían si no fueran necesarios para una instalación (por ejemplo los vestíbulos previos de una sala de calderas).

De dicho estudio se concluyen los siguientes resultados:

Porcentajes de ocupación de las instalaciones en edificación

Tipología edificatoria	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio
Residencial	1.85%	5.89%	3.94%
Oficinas	5.60%	16.12%	12.46%
Dotacional	4.58%	9.89%	8.95%
Cómputo total	1.85%	16.12%	7.68%

*PARTE II: INSTALACIONES ELÉCTRICAS,
MECÁNICAS, FONTANERÍA, SANEAMIENTO, Y
TELECOMUNICACIÓN*

Se estudiarán los espacios requeridos por los elementos habituales tanto propios como relativos a las instalaciones de mecánicas, eléctricas, de fontanería, saneamiento y telecomunicación así como cuartos de instalaciones, patinillos, falsos techos, suelos técnicos, armarios de contadores y otras servidumbres generadas por éstas.

GENERALIDADES SOBRE INSTALACIONES “MEP”

Las instalaciones se pueden clasificar de múltiples maneras. En el presente documento se establece la clasificación empleada en los países angloparlantes que denomina a las instalaciones MEP (*mechanical, electrical and plumbing*):

Ciencia de estudio	Instalación
Ingeniería mecánica	Instalaciones mecánicas
Ingeniería mecánica	Instalaciones de fontanería y saneamiento
Ingeniería eléctrica	Instalaciones eléctricas
Ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicación	Instalaciones de telecomunicación

Instalaciones mecánicas:

Las instalaciones mecánicas se clasifican a su vez según la producción de energía, el transporte de ésta y su cesión.

Producción de energía	Transporte de energía	Cesión
Calderas	Agua caliente	Radiadores
Enfriadoras	Agua enfriada	Suelo radiante
Bombas de calor	Vapor	UTAs / Climatizadores
Captadores solares	Aire	Fancoils
	Fluidos refrigerantes	Rejillas

De aquí en adelante se analizarán los diferentes casos según la producción y la cesión pero para el transporte se empleará como medio, en todo caso, el agua o el aire.

Certificación energética de los edificios:

El continuo desarrollo de las normativas de eficiencia así como la crisis de la energía nos llevan a una sociedad que demanda edificios autosostenibles. Con ello, y de manera muy básica se pueden clasificar los edificios según tres categorías.

A- Edificios autosostenibles o “near to zero”:

El edificio produce más energía de la que consume. Para ello se usan las energías renovables, el mejoramiento de cerramientos así

como edificios con formas regulares y compactas que eviten cuya envolvente de cesión de energía sea mínima.

B- Edificios "20/20/20":

Mediante la mejora de cerramientos y un mayor uso de sistemas de energías renovables las potencias requeridas se reducen, necesitándose así máquinas más pequeñas y menores consumos. Edificios con 20% de reducción de emisiones, 20% consumo de energías renovables y 20% de consumo de energía primaria.

C- Edificios mínimamente sostenibles:

Cumplimiento de los mínimos exigidos por la norma en cuanto a producción de agua caliente y uso de energías renovables. Es la situación exigida por la norma en la actualidad.

Con lo expuesto no se pretende sino concienciar al lector del futuro inmediato de las exigencias de las normativas que en un plazo corto-medio de tiempo requerirán edificaciones de eficiencias más altas y de la conveniencia del proyectista de adaptar sus criterios de diseño a los nuevos tiempos.

Instalaciones de fontanería y saneamiento:

Se encargan del abastecimiento de agua fría y agua caliente sanitaria así como evacuación de aguas pluviales y residuales. Naturalmente tienen mucho que ver con las instalaciones mecánicas puesto que en ambas se suele emplear el agua como medio de transporte de energía, es por ello que se encarga de su estudio la misma disciplina, la ingeniería mecánica.

Instalaciones eléctricas:

Se encargan del suministro de corriente así como de la protección de los usuarios ante los fenómenos eléctricos. En el caso de una instalación de cogeneración además de suministro eléctrico se consigue producción de energía.

Instalaciones de telecomunicación:

Se encargan de hacer llegar al usuario la información que éste demanda o la que el edificio le quiere transmitir. Se incluyen en este apartado: Internet, seguridad, datos, etc.

Servidumbres de instalaciones:

De todo lo expuesto anteriormente se deduce que aparecerán, al menos las siguientes servidumbres de instalaciones:

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Tipo de instalación	Tipo de instalación	Servidumbres
Instalación mecánica*	Calefacción	Maquinaria+ ida +retorno + cesión
	Climatización	Maquinaria + ida +retorno + cesión
Fontanería y saneamiento	Agua fría sanitaria	Ida
	Agua caliente sanitaria	Maquinaria + ida + recirculación
	Evacuación residuales	Bajantes, colectores...
	Evacuación de pluviales	Bajantes, colectores...
Instalación eléctrica	Electricidad	Maquinaria, cableados, pararrayos...
Voz y datos		Dependiendo de la instalación

A todo ello habrá que sumar los contadores, cuadros, servicio de acometida, depósitos, etc.

INSTALACIONES MECÁNICAS: DEMANDA DE ENERGÍA

Los edificios para el desempeño de sus tareas requieren de energía que puedan transformar para el buen desarrollo de las actividades diarias de los usuarios. En lo que a este apartado respecta se considera la energía necesaria para las instalaciones de climatización y calefacción, sin embargo no hay que olvidar que en muchos casos están ligadas íntimamente a las instalaciones de fontanería en lo que respecta a la producción de ACS.

La demanda energética será de manera básica la que condicione el tamaño de las instalaciones sin embargo, depende de factores múltiples como la temperatura interior, el confort de los usuarios, etc. así como de la geometría del edificio.

Energía demandada por superficie climatizada:

Se podrá emplear como “número gordo” el siguiente valor para condiciones habituales de climatización:

$$E = S \cdot K$$

Siendo:

- E: demanda energética.
- S: superficie a climatizar (m²).
- K: 100 W/m²

Energía demandada por superficie o volumen a climatizar:

El criterio del punto anterior, aunque es válido para una fase de predimensionado, es muy general y puede llegar a variar notablemente. Si se quiere obtener un resultado más preciso habrá que tener en cuenta las consideraciones geométricas del edificio puesto que edificios con la misma superficie pueden ser menos compactos y por tanto, al tener mayor envolvente, requerir de mayor energía para su funcionamiento.

En el libro “las instalaciones en los edificios” se propone la siguiente tabla en función de la relación superficie del cerramiento en contacto con el exterior– volumen.

- f : factor de forma (m⁻¹) $f = S \cdot V$
- S: superficie en contacto con el exterior (m²).
- V: volumen a climatizar (m³).
- F: superficie construida climatizada (m²).
- Qn: demanda de energía (W).

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Factor de forma (f)	Cálculo a partir del volumen climatizado	Cálculo a partir de la superficie a climatizar	
		Altura en planta:	
		2.75 m	3.25 m
≤0.20	Qn = 13·V	Qn = 38.5·F	Qn = 42.3·F
0.3	14.3·V	39.3·F	53.6·F
0.4	15.6·V	42.9·F	50.7·F
0.5	16.9·V	46.5·F	54.9·F
0.6	18.2·V	50.1·F	59.2·F
0.7	19.5·V	53.6·F	63.4·F
0.8	20.8·V	57.2·F	67.6·F
0.9	22.1·V	60.8·F	71.8·F
1	23.4·V	64.4·F	76.1·F
≥ 1.1	24.7·V	67.9·F	80.3·F

INSTALACIONES MECÁNICAS: GESTIÓN DE LA ENERGÍA

El paso de la energía demandada a la maquinaria que la facilite no es del todo inmediato. Se habrán de tener en cuenta fundamentalmente dos aspectos: el tipo de instalación a diseñar y la fragmentación de la energía.

Tipo de instalación a diseñar:

Existen dos tipos de instalaciones:

- *Calor - frío:*

La instalación sólo es capaz de producir calor o frío. La ventaja de estas instalaciones es su economía puesto que la instalación se reduce al 50% pero al no poder producir los dos “tipos de energía” de manera simultánea las condiciones de confort en el edificio serán homogéneas desde el lado de la generación. Es por ello que no son recomendables para edificios grandes y sí para los de tamaño reducido, puesto que se suele dar el caso de que en épocas de entretiempo, los usuarios situados en la cara caliente del edificio pasen mucho calor si la instalación funciona en modo “calor” y viceversa.

- *Mixta calor y frío:*

La instalación es capaz de producir calor y frío de manera simultánea. El coste de ejecución material es mucho mayor puesto que la instalación se duplica con respecto a la anterior sin embargo las condiciones de confort podrán ser garantizadas en todos los casos y circunstancias.

En estas instalaciones las máquinas también se duplican, unas sólo para funcionamiento calor y otras para funcionamiento sólo frío.

Fragmentación de la energía:

La maquinaria correspondiente a las instalaciones, al igual que la de todo tipo, tiene la mala costumbre de averiarse, generalmente en el peor momento posible, es por ello que si no se realiza una adecuada gestión de la energía y mantenimiento se podría dar el caso de que, por ejemplo, en un centro comercial de Sevilla, en verano, se estropease la única máquina de climatización disponible y todo el edificio se quedase así sin poder refrigerar.

Contada la anécdota hay que señalar que las máquinas cuándo más se estropean es en los procesos de encendido y apagado, de esta manera un buen proyectista habrá de minimizar las veces al año que esto suceda.

Para ello, se podrá considerar como criterio básico fragmentar la producción de energía en al menos dos máquinas al 40 y 60% respectivamente en edificios a partir de los 500 m² recomendándose la adición de más máquinas en superficies superiores a los 4000m².

Atendiendo al punto interior, en instalaciones sólo calor –frío, se tendrán al menos dos máquinas y cuatro para las de tipo mixto.

INSTALACIONES MECÁNICAS: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La producción de energía para calefactar o climatizar se puede realizar mediante diferentes sistemas que emplean maquinaria específica.

Producción de calor mediante calderas:

Las calderas son elementos que producen energía, empleada para calentar agua, mediante el quemado de un combustible. El tipo de combustible es el que establece la clasificación.



Tipo de combustible	Combustible	Servidumbres
Sólidos	Carbón	Almacén
	Biomasa	Almacén
Líquidos	Fuel	Depósito –silo
	Gasóleo	Depósito – silo
Gaseosos	Gas natural	Tuberías
	Propano	Tuberías

Puesto que las calderas generan humos y gases hay que contar con la servidumbre adicional de chimeneas. Asimismo la sala de calderas habrá de contar con una ventilación importante. También necesitan depósitos de inercia para la reducción del número de arranques.

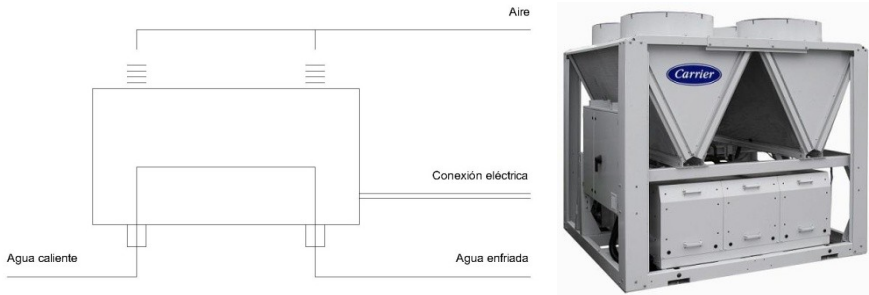
Una aproximación al tamaño real de la máquina puede ser 1.5 x 1 x 0.75 m (largo x ancho x alto) para una caldera de biomasa de 50 kW (alimenta unos 500 m²).

Se obtienen rendimientos altísimos mediante el uso de calderas de condensación de combustible gas natural o gasóleo. Una aproximación al tamaño real de la máquina de este tipo puede ser 0.7 x 1.5 x 1.3 (largo x ancho x alto) con una potencia de 80 kW (alimenta unos 800m²).

Se conexionan, mediante tuberías que transportan el agua calentada, a los elementos de cesión.

Producción de frío mediante enfriadoras:

Las enfriadoras son máquinas para la producción de agua fría para climatización. Funcionan “sacando el calor del agua” y expulsándolo al exterior del edificio.



Una aproximación al tamaño real de las máquinas se puede obtener de la siguiente tabla:

Potencia estimada (kW)	Superficie sirviente (m ²)	Dimensiones (cm) largo x ancho x alto
33	300	120 x 60 x 160
80	1000	205 x 110 x 140
160	2000	230 x 210 x 140
300	3500	270 x 250 x 230
402	4500	370 x 250 x 230
500	6000	480 x 250 x 230
670	7500	600 x 250 x 230
780	9000	720 x 250 x 230

Debido a la enorme necesidad de aire, para su correcto funcionamiento habrán de disponerse en locales con una ventilación absoluta, no teniendo incluso miedo de disponerlas al aire libre puesto que hay modelos diseñados para trabajar a la intemperie.

Se conexionan, mediante tuberías que transportan el agua enfriada, los diferentes elementos de cesión.

Producción de frío / calor mediante bombas de calor:

Las bombas de calor son máquinas que funcionan mediante un circuito frigorífico capaz de invertir su funcionamiento de manera que son capaces de producir tanto agua fría como agua caliente para climatización y calefacción.

Son máquinas muy grandes y requieren de ventilación en los cuartos de máquinas. También necesitan depósitos de inercia para la reducción del número de arranques.

- **Bombas de calor aire-agua:**

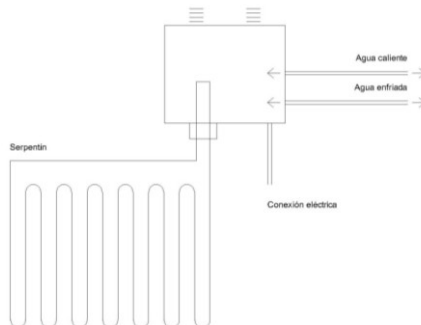
Su funcionamiento es el mismo que una enfriadora pero tiene la capacidad de invertir su funcionamiento.



La aproximación real a los tamaños se puede obtener empleando los mismos datos que en las enfriadoras.

- **Bombas geotérmicas:**

Toman como fuente de energía el calor de la tierra o derivan a ésta el calor para producir agua enfriada.

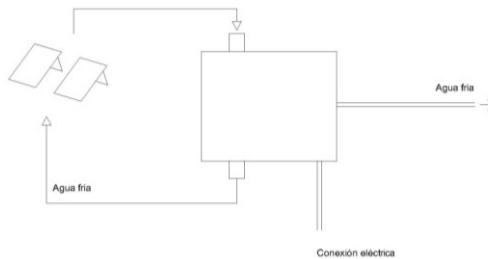


Una aproximación al tamaño real de la máquina puede ser 0.65 x 0.65 x 1.3 m (largo x ancho x alto) para una bomba de 15 kW (alimenta unos 150 m²).

Requieren de un serpentín enterrado cuya superficie de captación se puede predimensionar a 1.5 veces el área a climatizar.

- **Bombas de absorción:**

Es un sistema que se emplea en conjunto con baterías de captadores solares. Funcionan tomando agua caliente y la transforman en agua fría mediante un procedimiento químico muy complejo.



