

REAL DECRETO por el que se aprueba la



**“NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN
NBE FL-90 «MUROS RESISTENTES
DE FÁBRICA DE LADIRLLO»”**

(Actualizado a Octubre/2004)

Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control
Dirección General de Arquitectura y Vivienda
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



Comunidad de Madrid

ÍNDICE

REAL DECRETO 1723/1990, de 20 de diciembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE FL-90, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo».....	3
Artículo único.....	3
Disposición Derogatoria.....	4
Disposición Final.....	4
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	4
1.1. Ámbito de aplicación.....	4
1.2. Aplicación de la Norma a los fabricantes	4
1.3. Aplicación de la Norma a los proyectos	4
1.4. Aplicación de la Norma a las obras	4
CAPÍTULO II. LADRILLOS.....	5
2.1. Pliego RL-88.....	5
2.2. Resistencia a compresión del ladrillo.....	5
CAPÍTULO III. MORTEROS	5
3.1. Condiciones de los materiales	5
3.2. Características de los morteros	8
3.3. Amasado de los morteros	9
3.4. Tiempo de utilización	9
CAPÍTULO IV. PROYECTO.....	10
4.1. Datos del proyecto.....	10
4.2. Clases de muros.....	10
4.3. Condiciones para cada clase de muro.....	11
4.4. Condiciones para los enlaces de muros	16
4.5. Forjados.....	16
4.6. Apoyos.....	16
4.7. Estabilidad del conjunto.....	16
4.8. Juntas de dilatación.....	17
4.9. Cimentación.....	17
CAPÍTULO V. CÁLCULO DE MUROS	18
5.1. Principios generales	18
5.2. Características de la fábrica de ladrillo	20
5.3. Acciones que se consideran.....	21
5.4. Tensiones.....	22
5.5. Acción de los forjados.....	25
5.6. Excentricidades función de la esbeltez	31
5.7. Cargaderos.....	36
5.8. Estabilidad del conjunto.....	37
CAPÍTULO VI. CONDICIONES DE EJECUCIÓN.....	38
6.1. Recepción de materiales	38
6.2. Ejecución de morteros.....	38
6.3. Ejecución de muros	39
6.4. Tolerancias en la ejecución.....	40
6.5. Protecciones durante la ejecución.....	40
6.6. Arriostramientos durante la construcción.....	40
6.7. Rozas	41



NBE FL-90. «MUROS RESISTENTES DE FÁBRICA DE LADRILLO»

(Actualizado a Octubre/2004)

Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control
DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA Y VIVIENDA
Comunidad de Madrid

○ *El Compendio de Normativa en esta materia, con su correspondiente índice analítico, puede obtenerse en el ["Compendio de Normativa de Ladrillos y Bloques"](#).*

REAL DECRETO 1723/1990, de 20 de diciembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE FL-90, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo».

Publicación: B.O.E., nº 4, de 4 de enero de 1991, pág. 198.

Entrada en vigor: 4 de enero de 1991.

El Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre normativa de la edificación, estableció que las Normas Básicas de la Edificación (NBE), «son normas de obligado cumplimiento para todos los proyectos y obras de edificación», siendo su finalidad fundamental defender la seguridad de las personas, establecer las restantes condiciones mínimas para atender las exigencias humanas y proteger la economía de la sociedad.

La disposición final primera del citado Real Decreto integró, dentro de la actuación correspondiente a las Normas Básicas de la Edificación (NBE), las normas MV del antiguo Ministerio de la vivienda y, entre ellas, concretamente la MV 201/72, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo», aprobada por Decreto 1324/1972, de 20 de abril, para regular las condiciones que deben cumplirse en el proyecto y la ejecución de tales muros en toda edificación.

Posteriormente han sido promulgadas otras disposiciones que introducen indirectamente modificaciones en el contenido de esta Norma. Entre ellas se encuentran el «Pliego general de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción RL-88», aprobado por Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno de 27 de julio de 1988 («Boletín Oficial del Estado» de 3 de agosto); el «Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos RC-88», aprobado por Real Decreto 1312/1988, de 28 de octubre, y la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado y pretensado EF-88», aprobada por Real Decreto 824/1988, de 15 de julio.

Por razones de seguridad jurídica, y para evitar confusiones interpretativas, se ha considerado necesario revisar la Norma MV-201/72, en su conjunto, incluyendo las modificaciones impuestas por la publicación de las disposiciones posteriores, con el fin de establecer la necesaria concordancia normativa entre los diferentes textos que regulan esta materia.

Asimismo, se ha considerado procedente introducir y actualizar las referencias a las correspondientes Normas UNE y subsanar ciertos errores no sustanciales detectados en su texto.

Por otra parte, se ha cambiado la denominación de la Norma para adaptarla al sistema de denominación nemotécnica utilizado en la Norma Básica de la Edificación, se han realizado los trámites que determina la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 83/189/CEE, de 28 de marzo, modificados por la Directiva 88/182/CEE, de 22 de marzo, por la que se establece un procedimiento de información de las normas y las reglamentaciones técnicas y se ha incorporado la modificación formulada

por la Comisión de las Comunidades Europeas.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 20 de diciembre de 1990,

DISPONGO:

Artículo único.

Se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE FL-90, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo», que figura como anexo del presente Real Decreto.

Disposición Derogatoria.

Queda derogado el Decreto 1324/1972, de 20 de abril, por el que se aprueba la Norma MV 201/1972, «Muros resistentes de fábrica de ladrillo».

Disposición Final.

Se faculta al Ministro de Obras Públicas y Urbanismo para modificar las referencias a Normas UNE que figuran en el apéndice del presente Real Decreto cuando resulte procedente su actualización.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1. Ámbito de aplicación

La Norma NBE FL-90 se aplicará en el proyecto y en la ejecución de los muros resistentes de fábrica de ladrillo de toda edificación, cualquiera que sea la clase y destino de ésta.

Se excluyen de esta Norma las condiciones acústicas, térmicas y de protección contra incendio que son objeto de las Normas NBE CA-88 “Condiciones Acústicas en los edificios”, NBE CT-79 “Condiciones Térmicas en los edificios” y NBE CPI-82 “Condiciones de Protección contra Incendio en los edificios”, respectivamente.

1.2. Aplicación de la Norma a los fabricantes

Los fabricantes de ladrillos para muros cumplirán lo que se especifica en el Pliego General para la recepción de los ladrillos cerámicos en las obras de construcción RL-88, sobre designación de sus productos y garantizarán que el material que suministran cumple todas las condiciones que corresponden a la clase designada.

1.3. Aplicación de la Norma a los proyectos

El autor del proyecto de una edificación está obligado a conocer y tener en cuenta la Norma, pero puede emplear sistemas de cálculo o soluciones diferentes a las establecidas en esta Norma Básica, siempre que justifique documentalmete su validez técnica y no se disminuyan los niveles de seguridad establecidos en esta NBE.

La redacción del proyecto se ajustará a lo que prescribe el apartado 4.1.

Los Colegios Profesionales, u otros Organismos, para extender visado formal o técnico de un proyecto, comprobarán que en él figura lo exigido en el apartado 4.1.

1.4. Aplicación de la Norma a las obras

El director de la obra está obligado, si no es autor del proyecto, a comprobar lo que figura en él referente a muros de fábrica de ladrillo.

En caso de no estar conforme, deberá redactar las precisas modificaciones de proyecto y dar cuenta de ellas a los Organismos que visaron formal o técnicamente el proyecto.

Los técnicos encargados de vigilar la ejecución de la obra comprobarán, por los métodos que le haya indicado el director de la misma, que toda partida suministrada es de la clase que figura en el albarán, que en cada muro se emplea la clase de ladrillo y el tipo de mortero especificados y que su ejecución se realiza de acuerdo con esta Norma.

CAPÍTULO II. LADRILLOS

2.1. Pliego RL-88

Los ladrillos que se empleen en muros resistentes de fábrica, cumplirán las condiciones que para ellos se establecen en el Pliego General de Condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción, RL-88.

2.2. Resistencia a compresión del ladrillo

La resistencia a compresión de los ladrillos macizos y perforados, según el apartado 4.2 del Pliego RL-88, no será inferior a 100 kp /cm².

La de los ladrillos huecos empleados en fábricas resistentes no será inferior a 50 kp/cm².

CAPÍTULO III. MORTEROS

3.1. Condiciones de los materiales

Los cementos, cales, arenas, aguas y aditivos empleados en la fabricación de morteros, cumplirán las condiciones que se especifican en los apartados 3.1.1 a 3.1.5.

Cualquier referencia a normas UNE debe entenderse como referencia a normas UNE aprobadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación(AENOR) o a normas equivalentes de un Estado miembro de la Comunidad Económica Europea.

3.1.1. Cementos

Los cementos cumplirán las especificaciones del Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos RC-88.

Para la utilización de las distintas clases de cementos pueden seguirse las recomendaciones de la Tabla 3.1.

3.1.2. Cales

En albañilería se emplean cales aéreas y cales hidráulicas.

Las cales aéreas amasadas con agua se endurecen únicamente en el aire, por acción del anhídrido carbónico.

En la Norma UNE 41067 se definen la clasificación y características de las cales aéreas utilizables en la confección de morteros.

La cal viva en terrón se apagará en balsa, añadiendo la cantidad precisa de agua, que, en general, es de dos partes en volumen de agua por una de cal, y se deja reposar un plazo mínimo de dos semanas. Si es preciso se tamiza después.

La cal apagada, envasada en sacos o barriles, o a granel, llevará el nombre del fabricante y su designación. Se almacenará en sitio seco y resguardado de las corrientes de aire. Las cales hidráulicas amasadas con agua, se endurecen en el aire, o bajo el agua.

En la Norma UNE 41068 se definen la clasificación y características de las cales hidráulicas utilizables en la confección de morteros.

La cal hidráulica se recibirá en obra, seca y exenta de grumos, envasada adecuadamente, indicando nombre del fabricante y su designación. Se conservará en lugar seco y resguardado de las corrientes de aire, para evitar su posible carbonatación.

Tabla 3.1. Recomendaciones para la utilización de cementos en morteros para muros de fábrica de ladrillo

Denominación	Tipo	Clase	Uso
Portland	I-0 y I	35	Se recomienda su empleo en general
		45	No recomendable
		55	No recomendable
Portland compuesto	II	35	Se recomienda su empleo en general
		45	No recomendable
Portland con escoria	II-S	35	Se recomienda su empleo en general
		45	No recomendable
Portland con puzolana	II-Z	35	Se recomienda su empleo en general
		45	No recomendable
Portland con ceniza volante	II-C	35	Se recomienda su empleo en general
		45	No recomendable
Portland con filler calizo	II-F	35	Se recomienda su empleo en general
		45	No recomendable
Horno Alto	III-1	25,35	Pueden emplearse, pero existe peligro de desigualdad de coloración en los morteros
	y III-2	45	No recomendable
Puzolánico	IV	25,35	Se recomienda su empleo general. Presentan gran plasticidad
		45	No recomendable
Mixto	V	25,35	No hay experiencia. Se utilizan, fundamentalmente, para firmes de carreteras
Aluminoso	VI	55	Utilizable para morteros refractarios

3.1.3. Arenas

Pueden emplearse arenas naturales procedentes de ríos, mina y playa, o de machaqueo, o bien mezcla de ellas. En estado natural, o después de lavadas y cribadas, cumplirán las siguientes condiciones:

Forma de los granos. La forma de los granos será redonda o poliédrica, siendo rechazables las arenas cuyos granos tengan predominantemente forma de laja o acícula.

Tamaño máximo de los granos. La arena pasará por un tamiz de abertura no superior a 1/3 del espesor del tendel, ni a 5 mm.

Contenido de finos. Realizado el ensayo de la arena por tamizado en levigación, el porcentaje en peso que pase por el tamiz 0,08 UNE 7050 será como máximo el 15% del peso total.

Granulometría. La línea granulométrica del árido se determinará sobre la muestra después de sometida al ensayo anterior, e incluyendo el contenido de finos cumplirá las condiciones que se impongan en la Tabla 3.2, representadas gráficamente en la Figura 3.1.

Contenido de materia orgánica. Realizado el ensayo descrito en la Norma UNE 7082, el color de la disolución ensayada no será más oscuro que el de la disolución tipo.

Otras impurezas. El contenido total de materias perjudiciales: mica, yeso, feldespato descompuesto, piritita granulada, etc., no será superior al 2%.

Tabla 3.2. Condiciones de la granulometría de una arena

Tamiz UNE 7050 mm	Porcentaje que pasa por el tamiz	Condiciones	
5,00	a	a = 100	
2,50	b	60 = b = 100	
1,25	c	30 = c = 100	c - d = 50
0,63	d	15 = d = 70	d - e = 50
0,32	e	5 = e = 50	c - e = 70
0,16	f	0 = f = 30	

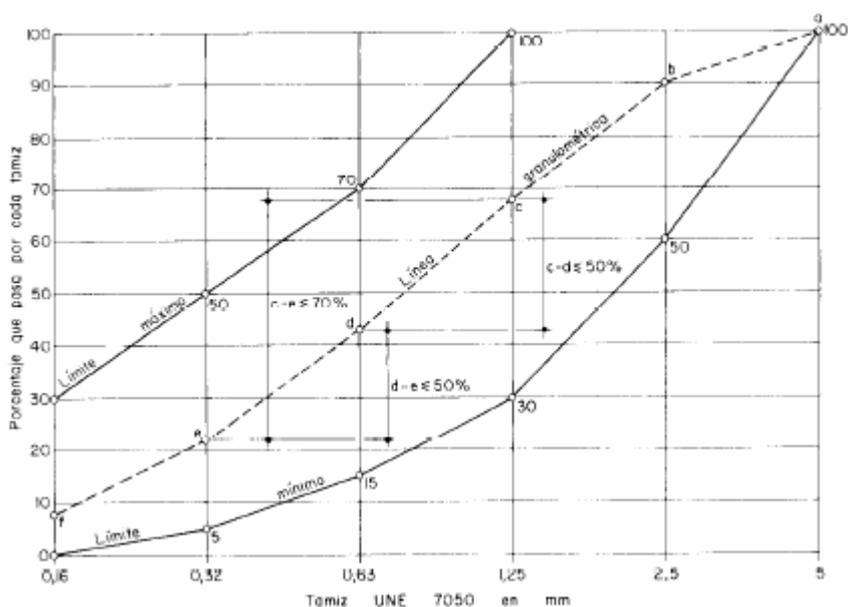


Figura 3.1 – Condiciones para la línea granométrica de una arena

3.1.4. Agua de amasado

Se admiten todas las aguas potables y las tradicionalmente empleadas. En caso de duda, el agua cumplirá las siguientes condiciones:

Acidez determinada según la Norma UNE 7234; pH no inferior a 5 ni superior a 8.