Para el funcionamiento en invierno suelen combinarse con una pequeña caldera que apoya la producción de agua caliente de los paneles solares. Este sistema en su conjunto es muy eficiente.

Una aproximación al tamaño real de la máquina puede ser 1.5 x 1.5 x 2 m (largo x ancho x alto) para una bomba de absorción de 100 kW (alimenta unos 1000m²).

Se conexionan, mediante tuberías que transportan el agua enfriada o calentada con los diferentes elementos de cesión.

Producción mediante captadores solares:

Los captadores solares son elementos que permiten el aprovechamiento de la energía proveniente del sol para calentar agua que podrá destinarse o bien al consumo de ACS, al apoyo a la calefacción o bien a la refrigeración mediante el apoyo de una bomba de calor.

Hay que tener en cuenta que las normas exigen porcentajes mínimos en cuanto a la aportación mediante captadores solares pero se podrá diseñar la instalación con tantos captadores como interesen obteniéndose así una certificación energética mejor hecho que se recomienda encarecidamente.

- Predimensionado del área de captadores:

El área de captadores se podrá predimensionar conforme a la siguiente expresión:

$$A = \frac{E_n}{\eta \cdot E_{\text{incidencia}}}$$

Siendo:

- A: superficie de captadores(m²)
- E_n: energía necesaria (kWh/día), se puede calcular multiplicando la potencia a generar por los captadores solares por 8.917 horas de sol/día en el hemisferio norte.
- E_i: energía incidente (kWh/m²día) en cada metro cuadrado de superficie. Depende de la ubicación geográfica. Se puede obtener de la tabla y figuras 3.1 del HE5 del CTE:



Mapa de zonas climáticas.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$E_i < 13.7$	$E_i < 3.8$
II	$13.7 \leq E_i \leq 15.1$	$3.8 \leq E_i \leq 4.2$
III	$15.1 \leq E_i \leq 16.6$	$4.2 \leq E_i \leq 4.6$
IV	$16.6 \leq E_i \leq 18$	$4.6 \leq E_i \leq 5$
V	$E_i \geq 18$	$E_i \geq 5$

- η : rendimiento de la instalación, de valor 40%

El área final deberá aumentarse en caso de que existan pérdidas de algún tipo. Las pérdidas admisibles son:

Caso	Porcentaje
General	15%
Superposición de paneles	30%
Integración arquitectónica	50%

Elección del sistema de producción:

No se puede establecer un criterio concluyente que aúne todas las circunstancias y condicionantes sin embargo, asumiendo la imprecisión admisible para la fase de predimensionado se puede considerar la siguiente relación.

Tipo de clima	Forma de producción más recomendada
Templados	Bombas de calor con apoyo de instalación de captadores solares
Extremos	Producción de calor mediante calderas Producción de frío mediante enfriadoras

Esquemas de conexionado:

Los esquemas básicos de conexionado de los elementos corresponden a:

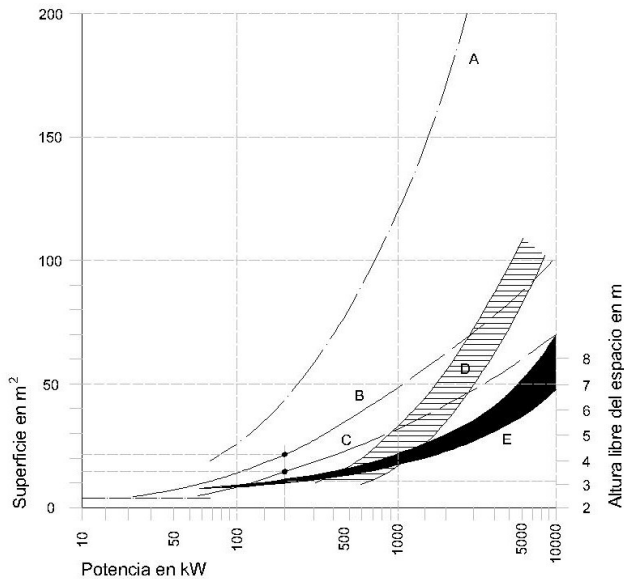
Producción energía	Transporte	Conexión intermedia	Transporte	Cesión
Caldera	Tubería Agua caliente	Ninguna	Tubería Agua caliente	Radiador Suelo radiante
Caldera	Tubería Agua caliente	UTA Fancoil	Conducto Aire caliente	Rejilla Difusor
Bomba	Tubería Agua caliente o fría	Ninguna	Tubería Agua caliente o fría	Radiador Suelo radiante o refrigerante
Bomba	Tubería Agua caliente o fría	UTA Fancoil	Conducto Aire caliente o frío	Rejilla Difusor
Paneles solares	Tubería Agua caliente	Caldera Bomba	Según elemento de conexión intermedia.	

INSTALACIONES MECÁNICAS: SALAS DE MÁQUINAS

Habitualmente se destinan uno o más espacios para el complejo de máquinas de producción de energía. Puesto que depende de múltiples factores, de nuevo, hacer una estimación puede resultar aventurado pero si no se busca mayor precisión que la de un predimensionado se podrá emplear el siguiente criterio.

Ratios de superficie:

Los ratios de superficie de las salas de máquinas se pueden obtener del siguiente gráfico:



Superficie útil y altura libre de salas de máquinas

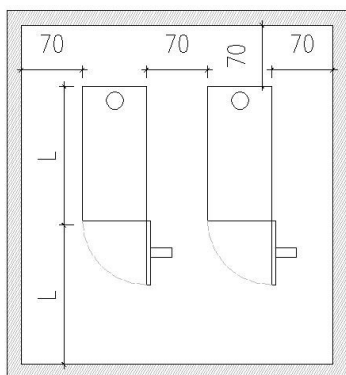
- A - Central de calefacción con preparación de ACS (acumuladores separados)
- B - Instalación de varias calderas
- C - Instalación con una caldera
- D - Salas de máquinas con distribuidores, bombas, etc.
- E - Altura libre del espacio

Ejemplo: potencia térmica nominal 200kW
Superficie de salas de calefacción de 15m²
Superficie de sala de calefacción de 22m² con varias calderas
Altura libre del espacio 3.2m

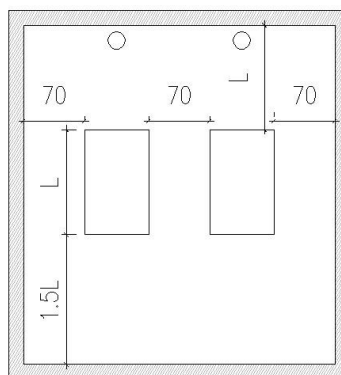
Hay que tener en cuenta que los equipos de calderas suelen requerir de un sistema de bombeo que puede llegar a ocupar la misma superficie que la de la sala de calderas por sí sola. Es por ello recomendable emplear la opción D del gráfico para obtener ratios de superficie más generosos que más adelante se podrán reducir.

Distancias entre máquinas:

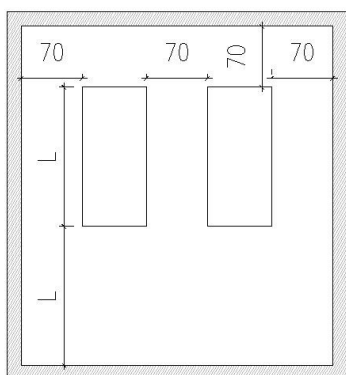
Las distancias mínimas entre máquinas para una correcta manipulación, montaje y mantenimiento se pueden obtener del RITE; sus puntos fundamentales son los siguientes:



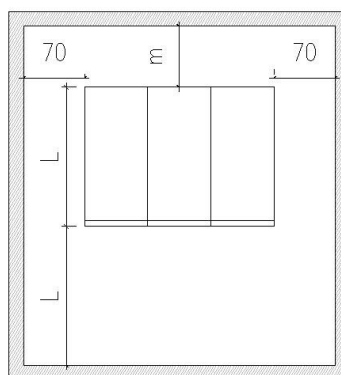
Chimenea integrada en caldera
Combustibles líquidos



Chimenea no integrada
Combustibles sólidos



Bombas de calor y enfriadoras
Combustibles sólidos



Máquinas acopladas en batería
m = 70 (chimenea integrada)
m = L (chimenea no integrada)



$$h+80 \geq 2.2m$$

Chimenea integrada en caldera
Combustibles líquidos

Ventilación:

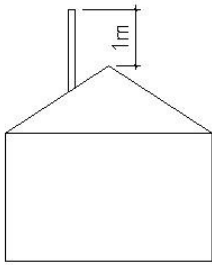
Las salas de máquinas deberán contar con un buen sistema de ventilación, éste puede ser mecánico o manual dependiendo de la situación de la sala. Hay que recordar que las salas de enfriadoras deberán contar con ventilación natural generosa.

Situación y acceso:

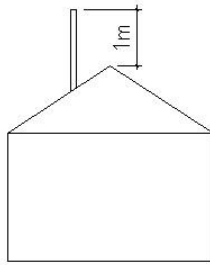
- A las salas para calderas de potencia total igual o inferior a 70 kW, enfriadoras y bombas de calor podrá accederse a través de una abertura en el suelo o techo.
- A las salas de calderas de potencia superior a 70 kW se deberá acceder mediante una puerta al recinto.
- Las salas de máquinas con generadores de calor a gas se situarán en un nivel igual o superior al primer sótano o semisótano, preferentemente en cubierta y deberán tener comunicación directa con el exterior o un patio descubierto de dimensiones mínimas 2x2 metros.

Chimeneas:

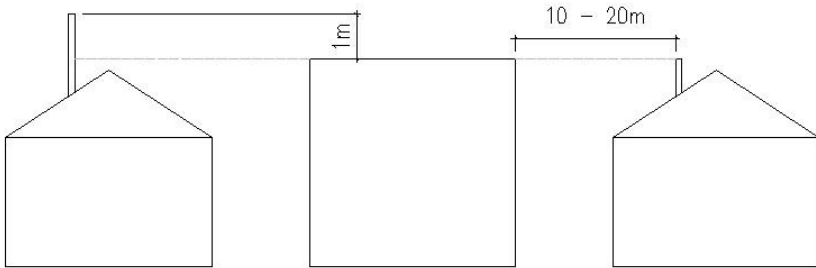
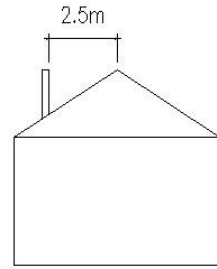
En caso de que las máquinas tengan chimeneas deberán cumplir los siguientes mínimos con respecto a la cubierta y edificios cercanos:



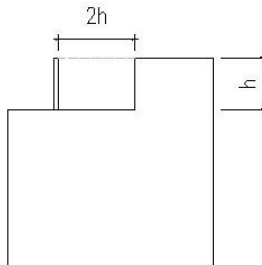
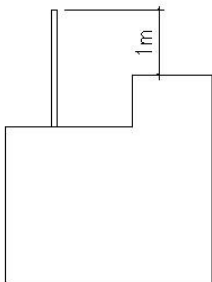
Cubierta $<20^\circ$



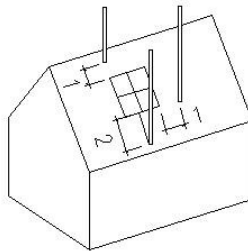
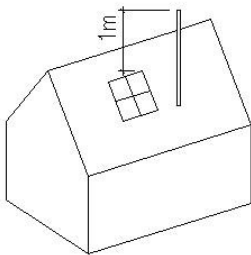
Cubierta $\geq 20^\circ$



Respecto a edificios próximos



En cubiertas planas



Respecto a huecos de cubierta

Depósitos de almacenamiento para gasóleo o fuel y almacenes de combustible sólido:

En el caso de emplear calderas de combustible sólido, como la biomasa, se deberá reservar un espacio para el depósito, que deberá estar anexo a la sala de calderas.



En el caso de que la maquinaria seleccionada sea una caldera de gasóleo o fuel se deberá contar con un espacio para ubicar el depósito del combustible. El depósito puede ubicarse en la superficie o enterrado



El ratio aproximado para hallar su volumen o capacidad se puede obtener de la siguiente relación:

$$B = \frac{Q_n \cdot b_{vH}}{P_u}$$

Siendo:

- B: litros/año que se consumirán*
*En edificios de viviendas que usen combustibles líquidos, cuando se trate de sistemas centrales con preparación de ACS se deberá incrementar el resultado 10-20% más.
- Q_n : necesidades térmicas del edificio (demanda térmica en kW)
- b_{vH} : horas previsibles de plena utilización al año según el tipo de edificio según la siguiente tabla:

Tipo de edificio	b_{vH} (horas/año)
Casa unifamiliar	1700-2100
Casa plurifamiliar	1800-2100
Edificio de oficinas	1500-1900
Hospital	1900-2500
Escuela (un turno)	1200-1400
Escuela (varios turnos)	1300-1500

- P_u : potencia calorífica del combustible por unidad según:

Combustible	P_u
Pellets para biomasa	6 kWh/kg
Carbón (hulla)	8.7 kWh/kg
Carbón (antracita)	11.3 kWh/kg
Carbón (coque)	8.1 kWh/kg
Fuel	13 kWh/l
Gasóleo	12 kWh/l
Gas ciudad (gas de coque)	4.9 kWh/m ³
Gas natural*	11.2 kWh/m ³
Gas propano*	28.58 kWh/m ³

*Se añaden las potencias caloríficas para combustibles gaseosos para el conocimiento del lector.

El resultado indica la cantidad de combustible que se consumirá a lo largo de un año, sin embargo los requerimientos de almacenaje no tienen por

qué corresponder al cien por cien de las necesidades de consumo por lo que el resultado se deberá modificar conforme a las siguientes tablas:

Combustibles sólidos – Cantidades a almacenar

Potencia térmica nominal	Cantidad almacenada
<50 kW	50% del consumo anual
50-350 kW	40% del consumo anual
>350 kW	30% del consumo anual

Combustibles líquidos – Cantidades a almacenar

Potencia térmica nominal	Cantidad almacenada
<100 kW	100% del consumo anual
100-1000 kW	50-70% del consumo anual
>1000 kW	30-50% del consumo anual

Depósitos de inercia para equipos de bombeo y calderas:

Los depósitos de inercia son elementos para almacenar el agua calentada o enfriada de manera que según la demanda, se produzcan el número mínimo de arranques de la maquinaria y así, reducir las averías.

Para obtener el volumen del depósito, primero se obteniendo el volumen total:

$$V_{total} = \frac{PF \cdot t}{Ce \cdot \Delta T}$$

Siendo:

- PF: potencia frigorífica del equipo
(kW → kcal/h) → (kW · 860.42 = kcal/h)
- t: tiempo de parada. Tomar 5 minutos como valor genérico.
Bombas grandes = 10 minutos.
Bombas medianas = 6 minutos.
Bombas pequeñas = 3 minutos.
- ΔT: incremento de temperatura. Tomar 3°C.
- Ce: calor específico del agua equivalente a 1 kcal/°C·litro.

A continuación se haya el volumen del depósito despejando en la siguiente ecuación sabiendo que el volumen de la instalación es el doble que el volumen del depósito:

$$V_{total} = V_{depósito} + V_{instalación} = V_{depósito} + 2 \cdot V_{depósito} = 3V_{depósito}$$

INSTALACIONES MECÁNICAS: TRANSPORTE DE ENERGÍA

El transporte y la cesión de energía van íntimamente ligados puesto que es fundamental el medio por el que se realiza. Se estudiarán los casos principales de transporte mediante agua y aire dando así los sistemas agua-aire y los sistemas aire-aire.

Transporte de energía mediante agua:

Se podrá transportar agua caliente o enfriada. El transporte se realizará mediante tubos de ida y retorno. El diámetro se puede obtener del propio fabricante de la máquina a instalar.

Ésta, una vez llegada a su destino se cederá mediante uno de los siguientes elementos fundamentalmente: radiadores, suelos y techos radiantes y refrigerantes, fancoils y UTAs.

Transporte de energía mediante aire:

El aire tratado por las UTAs se distribuye al interior del edificio mediante conductos y se cede mediante rejillas y difusores.



- Predimensionado de conductos de ventilación
El área de los conductos de ventilación se puede predimensionar según la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{v}$$

Siendo:

- A: sección del conducto (m²)
- v: velocidad del aire en el conducto; 4-10 m/s en instalaciones de baja presión y 12-25 m/s en instalaciones de alta presión. Si se desconoce se puede tomar como base v = 5 m/s.

Si se quiere hilar más fino se pueden tomar como velocidades:

- i. Dentro de habitaciones: impulsión ≤ 4 m/s y retorno ≤ 3.5 m/s
 - ii. En patinillos bien aislados ≤ 10 m/s
- Q: caudal que circula por el conducto (m³/s). Depende de la superficie a climatizar y el tipo de actividad realizado en la siguiente superficie. Se puede obtener mediante la siguiente tabla:

Uso	Caudal (m³/h·m²)
Viviendas y edificios de oficinas	8-15
Pasillos interiores	4-6
Pública concurrencia	18-26
Cafeterías	20-24
Quirófanos	40-60
Cocinas	60-90
Vestuarios	20-24
Aseos	14-18 (aire de extracción)
Almacenes	4-8
Garajes	14-18 (aire de extracción)

Aislamiento de conductos:

A las secciones obtenidas por los métodos anteriores habrá que sumarse, en caso necesario, el espesor del aislamiento que las proteja. Se puede predimensionar dicho espesor según el siguiente criterio:

Tipo de fluido	Ambiente	Espesor aislamiento (cm)
Caliente	Interior	3
Caliente	Exterior	4
Frío	Interior	3
Frío	Exterior	5

INSTALACIONES MECÁNICAS: CESIÓN Y RENOVACIÓN

Como se ha indicado el punto anterior, el transporte y cesión van muy ligados. Se exponen a continuación los criterios de predimensionado de los elementos de cesión que son principalmente:

- Radiadores:

Aprovechan la temperatura del agua que circula por su interior para irradiar calor al exterior.



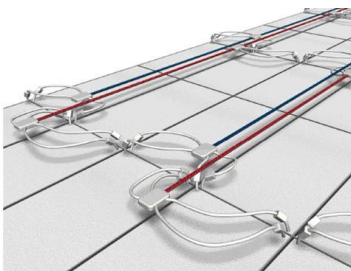
- Suelo radiante o refrigerante:

Irradia calor al exterior extraído de un serpentín que circula por el suelo. Debido a la inercia térmica de la instalación no es recomendable para zonas de uso temporal. Aunque puede refrigerar funciona mejor con calor puesto que éste tiende a ascender por diferencia de peso entre el aire frío y caliente. Como los tubos no deben pasar de los 100 metros de largo se habrá de subdividir las áreas calefactadas en regiones de 15 a 20m².



- Techo radiante o refrigerante:

Emplea el mismo principio físico que el suelo radiante pero debido a su altura funciona mejor para refrigerar.



- Fancoils:

Son máquinas a través de las que circula agua enfriada o caliente proveniente de las calderas o bombas, es decir, no tienen producción propia de energía. Funcionan gracias a un ventilador que succiona aire e intercambia el calor o el frío del agua con éste, expulsándolo al exterior ya tratado. Si son de tamaño mediano se pueden conectar con conductos que distribuyan el aire caliente o enfriado.



Cuando son de pequeña dimensión o individuales, también llamados “splits” ceden directamente el aire al habitáculo sin necesidad de conductos de transporte.

Para labores de predimensionado, el tamaño de los fancoils se puede obtener de la siguiente tabla:

Fancoil	Potencia frigorífica (kW)	Superficie servida (m ²)	Dimensiones (mm)
Individual (splits)	1.5	5-10	300x500x250
	2.5	10-20	670x500x250
Convencionales	4.3	35-40	970x500x250
	6.8	50-60	1300x500x250
	7.5	70-80	7600x840x410
Apartamento	10	90-100	910x840x410
	14	115-130	1250x840x410
	17	140-160	1400x840x410

- UTAs (Unidades de tratamiento de aire) o climatizadoras:
Son fancoils de gran tamaño puesto que mueven volúmenes de aire muy grandes. En ellos además se suelen acoplar módulos de tratamiento adicional del aire, como por ejemplo, deshumectación para piscinas, etc.

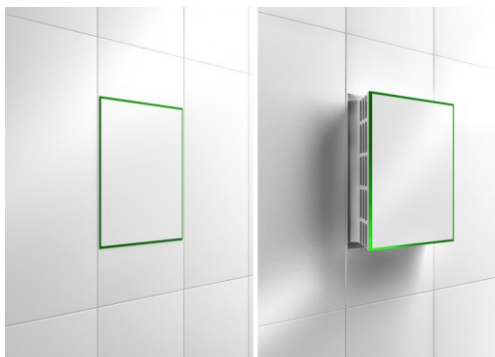


Las UTAs o climatizadores se conexionan a conductos de chapa que distribuyen el aire tratado por éstas.

Para labores de predimensionado, el tamaño de los fancoils se puede obtener de la siguiente tabla:

Uso	m ³ /hora persona	Caudal para 100 personas m ³ /h	Dimensiones (mm)	Caudal para 600 personas m ³ /h	Dimensiones (mm)
Hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías.	72	72000	4000 x 1300 x 1035	43200	6100 x 3000 x 2250
Oficinas, residencias, áreas comunes, salas de lectura, museos, aulas, piscinas.	45	45000	3700 x 1100 x 935	27000	5600 x 2500 x 1850
Edificios comerciales, cines, teatros, habitaciones de hotel, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas.	28.8	2880	3500 x 1000 x 660	17280	4900 x 2000 x 1535
Resto de locales con calidad baja de aire.	18	1800	3500 x 800 x 660	10800	4300 x 1500 x 1235

- Rejillas y difusores de aire:



Asimismo la norma establece que el aire del interior de los habitáculos ha de tener unos estándares mínimos de calidad. Para ello, se emplean sistemas mecánicos de extracción. En todo caso el proyectista deberá contar con la necesidad de prever de buenos sistemas de ventilación natural buscando siempre las ventilaciones cruzadas.

Predimensionado de los elementos de cesión:

Los elementos de cesión se calculan teniendo en cuenta el volumen de aire sirviendo así como las renovaciones de aire que se darán en el habitáculo. Según el elemento será requerido un caudal (fancoils, UTAs, rejillas y difusores) o una superficie (radiadores suelos y techos radiantes y refrigerantes), las características de las máquinas se pueden obtener del fabricante en función de lo siguiente:

$$Q = V \cdot R$$

Siendo:

- Q: caudal de aire a mover (m³/h)
- V: volumen del habitáculo
- R: número de renovaciones por hora. Se puede obtener de la siguiente tabla:

Tipo de local	Número de renovaciones/h
Viviendas	0.5-1
Oficinas	0.7-2.1
Habitaciones de hoteles	4-5
Duchas públicas	10-15
Aseos públicos	10-15

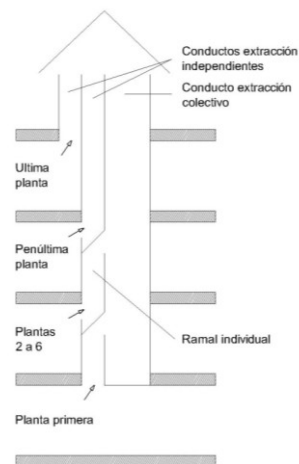
Aseos en viviendas y oficinas	3-6
Cocinas	12-20
Cocinas industriales	12-60
Restaurantes y locales con gran afluencia de público	5-10
Locales comerciales	4-7
Teatros y cines	4-6
Salas de reunión	6-12
Aparcamientos grandes	4-8
Talleres	3-8
Talleres de pintura	20-50

Predimensionado de los elementos de renovación de aire:

Todos los locales han de contar con un sistema de ventilación. En caso de que no exista ventilación natural cruzada habrá que contar con un sistema de extracción mecánico o híbrido:

- Sistemas de ventilación híbrida:

Los sistemas de ventilación híbrida mueven el aire a través del “tiro” que se produce gracias a la caída de temperatura entre el aire interior y el exterior en la cabeza del conducto, y también por el efecto de succión del viento tangente a la embocadura del tubo. Si no se dan esas condiciones, como por ejemplo en días de verano calurosos y sin viento, la eficacia de los conductos de ventilación no estará garantizada sin ventiladores. Por ello los sistemas de ventilación híbridos sólo son recomendables para locales en los que sea necesario extraer vapor de agua (baños, aseos y lavaderos) en edificios de al menos dos o tres alturas.



A nivel básico deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Desarrollo en vertical sin obstáculos con sección uniforme.
2. Si los conductos son colectivos no deben servir a más de 6 plantas. Los conductos de las dos últimas plantas deben ser individuales.

La sección del conducto de ventilación en cm^2 se puede predimensionar según la siguiente tabla:

Tipo de local	Sección (cm^2)	
	2-4 alturas	5 o más alturas
Cocinas empotradas (básicas, tipo estudio)	525	225
Cocinas normales	625	400
Baños con o sin inodoro	525	225
Aseos	400	225
Lavaderos	525	225
Trasteros (10m ²)	400	225
Aparcamientos y garajes	No se recomienda	
Almacenes de residuos	No se recomienda	

Nota 1: la relación entre el ancho y el largo de huecos rectangulares es del orden de 2:3.

Nota 2: la sección de los conductos que sean colectivos deberá tener una sección de al menos el 80% de la suma de la sección de los conductos primarios conectados a éstos.

- Sistemas de ventilación mecánica:

Los sistemas de ventilación mecánica mueven el aire por medio de ventiladores (aspiradores mecánicos). Los ventiladores pueden disponerse de forma individualizada (se colocan en el local) o compartida (se colocan en cubierta). En todo caso deberán ser accesibles para su limpieza. Los motores se predimensionan siguiendo la línea expuesta para los elementos de cesión a la que habrá que añadir los siguientes caudales a evacuar:

Tipo de local	Caudal a evacuar
Cocinas empotradas (básicas, tipo estudio)	60 m^3/h
Cocinas normales	200 m^3/h
Baños con o sin inodoro	60 m^3/h
Aseos	30 m^3/h
Lavaderos	40 m^3/h
Trasteros y zonas comunes	2.52 $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$
Aparcamientos y garajes	2.52 $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{plaza}$
Almacenes de residuos	36 $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$

Los conductos se predimensionan según la siguiente expresión:

$$S = 3.5 \cdot Q$$

Siendo:

- S: sección del conducto en cm²
- Q: caudal a desplazar en m³/h, según la tabla anterior o de valor:

$$Q = V \cdot R$$

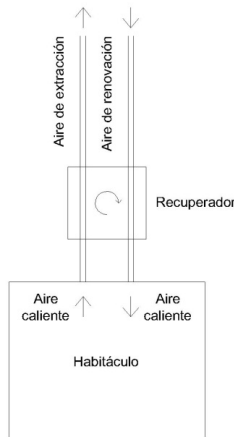
- V: volumen del habitáculo en m³.
- R: número de renovaciones por hora

Cabe señalar que para el caso de aparcamientos deberá haber más o menos conductos de extracción según el número de plazas atendiendo a:

Número de plazas	Nº mínimo de redes de conductos de extracción
$P \leq 15$	1
$15 < P \leq 80$	2
$80 < P$	1 + parte entera de $P/40$

Recuperación de energía:

El aire extraído, generalmente, está caliente, para mejorar el rendimiento de la instalación y evitar desperdiciar energía se disponen unos elementos llamados “recuperadores” en las salidas de extracción y renovación. Éstos, mediante un sistema de intercambio, pasan la energía del aire que sale al aire que entra ahorrándose así en su producción.



INSTALACIONES DE FONTANERÍA

Para las instalaciones de fontanería el punto principal a tratar es su contribución al consumo del edificio, es decir, la demanda energética que se requiere para la producción de ACS. Por otro lado, los requerimientos espaciales que generan las instalaciones de fontanería serán principalmente las servidumbres de tuberías horizontales y montantes de AF y ACS así como el depósito – acumulador de ACS y su equipo de bombeo.

Energía para la producción de ACS:

La producción de agua caliente sanitaria requiere un consumo energético, si bien es cierto que es pequeño, afectará finalmente a las demandas energéticas totales.

Se establece un consumo medio de 40 litros/persona·día a una temperatura de 60 °C. Para ello se calcula la potencia requerida por persona para calentar el ACS que consume:

- De la ecuación del calor específico del agua se deduce que para calentar 40 kg de agua a 60°C se requiere una cantidad de energía equivalente a 8360 kJ.
- La energía/persona·día equivale a una potencia de:

$$\frac{Q}{\text{personadía}} = \frac{836010^3 J}{\text{personadía}} \cdot \frac{\text{día}}{86400s} = \frac{\left(\frac{836010^3 J}{86400s}\right)}{\text{persona}} = \frac{96.759W}{\text{persona}} = \frac{0.97kW}{\text{persona}} \approx \frac{0.1kW}{\text{persona}}$$

Puesto que todos los usuarios no consumen a la vez, hay que hallar la energía requerida para el consumo punta, definida por:

$$E_{\text{punta}} = n^{\circ}_{\text{personas}} \cdot \frac{0.1kW}{\text{persona}} \cdot f$$

Siendo:

	Viviendas	f	Tipología	f
- E _{punta} : energía requerida para consumo punta.	<10	0.25	Hotel	0.25
- N ^o _{personas} : el número de personas.	10-50	0.2	Oficinas	0.2
	50-80	0.18	Hospital	0.15
- f: factor de rateo según el tipo de edificio:	80-100	0.16		
	100-150	0.12		

Una vez obtenida la energía requerida, la potencia del equipo que produzca el ACS mediante la siguiente expresión:

$$P_{\text{equipo}} = 1.1 \cdot E_{\text{punta}} \cdot \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{equipo} : potencia del equipo.
- E_{punta} : energía requerida para consumo punta.
- η : rendimiento del equipo:

Tipo de equipo	Rendimiento
Caldera de condensación	105%
Caldera de baja temperatura	96%
Calderas anteriores a 1987	90%
Calderas anteriores a 1975	84%
Calderas de gasóleo o gas	85-92%
Calderas de biomasa	90%

Nota: para la producción de ACS no se suelen emplear bombas de calor. En caso de que el sistema de calefacción sea de bomba, se suele acompañar de una caldera auxiliar sólo para producción de ACS.