Contenido en sustancias disueltas, determinado según la Norma UNE 7130, no superior a 15 g/l.

Contenido en sulfatos expresados en SO₄⁼, determinado según la Norma UNE 7131, no superior a 1 g/l.

Contenido en cloruros expresados en Cl⁻, determinado según la Norma UNE 7178, no superior a 6 g/l.

Contenido en aceites y grasas, determinado según la Norma UNE 7235, no superior a 15 g/l.

Contenido en hidratos de carbono, determinado según la Norma UNE 7132, no apreciable.

3.1.5. Aditivos

Aditivos son aquellas sustancias o productos que incorporados al mortero antes de, o durante, el amasado (o durante un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5 por 100 del peso del cemento, producen la modificación deseada en estado fresco y/o endurecido de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

En los documentos de origen figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE 83200, así como la garantía del fabricante de que el aditivo, agregado en las proporciones y condiciones previstas, produce la función principal deseada.

El fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado, según la Norma UNE 83275.

3.1.6. Mezclas preparadas en seco para morteros

Las mezclas preparadas, envasadas o a granel llevarán el nombre del fabricante y la dosificación según 3.2.1, así como la cantidad de agua a añadir para obtener las resistencias de los morteros tipo, establecidas en la Tabla 3.3.

3.2. Características de los morteros

Para caracterizar un mortero utilizable en fábricas resistentes se expresarán sus componentes, su resistencia y su plasticidad.

3.2.1. Resistencia

La resistencia a compresión de un mortero se realizará de acuerdo con el método operativo de la Norma UNE 80101, utilizando para los ensayos los materiales que se emplean en la obra.

En la Tabla 3.3 se establecen los valores de resistencia de los morteros tipo.

Tabla 3.3. Resistencias mínimas de morteros tipo

Mortero tipo	Resistencia kg/cm ²
M-20	20
M-40	40
M-80	80
M-160	160

3.2.2. Plasticidad

La plasticidad de un mortero es función principalmente de su consistencia, y de su contenido de finos procedentes de la cal o de la arena. Por esta razón se recomienda la adición de cal al mortero de cemento, o el empleo de arenas con una cierta proporción de arcilla, siempre que no exceda del límite del 15% indicado en el apartado 3.1.3.

La consistencia, determinada midiendo el asentamiento en el cono de Abrams, se recomienda que sea 17 ± 2 cm. No se producirá segregación de los componentes del mortero, de manera que dos muestras obtenidas de diferentes lugares de la masa al cabo de algún tiempo presentan en todos los casos la misma proporción de conglomerante, arena y agua.

La plasticidad de un mortero que tenga la consistencia antes indicada, es función del porcentaje de finos de la mezcla seca, incluidos conglomerantes y finos de la arena, y de que emplee o no aditivo aireante o plastificante, y se clasificará según se indica en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Plasticidad de los morteros

Plasticidad	Porcentaje de finos de la mezcla	
	Sin aditivo	Con aditivo
Grasa	Mayor de 25	Mayor de 20
Sograsa	De 25 a 15	De 20 a 10
Magra	Menor de 15	Menor de 10

3.2.3. Dosificación

Para expresar la dosificación de los morteros tipo se indicará el número de partes en volumen de sus componentes. El último número corresponderá siempre al número de partes de arena.

Ejemplo: Mortero de cemento II-35 Z y cal aérea 1:2:10. Indicará un mortero formado por: una parte en volumen de cemento II-35 Z, dos partes en volumen de cal aérea y diez partes en volumen de arena.

En la Tabla 3.5 se expresan, a título orientativo, valores de diferentes dosificaciones para obtener resistencias de morteros tipo. Debe tenerse muy en cuenta que la clase de arena influye considerablemente en la resistencia.

Tabla 3.5. Dosificación de morteros tipo

Mortero	Tipo	Partes en volumen de sus componentes			
		Cemento	Cal aérea	Cal hidráulica	Arena
M-20	a	1	B	B	8
	b	1	2	B	10
	c	B	B	1	3
M-40	a	1	B	B	6
	b	1	1	B	7
M-80	a	1	B	B	4
	b	1	1/2	B	4
M-160	a	1	B	B	3
	b	1	1/4	B	3

3.3. Amasado de los morteros

El amasado de los morteros se realizará preferentemente con amasadora u hormigonera, batiendo el tiempo preciso para conseguir su uniformidad, con un mínimo de 1 minuto. Cuando el amasado se realice a mano se hará sobre una plataforma impermeable y limpia, realizándose como mínimo tres batidos. El conglomerado en polvo se mezclará en seco con la arena, añadiendo después el agua. Si se emplea cal en pasta se verterá ésta sobre la arena, o sobre la mezcla.

3.4. Tiempo de utilización

El mortero de cemento se utilizará dentro de las dos horas inmediatas a su amasado. Durante este tiempo podrá agregarse agua, si es necesario, para compensar la pérdida de agua de amasado. Pasado el plazo de dos horas el mortero sobrante se desechará, sin intentar volverlo a hacer utilizable.

El mortero de cal podrá usarse durante tiempo ilimitado si se conserva en las debidas condiciones.

CAPÍTULO IV. PROYECTO

4.1. Datos del proyecto

Los documentos del proyecto de una construcción con muros resistentes de fábrica de ladrillo cumplirán lo establecido en la legislación vigente y, además, a los efectos de esta Norma, lo que se especifica en los apartados 4.1.1, 4.1.2 y 4.1.3.

4.1.1. Memoria

En la Memoria se señalarán: las acciones previstas ajustadas a la Norma NBE AE-88; las tensiones de cálculo de los diferentes tipos de fábrica de ladrillo empleados, y la comprobación de las secciones que lo requieran.

Se reseñará explícitamente que todo ello se ajusta a esta Norma, o en su caso, se justificará su validez, de acuerdo con el apartado 1.3.

4.1.2. Planos

Figurarán planos de estructura en los que se definirán suficientemente los siguientes extremos:

- Clases de los ladrillos, tipos de los morteros y espesores de las juntas (llagas y tendeles).
- Dimensiones de los muros y huecos, ajustadas al formato del ladrillo y espesor de las juntas.
- Indicaciones sobre el aparejo de los muros y de sus esquinas, encuentros y cruces .
- Acabado de sus paramentos y juntas.
- Detalles constructivos de los apoyos de los elementos estructurales sobre los muros.
- Los cajeados precisos para alojamiento de bajantes, conducciones, etc.
- Orden de ejecución y plazos mínimos de puesta en carga de muros, cuando se juzgue necesario.
- Arriostramientos provisionales para la estabilidad durante su ejecución, cuando sean precisos.

4.1.3. Pliego de Condiciones

En el Pliego de Condiciones del Proyecto se incluirán los artículos precisos para establecer las condiciones exigidas a los ladrillos y a los morteros y su comprobación, y las especificaciones para los muros.

4.2. Clases de muros

Para su organización constructiva, los muros se clasifican en las cinco clases siguientes:

4.2.1. Muro aparejado

Muro trabado en todo su espesor ejecutado con una sola clase de ladrillo (Figura 4.1)

4.2.2. Muro verdugado

Muro aparejado en el que alternan témpanos de una clase de ladrillo con verdugadas de ladrillo más resistentes (Figura 4.2), que pueden ser armadas.

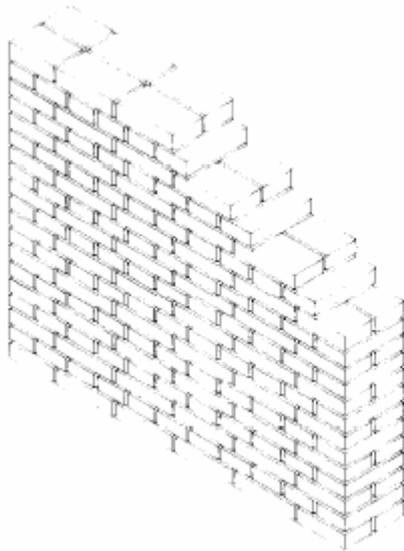


Figura 4.1 - Muro aparejado

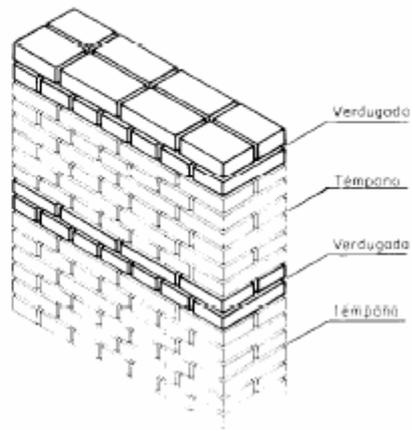


Figura 4.2 - Muro verdugado

4.2.3. Muro doblado

Muro de dos hojas adosadas, de la misma o de distinta clase de ladrillo, con elementos que las enlazan: verdugadas, bandas, llaves o anclajes (Figura 4.3).

4.2.4. Muro capuchino

Muro de dos hojas, de la misma o de distinta clase de ladrillo, con cámara intermedia y elementos que las enlazan: verdugadas, bandas, llaves o anclajes (Figura 4.4).

4.2.5. Muro apilastrado

Muro aparejado, con resalto de pilastras (Figura 4.5).

4.3. Condiciones para cada clase de muro

Cada clase de muro cumplirá las condiciones que se prescriben en los apartados 4.3.1 a 4.3.5

4.3.1. Muro aparejado

El espesor de los muros que sustentan forjados será no menor de 11,5 cm y el de los muros transversales no menor de 9 cm, siempre que encuentren a otros muros con traba efectuada de hilada a hilada.

Podrá adoptarse cualquier tipo de aparejo de llagas encontradas, es decir, llagas de una sola hilada de altura, y con solapos no menores que 1/4 de la sogá menos una junta (Figura 4.6).

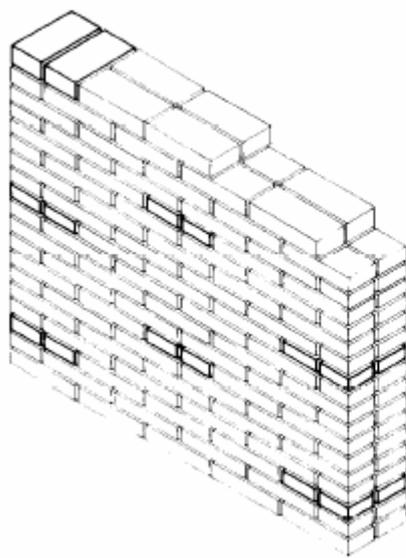


Figura 4.3 - Muro doblado con llaves

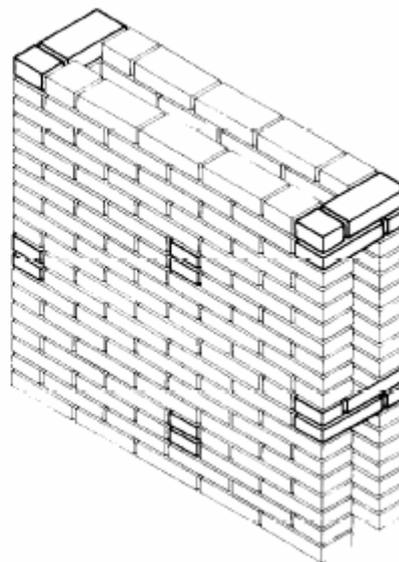


Figura 4.4 - Muro capuchino con llaves

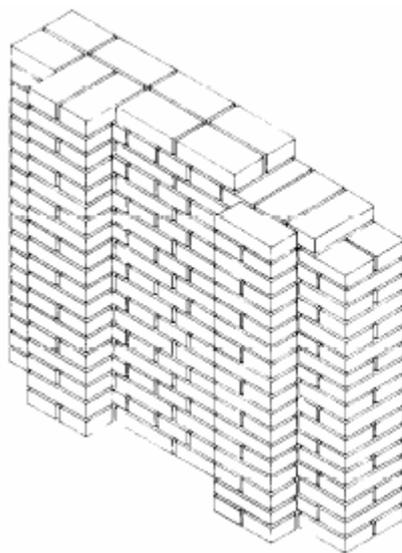


Figura 4.5 - Muro apilastrado

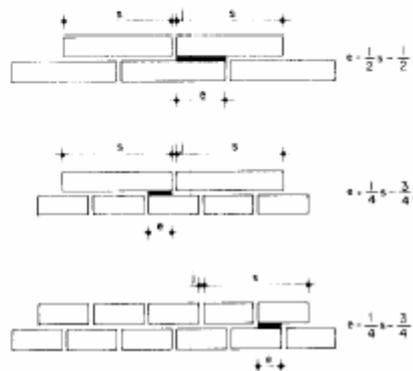


Figura 4.6 - Solapos en aparejos de llagas encontradas

Los aparejos fundamentales son: de sogas (Figura 4.7); de tizones (Figura 4.8); de sogas y tizones en hiladas alternas, ejemplo: inglés (Figura 4.9) y belga (Figura 4.10); desogas y tizones en toda la hilada, ejemplos: flamenco (Figura 4.11) y holandés (Figura 4.12). Existen variantes con otros juegos decorativos de juntas, que cumplen también las condiciones anteriores.