Acumulador para el agua caliente sanitaria y equipo de bombeo:

Se requiere de un depósito de inercia para el almacenaje de ACS, de manera que se pueda conservar el agua aún y optimizar el rendimiento de la instalación. Para su cálculo se recurre a las siguientes fórmulas y se elige aquella que genere un depósito mayor:



$$V_{\text{acumulador}} = 1.1 \cdot f \cdot \frac{40l \cdot \text{día}}{\text{persona}} \cdot n^{\circ}_{\text{personas}} \quad 50 < \frac{V_{\text{acumulador}}}{A_{\text{paneles}}} < 180$$

Instalación sin paneles solares
Instalación con paneles solares

Siendo:

- $V_{\text{acumulador}}$: volumen del depósito de acumulador de inercia (litros)
- f : factor de rateo según la tabla de tipología de edificio anterior.
- $N^{\circ}_{\text{personas}}$: el número de personas.
- A_{paneles} : superficie de captadores solares colocada (m²)

INSTALACIONES DE SANEAMIENTO

Las instalaciones de saneamiento requerirán de manera básica las servidumbres de bajantes, colectores y canalones para aguas pluviales y residuales. Así como los sumideros en cubierta. Se establecen los siguientes consejos básicos de diseño:

- No poner nunca aparatos con sifón propio conectados además con botes sifónicos.
- Los diámetros mínimos recomendados para las bajantes son de 110mm, además, éstas, tendrán un sistema de ventilación primario en encuentro con cubierta, por ello, se prolongarán hacia arriba, dicha servidumbre suele generar un “problema estético” que se puede solucionar fácilmente mediante el empleo de válvulas de aireación.



- No se podrán conectar tubos en orden descendente a otros de diámetro menor.
- Se recomienda como pendiente mínima de los colectores y canalones un 2%.
- Siempre conducir las aguas directamente hacia el exterior.
- Finalmente hay que recordar que es obligatorio separar las aguas hasta el punto de recogida. Sólo si éste no contase con sistema separativo, y en dicho punto, podrían juntarse ambas mediante una arqueta previa.

Evacuación de aguas pluviales: cálculo de sumideros:

El predimensionado de sumideros coincide con el cálculo según la tabla 4.6 del HS5-9 del CTE:

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m2)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150m2

Evacuación de aguas pluviales y residuales: elementos generales

Para la evacuación de aguas residuales y pluviales se recomienda tomar como partida un diámetro de 110 mm tanto para bajantes, colectores y canalones, debiéndose ajustar posteriormente a los mínimos establecidos por la norma.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS – PREVISIÓN DE CARGAS

El predimensionado de la potencia eléctrica se puede asimilar por su sencillez al cálculo de cargas más preciso.



El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su apartado ITC10 establece los siguientes criterios para el cálculo de la potencia eléctrica requerida:

Viviendas:

Se establecen dos grados de electrificación:

- Básica: necesidades eléctricas para viviendas de uso común
→ Potencia = 5.75 kW/vivienda
- Elevada: viviendas con sistemas de calefacción eléctrica, acondicionamiento de aire (se refiere a equipos individuales) y viviendas superiores a 160 m² → Potencia = 9.2 kW/vivienda

Para conjuntos de viviendas hay que tener en cuenta que la demanda de potencia no será máxima en todo momento sino que irá ligada a un coeficiente de simultaneidad de manera que:

$$P = \frac{\sum P_i}{n} \cdot C$$

Siendo:

- P: potencia total en kW
- $\sum P_i$: suma de todas las potencias de cada vivienda dependiendo sus grados de electrificación
- n: número de viviendas

- C: coeficiente de simultaneidad que se obtiene de:

Número de viviendas (n)	C	Número de viviendas (n)	C
1	1	12	9.9
2	2	13	10.6
3	3	14	11.3
4	3.8	15	11.9
5	4.6	16	12.5
6	5.4	17	13.1
7	6.2	18	13.7
8	7	19	14.3
9	7.8	20	14.8
10	8.5	n>21	15.3
11	9.2	11	$15.3 + (n-21) \cdot 0.5$

Servicios generales:

Será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja escalera y espacios comunes. El coeficiente de simultaneidad para servicios generales es de 1. La siguiente tabla muestra unos ratios aproximados de potencia requerida para algunos de los elementos anteriores:

Descripción	Potencia eléctrica
Zonas comunes, escaleras, etc.	50 W/m ² (mínimo 2.2kW)
Ascensor pequeño (400kg – 5 personas)	4.5 kW
Ascensor mediano (630 kg – 8 personas)	11.5 - 18.5 kW
Ascensor grande (2000 kg – 24 personas)	29.5 – 83 kW
Rampa mecánica hasta 55 m	5.5 kW

Rampa mecánica hasta 75 m	7.5 kW
Rampa mecánica hasta 90 m	11 kW
Rampa mecánica hasta 100m	15 kW
Escalera mecánica desnivel hasta 6 m	7 kW
Escalera mecánica desnivel 6-10 m	9.5 kW
Lavadoras y secadoras industriales	5 kW
Caldera de biomasa de 50 kW de capacidad térmica (500m ²)	3.7 kW
Enfriadora de 100 kW de capacidad frigorífica (1000m ²)	36.5 kW
Bomba de calor aire-agua de 100 kW de capacidad frigorífica (1000m ²)	45 kW
Bomba absorción de 100 kW de capacidad frigorífica (1000m ²)	1.4 kW
Bomba geotérmica de 15 kW de capacidad frigorífica (150m ²)	4.5 kW

Locales comerciales, oficinas, garajes y edificios destinados a la concentración de industrias:

Se establecen los siguientes ratios para Locales comerciales, oficinas, garajes y edificios destinados a la concentración de industrias:

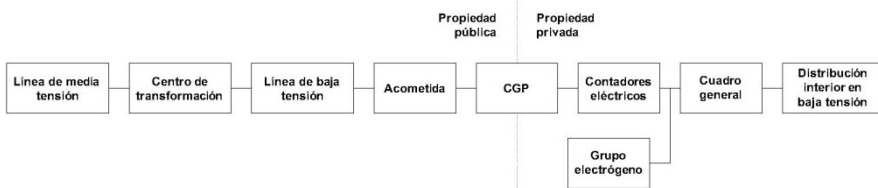
Tipología	Ratio	Potencia mínima	C
Locales o edificios comerciales y de oficinas	100 W/m ²	3.45 kW/local	1
Garajes con ventilación natural	10 W/m ²	3.45 kW/local	1
Garajes con ventilación forzada	20 W/m ²	3.45 kW/local	1
Edificios destinados a concentración de industrias	125 W/m ²	10.35 kW/local	1

INSTALACIONES ELÉCTRICAS – SALAS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

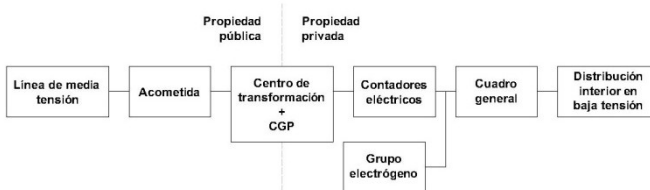
Además de la maquinaria de instalaciones mecánicas existe la maquinaria de instalaciones eléctricas que se ubica entre la acometida y las redes de distribución eléctricas del propio edificio.

De la media tensión a la distribución en el edificio:

Esquema de distribución eléctrica para edificios sin centro de transformación propio



Esquema de distribución eléctrica para edificios con centro de transformación propio



La caja general de protección (CGP):

La caja general de protección conecta a los clientes con la red de la empresa distribuidora. Además, delimita la propiedad y responsabiliza entre la empresa distribuidora y el cliente. También contiene fusibles para evitar que las averías de la red del cliente afecten a la red distribuidora.

Condiciones básicas de colocación:

- Se instalarán preferentemente en fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso.
- En el caso de edificios que alberguen en su interior un centro de transformación para la distribución en baja tensión, los fusibles del cuadro de baja tensión de dicha máquina podrán emplearse como protección de la línea general de alimentación, desempeñando la función de caja general de protección. En dicho caso la propiedad y el mantenimiento de dicho elemento será la empresa suministradora.

- Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite de las propiedades públicas y privadas.

Un tamaño inicial para el predimensionado de una CGP puede ser de 0.5 x 0.5 x 0.5 m (largo x ancho x alto).

El centro de transformación:

Un centro de transformación es un elemento que transforma la electricidad que le llega en media tensión y la transforma en baja tensión.



Para su predimensionado se resuelve mediante la siguiente relación:

$$S_n = \frac{S_c}{k}$$

Siendo:

- S_n : potencia del transformador en kVA
- $k = 0.75$ (El centro de transformación se calcula a un régimen de carga del 75% de su potencia nominal, con ello las pérdidas de carga se reducen notablemente y se reserva un margen ante eventuales aumentos de carga más o menos duraderos).
- S_c : cargas totales del edificio en kVA. Mediante el procedimiento del apartado anterior se ha obtenido la potencia de la carga total en kW, por tanto para convertirla en kVA se empleará

$$S_c = \frac{\text{Potencia}_{total}}{f}$$

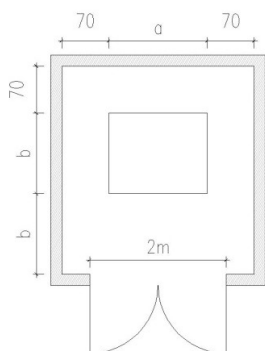
Potencia total: demanda de potencia eléctrica total en kW

$f=0.85\text{kW/kVA}$

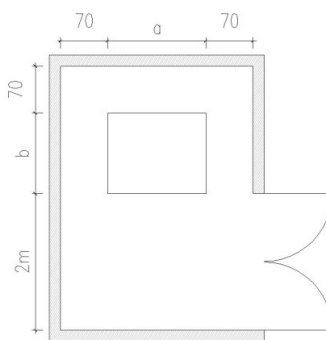
Una aproximación al tamaño real de la máquina puede ser 1.8 x 1.8 x 1.5 (largo x ancho x alto) para una centro de transformación de 250 kVA (alimenta unos 2000m²).

El cuarto del centro de transformación deberá seguir las siguientes pautas:

- Espacio suficiente para la manipulación.
- Posibilidad de transporte del CT hasta el local debido a su gran peso.
- Puerta de acceso que permita la entrada de la máquina.
- Espacio para maniobrar en caso de que la salida no sea directa.
- Medidas para apantallar los ruidos del CT (zumbidos), por ejemplo, una bancada de hormigón.
- Adecuado sistema de ventilación natural o forzada



Cuarto para CT con salida frontal



Cuarto para CT con salida lateral

Los contadores generales:

Son los aparatos encargados de medir el consumo de energía eléctrica realizado en el edificio. Su predimensionado se puede obtener en el capítulo de armarios de contadores.

El grupo electrógeno:

El grupo electrógeno de emergencia es una máquina que, en caso de fallo de la red, suministra la energía eléctrica necesaria para mantener el alumbrado de emergencia de todas las vías de circulación, así como el funcionamiento de ascensores, quirófanos, sistemas de seguridad, etc. de manera que no se produzcan situaciones desagradables debido a un colapso o mal funcionamiento del sistema.



Ámbito de uso:

- Todos los locales de espectáculos y actividades recreativas sea cual sea su ocupación: cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, salas de fiestas, discotecas, salas de juegos de azar, etc.
- Todos los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios, sea cual sea su ocupación: templos, museos, salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, intercambiadores, estacionamientos para más de 5 vehículos, hospitales, ambulatorios, sanatorios, asilos y guarderías.
- Todos los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios, con una ocupación mayor que 50 personas: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, establecimientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos.
- En edificios o locales en las que las condiciones de seguridad sean fundamentales de cara a robos, atracos, etc. por ejemplo galerías de arte, cárceles, etc.

Para su predimensionado, se tiene en cuenta que el GE entrará en funcionamiento cuándo la red falle o tenga una falta de tensión del 70% de su valor nominal. Por ello, siguiendo el procedimiento descrito para el centro de transformación, su potencia nominal se reduce al 30%.

Una aproximación al tamaño real de la máquina puede ser 2.25 x 1 x 1.5 (largo x ancho x alto) para un grupo electrógeno de 35 kVA (alimenta unos 2000 m²).

El cuarto del centro de transformación deberá seguir las siguientes pautas:

- Espacio suficiente para la manipulación.
- Servidumbre de evacuación de humos: al ser un motor que quema, el GE tiene un tubo de escape. Éste cumplirá las condiciones descritas anteriormente para chimeneas en su salida al exterior.
- Entrada de aire: puesto que es un elemento que genera combustión, necesita de oxígeno abundante. Se recomienda ventilación natural.
- Espacio para maniobrar al introducir el GE en el local.
- Medidas para apantallar los ruidos del GE (zumbidos), por ejemplo, una bancada de hormigón.
- Espacio para un depósito de carburante (si es combustible líquido). Para predimensionarlo contar con un volumen de igual tamaño que el de la máquina.

Potencia del grupo	20-60	100-200	250-550	650-1500	kVA
Tamaño del espacio	5/4	6/4.5	7.5/5	10.5/5	m
Altura del espacio	3	3.5	4	4	m
Puerta / acceso	1.5/2	1.5/2	2.2/2	2.2	m

El cuadro general:

Es el mecanismo encargado de la protección de cada uno de los distintos circuitos e n los que se divide la instalación a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales.



ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

Su tamaño varía enormemente debido a la infinidad de posibilidades de combinación de aparatos eléctricos. Para una fase de predimensionado se puede establecer el siguiente ratio:

Superficie sirviente	Largo	Ancho	Alto	Accesible
$S < 250 \text{ m}^2$	1.5	0.5	2	1 lado
$250 < S < 500 \text{ m}^2$	2	0.5	2	1 lado
$500 < S < 1000 \text{ m}^2$	2.5	0.5	2	1 lado
$1000 < S < 1500 \text{ m}^2$	3	0.75	2	2 lados
$1500 < S < 2000 \text{ m}^2$	4	0.75	2	2 lados
$2000 < S < 3000 \text{ m}^2$	5	0.75	2	2 lados
$3000 < S < 4000 \text{ m}^2$	6	0.75	2	2 lados
$S > 5000 \text{ m}^2$	7+ 1m/1000 m^2	0.75	2	2 lados

Su geometría no tiene por qué ser estrictamente lineal, se pueden distribuir en L o en filas paralelas si es que su superficie es muy grande.

Los cuadros parciales:

Su función es la misma que la del cuadro general de protección, pero sirven a superficies más pequeñas. Su ratio para el predimensionado puede responder a la siguiente relación:

Superficie sirviente	Uso	Largo	Ancho	Alto	Accesible
300 m^2	Vivienda	1	1	0.3	1 lado
400 m^2	Público	1	1	0.3	1 lado

No se deben colocar en pareces anexas a dormitorios puesto que generan ruidos que pueden ser molestos.

INSTALACIÓN DE PARARRAYOS

En ciertas ocasiones, en las tormentas, se producen descargas eléctricas hacia la tierra en forma de rayos. Éstos son flujos de corriente continua de alta velocidad, intensidad y tensión por lo que resultan peligrosos para los seres vivos en general.