Podrá emplearse todo motivo decorativo en resaltos o rehundidos que cumplan las condiciones anteriores de aparejo. Se podrá tomar como o espesor de un muro con rehundidos el nominal definido por los paramentos exteriores si cumple todas las condiciones siguientes:

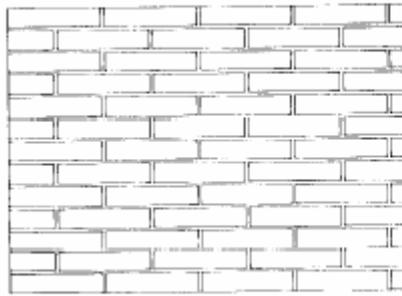


Figura 4.7 - Aparejo de sogas

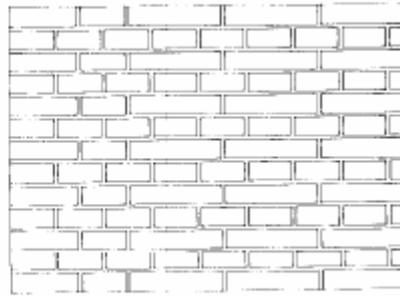


Figura 4.10 - Aparejo belga

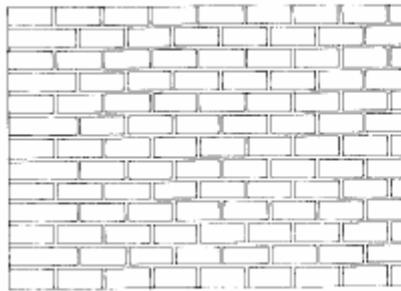


Figura 4.8 - Aparejo de tizones o a la española

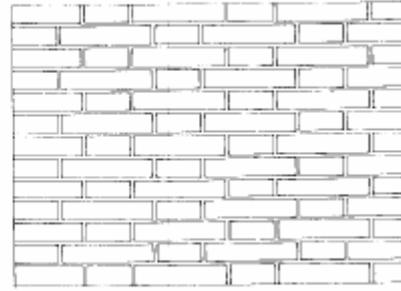


Figura 4.11 - Aparejo flamenco

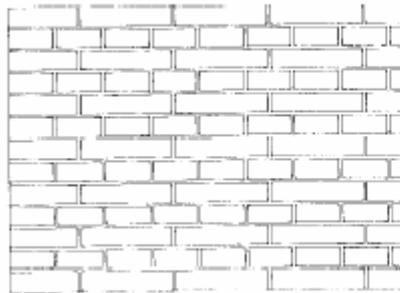


Figura 4.9 - Aparejo inglés

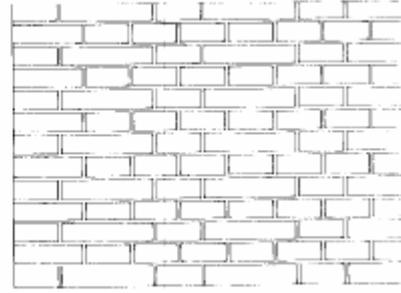


Figura 4.12 - Aparejo holandés

- La profundidad de los rehundidos no es mayor que $1/4$ del espesor nominal, ni que $1/4$ de sogá.
- La anchura de los rehundidos no es superior a una sogá más dos juntas.
- La altura de los rehundidos no es superior a tres hilados más una junta.
- La distancia entre centros de rehundidos y el borde del muro, en cualquier dirección, no es superior a cuatro veces la dimensión del rehundido en dicha dirección.

Si no se cumple alguna de estas condiciones, el espesor del muro será igual al nominal menos la profundidad máxima de los rehundidos.

4.3.2. Muro verdugado

Cumplirá las condiciones del apartado 4.3.1. La altura v de cada verdugada (Figura 4.13) será no menor que 2 hiladas y no menor que 12,5 cm. La altura t de cada témpano será no mayor que 7 veces la altura de la verdugada.

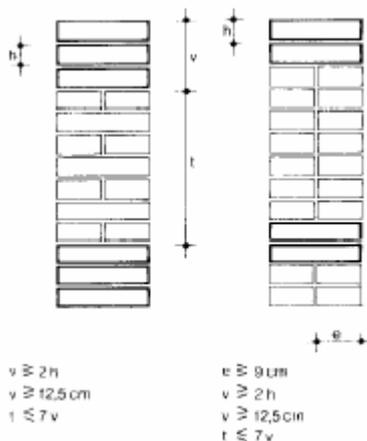


Figura 4.13 – Muro verdugado Figura 4.14 – Muro doblado con verdugadas

4.3.3. Muro doblado

Cada hoja cumplirá las condiciones de aparejo del apartado 4.3.1; las dos hojas se ejecutarán simultáneamente y se macizará de mortero la junta entre ambas y el espesor de cada hoja será no menor de 9 cm.

Los elementos de enlace entre las hojas pueden consistir en:

- Verdugadas de ladrillo (Figura 4.14), con las condiciones del apartado 4.3.2.
- Llaves de ladrillo (Figura 4.15), constituidas por: un solo ladrillo con entrega en cada hoja no menor de 9 cm; dos ladrillos superpuestos y trabados, con entrega de cada ladrillo en las hojas no menor de 4 cm.

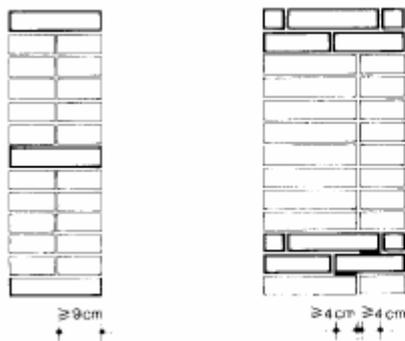


Figura 4.15 - Muro doblado, con llaves

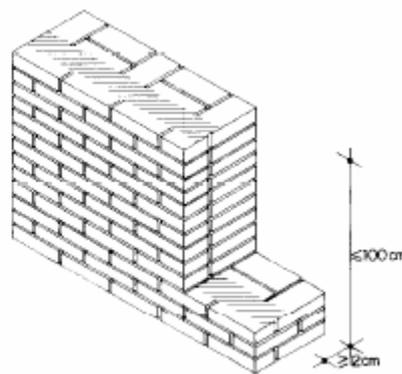


Figura 4.16 - Muro doblado con bandas continuas de chapa plegado galvanizada

- Bandas continuas de chapa desplegada galvanizada de anchura no menor de 12 cm, centradas con la junta a separaciones en altura no mayor de 1 m (Figura 4.16).
- Anclajes de acero galvanizado (Figura 4.17), de sección no menor que 0,2 cm², con parte recta entre los ejes de cada hoja y longitud desarrollada no inferior al espesor total del muro.

Las llaves y los anclajes se dispondrán al tresbolillo (Figura 4.18), y su separación entre centros no será mayor que 60 cm.

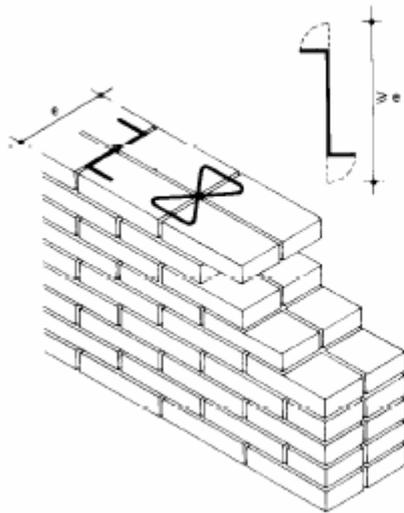


Figura 4.17 - Muro doblado con anclajes

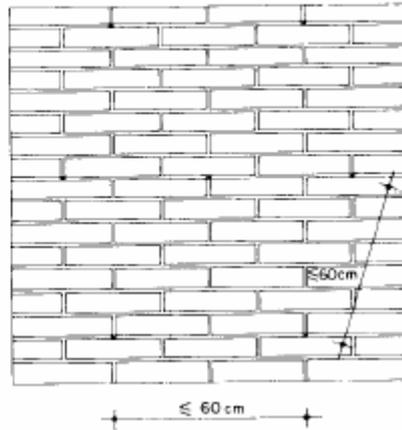


Figura 4.18 - Muro doblado. Separaciones entre anclajes

4.3.4. Muro capuchino

Cada hoja cumplirá las condiciones de aparejo del apartado 4.3.1; el espesor de cada hoja será no menor de 9 cm.

El ancho de la cámara interior no será mayor que 11 cm; se recomiendan anchos de 3,5 cm, 6 cm y 8,5 cm, que dan espesores totales de muro acoplables a las redes modulares de 10 cm, o a las submodulares (Figura 4.19).

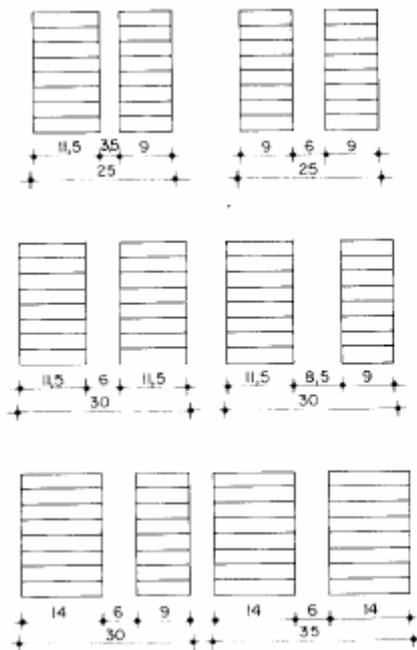


Figura 4.19 - Muros capuchinos cotas en cm

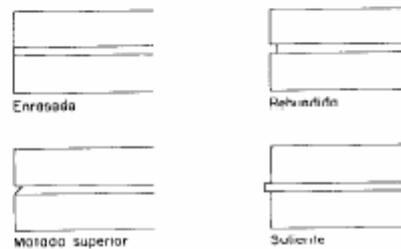


Figura 4.20 - Tipos de juntas

Las bandas, llaves y anclajes cumplirán las condiciones del apartado 4.3.3.

Se colocará una verdugada, con las condiciones del apartado 4.3.2, bajo toda cadena de forjado, y bajo toda zapata de apoyo (artículo 4.6).

4.3.5. Muro apilastrado

Cumplirá las condiciones del apartado 4.3.1; las pilastras se ejecutarán simultáneamente con el muro, e irán aparejadas con él, de acuerdo con las condiciones señaladas en dicho apartado.

4.3.6. Juntas

Las juntas se denominan tendeles cuando son continuas y, en general, horizontales, y llagas cuando son discontinuas y, en general, verticales.

Las juntas de las fábricas vistas se terminan con rejuntado, que puede ser de varias clases. En fábricas resistentes se recomienda la terminación enrasada y la matada superior (Figura 4.20).

4.4. Condiciones para los enlaces de muros

Los muros que se enlazan en esquina, encuentro o cruce, se ejecutarán debidamente trabados entre sí, y simultáneamente siempre que sea posible.

Los solapos de la traba serán no menores que 1/4 de la saga menos una junta. El número de ladrillos que atizonen cada plano de enlace no será menor que 1/4 del total.

4.5. Forjados

Los forjados empleados en edificios con muros de fábrica de ladrillo cumplirán las condiciones especificadas en los artículos 6.3.5 y 7 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de Forjados Unidireccionales de hormigón armado o pretensado, EF-88.

Los forjados, en general, enlazarán con los muros en que se sustentan, y con los transversales, mediante cadenas de hormigón armado. Estas cadenas están además sometidas a flexión y cortadura por diferencias de asiento y otras causas, y a tracción o compresión por acciones de viento o sísmicas, que se calcularán cuando sea preciso. Las cadenas pueden también servir de dinteles calculándolas para ello.

Las cadenas cumplirán las condiciones siguientes:

Canto: Igual o superior al canto del forjado, estando éste incluido en el de la cadena.

Anchura: Una cadena de enlace en un muro extremo, enrasará con el paramento interior del tramo inferior del muro y su anchura conviene sea la mayor posible a los efectos del artículo 5.5.3. En un muro interno tendrá anchura igual al espesor del tramo inferior.

Armadura: La armadura longitudinal se compondrá de 4 barras, una en cada esquina, como mínimo de 08 de acero AEH 400. Llevará cercos de 06 a separación no mayor del canto útil de la cadena. La malla de reparto del forjado entrará en la cadena una longitud igual a la de anclaje.

Cuando el proyectista juzgue innecesarias las cadenas de atado (daños leves, poca altura, terreno conocido, sismicidad despreciable, etc.) podrán suprimirse, acogiéndose al apartado 1.3.

4.6. Apoyos

En el apoyo sobre un muro de fábrica de jácenas, cargaderos, pilares o cualquier otro elemento estructural, se comprobará que las tensiones producidas cumplen las condiciones establecidas en el capítulo 5. En general, para una buena distribución de la carga y evitar tensiones de tracción, es necesario colocar entre el elemento estructural y la fábrica una zapata de suficiente resistencia y rigidez.

4.7. Estabilidad del conjunto

Al proyectar un edificio de muros de ladrillo debe tenerse muy en cuenta la estabilidad, disponiendo muros transversales a los de carga, que consigan un conjunto bien arriostrado, para resistir los esfuerzos horizontales producidos por acciones de viento, sísmicas, empujes, etc.

Son convenientes en los edificios las disposiciones simétricas, o lo más equilibradas posible. Esto es particularmente importante en edificios situados en localidades de grado sísmico VII o superior, en los que

debe procurarse, además, que el baricentro y el centro de torsión de las cargas del edificio coincidan o estén próximos.

Los esfuerzos horizontales que actúan perpendicularmente al paramento de un muro se transmiten a través de los forjados a los muros transversales y de éstos a la cimentación, salvo en el caso del muro aislado, que debe ser estable por si mismo.

Las condiciones de los apartados 4.4 y 4.5 tienen por objeto asegurar esta transmisión de esfuerzos. El cálculo de estos esfuerzos y de las tensiones producidas se realizarán de acuerdo con el capítulo 5.

4.8. Juntas de dilatación

Para evitar la fisuración producida por la retracción de los morteros y por variaciones higrotérmicas, en muros de excesiva longitud, se dividirá ésta, disponiendo juntas de dilatación.

La distancia máxima entre juntas de dilatación se fijará de acuerdo con los datos reseñados en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Distancia entre juntas de dilatación

Condiciones climáticas	Longitud máxima, en metros, entre juntas de dilatación con morteros tipo	
	M-160 y M-180	M-40 y M-20
Clima marítimo	40	50
Clima continental	30	40

Los valores de la Tabla 4.1 corresponden a edificios de planta rectangular o concentrada. Si la planta tiene forma asimétrica, con alas en forma de L, U, etc., se dispondrán juntas de dilatación en las líneas de encuentro de las alas, siempre que las longitudes de éstas sean mayores que la mitad de los valores de la Tabla 4.1.

Siempre que sea posible la junta se proyectará con solapo (Figura 4.21).



Figura 4.21 – Planta de un solapo en junta de dilatación

4.9. Cimentación

En el estudio de las cimentaciones de edificios con muros de ladrillo se seguirán las prescripciones del capítulo 8 de la Norma NBE AE-88, debiendo ser las diferencias de asiento entre cada dos puntos lo más reducidas posible y como máximo 1/1000 de suseparación.

En los muros de fábrica es típica la cimentación con zapatas corridas si el terreno de características adecuadas está a poca profundidad. Si la profundidad es superior a 3-5 m suele ser más económica la cimentación con zapatas aisladas, si la excavación de pozos es posible, o con pilotes en caso contrario.

Las zapatas corridas y aisladas se realizan, en general, con hormigón en masa y, cuando es preciso, con hormigón armado. El tipo de cemento, y la dosificación del hormigón, se eligen en función de la resistencia exigible y de la durabilidad frente a los agentes agresivos del terreno que pudieran existir. Pueden realizarse con mampostería o con fábrica de ladrillo con precauciones semejantes.

Según el tipo de cimentación se seguirán las prescripciones de los apartados 4.9.1, 4.9.2 y 4.9.3.

4.9.1. Cimentación con zapatas corridas

La excavación de la zanja para la zapata corrida de un muro, o para la zapata aislada de un pilar, se realizará con las precauciones debidas, entibando si fuese preciso.

Las zapatas corridas deben ser continuas, pasando por debajo de los huecos si el ancho de éstos no es superior a dos veces la altura de la zapata.

Se enlazarán las cimentaciones de los distintos muros longitudinales y transversales de la forma más eficaz posible.

La base de la zapata corrida de un muro será siempre horizontal. Estará situada en un solo plano cuando sea posible económicamente; en caso contrario, se distribuirá en banqueros con uniformidad.

La altura de cada banqueo no será superior a 3/4 de la altura de la zapata corrida. La base de las zapatas aisladas de pilares estará en un solo plano horizontal .

4.9.2. Cimentación con zapatas aisladas

Se emplearán zapatas aisladas de cimentación cuando la profundidad del terreno adecuado para cimentar haga desaconsejable la solución de zapatas corridas y las condiciones del terreno superior permitan la excavación económica de pozos.

El fondo del pozo se ensanchará para que la base de la zapata aislada tenga el diámetro debido.

Las cabezas de las zapatas aisladas se enlazarán con una viga, en general, de hormigón armado, dimensionada para resistir a flexión la carga de los muros, con limitación de flecha $f/l \leq 1/1000$.

Se desaconseja la sustitución de la viga por arcos de fábrica sobre las zapatas aisladas y si se emplea se dispondrán tirantes hormigonados para la absorción de los empujes.

4.9.3. Cimentación por pilotes

Se emplearán pilotes cuando la profundidad del terreno adecuado para cimentar y/o las condiciones del terreno superior así lo aconsejen.

Las cabezas de cada grupo de pilotes se enlazarán debidamente y estos encepados se enlazarán con una viga, empotrada en ellos, que cumpla las condiciones establecidas en el apartado 4.9.2.

Las vigas que recojan los distintos muros longitudinales y transversales se enlazarán de la forma más eficaz posible, disponiendo cadenas de atado si fuera necesario.

CAPÍTULO V. CÁLCULO DE MUROS

5.1. Principios generales

En un edificio con muros resistentes, la disposición y las dimensiones de estos muros, serán las adecuadas para que transmitan a la cimentación todas las acciones que recibe el edificio con la requerida seguridad. Disposición y dimensiones vienen en gran parte condicionadas por razones de composición, de construcción, de aislamiento. etc., y, por ello, los muros tienen muchas veces secciones superiores a las necesarias por resistencia.

Para calcular un elemento de fábrica (apartado 5.1.1) se determinan:

Las características de la fábrica, según el apartado 5.2.

Las acciones que recibe el elemento en los diferentes casos de carga, según el apartado 5.3.

Las tensiones resultantes en las secciones del elemento, según el apartado 5.4.

5.1.1. Elemento de fábrica

Se denomina elemento cada parte de muro, o cada pilar, que se considera en el cálculo como una unidad. A veces elementos que bajo ciertas acciones se consideran separadamente, se agrupan en un solo elemento para su cálculo bajo otras acciones.

Los muros resistentes de un edificio de varias plantas se descomponen verticalmente en tramos,

comprendidos entre dos forjados consecutivos. Cuando el tramo que se considera (Figura 5.1) está constituido por machos separados por huecos de puertas o ventanas, cada macho constituye un elemento.

Un elemento se define geoméricamente por su sección de área A y su altura h medida entre la base y la coronación. La base del elemento está en el arranque de cimentación, o en el supradós del forjado inferior. La coronación está en el supradós del forjado superior, en el plano de apoyo de la cubierta, o en su plano superior si el elemento es libre.

Si el tramo de muro no tiene huecos, puede considerarse como elemento cada parte comprendida entre muros transversales, o la zona de un metro de anchura que tenga las cargas más desfavorables.

El elemento correspondiente a una esquina, encuentro o cruce, consta de las partes de los muros que lo componen, y se define geoméricamente como antes.

Cuando un elemento de muro se apoya sobre otro de mayor anchura se producen en éste, junto a los vértices, tensiones de tracción que pueden originar la rotura de los ladrillos de las primeras hiladas del muro inferior.

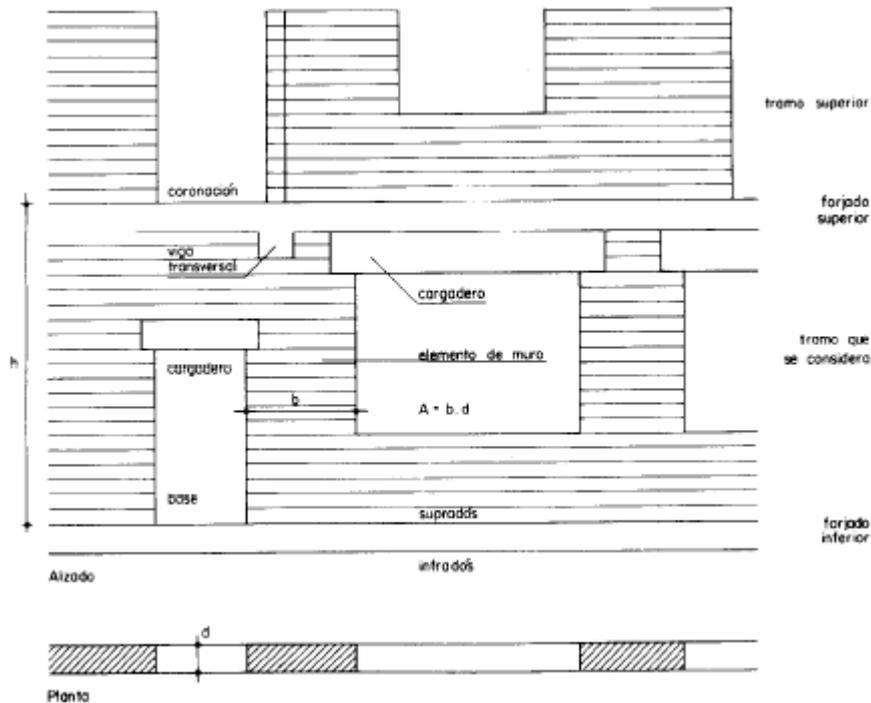


Figura 5.1 – Elemento constituido por un macho, de un tramo de altura

Se recomienda el armado de las juntas en el muro inferior y hacer coincidir en la primera hilada de éste llagas con los paramentos del muro superior (Figura 5.2).

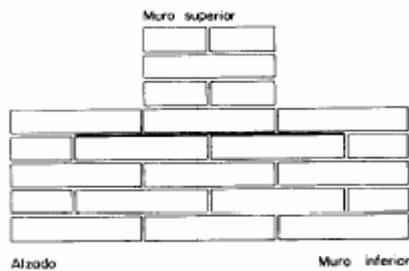


Figura 5.2 – Encuentro de dos muros de distinto espesor

5.2. Características de la fábrica de ladrillo

Las características mecánicas de la fábrica de ladrillo que fundamentalmente interesan son su resistencia a compresión y su deformabilidad.

5.2.1. Resistencia a compresión de la fábrica de ladrillo

Para el cálculo de los elementos de fábrica de ladrillo se definen los siguientes dos valores de su resistencia a compresión:

Resistencia característica f_k : Es el valor característico, obtenido en el ensayo a compresión establecido en el apartado 5.2.2.

Resistencia de cálculo f_d : Se define por la expresión:

$$f_d = f_k / \gamma_m$$

siendo γ_m el coeficiente de minoración, que tiene en cuenta: la reducción de resistencia por cansancio reológico, la variación estadística de resistencia, las inexactitudes del cálculo y las imperfecciones de ejecución, de modo que al alcanzarse la tensión f_d , la probabilidad de rotura tenga el valor suficientemente pequeño que exige la seguridad.

Se adoptará el valor $\gamma_m = 2,5$

Si no se realiza ensayo a compresión de la fábrica, la resistencia de cálculo se evalúa empíricamente, como se indica en el apartado 5.2.3.

5.2.2. Ensayo a compresión de la fábrica de ladrillo

Tiene por objeto determinar la resistencia característica f_k de la fábrica.

Para obtener la resistencia a compresión se utilizará la Norma UNE 67040. Como resultado del ensayo se tomará el valor característico.

$$f_k = f - 1,64 s$$

donde

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f})^2}{n - 1}}$$

siendo:

\bar{f} el valor medio, s la estimación de la desviación típica, f_i cada uno de los resultados de los ensayos y n el número de probetas ensayadas.

5.2.3. Evaluación empírica de la resistencia

Si no se realiza ensayo a compresión de la fábrica, la tensión de agotamiento puede evaluarse en función de: la resistencia del ladrillo, la resistencia a compresión del mortero (apartado 3.2.2), la plasticidad del mortero (apartado 3.2.3) y el espesor de las juntas, tomándose los valores prescritos en la Tabla 5.1 si se emplea ladrillo macizo, en la Tabla 5.2 si se emplea ladrillo perforado, y en la Tabla 5.3 si se emplea ladrillo hueco.

5.2.4. Deformabilidad de la fábrica de ladrillo

El módulo de deformación de una fábrica de ladrillo, que se precisa para el cálculo de las deformaciones de la fábrica, y de las rigideces de los elementos construidos con ella, puede determinarse experimentalmente mediante ensayos. Es necesario que los ensayos se realicen a lo largo de un plazo

suficiente, para que tenga lugar una deformación reológica que permita evaluar su valor final estabilizado.

Si no se realizan ensayos, el módulo de deformación E puede estimarse mediante la fórmula:

$$E = f_d / e$$

en la que e es la deformación unitaria de la fábrica, a largo plazo, cuyos valores en función del tipo de ladrillo y del mortero se dan en la Tabla 5.4.

5.3. Acciones que se consideran

Cada elemento (Figura 5.1) recibe las acciones transmitidas directamente en su coronación por el tramo superior del muro y por el forjado, comprendidos en su acción A; las de los cargaderos sustentados en el elemento (apartado 5.6); en su caso, las de las vigas transversales que apoyan sobre él, y el peso propio del elemento hasta la sección que se considere.

5.3.1. Acciones características

El valor de servicio F_k de cada una de las acciones aplicadas a un elemento se evaluará según la Norma NBE AE-88 "Acciones en la Edificación".

Tabla 5.1. Resistencia de cálculo de las fábricas de ladrillo macizo

Resistencia del ladrillo kg/cm ²	Plasticidad del mortero	Espesor de las juntas en cm	Resistencia de cálculo f_d de la fábrica, en kg/cm ² con mortero				Espesor de las juntas en cm	Plasticidad del mortero	Resistencia del ladrillo kg/cm ²
			M-20	M-40	M-80	M-160			
100	magra	> 1,5	12	14	16	B			
	magra	1,5 a 1	14	16	18	B			
	sograsa	> 1,5							
	magra	< 1	16	18	20	B			
	sograsa	1,5 a 1					> 1,5	magra	
	grasa	> 1,5							
150	sograsa	< 1	18	20	22	25	1,5 a 1	magra	
	grasa	1,5 a 1					> 1,5	sograsa	
	grasa	< 1	20	22	25	28	< 1	magra	
	magra	> 1,5					1,5 a 1	sograsa	150
							> 1,5	grasa	
200	magra	1,5 a 1	22	25	28	32	< 1	sograsa	
	sograsa	> 1,5					1,5 a 1	grasa	
	magra	< 1	25	28	32	36	< 1		
	sograsa	1,5 a 1					> 1,5	magra	
	grasa	> 1,5							
300	sograsa	< 1	28	32	36	40	1,5 a 1	magra	
	grasa	1,5 a 1					> 1,5	sograsa	
	grasa	< 1	32	36	40	45	< 1	magra	
							1,5 a 1	sograsa	300
							> 1,5	grasa	
			36	40	45	50	< 1	sograsa	
							1,5 a 1	grasa	
			40	45	50	56	< 1	grasa	

5.3.2. Acciones ponderadas

El valor ponderado F_d de una acción se obtendrá mediante la expresión:

$$F_d = F_k \gamma_t$$

siendo γ_t el coeficiente de ponderación, que tiene en cuenta la posibilidad de que, por causas excepcionales, se produzca en la acción, sobre su valor de servicio, un incremento, si es desfavorable, o un decremento, si es favorable, de modo que la probabilidad de alcanzarse F_d en la vida del edificio tenga el valor suficientemente pequeño que exige la seguridad.

En cada uno de los tres casos de carga que se establecen en la Norma NBE AE-88, será preceptivo aplicar los valores de los coeficientes de ponderación que se indican en la Tabla 5.5.

5.3.3. Solicitaciones

Las componentes de la sollicitación en una sección, esfuerzo normal N , esfuerzo cortante V , momento flector M , momento torsor T , se calcularán a partir de las acciones por los métodos generales de la resistencia de materiales, salvo en los casos en que en la Norma se indican métodos específicos.

Las sollicitaciones características de componentes N_k , V_k , M_k , T_k , se calcularán con las acciones características y se emplean fundamentalmente para el cálculo de deformaciones cuando sean precisas.