En lo referido al mundo de la construcción, el riesgo de impacto de un rayo aumenta con la altura de la construcción y, en caso de producirse, puede dañar daños en las instalaciones electrotécnicas si no se incorpora un sistema de protección interna para sobretensiones.

Para una fase de predimensionado, el criterio para colocar o no una instalación de pararrayos será el siguiente:

1. Se habrán de incorporar instalaciones de pararrayos en los edificios especialmente expuestos:
 - Construcciones elevadas como torres o rascacielos.
 - Grandes volúmenes de construcción como: edificios de administración, teatros, centros comerciales, escuelas u hospitales.
 - Empresas industriales o comerciales en las que se manipulen o almacenen sustancias inflamables o explosivas.
 - Lugares de interés patrimonial como palacios, archivos, museos, etc.

- Los edificios pequeños, en situación expuesta, como por ejemplo en cimas de montañas, parajes solitarios o fincas solitarias en terrenos llanos.
 - Construcciones de techumbre endeble (madera, paja o cañas).
2. Los edificios de viviendas solamente se protegerán cuando su tipología responda a rascacielos o grandes complejos residenciales.

Clase de protección a garantizar por la instalación:

El grado de protección que debe aportar el sistema se obtiene siguiendo el procedimiento detallado en lo sucesivo:

1. Elección del riesgo admisible “ N_a ” dependiendo del uso del edificio según la siguiente tabla:

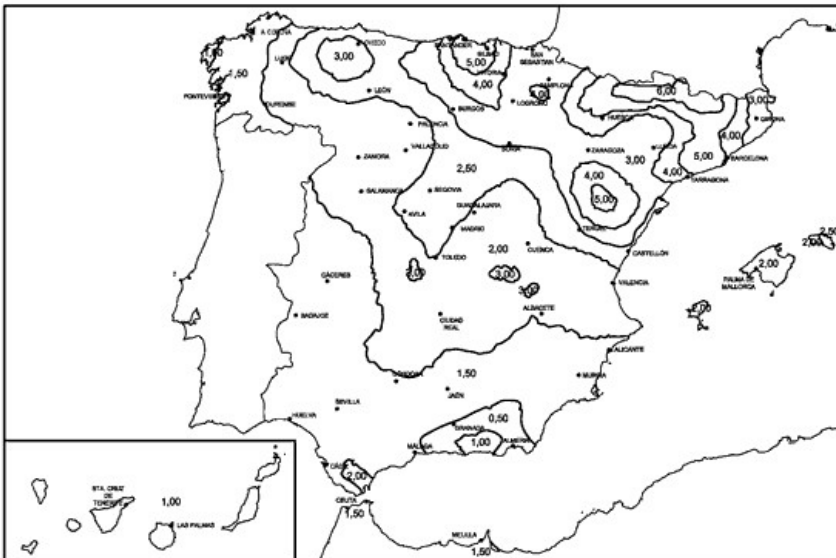
Uso del edificio	N_a
Comercial, pública concurrencia, o docente	$1.95 \cdot 10^{-4}$
Sanitario	$9.78 \cdot 10^{-4}$
Residencial y resto	$2.94 \cdot 10^{-3}$

2. Cálculo de la frecuencia esperada de impactos “ N_e ” según:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot 10^6$$

Siendo:

- N_g : densidad de impactos sobre el terreno según:



- A_e : superficie de captura, delimitada por una línea trazada a una altura $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

3. Tipo de sistema exigido según su eficacia “E”, de valor:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$$

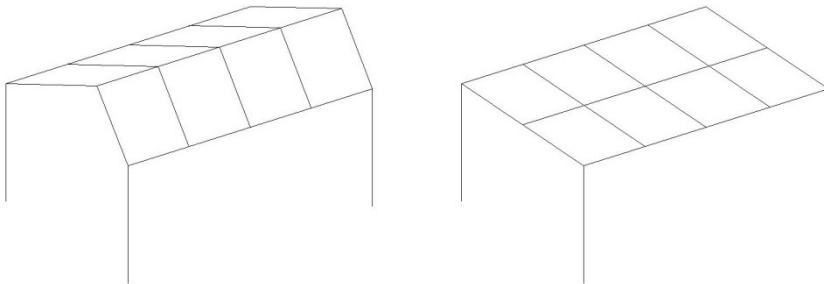
Según el valor “E” se elige el nivel de protección acorde a la siguiente tabla:

<u>Eficiencia requerida “E”</u>	<u>Nivel de protección</u>
$E \geq 0.98$	I
$0.95 \leq E < 0.98$	II
$0.80 \leq E < 0.95$	III
$0.80 \leq E < 0.8$	IV

Predimensionado de los componentes del sistema:

El sistema de protección consiste en la combinación de mallas y varillas de captación.

- Las mallas de captación:
Son un conjunto de conductores de captación tendidos en forma de malla, ubicados preferiblemente en la cumbrera o las aristas exteriores pudiendo recurrir a canalones, remates de parapetos, con un espesor y técnica común para ser usados como conductores de captación.



Las dimensiones de las mallas en función de la clase de protección se determinan según la siguiente tabla:

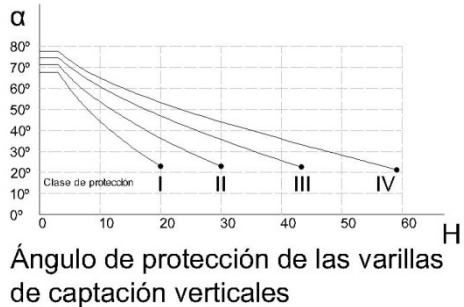
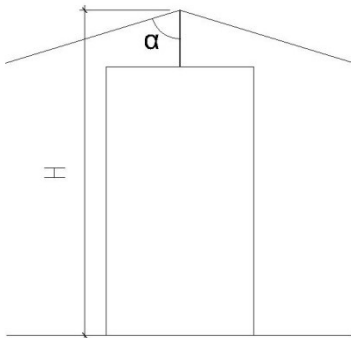
Nivel de protección	Dimensiones de la malla
I	5 x 5 m
II	10 x 10 m
III	15 x 15 m
IV	20 x 20 m

Los puntos expuestos como chimeneas, antena o estructuras de cubierta podrán sobresalir hasta 30 cm del plano de la malla sin necesidad de adoptar precauciones especiales siempre que sean de un material conductor no eléctrico. En caso contrario deberán contar con varillas de captación.

- Las varillas de captación:

Son adecuadas como medidas de protección para edificios esbeltos como torres o rascacielos.

Su zona de protección corresponde a un cono cuyo ángulo con la vertical depende de la clase de protección requerida y la altura del edificio según el siguiente diagrama:



También sirven para proteger elementos aislados sobre cubiertas planas o inclinadas siempre que sobresalgan del plano más de 30 cm.

En caso de unir varias varillas mediante conductores horizontales el volumen protegido será el resultante capaz de desplazar a lo largo del conductor el definido por las puntas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

La colocación de paneles fotovoltaicos que produzcan energía eléctrica ayuda al ahorro energético.



La norma, como en el caso de los captadores solares, exige un mínimo de superficie en función de las características geográficas, que, naturalmente, podrá superarse si se busca una certificación energética mejor.

Predimensionado del área de paneles fotovoltaicos:

La potencia de los captadores se podrá predimensionar conforme a la siguiente expresión:

$$Ar = k \frac{E_d}{E_{incidencia}}$$

Siendo:

- Ar: potencia pico (Wp) de la instalación. En cualquier caso la potencia pico mínima será de 6.25 kWp (6250 Wp).
- E_n : consumo de electricidad (kWh/día), se puede calcular multiplicando la potencia eléctrica pico a generar por los paneles por 8.917 horas de sol/día en el hemisferio norte.
- E_i : energía incidente (kWh/m²día) en cada metro cuadrado de superficie. Depende de la ubicación geográfica. Se puede obtener de la tabla y figuras 3.1 del HE5 del CTE ya añadidas en el apartado de captadores solares.
- k: factor de valor 1200Wp/m². Este dato surge de Wp = 1000W/m² a una temperatura de 25°C que es la irradiancia con la que se prueban los paneles en laboratorio. Los paneles, tienen un

rendimiento propio del 10% al 20%. Como el sistema tiene más pérdidas, se ha de mayorar aún más el valor base de 1000W/m² para garantizar que se cubran los mínimos. En total un 20% de valor promedio.

Ahora habrá que calcular el área de de paneles fotovoltaicos correspondiente a Ar. Los paneles fotovoltaicos tienen una potencia entre los 120 y los 100 Wp por cada metro cuadrado. Para ello se emplea la siguiente relación:

$$Potencia_{panel} = \frac{120Wp}{m^2}$$

Por tanto si se divide Ar por la potencia de los paneles se obtendrá la superficie en m2 de paneles solares necesarios.

El área final deberá aumentarse en caso de que existan pérdidas de algún tipo. Las pérdidas admisibles son:

Caso	Porcentaje
General	15%
Superposición de paneles	30%
Integración arquitectónica	50%

INSTALACIONES DE COGENERACIÓN

La cogeneración es un tipo de instalación que está a caballo entre las instalaciones eléctricas y las energéticas puesto que su función es doble: la producción simultánea de electricidad y energía. Formalmente consisten en motores accionados por combustibles fósiles (generalmente gas natural, gasóleo...) que, a través de un generador trifásico, generan electricidad y a su vez, gracias a un sistema de intercambio de calor, energía.



Técnicamente, tienen un rendimiento del 90% respecto a la energía que reciben de la que un 35% repercute en electricidad y un 55 en energía térmica.

Son sistemas cuya ventaja es el ahorro de energía, de un 40% respecto a los sistemas tradicionales, y de emisiones, un 50% menos, por tanto con su instalación se podrá adquirir una mejor certificación energética.

Predimensionado de grupos de cogeneración:

En caso de instalación de este sistema la característica importante para el predimensionado del equipo es su potencia térmica. Al contrario que en otros sistemas, debido a su elevado coste, se ha de ser conservador y no sobredimensionar el equipo para que trabaje el mayor número de horas. Para ello se considera que la producción de energía térmica por parte del equipo de cogeneración no será superior al 15 ó 20% de la demanda de energía del edificio. Por tanto el equipo se elegirá en función de la siguiente expresión:

$$P_t = k \cdot E$$

Siendo:

- P_t : potencia térmica de la máquina de cogeneración (kW). En caso de que el fabricante no ofrezca nada ajustado, elegir el equipo de potencia directamente inferior.
- k : valor medio entre el 15 y 20% $\rightarrow k = 0.175$
- E : demanda de energía térmica del edificio (ver capítulo correspondiente).

Así pues, el fabricante aportará también la potencia eléctrica que suministra el equipo en función de la potencia térmica anteriormente calculada.

Para cubrir el resto de necesidades térmicas se deberá instalar otro sistema de producción de calor, por ejemplo una caldera.

Por ejemplo, un edificio de 2000 m², para un consumo de energía de 100 W/m² tendrá una demanda de 200 kW térmicos. Por tanto el grupo de cogeneración tendrá una potencia térmica $P_t = 0.175 \cdot 200 = 35$ kW.

Haciendo una aproximación a la realidad, un equipo de una potencia térmica de 34 kW aporta unos 19 kW eléctricos. Tendrá unas dimensiones de 0.9 x 1.9 x 1.3 m (largo x ancho x alto).

Sala de maquinaria de cogeneración:

Las salas de máquinas de cogeneración tendrán las mismas características que las indicadas en el capítulo “instalaciones mecánicas: salas de máquinas”.

Se hará especial hincapié en la necesidad de una buena ventilación puesto que se requerirá oxígeno para la combustión y en la servidumbre de la chimenea. Además, en caso de que la máquina se alimente mediante un combustible líquido necesitará un depósito de almacenaje de, para casos de predimensionado, igual volumen que la propia máquina.

INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIÓN - RECINTOS

Los edificios que cuenten con Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ITCs) tendrán integrados los siguientes recintos:

RITI

- Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior.
- *Función:* la instalación de equipos de telefonía y telecomunicaciones por cable.
- *Ubicación recomendada:* sobre rasante, pero puede ubicarse en un nivel inferior siempre que se le dote de un sumidero de desagüe.

RITS

- Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Superior.
- *Función:* instalación de equipos de captación y el tratamiento de las señales de radio, televisión y satélite.
- *Ubicación:* cubierta o azotea y nunca por debajo de la última planta del inmueble.

RITU

- Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Único.
- *Función:* acumula las funciones de los dos anteriores.
- *Uso:* puede sustituir al RITI y RITS en conjuntos de viviendas unifamiliares y en edificios o conjuntos inmobiliarios de hasta tres alturas y planta baja con un máximo de 10 unidades privativas (viviendas + oficinas + locales).
- *Ubicación recomendada:* sobre rasante, pero puede ubicarse en un nivel inferior siempre que se le dote de un sumidero de desagüe.

RITM

- Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Modular.
- *Función:* sustituye en funcionalidad a uno de los recintos descritos anteriormente cuándo el tamaño de la promoción (en base al número de viviendas lo permite).
- *Uso:* puede sustituir al RITI, RITS o RITU en casos de inmuebles de pisos de hasta 45 unidades privativas y de conjuntos de viviendas de unidades unifamiliares de hasta 10 unidades privativas.
- *Ubicación recomendada:* según el elemento al que sustituya.

Dimensiones de los elementos ITC

Sus dimensiones se hallarán acorde a las siguientes tablas:

RITI - RITS

Nº de unidades privativas	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)
Hasta 20	2000	1000	500
21 - 30	2000	1500	500
31 - 35	2000	2000	500
45 o más	2300	2000	2000

RITU

Nº de unidades privativas	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)
Hasta 10	2000	1000	500
Más de 10	2300	2000	500

INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIÓN - ANTENAS

No hay que olvidar que los usuarios acostumbran a querer poder ver la televisión, entre otras cosas, lo que lleva, inevitablemente a la aparición de estos molestos elementos.



Sin embargo, su diseño integrado o su ocultación mediante el sistema anterior será, en la mayoría de los casos, más que suficiente, para que pasen desapercibidas.



Antena integrada en un foco para la iluminación de una pista exterior. Arqto. Patxi Mangado.

Criterios de colocación:

Se establecen las siguientes pautas:

1. Las antenas se colocarán a una distancia mínima de 5-8m de las antenas vecinas para evitar apantallamiento e interferencias mutuas.
2. Se ubicarán en el lado alejado de la calle para reducir las influencias perturbadoras relativas al tráfico.
3. Se colocarán lo más elevadas posibles puesto que la recepción es mejor ya que aumenta la intensidad de campo y disminuye la niebla interferente.
4. No deben obstaculizar el acceso a chimeneas y extractores de aire.
5. Teniendo en cuenta la dirección del viento han de colocarse lo más alejadas posible de las chimeneas.
6. Se habrá de salvar una distancia de un metro con respecto a las líneas de alta tensión y zonas de techumbre endeble.
7. Las antenas deberán contar con una puesta a tierra mediante el camino más corto.

Elementos más comunes en las antenas:

Los componentes principales de las antenas terrestres son los siguientes en orden descendente:

- Bola de protección + antena de onda larga, media y corta
La bola elimina las interferencias atmosféricas y la antena capta las señales para las que está diseñada.



- Antenas FM:
Antena para recepción de la frecuencia modulada.



- Antenas VHF:
Para recepción de los canales de televisión comercial.



- Antenas UHF:
Para la recepción de la TDT (televisión digital terrestre).

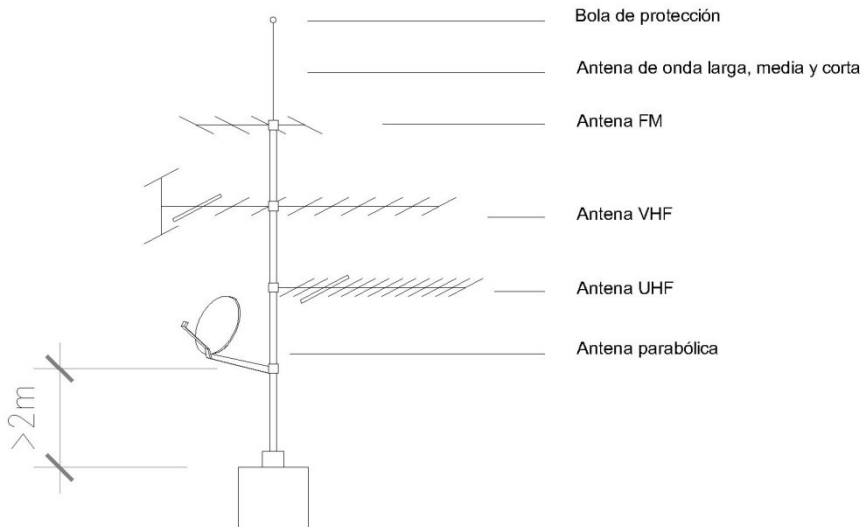


- Antenas parabólicas:
Para la recepción de señales satélite, por ejemplo televisivas.



Esquema de una antena genérica para edificación:

Para efectos de predimensionado se podrá considerar un esquema de montaje de antena similar al siguiente:



PREDIMENSIONADO ÁREAS DE PATINILLOS

El predimensionado de patinillos para una fase previa de diseño en la que la superficie reservada para éstos se desee ser conocida de manera aproximada podrá calcularse acorde a las siguientes tablas propuestas por la consultoría “suma arquitectura e ingeniería”:

PATINILLOS PARA CONDUCTOS ELÉCTRICOS		
Número de derivaciones	Profundidad P = 0.15 m	Profundidad P = 0.3 m
	una fila	dos filas
Anchura L (m)		
Hasta 12	0.65	0.5
13-24	1.25	0.65
25-36	1.85	0.95
36-48	2.45	1.35

PATINILLOS PARA CONDUCTOS DE TELECOMUNICACIONES		
PAUs	Profundidad P = 0.15 m	
	Anchura L (m)	Registro
Hasta 12	0.45	0.55 x 1
21-30	0.7	
30	1	

PATINILLOS PARA CONDUCTOS DE AGUA		
<i>Dimensiones aconsejadas para patinillo de conducción de agua: montantes de 28mm, aislamiento de 10 mm y maniobra 25 mm</i>		
	Montante	Anchura (cm)*
Una fila: registrable (profundidad mínima de 15cm)	5	36
	10	68
	20	133
	30	198

<i>Ancho del patinillo = 2.5 · (N+1) + N · (Ø + e)</i>		
Ø=diámetro exterior	N = nº de montantes	e = espesor aislante
Dos filas: registrable (profundidad mínima de 30cm)	5	26
	10	42
	20	75
	30	107
(*) Esta anchura se puede reducir un 10% pero la instalación es menos operable		

PATINILLOS PARA AIRE ACONDICIONADO		
<i>Dimensiones aconsejadas para patinillo de instalación de aire acondicionado: tuberías Ø19+19 aislamiento, Ø11+19 aislamiento y Ø15mm aprox. Y maniobra 10mm</i>		
	Montante	Anchura (cm)*
Una fila: registrable (profundidad mínima de 15cm)	5	54
	10	107
	15	160
	20	213
Dos filas: registrable (profundidad mínima de 30cm)	10	62
	20	115
	30	168
	40	221
	Ancho extra	Impar (+ 6cm)
(*) Esta anchura se puede reducir un 10% pero la instalación es menos operable		

FALSOS TECHOS Y SUELOS TÉCNICOS

Falsos techos:

Los falsos techos son elementos constructivos que sirven para ocultar el paso de instalaciones, vigas etc. a la vista del usuario así como constituir un remate para el acabado que disimule los defectos. También se emplean para bajar la altura libre con fines de diseño y decorativos.



La construcción de falsos techos se realiza de manera general en escayola, PVC, aluminio o acero con una sustentación de subestructura metálica. De todos ellos el más habitual es el aluminio que garantiza una enorme ligereza y economía de costes y de tiempo para la colocación.

Espacio que queda entre éste y el forjado se denomina “plenum” y es el lugar por dónde discurrirán los elementos.

Su mayor ventaja es la posibilidad de reemplazar piezas dañadas así como proceder al mantenimiento o reparación de los elementos que transcurren por él sin ninguna dificultad.

Existe una amplia gama de falsos techos, siendo los principales: anti incendio, de aislamiento acústico, en celosía, de lamas metálicas, de retícula oculta, de retícula rehundida, de retícula vista, integrales y suspendidos.

Un buen consejo de diseño, sobre todo en lo que atañe a cuartos húmedos es que en el pasado los desagües del piso superior discurrían por el falso techo de la vivienda inferior produciéndose así ruidos en la vivienda inferior en los momentos del empleo de los sanitarios por parte de los vecinos de arriba. Así pues, la normativa actual anti ruido evita dicha situación, por tanto no será recomendable proyectar tuberías por falsos techos a no ser que se empleen falsos techos de protección acústica o las tuberías cuenten con sistemas antivibración.

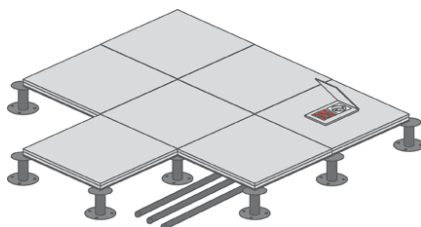
Predimensionado de falsos techos acorde a la instalación que van a albergar:

El tamaño medio aproximado de las piezas que servirán en el interior de los falsos techos corresponde a la relación que se muestra a continuación pero habrá que tener en cuenta la infinidad de fabricantes que permitirán en ciertos casos, reducir algo los espesores. Asimismo, el empleo de vigas alveolares permitirá el paso de las instalaciones por su interior por lo que dichos valores se podrán incluir en cierta medida en función del canto de éstas en el cómputo del canto del forjado.

Tipo de instalación a albergar	Altura libre (cm)
Conductos y equipos de aire acondicionado	40-50
Cableado, iluminación y techos	12-25
Tuberías de suministro de gas y ACS	15-25
Tuberías de desagüe de aguas pluviales y residuales	25-50

Suelos técnicos

Los suelos técnicos son sistemas de cerramiento interior horizontales basados en la creación de una subestructura sostenida por el forjado capaz de soportar el pavimento de manera elevada, así pues, en el espacio que queda, se permite el paso de instalaciones o el relleno mediante aislamientos.



Predimensionado de suelos técnicos:

El espesor habitual para suelos técnicos de manera que se permita la instalación de placas de aislamiento o el paso de cableados, tuberías de suministro y calefacción responde a:

Elemento constructivo	Espesor medio (cm)
Suelo técnico	15-20

PREDIMENSIONADO ARMARIOS DE CONTADORES

Las dimensiones aproximadas requeridas para los armarios de contadores de instalaciones de gas, fontanería y electricidad se podrán obtener de las siguientes tablas propuestas por la consultoría “suma arquitectura e ingeniería”:

Armario de contadores de gas									
Nº Viviendas	5	10	15	20	25	30	35	40	50
Comunes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	10	15	20	25	30	35	40	50
Columnas	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5	8.75	10	12.5
	2.00	3.00	4.00	5.00	7.00	8.00	9.00	10.00	13.00
Medida (cm)	78	110	142	174	238	270	302	334	430

Armario de contadores para instalación de fontanería									
Nº Viviendas	5	10	15	20	25	30	35	40	50
Comunes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	10	15	20	25	30	35	40	50
Columnas	1.67	3.33	5.00	6.67	8.33	10.00	11.67	13.33	16.67
	2.00	4.00	5.00	7.00	9.00	10.00	12.00	14.00	17.00
Medida (cm)	42.75	68.25	81	106.5	119.3	144.8	170.3	195.8	230

Armario de contadores para instalación eléctrica			
Nº Viviendas	5	10	16
Comunes	0	0	0
Total	5	10	16
Columnas	0.33	0.67	1.07
	1.00	1.00	2.00
Medida (cm)	71.5	71.5	134.5

*PARTE III: INSTALACIONES DE
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO*

Se estudiarán estrategias de diseño de proyectos que funcionen correctamente en situaciones de incendio así como los conceptos generales de protección de materiales.

CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La protección contra incendios es un tema complejo que necesita un estudio muy específico, sin embargo, se pueden indicar una serie de consejos que si se cumplen, evitarán situaciones indeseadas en un proceso de diseño posterior como la necesidad de incorporar escaleras o puntos de salida que no estaban previstos o el gasto de grandes cantidades de dinero en la protección de los elementos constructivos.



Torre Windsor (Madrid) tras su incendio en 2005

También es interesante decir que, como resulta evidente, la complejidad de los sistemas de protección activos y pasivos varía notablemente con la tipología del edificio. Así pues, una vivienda unifamiliar se resolverá con criterios sencillos y un hospital o un edificio en gran altura requerirán de un estudio más exhaustivo y preciso.

Propagación interior: compartimentación:

Los edificios habrán de estar compartimentados en sectores independientes de manera que la propagación del fuego entre ellos quede sellada según las disposiciones de la norma. Los sectores a su vez estarán divididos en locales sin riesgo y de riesgo bajo, medio o alto.

Los elementos constructivos que delimitan los espacios de dichos locales habrán de garantizar una resistencia al fuego acorde a las características propias de éstos. Por tanto, de manera básica se puede decir que a mayor riesgo (locales con materiales combustibles, almacenes, etc.) es más recomendable el empleo de fábricas enfoscadas, cajeados de hormigón con alto recubrimiento de armaduras, etc. Un consejo útil de diseño es hacer saber al lector que garantizar la resistencia al fuego de los elementos ligeros, vidrios, claraboyas y plásticos suele ser caro y requiere (en la mayoría de los casos) de tratamientos especiales.

Asimismo habrá que tener especial cuidado en los elementos intersectoriales como son los patinillos de instalaciones que habrán de estar de la misma manera sellados con materiales que garanticen la no propagación del fuego.

Propagación exterior: protección de medianerías, fachadas y cubiertas:

Para evitar que las llamas alcancen edificios colindantes o atraviesen la envolvente de los sectores la disposición geométrica de los citados elementos habrá de garantizar unas distancias, ángulos y alturas mínimos. Por ello, evitar diseños de elementos muy inmediatos.

Evacuación de los ocupantes:

La capacidad de evacuar a los ocupantes habrá de ser garantizada. Para ello se pueden considerar dos aspectos fundamentales: número de salidas y recorridos de evacuación:

- Número de salidas: siempre deberá haber una salida y en casos de edificios de alta ocupación, de gran tamaño, complejidad de evacuación, etc. de al menos dos. Esto se matiza mucho por la norma de manera que es fundamental contar con el número de salidas a garantizar en la fase de proyecto sino, como ya se ha indicado, se puede dar el caso de tener todo el proyecto fundamentado y encontrarse el proyectista en la necesidad de incluir una escalera o punto de escape con el que no contaba.
- Recorridos de evacuación: vendrán dictados por el número de salidas. Se pretende transmitir la imposibilidad ante un incendio de proyectar edificios con grandes pasillos sin puntos de salida intermedios. Así pues, como norma básica, de nuevo a matizar por la legislación vigente, se podrán emplear los valores de 25m para evacuación descendente y 10m para la ascendente, como dato de

predimensionado de recorridos, ampliables el caso correspondiente.



Obra de incorporación de escalera de evacuación a la Clínica Universitaria (Universidad de Navarra).

Los elementos citados habrán de estar adecuadamente protegidos y señalizados a la vez que tener una dimensión que permita el paso de los ocupantes de manera fluida evitando que se produzcan cuellos de botella.

Instalaciones de protección activa:

El proyectista habrá que contar con la necesidad de reservar cierto espacio, no llegará al 2% de la planta, de manera general, para las instalaciones de protección activa como son: extintores portátiles, bocas de incendio equipadas, ascensores de emergencia, hidrantes exteriores, sprinklers, columna seca, sistema de detección y alarma.

Facilidad de aproximación exterior:

En caso de fuego, los bomberos han de poder acceder de manera correcta a las cercanías del edificio para así poder hacer uso efectivo de escaleras de salvamento, camiones, etc.

Protección pasiva:

Los elementos, como se ha indicado ya, han de tener capacidad de: mantener sus capacidades portantes, su integridad y/o aislar térmicamente durante un tiempo determinado de acuerdo a su importancia estructural, de compartimentación, etc.

- Hormigón: el hormigón es un material que resiste bien los incendios siempre que se garantice un recubrimiento adecuado del armado. Se podrá emplear un valor de predimensionado de 3cm de recubrimiento para garantizar la protección para casos habituales de edificación.
- Acero: las estructuras de acero son muy débiles ante los incendios puesto que con el aumento de temperatura pierden su capacidad portante. Sin embargo con una aplicación de pintura especial anti incendios y un mantenimiento correcto no habrá problemas mayores. No hace falta tener en cuenta valores de predimensionado, pero sí saber que el empleo de dichas pinturas es económicamente costoso.
- Madera: la madera es un material que, contrariamente a su fama, trabaja bien en incendios puesto que al arder se quema solo superficialmente quedando protegido el núcleo portante. No hace falta contar con valores de predimensionado mayores que los indicados en la parte estructural, pero se habrá que contar con la posibilidad de aplicar tratamientos anti incendio o aumento de las secciones eficaces como medida posterior.



- Fábricas: las fábricas de mampostería y ladrillo son bastante resistentes. Una hoja simple con enfoscado y revoco de yeso aporta en los casos habituales de edificación características suficientes para el predimensionado.

- Uniones: no habrá que contar con mayor dato en el predimensionado que con la necesidad de protegerlas adecuadamente con posterioridad. Así pues, se aconseja un diseño que permita un pintado, cajeado o tratamiento posterior sencillo de manera que el operario tenga acceso sin impedimentos y garantizado a todas las partes de la unión.

*PARTE IV: INSTALACIONES
DE COMUNICACIÓN VERTICAL*

Se estudiarán estrategias de diseño de instalaciones de comunicación vertical como son ascensores y escaleras mecánicas, así como las características dimensionales de los elementos que las conforman.

BATERÍAS DE ASCENSORES

El cálculo del número de ascensores que necesita un edificio se puede convertir en un complejísimo problema que reúne modelos estadísticos de probabilidad de uso, recorridos, flujos de personas, etc. Sin embargo, para los casos habituales de edificación, es decir, edificios sin singularidades significantes, sobre todo rascacielos, el procedimiento presentado se considera válido.



Lo que se expone a continuación está basado en el trabajo número quince sobre espacio en las instalaciones de la cátedra Czajkowski – Gómez publicado en el año 2006.