Tabla 5.2. Resistencia de cálculo de las fábricas de ladrillo perforado

Resistencia del ladrillo kg/cm ²	Plasticidad del mortero	Espesor de las juntas en cm	Resistencia de cálculo f_d de la fábrica, en kg/cm ² con mortero				Espesor de las juntas en cm	Plasticidad del mortero	Resistencia del ladrillo kg/cm ²
			M-20	M-40	M-80	M-160			
100	magra	> 1,5	11	12	14	B			
	magra	1,5 a 1							
	sograsa	> 1,5	12	14	16	B			
	magra	< 1							
	sograsa	1,5 a 1	14	16	18	B			
	grasa	> 1,5					> 1,5	magra	
150	sograsa	< 1	16	18	20	22	1,5 a 1	magra	
	grasa	1,5 a 1					> 1,5	sograsa	
	grasa	< 1					< 1	magra	
	magra	> 1,5	18	20	22	25	1,5 a 1	sograsa	150
							> 1,5	grasa	
200	magra	1,5 a 1	20	22	25	28	< 1	sograsa	
	sograsa	> 1,5					1,5 a 1	grasa	
	magra	< 1	22	25	28	32	< 1	grasa	
	sograsa	1,5 a 1					> 1,5	magra	
	grasa	> 1,5							
300	sograsa	< 1	25	28	32	36	1,5 a 1	magra	
	grasa	1,5 a 1					> 1,5	sograsa	
	grasa	< 1	28	32	36	40	< 1	magra	300
							1,5 a 1	sograsa	
							> 1,5	grasa	
			32	36	40	45	< 1	sograsa	
							1,5 a 1	grasa	
			36	40	45	50	< 1	grasa	

5.4. Tensiones

El cálculo de las tensiones ponderadas para cada tipo de sollicitación se realiza según los apartados 5.4.1, 5.4.2 y 5.4.3.

En cada elemento se precisa calcular:

- a) Tensión resultante general, determinada de acuerdo con los apartados 5.5 y 5.6 en las secciones que se exigen, con las cargas y las excentricidades que correspondan.
- b) Tensión resultante local en cada área de apoyo de cargaderos, vigas u otros elementos, determinada con sólo la reacción del elemento, de acuerdo con el apartado 5.7.

Tabla 5.3. Resistencia de cálculo de las fábricas de ladrillo hueco

Resistencia del ladrillo kg/cm ²	Plasticidad del mortero	Espesor de las juntas en cm	Resistencia de cálculo f_d de la fábrica, en kg/cm ² con mortero				Espesor de las juntas en cm	Plasticidad del mortero	Resistencia del ladrillo kg/cm ²
			M-20	M-40	M-80	M-160			
50	magra	> 1,5	6,3	7,5	B	B			
	magra	1,5 a 1							
	sograsa	> 1,5	7	8	B	B			
	magra	< 1							
	sograsa	1,5 a 1	8	9	B	B			
	grasa	> 1,5					> 1,5	magra	
70	sograsa	< 1					1,5 a 1	magra	
	grasa	1,5 a 1	9	10	11	B	> 1,5	sograsa	
	grasa	< 1					< 1	magra	
	magra	> 1,5	10	11	12	B	1,5 a 1	sograsa	
	magra	1,5 a 1					> 1,5	grasa	
	sograsa	> 1,5	11	12	14	B	< 1	sograsa	
100	sograsa	< 1					1,5 a 1	grasa	
	grasa	1,5 a 1	12	14	16	B	> 1,5	magra	
	sograsa	< 1					< 1	magra	
	grasa	1,5 a 1	14	16	18	20	1,5 a 1	sograsa	
	grasa	< 1					> 1,5	magra	
	magra	> 1,5	16	18	20	22	< 1	sograsa	
150	magra	1,5 a 1					1,5 a 1	grasa	
	sograsa	> 1,5	18	20	22	25	> 1,5	sograsa	
	magra	< 1					< 1	magra	
	sograsa	1,5 a 1	20	22	25	28	1,5 a 1	sograsa	
	grasa	> 1,5					> 1,5	grasa	
	sograsa	< 1	22	25	28	32	< 1	magra	
200	grasa	1,5 a 1					1,5 a 1	sograsa	
	sograsa	> 1,5	25	28	32	36	> 1,5	grasa	
	grasa	> 1	25	28	32	36	> 1,5	sograsa	

5.4.1. Esfuerzo normal

En una sección de un elemento de fábrica, de área total A (Figura 5 3), en la que actúa un esfuerzo normal N_d , en un punto G, no coincidente con el baricentro O de la sección, la tensión resultante s se calcula admitiendo distribución uniforme de tensiones en una parte de la sección, denominada sección eficaz, de área B, delimitada por una recta secante y cuyo baricentro coincide con el punto de aplicación del esfuerzo normal y considerando inactiva al resto de la sección.

La condición de seguridad es:

$$s = N_d / B = f_d$$

Cuando la carga sea centrada, es decir, su punto de aplicación coincide con el baricentro O, la sección eficaz es la sección total: $B = A$.

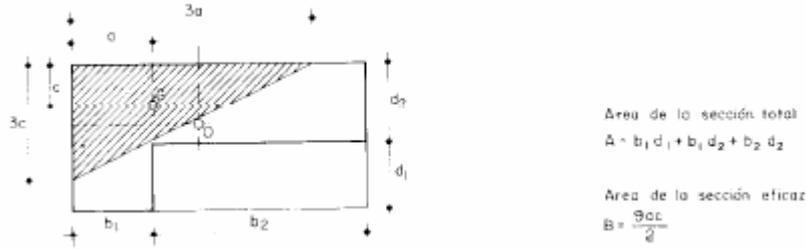


Figura 5.3 – Sección de un elemento de fábrica con Esfuerzo normal en un punto G

Tabla 5.4. Detormabilidad de las fábricas de ladrillo

Tipo de ladrillo	Deformabilidad e en tanto por mil, siendo el tipo de mortero	
	M-160 a M-40	M-20
Macizo	0,63	0,80
Perforado y hueco	0,80	1,00

Tabla 5.5. Coeficientes de ponderación

Caso de carga según NBE-AE-88	Clase de acción	Coeficiente de ponderación γ_f si la acción es:	
		Desfavorable	Favorable
Caso I	Concargas	1,65	1,00
	Sobrecargas de uso	1,65	0
	Sobrecargas de nieve	1,65	0
	Empujes del terreno	1,65	1,00
	Asientos de apoyo	Discrecional	
Caso II	Concargas	1,50	1,00
	Sobrecargas de uso	1,50	0
	Sobrecargas de nieve	0	0
	Empujes del terreno	1,50	1,00
	Asientos de apoyo	Discrecional	
	Acciones del viento	1,50	0
Caso III	Térmicas y reológicas	Discrecional	
	Concargas	1,00	1,00
	Sobrecargas de uso	1,00	0
	Sobrecargas de nieve	0,50	0
	Empujes del terreno	1,25	1,00
	Asientos de apoyo	Discrecional	
	Acciones del viento	0,50	0
	Térmicas y reológicas	Discrecional	
Acciones sísmicas	1,00	0	

Si en algún caso la sección eficaz es de difícil determinación geométrica, puede sustituirse por otra sección eficaz aproximada, comprendida en la sección total, y cuyo baricentro coincide con el punto G (Figura 5.4). El error que se comete va siempre en favor de la seguridad, pues la sección eficaz tiene área máxima y, si se elige convenientemente, este error es pequeño.

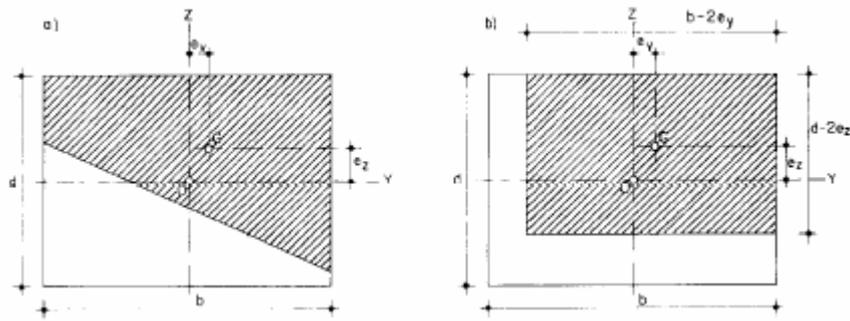


Figura 5.4 – Sección eficaz a) y sección eficaz aproximada b), en un elemento de sección rectangular, con esfuerzo normal de excentricidad con dos componentes e_y , e_z

5.4.2. Flexión

En casos excepcionales: muros exentos, etc., los elementos de muro sometidos a flexión compuesta con un esfuerzo normal de gran excentricidad respecto al baricentro de la sección, o a flexión simple, pueden calcularse admitiendo que la fábrica resiste tensiones de tracción, de valor no mayor que $0,1 f_d$, justificándolo en la memoria del proyecto, y tomando las precauciones constructivas necesarias para garantizar la precisa adherencia entre el mortero de las juntas y el ladrillo.

Con estas condiciones, en una sección de área A y módulos resistentes W_1 y W_2 respecto de sus ejes de inercia, actuando la sollicitación compuesta por: momentos flectores M_{1d} y M_{2d} , respecto a sus ejes de inercia, y si existe, un esfuerzo normal de compresión N , la condición de seguridad es:

$$\sigma' = \frac{M_{1d}}{W_1} + \frac{M_{2d}}{W_2} - \frac{N_d}{A} \leq 0,1 f_d$$

siendo σ' la máxima tensión de tracción en la sección.

5.4.3. Esfuerzo cortante

Si en la sección de un elemento actúa un esfuerzo cortante V_d , simultáneamente con un esfuerzo normal N_d , las condiciones de seguridad son:

$$\sigma = \frac{\sqrt{N_d^2 + 4V_d^2} + N_d}{2B} \leq f_d$$

$$\sigma' = \frac{\sqrt{N_d^2 + 4V_d^2} - N_d}{2B} \leq 0,1 f_d$$

siendo B el área de la sección eficaz definida en el apartado 5.4.1.

Si no actúa esfuerzo normal simultáneamente, basta comprobar:

$$\sigma' = \tau = \frac{V}{A} \leq 0,1 f_d$$

5.5. Acción de los forjados

Los forjados transmiten a los muros cargas que se evalúan según el apartado 5.5.1. La deformación por flexión de los forjados, produce excentricidades en la transmisión de estas cargas, que se calculan según los apartados 5.5.2 y 5.5.3.

5.5.1. Cargas transmitidas por los forjados

En un forjado de tramo aislado (Figura 5.5a), de luz l , con carga q_d , sustentado sobre un elemento de ancho b , con huecos contiguos de vanos v y w , siendo t la distancia entre ejes de huecos:

$$t = b + \frac{v + w}{2}$$

se transmite al elemento la carga F_d de valor:

$$F_d = \frac{q_d l t}{2}$$

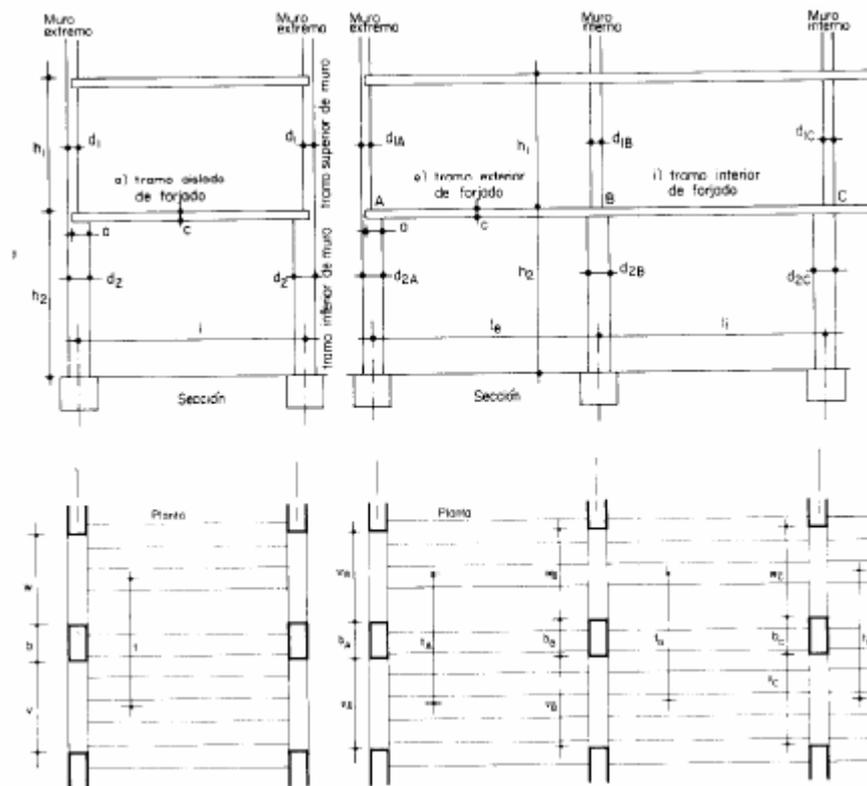


Figura 5.5 – Forjados sustentados en muros
a) Tramo aislado
e) Tramo exterior de un forjado continuo
i) Tramo interior de un forjado continuo

En un forjado continuo (Figura 5.5.e,i), cuyo dimensionado se ha efectuado considerando en los sucesivos apoyos A, B, C..., los momentos flectores negativos de valor absoluto M_{Ad} , M_{Bd} , M_{Cd} ..., por metro de anchura de forjado, las cargas que se consideran transmitidas son:

$$\text{Tramo e apoyo A } F_d = \left[\frac{q_d l_e}{2} + \frac{M_{Ad} - M_{Bd}}{l_e} \right] t_A$$

$$\text{Tramo e apoyo B } F_d = \left[\frac{q_d l_e}{2} - \frac{M_{Ad} - M_{Bd}}{l_c} \right] t_B$$

$$\text{Tramo i apoyo B } F_d = \left[\frac{q_d l_i}{2} + \frac{M_{Bd} - M_{Cd}}{l_i} \right] t_B$$

$$\text{Tramo i apoyo C } F_d = \left[\frac{q_d l_i}{2} - \frac{M_{Bd} - M_{Cd}}{l_i} \right] t_C$$

y así sucesivamente.

Salvo excepciones, se considera $M_{Ad} = 0$.