Cabe decir que acertar en el número de ascensores es, evidentemente un punto clave para el buen funcionamiento del edificio. Sin embargo hay que recordar al proyectista que los ascensores son elementos cuyo mantenimiento es muy costoso por lo que habrá que ser ajustado a las necesidades reales y no regirse por el “ande o no ande caballo grande”.

Predimensionado geométrico:

Consideraciones previas España, sobre todo en lo que concierne a las dimensiones mínimas de ascensores habrá que atender a las indicaciones de los planes respectivos de cada ayuntamiento. Además, la reciente publicación del documento de accesibilidad hace más habitual la necesidad de grandes dimensiones de cajas de ascensores para la instalación de elevadores adaptados a los discapacitados. Su contenido es el siguiente en lo que respecta a ascensores:

- *Los edificios de uso Residencial Vivienda en los que haya que salvar más de dos plantas desde alguna entrada principal accesible al edificio hasta alguna vivienda o zona comunitaria, o con más de 12 viviendas en plantas sin entrada principal accesible al edificio, dispondrán de ascensor accesible o rampa accesible (conforme al apartado 4 del SUA 1) que comunique las plantas que no sean de ocupación nula (ver definición en el anejo SI A del DB SI) con las de entrada accesible al edificio. En el resto de los casos, el proyecto debe prever, al menos dimensional y estructuralmente, la instalación de un ascensor accesible que comunique dichas plantas.*
- *Las plantas con viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas dispondrán de ascensor accesible o de rampa accesible que las comunique con las plantas con entrada accesible al edificio y con las que tengan elementos asociados a dichas viviendas o zonas comunitarias, tales como trasteros o plazas de aparcamiento de la vivienda accesible, sala de comunidad, tendedero, etc.*
- *Los edificios de otros usos en los que haya que salvar más de dos plantas desde alguna entrada principal accesible al edificio hasta alguna planta que no sea de ocupación nula, o cuando en total existan más de 200 m² de superficie útil (ver definición en el anejo SI A del DB SI) en plantas sin entrada accesible al edificio, excluida la superficie de las zonas de ocupación nula, dispondrán de ascensor accesible o rampa accesible que comunique las plantas que no sean de ocupación nula con las de entrada accesible al edificio.*
- *Las plantas que tengan zonas de uso público con más de 100 m² de superficie útil o elementos accesibles, tales como plazas de aparcamiento accesibles, alojamientos accesibles, plazas reservadas, etc., dispondrán de ascensor accesible o rampa accesible que las comunique con las de entrada accesible al edificio.*

ARQUITECTURA A OJO DE BUEN CUBERO

	Dimensiones mínimas, anchura x profundidad (m)	
	En edificios de <i>uso Residencial Vivienda</i>	
	sin viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas	con viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas
	En otros edificios, con <i>superficie útil</i> en plantas distintas a las de acceso	
	≤ 1.000 m ²	> 1.000 m ²
- Con una puerta o con dos puertas enfrentadas	1,00 x 1,25	1,10 x 1,40
- Con dos puertas en ángulo	1,40 x 1,40	1,40 x 1,40

Miguel Ángel Alonso del Val recomienda, en sus clases de proyectos, el empleo de cajas de ascensores de diámetro interior igual o superior a dos metros con lo que lo anteriormente expuesto quedaría cubierto en todos los casos requeridos, quedando así el espacio necesario para la subestructura de la cabina, el contrapeso, etc.

Aspectos mínimos generales (no tienen en cuenta lo respectivo a accesibilidad):

Personas	Lado mínimo (m)	Superficie (m ²)	Peso (kg)
3	0.75	0.7	225
4	0.87	0.9	300
5	0.87	1.1	375
6	0.87	1.3	450
7	1.16	1.45	525
8	1.16	1.6	600
9	1.16	1.75	675
10	1.16	1.9	750
11	1.4	2.05	825
12	1.4	2.2	900
13	1.4	2.35	975
14	1.4	2.5	1050
15	1.4	2.65	1125
16	1.4	2.7	1200

Cálculo de la capacidad del transporte:

La capacidad de transporte (N) es el número de personas a llevar en cinco minutos (300s) en el ascensor:

$$N \geq \frac{t \cdot n}{T_i}$$

Siendo:

- N: la capacidad de transporte
- t: el tiempo de servicio base, cinco minutos, por tanto t=300s
- n: número de personas reglamentarias por superficie de cabina según la tabla anterior
- Tt: tiempo de duración de cada viaje completo (subida + bajada) en segundos. Se rige por:

$$Tt = Tr + (Tp + Ta) \cdot Pn + Ts + Te$$

Con:

- Tr: tiempo real de subida y bajada sin paradas intermedias, de valor:

$$Tr = \frac{2 \cdot \text{recorrido}(m)}{\text{velocidad}_{no\ min\ al}(mps)}$$

Valor habitual de velocidad ascensor 1m/s

- Tp: tiempo de apertura y cierre de puertas (tomar 4 segundos para puertas automáticas)
- Ta: tiempo de parada y arranque del equipo:

$$Ta = \text{velocidad}_{no\ min\ al} \cdot K = \text{segundos}$$

K: depende del tipo de ascensor. Unidad: 1/m. Tomar valor 2.1/m para ascensores con sistema de engranajes y motor de velocidad variable.

- Pn: número probable de paradas del ascensor

$$Pn = p - p \left(\frac{p-1}{p} \right)^n$$

p: número de paradas

Por ejemplo: baja + entreplanta + 17 alturas...p=18

Por ejemplo: subsuelo + baja + 14 alturas...p=15

- Ts: tiempo de entrada y salida de personas. Tomar 4 segundos para puertas automáticas.
- Te: tiempo de espera del ascensor

<u>Nº de ascensores</u>	<u>Tiempo (s)</u>
1	80
2	60
3	50
4+	40

Cálculo de la cantidad de personas por ascensor

La cantidad de personas por ascensor se regirá por:

$$Cp = Pt \cdot y(\%)$$

Siendo:

- Pt: la población total del edificio sin contar la planta baja. Para determinarlo se pueden emplear los valores aportados por la tabla 2.1 del documento Seguridad en caso de Incendio:
- y(%): se obtiene de la siguiente tabla (valores mínimos de la norma COVENIN):

Tipo de edificio	Uso	Capacidad (%)
Vivienda	Residencial (multifamiliar) con paradas continuas	6.5
Vivienda	Residencial (multifamiliar) paradas alternas	6.5
Oficinas-comercio	Único – sólo una firma	16
Oficinas-comercio	Diversificado – varias firmas	13
Oficinas públicas	Dependencia del gobierno	18
Hoteles	-	12
Hospitales	-	16

Cálculo de la cantidad de ascensores

La cantidad de ascensores obtenidos los datos de los puntos anteriores será de valor mínimo:

$$CA = \frac{Cp}{N}$$

Ejemplo práctico 1:

Datos: edificio de viviendas: subsuelo + planta baja + 17 alturas

$$N=300n/Tt= 300 \cdot 6/230.98 = 7.79$$

$$Tt=16s+ (4+2.1)s \cdot 5.08+24s+60s=230.98$$

$$Tr=(2 \cdot 3.8+4)/1m/s=116s$$

$$Ta=2.1s$$

$$Pn=18-18((18-1)/18)^6=5.08$$

$$Ts=4s \cdot 6=24s$$

$$Te=60s \text{ (2 ascensores)}$$

$$Cp= Pt \cdot y(\%)= 140 \cdot 10/100 \text{ (valor intermedio de } y)= 14 \text{ personas}$$

$$CA= Cp/N=14\text{personas}/7.79=1.79, \text{ por tanto, 2 ascensores}$$

Ejemplo práctico 1:

Datos: edificio de oficinas: subsuelo + planta baja + 14 alturas

$$N=300n/Tt= 300 \cdot 10/268.48 = 11.13$$

$$Tt=118s+(4+2.1)s \cdot 7.32+40s+50s=269.48s$$

$$Tr=(2 \cdot (3.2+4+(3.7 \cdot 14)))/1m/s=118s$$

$$Ta=2.1s$$

$$Pn=15-15((15-1)/15)^{10}=7.32$$

$$Ts=4s \cdot 10=40s$$

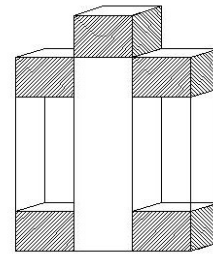
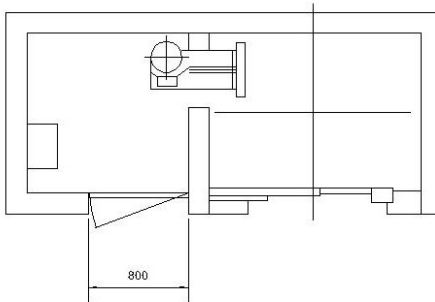
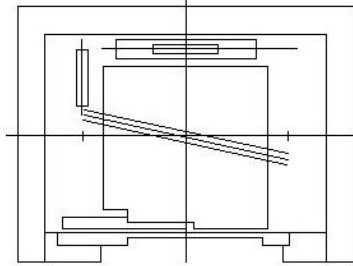
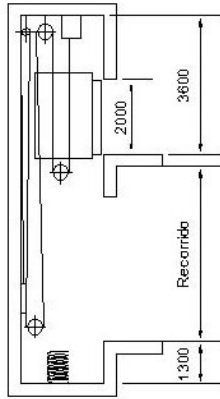
$$Te=50s \text{ (3 ascensores)}$$

$$Cp= Pt \cdot y(\%)= 270 \cdot 15/100 \text{ (valor intermedio de } y)= 40 \text{ personas}$$

$$CA= Cp/N=40\text{personas}/11.13=3.59, \text{ por tanto se instalan 2 ascensores de } 10 \text{ personas y uno de } 16 \text{ pasajeros.}$$

Esquema de ascensor eléctrico con cuarto de máquinas abajo:

Ejemplo de una empresa comercial:



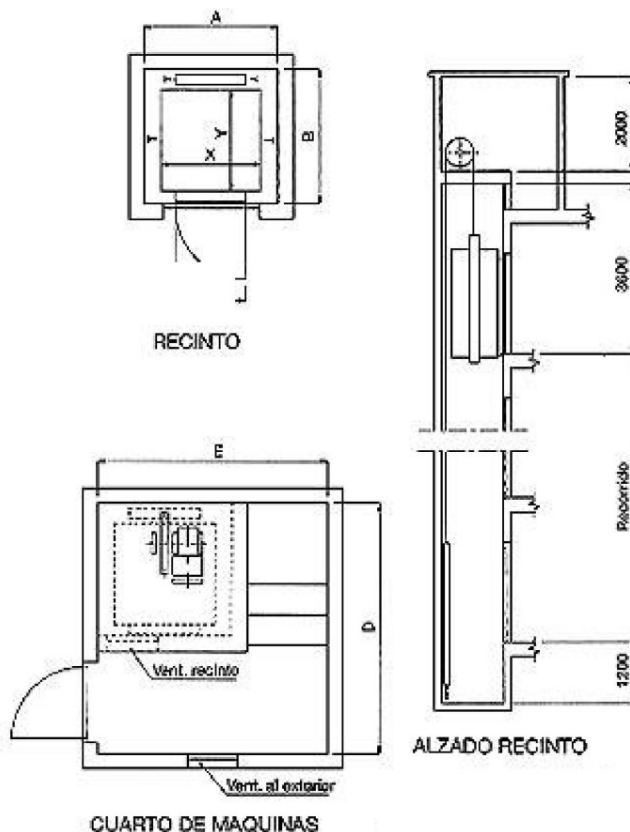
Máxima flexibilidad en la colocación del cuarto de máquinas

Ascensores eléctricos con sala de máquinas abajo							
Carga	Velocidad (m/s)	Nº Paradas	Recorrido (m)	Cabina (mm)		Hueco (mm)	
kg							
(personas)		Máximo aconsejable		F	A	F	A
300 (4)	1.00/0.25	13	36	900	1000	1350	1350
450 (6)		13	36	1200	1050	1650	1500
600 (8)		13	36	1400	1100	1850	1600

Nota: los fondos de huecos mínimos están considerados con un vuelo de la puerta de acceso en piso de 30 mm sobre el hueco y separación entre pisaderas 30 mm (situación más desfavorable AA).

Esquema de ascensor eléctrico con cuarto de máquinas arriba:

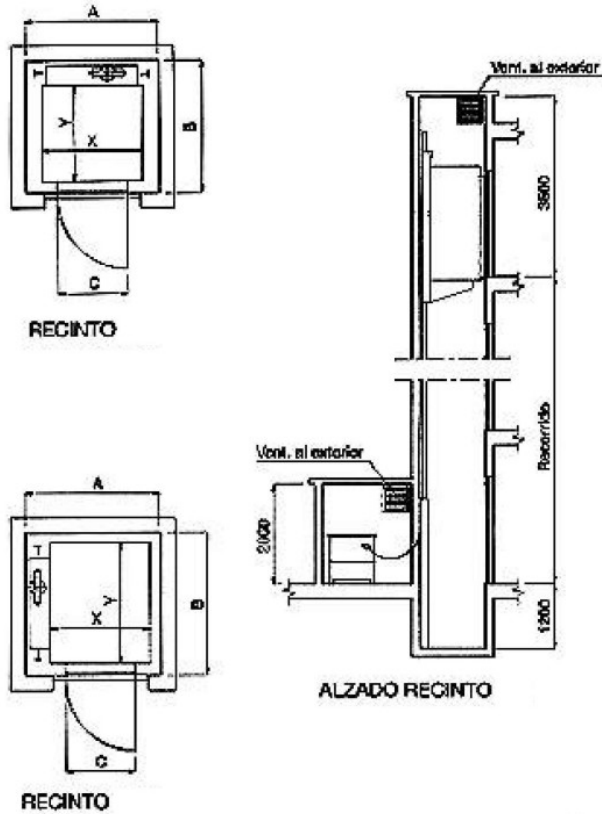
Ejemplo comercial:



Ascensores eléctricos cuarto con máquinas arriba							
Carga	Velocidad (m/s)	Nº Paradas	Recorrido (m)	Cabina (mm)		Hueco (mm)	
kg							
(personas)		Máximo aconsejable		F	A	F	A
300 (4)	1.00/0.25	18	51	900	1000	1350	1350
450 (6)		18	51	1200	1050	1650	1500
600 (8)		18	51	1400	1100	1850	1600
Nota: los fondos de huecos mínimos están considerados con un vuelo de la puerta de acceso en piso de 30 mm sobre el hueco y separación entre pisaderas 30 mm (situación más desfavorable AA).							

Esquema de ascensor hidráulico:

Ejemplo de una empresa comercial:



Ascensores hidráulicos							
Carga	Velocidad (m/s)	Nº Paradas	Recorrido (m)	Cabina (mm)		Hueco (mm)	
kg							
(personas)		Máximo aconsejable		F	A	F	A
300 (4)	0.63	6	15	900	1000	1400	1350
450 (6)		6	15	1200	1050	1600	1550
600 (8)		6	15	1400	1100	1700	1650
Nota: los fondos de huecos mínimos están considerados con un vuelo de la puerta de acceso en piso de 30 mm sobre el hueco y separación entre pisaderas 30 mm (situación más desfavorable AA).							