En un forjado paralelo a un muro, con nervios o viguetas a separación r entre ejes, la carga F_d que transmite es:

$$F_d = \frac{q_d r}{2}$$

5.5.2. Excentricidad de la carga de forjado sin tramo superior de muro

Un forjado, sustentado con entrega a , en un elemento de muro extremo (Figura 5.6), de espesor d , sin que exista tramo superior de muro de carga sobre el forjado, transmite la carga F_d (apartado 5.5.1), aplicada con la excentricidad:

$$e = \frac{d}{2} - \frac{a}{4}$$

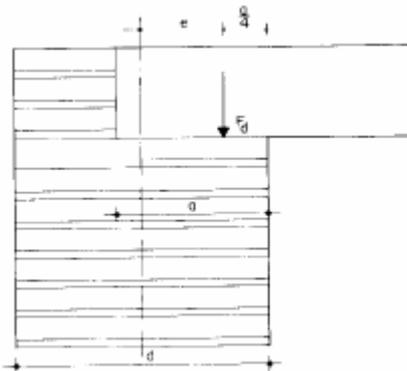


Figura 5.6 – Forjado sustentado en un muro extremo, sin muro de carga sobre el forjado

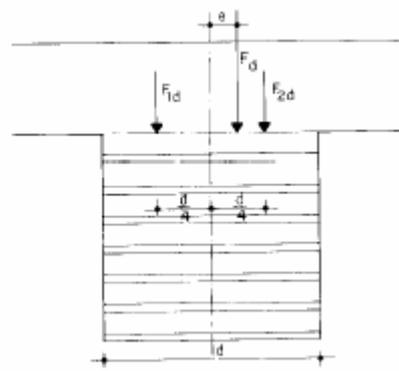


Figura 5.7 – Forjados sustentados en un muro interno, sin muro de carga sobre los forjados

y si la entrega es total, $a = d$, la excentricidad es:

$$e = \frac{d}{4}$$

Un forjado continuo, sustentado en un elemento de muro interno (Figura 5.7), transmite la carga $F_d = F_{1d} + F_{2d}$, suma de ambos tramos aplicada con la excentricidad:

$$e = \frac{F_{2d} - F_{1d}}{F_{2d} + F_{1d}} \cdot \frac{d}{4}$$

5.5.3. Excentricidad de la carga de forjado con tramo superior

Un forjado sustentado en un elemento de muro extremo (Figura 5.8), con tramo superior de espesor d_1 , anchura b y altura h_1 , que tiene en su arranque el esfuerzo normal N_d , y tramo inferior de espesor d_2 , anchura b y altura h_2 , transmite, en la posición de la figura, la carga F_d (apartado 5.5.1) y un momento flector M_d , dado por la fórmula:

$$M_d = \mu q_d b l^2$$

siendo μ el factor de empotramiento:

$$\mu = \frac{\rho_1 + \rho_2}{16 (\rho_1 + \rho_2 + \rho)}$$

función de las rigideces:

$$\text{del tramo superior: } \rho_1 = \frac{E I_1}{h_1} \quad I_1 = \frac{d_1^3 b}{12}$$

$$\text{del tramo inferior: } \rho_2 = \frac{E I_2}{h_2} \quad I_2 = \frac{d_2^3 b}{12}$$

$$\text{del forjado: } \rho = n \frac{K b}{l}$$

siendo:

E = módulo de deformación de la fábrica (apartado 5.2.4).

K = módulo de flecha, por metro de forjado ($K = J_f E_f$).

$n = 0,5$ en forjado de tramo aislado, $n = 1$ en forjado continuo.

Este momento flector M_d se equilibra en el muro con los producidos por las fuerzas N_d y $N_d + F_d$, cumpliéndose la condición:

$$M_d = N_d (u + e_1) + (N_d + F_d) e_2$$

La tensión resultante s_1 en el tramo superior, y la s_2 en el inferior, tienen que cumplir las condiciones:

$$\sigma_1 = \frac{N_d}{(d_1 - 2r - 2e_1)b} \leq f_d$$

$$\sigma_2 = \frac{N_d + F_d}{(d_2 - 2e_2)b} \leq f_d$$

Estas condiciones son insuficientes para determinar e_1 y e_2 , pero suficientes para comprobar el dimensionado.

Se hace sucesivamente $s_1 = f_d$ y $s_2 = f_d$ y se obtienen las excentricidades máximas.

$$e_1' = \frac{d_1}{2} - r - \frac{N_d}{2bf_d} \quad e_2' = \frac{d_2}{2} - \frac{N_d + F_d}{2bf_d}$$

Si $e_1' < B/2$ d_1 es insuficiente para N_d . Se aumentará d_1 .

Si $e_2' < 0$ d_2 es insuficiente para $N_d + F_d$. Se aumentará d_2 .

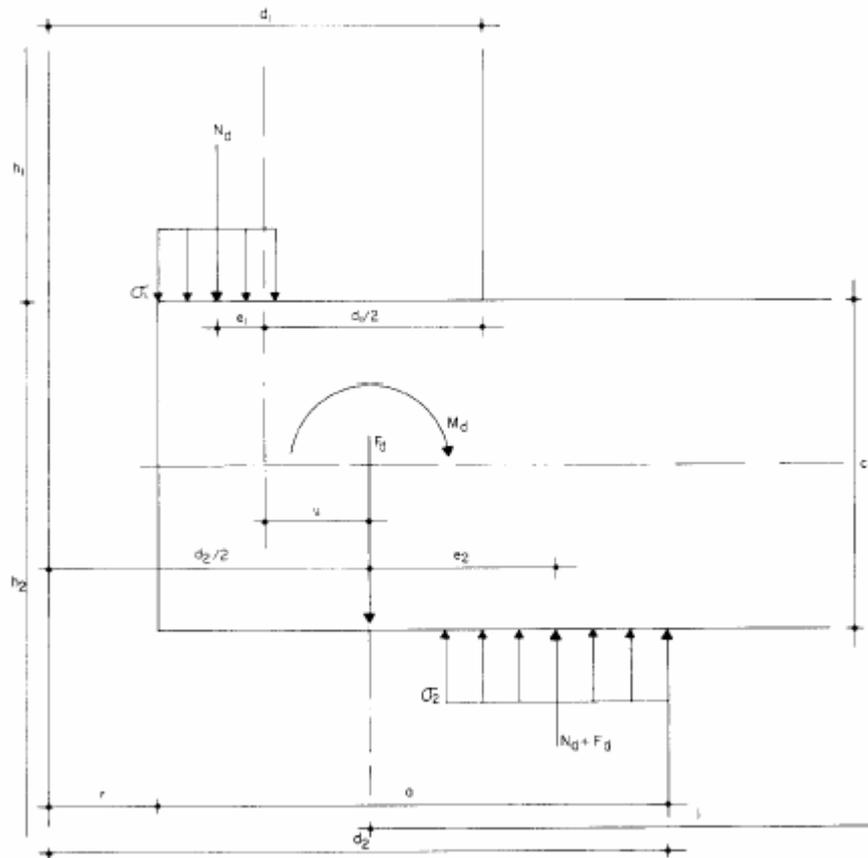


Figura 5.8 – Cargas y tensiones en el empotramiento de un forjado en un muro extremo

Con valores d_1 y d_2 que cumplan las dos condiciones se forma:

$$\emptyset = \frac{M_d - N_{du}}{N_d e_1' + (N_d + F_d) e_2'}$$

Si $\emptyset = 1$ el dimensionado es suficiente para resistir M_d y puede tomarse:

$$e_1 = \emptyset e_1'; \quad e_2 = \emptyset e_2'$$

Si $\emptyset > 1$ es preciso aumentar d_2 .

Los aumentos de d_1 o d_2 implican recalculer N_d y M_b y volver a comprobar.

Un forjado continuo, con tramos de luces l_a y l_b ($l_a > l_b$), sustentado en un elemento de muro interior (Figura 5.9), transmite, en la posición de la figura, la carga $F_d = F_{ad} + F_{bd}$ y un momento flector M_d dado por la fórmula:

$$M_d = \mu q_d b (l_a^2 B l_b^2)$$

siendo μ el factor de empotramiento:

$$\mu = \frac{\rho_1 + \rho_2}{16 (\rho_1 + \rho_2 + \rho_a + \rho_b)}$$

función de las rigideces de los tramos superior e inferior ρ_1 y ρ_2 y de las de los tramos contiguos al forjado:

$$\rho_a = \frac{Kb}{l_a} ; \rho_b = \frac{Kb}{l_b}$$

Las tensiones ρ_1 y ρ_2 y las excentricidades e_1 y e_2 , se obtienen con las mismas fórmulas anteriores.

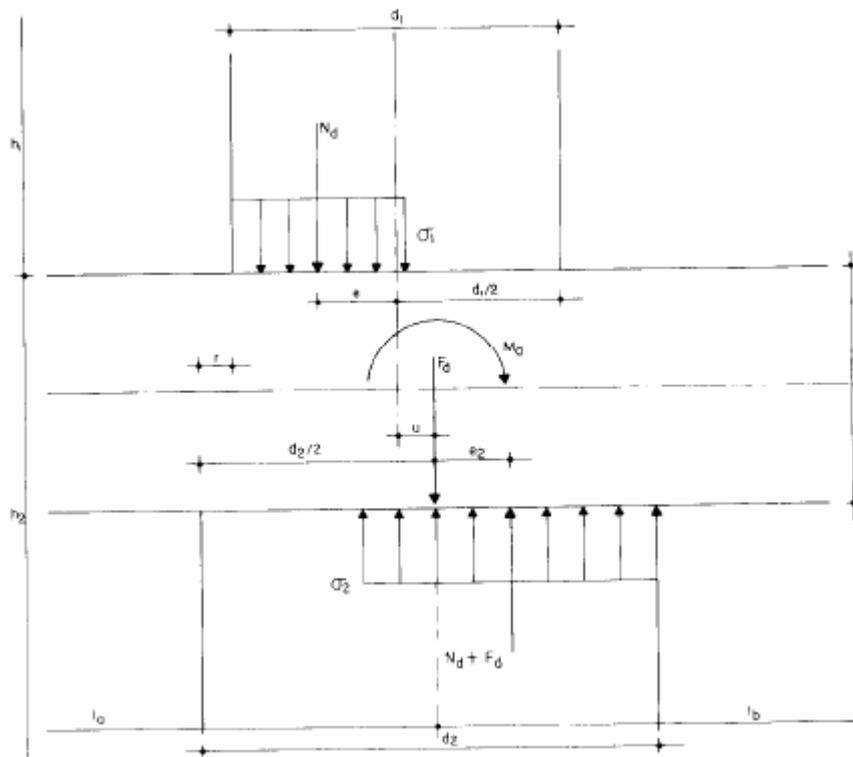


Figura 5.9 – Cargas y tensiones en el empotramiento de un forjado continuo en un muro interno

De modo aproximado, el factor de empotramiento puede calcularse por la fórmula:

$$\mu = \frac{1}{16} \frac{2}{2 + n \frac{E_f}{E} \frac{h}{l} \left(\frac{c}{d} \right)^3}$$

siendo:

h = altura media de los dos tramos de muro.

l = luz del forjado, o luz media de las luces contiguas.

c = canto del forjado.

d = espesor del muro inferior.

E_F = módulo de elasticidad del hormigón del forjado.

E = módulo de deformación de la fábrica.

n = coeficiente que según el caso toma los valores (Fig. 5.10).

Caso A: apoyo de tramo aislado $n = 0,5$.

Caso E: apoyo extremo de forjado continuo $n = 1$.

Caso I: apoyo interno de forjado continuo $n = 2$.

Los valores de μ en función de h/l , c/d , E_F/E , y del caso, se dan en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Factor de empotramiento de forjados

Caso	E_F/E			Valor de μ , siendo c/d										
A		20	10	5										
E		20	10	5										
I	20	10	5		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2	
	2				0,018	0,010	0,006	0,004	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	
	1	2			0,027	0,018	0,012	0,008	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	
	0,5	1	2		0,038	0,028	0,020	0,014	0,010	0,006	0,003	0,002	0,001	
	0,25	0,5	1	2	0,047	0,034	0,030	0,023	0,018	0,010	0,006	0,004	0,002	
h/l		0,25	0,5	1	2	0,054	0,048	0,041	0,034	0,027	0,018	0,012	0,009	
			0,25	0,5	1	0,058	0,054	0,049	0,044	0,038	0,028	0,020	0,012	
				0,25	0,5	0,060	0,058	0,055	0,052	0,047	0,039	0,030	0,020	
					0,25	0,061	0,060	0,059	0,056	0,054	0,048	0,041	0,030	

Los valores intermedios se interpolarán linealmente.

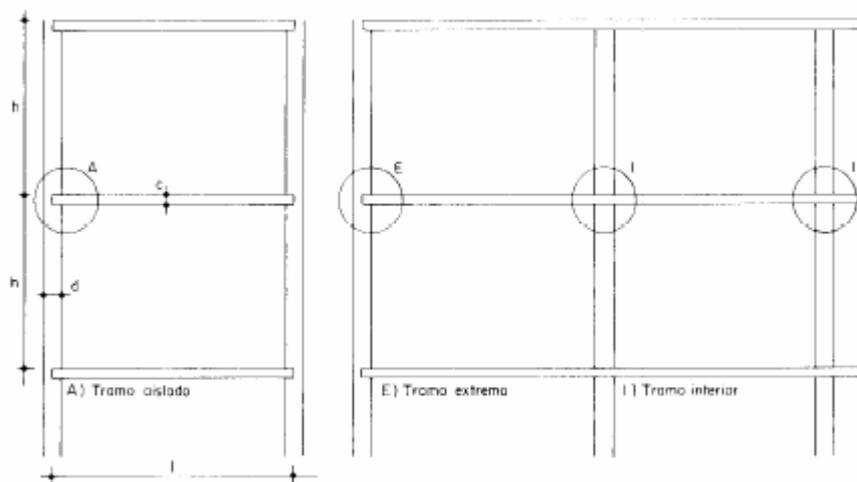


Figura 5.10 – Forjados de tramo aislado A y forjados continuos, con extremos E y tramos interiores I

5.6. Excentricidades función de la esbeltez

En todo elemento de fábrica, sometido a un esfuerzo normal T , actúa éste en general con excentricidades, producidas por los forjados (apartado 5.5), y/o por apoyo excéntrico de cargaderos, vigas u otros elementos, y/o por esfuerzos horizontales. Incluso un esfuerzo normal teóricamente centrado actúa siempre en la práctica con excentricidad variable a lo largo del eje del elemento a causa de las inevitables imperfecciones de ejecución y de las deformaciones irregulares por diferencias del Módulo de elasticidad de la fábrica en sus diferentes puntos.

Al actuar el esfuerzo normal, la excentricidad inicial aumenta por la deformación lateral producida en el flexopandeo. Por ello, la excentricidad con que hay que calcular el elemento es función de su esbeltez (apartado 5.6.1) y se evalúa en la forma indicada en el apartado 5.6.4.

5.6.1. Esbeltez de un elemento

Esbeltez λ de un elemento de fábrica de ladrillo, de altura virtual h_v , definida en el apartado 5.6.2, y de espesor virtual d_v , definido en el apartado 5.6.3, es el cociente:

$$\lambda = \frac{h_v}{d_v}$$

5.6.2. Altura virtual de un elemento

La altura virtual h_v de un elemento de fábrica es la distancia entre los puntos de inflexión de la deformada del eje del elemento sometido a flexopandeo.

La determinación exacta de la altura virtual es difícil, porque el fenómeno de flexopandeo en los elementos de fábrica de ladrillo es complejo, debido a la variación del módulo de elasticidad con las tensiones, y reducción de la sección por la aparición de grietas.

Por ello, a menos de justificar con estudios teóricos o experimentales los valores de altura virtual, se tomará en el cálculo el valor:

$$h_v = a h$$

siendo a un factor, dado en la Tabla 5.7, que depende de que el elemento tenga o no arriostramiento horizontal en la coronación, y de la relación entre la separación s , entre arriostramientos transversales con muros que cumplan las condiciones del apartado 4.3 y la altura h del elemento (Figura 5.11).

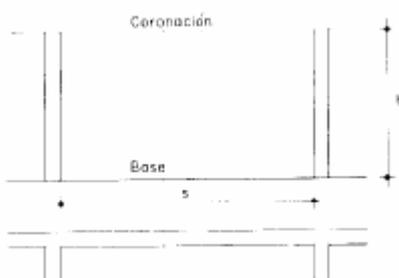


Figura 5.11 – Elemento de muro con arriostramientos transversales

Tabla 5.7. Factor de altura virtual

Arriostramientos transversales $s:h$	Factor a , para elementos cuya coronación está horizontalmente	
	Arriostrada	No arriostrada
1	0,5	1
2	0,8	1,6
4 o más	1	2

Los valores intermedios se interpolarán linealmente.

5.6.3. Espesor virtual

Para determinar el espesor virtual de un elemento de muro se considera su sección menor sin contar revocos ni guarnecidos.

En un muro aparejado, verdugado o doblado, el espesor virtual del elemento es el siguiente:

Sección rectangular, de espesor d y anchura $b = d$:

$$d_v = d$$

Sección centrosimétrica (Figura 5.12): la mínima dimensión entre rectas paralelas aplicadas al perímetro.

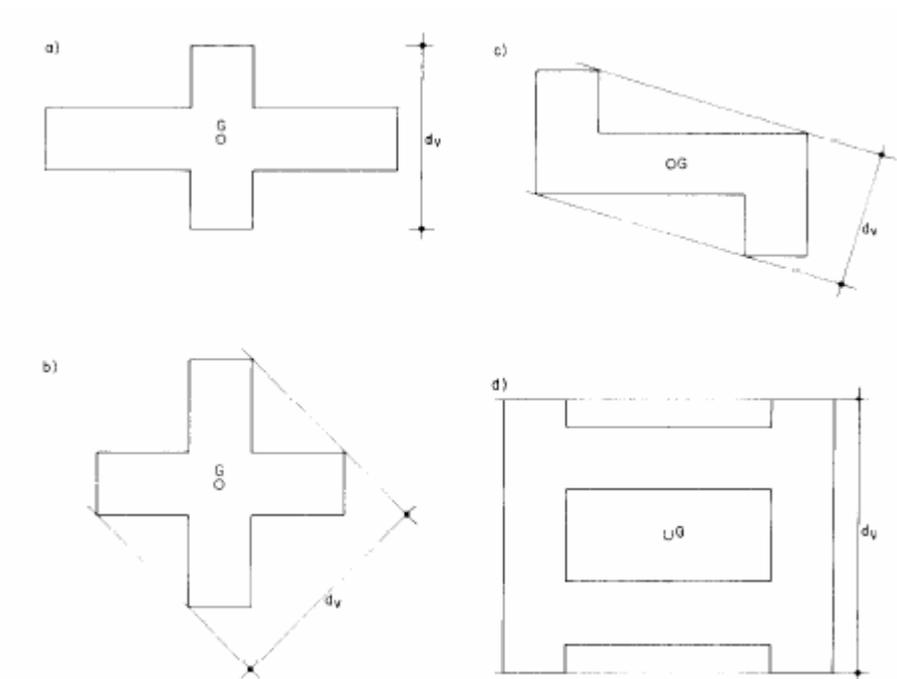


Figura 5.12 – Espesor virtual d_v de secciones centrosimétricas

Sección asimétrica (Figura 5.13); el doble de la mínima distancia g entre el baricentro G de la sección y una recta aplicada al perímetro.

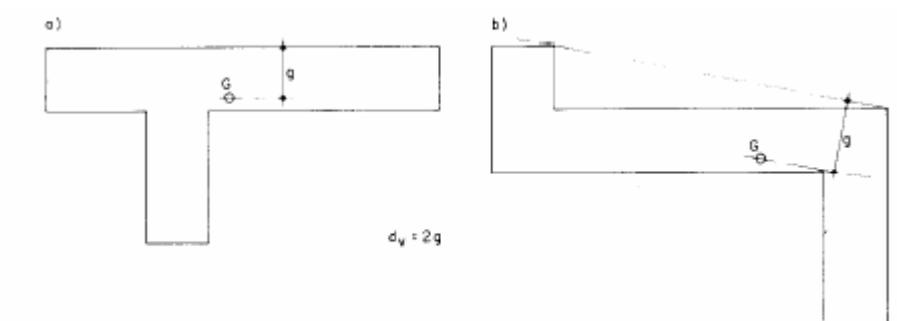


Figura 5.13 – Espesor virtual d_v de secciones asimétricas

Para aplicar lo anterior, en todas las secciones compuestas por rectángulos, en cada uno de los unidos en sus dos extremos, la relación longitud/anchura será no mayor de 10; y en cada uno de los unidos en un solo extremo será no mayor de 5.

En un muro apilastroado (Figura 5.14) el espesor virtual vale $d_v = d$, dándose los valores de d en la Tabla 5.8.

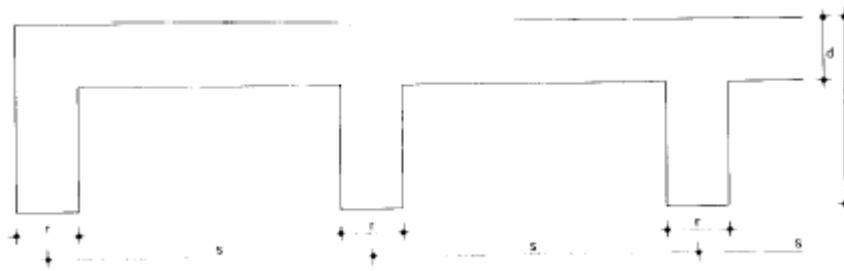


Figura 5.14 – Muro apilado

Tabla 5.8. Espesor virtual en muros apilados

t : d	Valor de d siendo s : r				
	4	5	6	8	10
1	1	1	1	1	1
1,5	1,17	1,14	1,11	1,09	1,07
2	1,40	1,33	1,29	1,22	1,18
2,5	1,68	1,58	1,50	1,39	1,33
3	2	1,86	1,75	1,60	1,50

En un muro capuchino, con hojas de espesores d_1 y d_2 , el espesor virtual será:

$$\begin{aligned} \text{si } 0,5d_1 < d_2 \leq d_1 & \quad d_v = \frac{2}{3} (d_1 + d_2) \\ \text{si } d_2 \leq 0,5 d_1 & \quad d_v = d_1 \end{aligned}$$

5.6.4. Excentricidad en flexopandeo

Un elemento de muro con arriostramiento horizontal en coronación y base (Figura 5.15), sometido a un esfuerzo normal N , que actúa con excentricidad e_1 en su coronación y excentricidad e_2 en su base (Figura 5.15), se calcula con la excentricidad e_f máxima que se produce en el flexopandeo.

Para determinar e_f se calcula previamente la excentricidad unitaria de pandeo simple η del elemento de muro, función de su esbeltez λ y del coeficiente de deformabilidad e de la fábrica de ladrillo, mediante la Tabla 5.9.

Esta excentricidad e_f tiene el sentido de la excentricidad del extremo e_m , de mayor valor absoluto, que es:

$$e_m = e_1 \text{ en la figura 5.15 a}$$

$$e_m = e_2 \text{ en la figura 5.15 b}$$

La excentricidad e_n en el extremo opuesto es positiva si va en el sentido de e_m (Figura 5.15 a), y negativa, si va en sentido contrario (Figura 5.15 b).

Se obtienen los valores auxiliares:

$$e_x = \frac{e_m + e_n}{2} \quad e_d = \frac{e_m - e_n}{2}$$

introduciendo en con su signo. La excentricidad por deformación e_p , vale:

$$e_p = ? (d_v + 1,8 e_s)$$

expresión en la que se introduce la influencia de la excentricidad de cargas es en el centro de la pieza.

Se calcula $\epsilon = \frac{e_f}{2e_p}$

La excentricidad e_f que se busca tiene el valor siguiente:

Si $e = 1$ $e_f = e_m$

Si $e < 1$ $e_f = e_m + e_p (1 - e)^2$

En un elemento de muro sin arriostamiento horizontal en la coronación, la excentricidad e_f tiene el sentido de e_2 y vale:

$$e_f = e_2 + ? (d_v + 1,8 e_2)$$

Para carga centrada en ambos casos:

$$e_1 = e_2 = 0 \text{ y } e_f = ? d_v$$

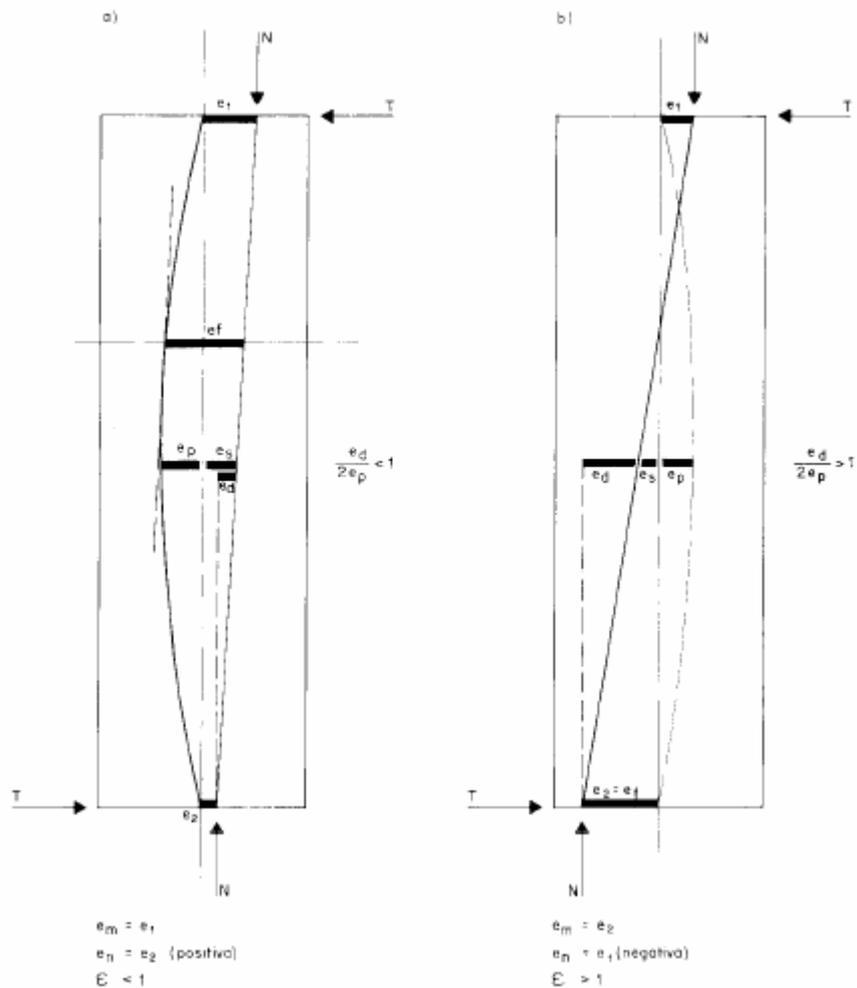


Figura 5.15 – Variación de la excentricidad de flexopandeo en un elemento de muro

Tabla 5.9. Excentricidad unitaria de pandeo

Excentricidad unitaria, siendo la deformabilidad e de la fábrica				
Esbeltez	0,63	0,80	1,00	1,25
2	0	0	0	0
3	0,001	0,001	0,001	0,002
4	0,003	0,003	0,005	0,007
5	0,006	0,008	0,010	0,015
6	0,010	0,014	0,019	0,027
7	0,016	0,021	0,029	0,042
8	0,023	0,031	0,042	0,060
9	0,032	0,042	0,057	0,082
10	0,042	0,054	0,074	0,107
11	0,053	0,069	0,094	0,135
12	0,065	0,085	0,116	0,167
13	0,080	0,103	0,140	0,194
14	0,094	0,123	0,167	0,222
15	0,110	0,145	0,190	0,250
16	0,128	0,167	0,214	0,288
17	0,147	0,187	0,238	0,306
18	0,167	0,208	0,262	0,333
19	0,185	0,229	0,286	0,361
20	0,204	0,250	0,310	0,389
21	0,222	0,271	0,333	0,417
22	0,241	0,292	0,357	0,445
23	0,259	0,312	0,381	0,472
24	0,278	0,333	0,405	0,500
25	0,296	0,354	0,428	
26	0,315	0,375	0,452	
27	0,333	0,396	0,476	
28	0,352	0,417	0,500	
29	0,370	0,437		
30	0,389	0,458		
31	0,407	0,479		
32	0,426	0,500		
33	0,445			
34	0,463			
35	0,482			
36	0,500			

5.7. Cargaderos

Un cargadero de canto c (Figura 5.16), excluyendo la pestaña si existe, y ancho s , que forma el dintel de un hueco, de vano v . con entrega $a = c$ en cada apoyo, se calculará como simplemente apoyado, con la luz $l = v + a$, y con las cargas situadas dentro de las verticales del vano, o con la carga reducida, que se detalla en el apartado 5.7.1, cuando exista muro encima y pueda en él producirse el efecto de arco.