DISEÑO DE DESCANSILLOS DE BATERÍAS DE ASCENSORES

Las dimensiones relativas a los descansillos que dan servicio a las baterías de ascensores acostumbramos a venir definidas en los planes municipales. Sin embargo, se puede generalizar acorde al siguiente esquema propuesto por el profesor Alejandro Villamil de la Universidad de los Andes:

Áreas de los descansillos:

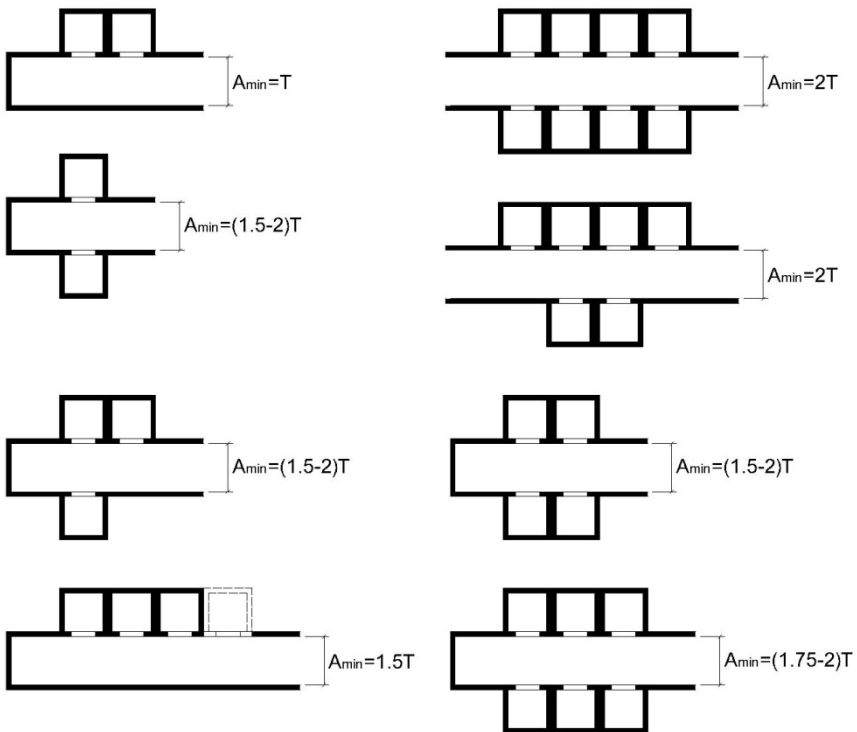
Los descansillos cumplirán en todo caso la siguiente equivalencia:

$$Área = 0.3m^2 \cdot Capacidad_{ascensor} \cdot n^{\circ}_{ascensores}$$

Nota: si las puertas son giratorias habrá que aumentar el área un 50%

Esquemas de áreas mínimas para descansillos

El área de los descansillos será acorde a la configuración de las baterías respecto a éstos así como al número de extremos de pasillo abiertos, uno o dos. “T” es la profundidad de la cabina del ascensor:

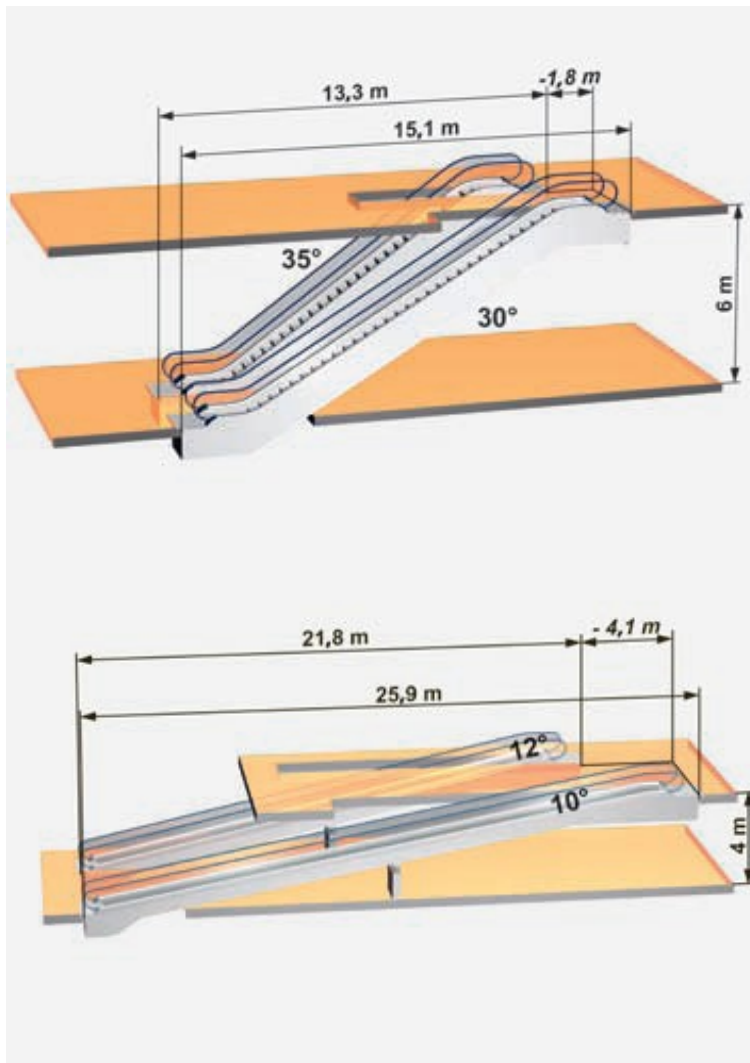


Nota: si las puertas son giratorias habrá que aumentar el área un 50%

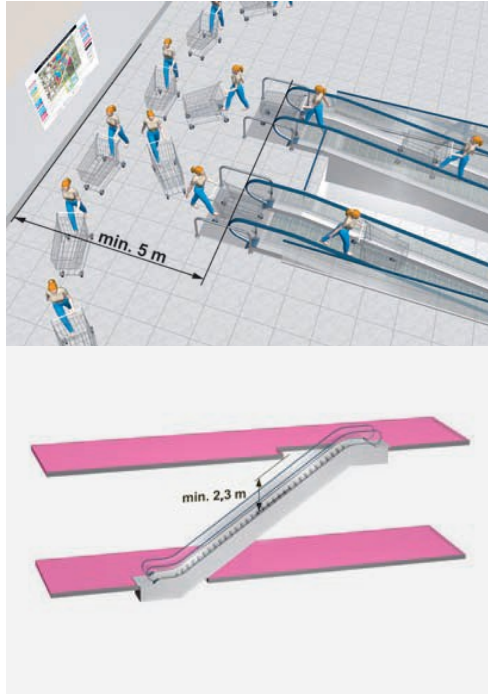
PREDIMENSIONADO DE ESCALERAS Y RAMPAS MECÁNICAS

El predimensionado de escaleras y rampas mecánicas se resume de manera fundamental al conocimiento de las dimensiones del aparato tanto de servicio como de adaptación al edificio. Se proponen como medidas de referencia las del catálogo comercial de Schindler pero, naturalmente, cada fabricante podrá variar las dimensiones acorde a su criterio:

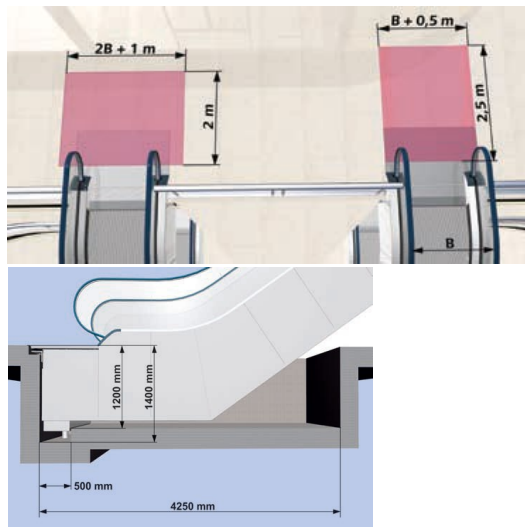
Dimensiones y pendientes propias de la escalera o rampa



Dimensiones mínimas del entorno de escaleras y rampas mecánicas:



Dimensiones de la sustentación y cajeadado:



BIBLIOGRAFÍA

1. *Código Técnico de la Edificación*: BOE
2. *Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)*; BOE
3. *El hormigón armado en la construcción arquitectónica*; Domingo Pellicer
4. *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón, tomos I y II*; José Calavera
5. *Reinforced Concrete, design theory and examples*; McGinley & Choo
6. *BS8110-2 (1985) Structural use of concrete*
7. *ACI-318-99 & ACI-318-08, building code requirements for structural concrete.*
8. *Normas COVENIN 2002-2008*
9. *Edificaciones antisísmicas*; COVENIN-MINDUR
10. *Acción del viento sobre las construcciones*; COVENIN-MINDUR
11. *Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones*; Arnal, E. y Epelboim S. (1985)
12. *Diseño de estructuras de concreto armado*; Nilson, A. y Winter, G. (1994)
13. *Apuntes de "sistemas estructurales 20"*, Jorge O. Medina
14. *Apuntes de "estructuras V"*, Lorenzo García Durán y Beatriz Gil
15. *Clases magistrales y apuntes sobre proyectos, construcción, física y estructuras*; Alonso del Val, MA., Pellicer, D, Mangado, P., Labiano, R, Alkady, E., Blasco, M., Goñi. R, Cabrero, JM., Barrio, A., Gil, B., Bayo, E., Lizarraga, J. y Estévez, J.
16. *Elementos de resistencia de Materiales*, Timoshenko y Young.
17. *Optimum Design of T-Beam Sections*; Perumalsamy N. Balaguru
18. *Análisis del rendimiento estructural de vigas Vierendeel*; Estévez. J, y Martín Gutiérrez, E.
19. *Guía de estudio: viga Vierendeel; cátedra de estructuras – nivel 3 – Taller Vertical III*, Delaloye, Nico, Clivio.
20. *Documento de aplicación de la EHE-08 (Seguridad estructural: hormigón)*
21. *Números gordos en el proyecto de estructuras*; Arroyo, Corres, García-Rosales, Romana, Ballesteros, Sánchez y Teja.
22. *Normativa de construcción sismorresistente (NCSE-02)*
23. *Hormigón Pretensado*; Rodríguez Martín, LF. y Cobo Escamilla, A.
24. *Catálogo de vigas alveolares ABC*; Arcelor – Mittal
25. *Structural Engineer's Pocket Book*, Fiona Cobb
26. *Eurocódigo 3: proyecto de estructuras de acero*; AENOR

27. *Proyecto básico: diseño conceptual de soluciones de celosía y pilar; Access – Steel.*
 28. *Sizing guidance – non – composite columns (H – Sections); Access-Steel*
 29. *Norma básica de la edificación: estructuras de acero en edificación (EA-95)*
 30. *Apuntes de “estructuras II: mecánica de suelo y cimentaciones”: prontuario de estructuras de acero; Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla*
 31. *Guía de diseño para edificios con estructura de acero, volumen II; ITEA*
 32. *Cuadernos del Instituto Juan de Herrera; Aroca Hernández-Ros, Ricardo.*
 33. *Planos del edificio Seagram, Nueva York; Mies van der Rohe*
 34. *Proyecto básico: forjado mixto para edificios de varias plantas para uso residencial y comercial; Access – Steel*
 35. *Proyecto básico: coordinación del diseño estructural y arquitectónico para edificios de varias plantas con estructuras de acero; Access – Steel*
 36. *Proyecto básico: estructura vertical para edificios de varias plantas destinados a uso comercial y residencial; Access – Steel*
 37. *Proyecto básico: vigas principales en edificios de varias plantas para uso residencial y comercial; Access – Steel*
 38. *Proyecto básico: vigas secundarias para edificios de varias plantas para uso comercial o residencial; Access – Steel*
 39. *Apuntes sobre el diseño de estructuras de madera según DB SE-M; José Manuel Cabrero*
 40. *Fundamentos de construcción de estructuras arquitectónicas; Domingo Pellicer, Enrique Maya, Ana Sánchez-Ostiz, Purificación González, Miguel Ángel Gutiérrez y Cristina Sanz Larrea*
 41. *Casas de madera: cálculo estructural; AITIM*
 42. *Apuntes sobre madera y acero (Construcción III); ETSA Universidad de Sevilla*
 43. *Manual de diseño para maderas del grupo andino; Junta del acuerdo de Cartagena*
 44. *Estructuras de madera. Diseño y cálculo; Ramón Arguelles y Fco. Arriaga.*
 45. *Tablas comerciales para el predimensionado de madera estructural; Grupo Holza*
 46. *Catálogo Termoarcilla; Grupo Cerabrick Cerámico S.A.*
 47. *Catálogo de soluciones cerámicas; HISPALYT*
-

48. *Manual técnico*; Normablock (Asociación nacional de fabricantes de bloques y mampostería de hormigón).
49. *¿Cuánto ocupan las instalaciones en un edificio?*; Emmanuel, A., Martín, C., Jiménez, L., Murillo, M. y Sagüés, R.
50. *Clases magistrales y apuntes de instalaciones I, II, III y IV*; Juan Echeverría Trueba, Michel Iturralde, Rafael Sagüés y Pablo Palacios.
51. *Clases magistrales y apuntes de diseño de instalaciones*; César Martín y Juan Echeverría
52. *Proyecto básico: integración de servicios en edificios*; Access – Steel.
53. *Norma de instalaciones, I-A previsión de cargas*; NO-UTE-OR 001/02.
54. *Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios RITE*; BOE
55. *Reglamento electrotécnico para baja tensión*; ICT; BOE
56. *Reglamento de infraestructura común de instalaciones ICT*; BOE
57. *Las instalaciones en los edificios*; Edwin Wellpott
58. *La gota gorda: manual práctico de instalaciones hidráulicas y sanitarias*; Echeverría Trueba, Juan, Aguirre Gallego, Íñigo y Villanueva Figueredo, Sonia.
59. *Conferencia sobre cogeneración*; BUDERUS España a través de ATECYR
60. *Dimensiones de armarios de contadores*; Suma de Arquitectura e Ingeniería - Consultoría
61. *Dimensiones de patinillos para elementos de instalaciones*; Suma de Arquitectura e Ingeniería – Consultoría
62. *Apuntes de construcción 40, Circulación vertical*; Villasmil, Alejandro
63. *Trabajo práctico nº15: el espacio de las instalaciones*; Cátedra Czajkowski – Gómez.
64. *Catálogo comercial de escaleras y rampas mecánicas*; Schindler
65. *Números gordos en el proyecto de instalaciones*; Vázquez Moreno, Javier, Herranz Aguilar, Juan Carlos
66. *ABECÉ de las instalaciones*; de Isidro, González, del Ama, Aramburu, Echeverría, Núñez y Vela.

Además la innumerable información puntual, imágenes y aclaraciones obtenidas a partir del buscador *Google* y en la enciclopedia digital *wikipedia*, así como los datos generales y específicos extraídos de infinidad de catálogos comerciales de gran variedad de casas comerciales relativos a estructuras e instalaciones (sólo se han especificado los más relevantes).

El autor pide disculpas de antemano en caso de que alguna información no respete los estándares de sus respectivos autores.