La tensión en cada apoyo sobre la fábrica se calculará dividiendo la correspondiente reacción R de las cargas por el área $A = as$.

5.7.1. Efecto de arco

Cuando por encima, y a los lados de un cargadero de luz l , exista un muro que permita producir efecto de arco sin huecos que lo perturben, la carga a considerar será: el peso del muro situado en una altura $k = 0,6 l$ y las de forjados y las aisladas situadas hasta una altura l .

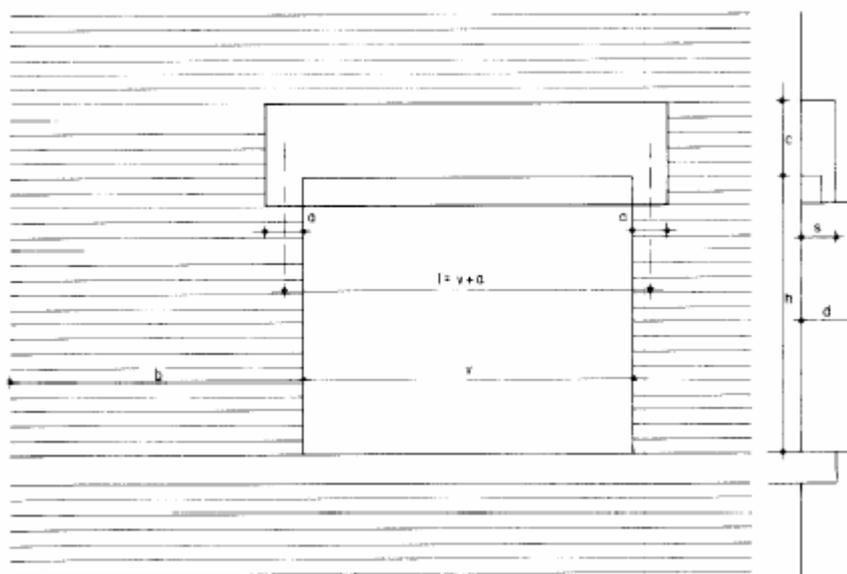


Figura 5.16 – Cargadero en un muro

5.7.2. Empotramiento

Si en un extremo la entrega a (Figura 5.17) es mayor que el canto c , puede considerarse empotramiento, calculando con la luz $l = v + r$, siendo $r = c$, aplicando en la zona extrema, de longitud $a - r$, una reacción de empotramiento S_d , que estáticamente puede ser equilibrada en el muro, y verificando las tensiones producidas en la fábrica por la reacción isostática R_d de la carga, y la reacción S_d :

$$\sigma_d = \frac{R_d + S_d}{r s} \leq t_d \quad \text{y} \quad \sigma_s = \frac{S_d}{(a - r)s} \leq t_d$$

El momento de empotramiento $M_t = S_d a / 2$ será no mayor que la mitad del momento isostático de la carga con la luz l .

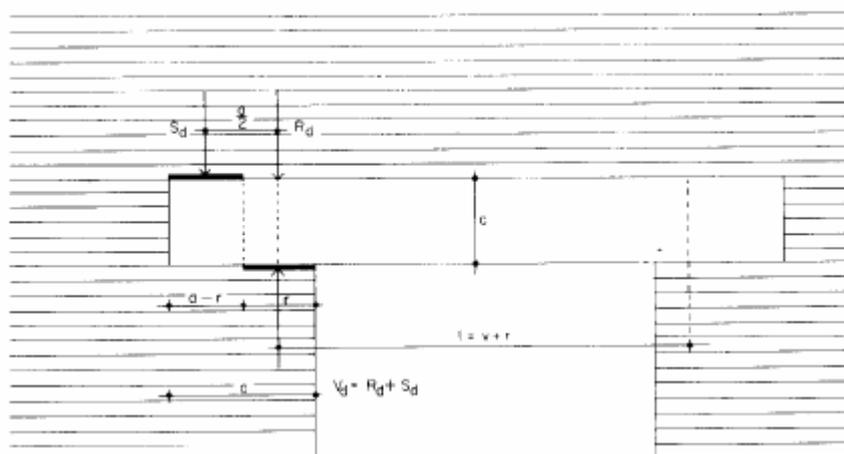


Figura 5.17 – Empotramiento en el extremo de un cargadero

5.8. Estabilidad del conjunto

Los esfuerzos horizontales que actúan en un edificio, señalados en el apartado 4.7, se transmiten horizontalmente por los forjados a los muros que solamente pueden resistirlos cuando actúan en su

dirección longitudinal, ya que la resistencia de un muro a esfuerzos perpendiculares a su paramento es muy escasa y por ello se proyectarán muros con disposiciones cruzadas.

Cuando sea preciso se calcularán los forjados con sus cadenas de manera que puedan resistir a flexión en su plano y a cortadura la transmisión horizontal de estos esfuerzos.

Los muros que reciban longitudinalmente las reacciones horizontales de los forjados en cada piso, se calcularán considerando las excentricidades que estas reacciones producen en el plano del muro al componerse con las cargas verticales, además de las excentricidades normales a este plano.

Igualmente se calculará la cimentación teniendo en cuenta estos descentramientos de las cargas.

CAPÍTULO VI. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

6.1. Recepción de materiales

La recepción de los materiales se realizará por el técnico encargado de vigilar la ejecución de la obra, quien se asegurará se cumplen las siguientes condiciones:

6.1.1. Ladrillos

La recepción de los ladrillos se efectuará según lo dispuesto en el Pliego General de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción, RL-88.

6.1.2. Arenas

Cada remesa de arena que llegue a obra se descargará en una zona de suelo seco, convenientemente preparada para este fin, en la que pueda conservarse limpia de impurezas, como polvo, tierra, pajas, virutas, etc.

Se realizará una inspección ocular de características y, si se juzga preciso, se realizará una toma de muestras para la comprobación de características en laboratorio.

Se recomienda que la arena llegue a obra cumpliendo las características exigidas. Puede autorizar el Director de la Obra se reciba arena que no cumpla alguna condición, procediéndose a su corrección en obra por lavado, cribado o mezcla, si después de la corrección cumple todas las condiciones exigidas.

6.1.3. Cementos

La recepción del cemento se efectuará según lo dispuesto en el Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de Cementos RC-88.

6.1.4. Cales

En cada remesa de cal se verificará que la designación marcada en el envase corresponde a la especificada y, si se juzga preciso, se realizará una toma de muestras para la comprobación de características en laboratorio.

Las cales envasadas se conservarán en locales cubiertos, secos y ventilados.

6.1.5. Mezclas preparadas

En la recepción de las mezclas preparadas se comprobará que la dosificación y resistencia que figuran en el envase corresponden a las especificadas.

6.2. Ejecución de morteros

Se comprobará que en la ejecución de los morteros se cumplen las siguientes condiciones:

6.2.1. Apagado de la cal

La cal aérea en terrón puede apagarse en la obra utilizando balsa o por aspersión. Para apagarla en balsa se colará con cedazo y se dejará reposar en la balsa durante el tiempo mínimo de dos semanas.

Para apagarla por aspersión se apilará en capas, alternadas con capas de arena húmeda que se precise para la ejecución del mortero, y se conservará así durante un mínimo de dos semanas.

6.2.2. Amasado

Los diferentes tipos de mortero se ejecutarán de acuerdo con el capítulo 3. En obra se dispondrá de un cono de Abrams y se determinará la consistencia periódicamente para asegurarse se mantiene entre los límites establecidos.

6.3. Ejecución de muros

En la ejecución se tendrán en cuenta las condiciones siguientes:

6.3.1. Replanteo

Se trazará la planta de los muros a realizar, con el debido cuidado para que sus dimensiones estén dentro de las tolerancias del apartado 6.4.

Para el alzado de los muros se recomienda colocar en cada esquina de la planta una mira perfectamente recta, escantillada con marcas en las alturas de las hiladas, y tender cordeles entre las miras, apoyados sobre sus marcas, que se van elevando con la altura de una o varias hiladas para asegurar la horizontalidad de éstas.

6.3.2. Humectación de los ladrillos

Los ladrillos se humedecerán antes de su empleo en la ejecución de la fábrica.

La humectación puede realizarse por aspersión, regando abundantemente el rejal hasta el momento de su empleo. Puede realizarse también por inmersión, introduciendo los ladrillos en una balsa durante unos minutos y apilándolos después de sacarlos hasta que no goteen.

La cantidad de agua embebida en el ladrillo debe ser la necesaria para que no varíela consistencia del mortero al ponerlo en contacto con el ladrillo, sin succionar agua de amasado ni incorporarla.

6.3.3. Colocación de los ladrillos

Los ladrillos se colocarán siempre a restregón. Para ello se extenderá sobre el asiento, o la última hilada, una tortada de mortero en cantidad suficiente para que tendel y llaga resulten de las dimensiones especificadas, y se igualará con la paleta. Se colocará el ladrillo sobre la tortada, a una distancia horizontal al ladrillo contiguo de la misma hilada, anteriormente colocado, aproximadamente el doble del espesor de la llaga. Se apretará verticalmente el ladrillo y se restregará, acercándolo al ladrillo contiguo ya colocado, hasta que el mortero rebose por la llaga y el tendel, quitando con la paleta los excesos de mortero. No se moverá ningún ladrillo después de efectuada la operación de restregón. Si fuera necesario corregir la posición de un ladrillo, se quitará, retirando también el mortero.

6.3.4. Relleno de juntas

El mortero debe llenar las juntas: tendel y llagas, totalmente.

Si después de restregar el ladrillo no quedara alguna junta totalmente llena, se añadirá el mortero necesario y se apretará con la paleta.

Las llagas y los tendeles tendrán en todo el grueso y altura del muro el espesor especificado en el proyecto.

En las fábricas vistas se realizará el rejuntado de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

6.3.5. Enjarjes

Las fábricas deben levantarse por hiladas horizontales en toda la extensión de la obra, siempre que sea posible. Cuando dos partes de una fábrica hayan de levantarse en épocas distintas, la que se ejecute primero se dejará escalonada.

Si esto no fuera posible, se dejará formando alternativamente entrantes, adarajas y salientes, endejas.

6.4. Tolerancias en la ejecución

Las tolerancias en la ejecución se ajustarán a lo especificado en el proyecto. Si en él no se especifican, se tomarán los valores de la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Tolerancias en la ejecución

Concepto	Desviaciones admisibles en mm para fábricas de ladrillo de		
	Cimientos	Muros	Pilares
1. Cotas del proyecto			
Espesores	0 a + 15	BB 10 a + 15	+ 10
Alturas parciales	± 15	± 15	± 15
Alturas totales		± 25	± 25
Distancias parciales entre ejes	± 10	± 10	± 10
Distancias entre ejes extremos	± 20	± 20	± 20
2. Desplomes			
En una planta	BB	± 10	± 10
En la altura total	± 10	± 20	± 30
3. Horizontalidad de las hiladas			
Por m de longitud	± 2	± 2	BB
4. Planeidad de paramentos (Comprobada con regla de 2,00 m)			
Paramento para enfoscar	BB	± 10	± 5
Paramento a cara vista	BB	± 5	± 5

6.5. Protecciones durante la ejecución

Las fábricas durante la ejecución requieren las siguientes protecciones:

6.5.1. Protección contra la lluvia

Cuando se prevean fuertes lluvias se protegerán las partes recientemente ejecutadas con láminas de material plástico u otros medios, a fin de evitar la erosión de las juntas de mortero.

6.5.2. Protección contra las heladas

Si ha helado antes de iniciar la jornada, no se reanudará el trabajo sin haber revisado escrupulosamente lo ejecutado en las cuarenta y ocho horas anteriores, y se demolerán las partes dañadas.

Si hiela cuando es hora de empezar la jornada o durante ésta, se suspenderá el trabajo. En ambos casos se protegerán las partes de la fábrica recientemente construidas.

Si se prevé que helará durante la noche siguiente a una jornada, se tomarán análogas precauciones.

6.5.3. Protección contra el calor

En tiempo extremadamente seco y caluroso se mantendrá húmeda la fábrica recientemente ejecutada, a fin de que no se produzca una fuerte y rápida evaporación del agua del mortero, la cual allargaría el normal proceso de fraguado y endurecimiento de éste.

6.6. Arriostramientos durante la construcción

Durante la construcción de los muros, y mientras éstos no hayan sido estabilizados, según sea el caso, mediante la colocación de la viguería, de las cerchas, de la ejecución de los forjados, etc., se tomarán las precauciones necesarias para que si sobrevienen fuertes vientos no puedan ser volcados. Para ello, se arriostrarán los muros a los andamios, si la estructura de éstos lo permite, o bien se apuntalarán con tabloncillos cuyos extremos estén bien asegurados.

La altura del muro, a partir de la cual hay que prever la posibilidad de vuelco, dependerá del espesor de aquel, de la clase y dosificación del conglomerante empleado en el mortero, del número, disposición y dimensiones de los huecos que tenga el muro, de la distancia entre otros muros transversales que traben al considerado, etc.

Las precauciones indicadas se tomarán ineludiblemente al terminar cada jornada de trabajo, por apacible que se muestre el tiempo.

6.7. Rozas

Sin autorización expresa del Director de Obra se prohíbe en muros de carga la ejecución de rozas horizontales no señaladas en los planos.

Siempre que sea posible se evitará hacer rozas en los muros después de levantados, permitiéndose únicamente rozas verticales o de pendiente no inferior a 70°, siempre que su profundidad no exceda de 1/6 del espesor del muro, y aconsejándose que en estos casos se utilicen cortadoras mecánicas.