

FORJADOS UNIDIRECCIONALES. SU CONTROL EN TABLAS

MANUAL RÁPIDO DE CONSULTA



Manuel Jesús CARRETERO-AYUSO
Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación



FORJADOS UNIDIRECCIONALES. SU CONTROL EN TABLAS

MANUAL RÁPIDO DE CONSULTA

Manuel Jesús CARRETERO-AYUSO
Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación

Primera Edición: julio de 2013

Autor

©Manuel Jesús Carretero-Ayuso

Registro de la propiedad intelectual: BA.249.06

Edita:

Pasión por los Libros

ISBN: 978-84-15933-22-9

Depósito Legal: BA-000463-2013

Impreso en España / Printed in Spain

Reservados todos los derechos.

Queda prohibido la copia, reproducción

o utilización de esta obra sin el consentimiento del autor

PRESENTACIÓN



En la supervisión, control y aprobación de las estructuras, y entre ellas los forjados, los técnicos tenemos una gran responsabilidad; especialmente los arquitectos técnicos dado el carácter de directores de la ejecución que se les encomienda en el artículo 13 la Ley Orgánica de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre). De cualquier manera, para todos es interesante saber cuales son las condiciones y exigencias técnicas que deben cumplir nuestros forjados, aunque estemos en otras ópticas y cargos diferentes (jefes de obras, auditores de riesgos, representantes de la propiedad, etc...).

Aunque en los estudios de grado existen asignaturas que desarrollan el cálculo de estructuras y otros aspectos relativos a éstas, y en la vida profesional gran parte de la tarea cotidiana puede consistir en la verificación de estas unidades de obra, no siempre tenemos claro cuáles son los aspectos base más importantes que debemos de constatar cuando estamos a pie de obra. Por mi trayectoria laboral, he podido comprobar que no siempre son conocidas y aplicadas las indicaciones que la norma exige en sus distintas áreas (*propiedades tecnológicas de los materiales, condiciones geométricas y de armado, apoyos y enlaces, control de materiales, criterios de recepcionado, etc...*), algunas veces por falta de tiempo para profundizar en determinadas materias, otras por lo complejo del tema, y otras, por lo extenso de la normativa en vigor.

Por todo ello, esta pequeña publicación pretende facilitar esta labor y solventar las carencias que muchas veces se nos dan a pie de obra. En modo alguno pretende sustituir los procesos de lectura de la Instrucción EHE-08, sino más bien ocupar un puesto como “apunte rápido de consulta”, dado que al tener un tamaño adecuado para poder ser insertado en las agendas, nos proporcione una información directa y fácil sobre la tipología de forjados más común: el sistema unidireccional.

Para su forma de presentación se ha optado por realizarlo en tablas ya que se trata de un formato que facilita la visión global del tema a exponer, al tiempo que esboza visualmente la estructuración genérica del texto.

Indicar por último, que las tablas 15, 16 y 17 incorporadas en el apartado de “*Aplicación [en] obras*” son el resultado de intentar sistematizar y ordenar los aspectos sobre los que versan cada una de ellas plasmándolo a modo de guías-procedimiento.

Manuel J. Carretero Ayuso

-Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación-
Profesor de la Universidad de Extremadura



*“La calidad nunca es un accidente,
es siempre el resultado de un esfuerzo inteligente”*

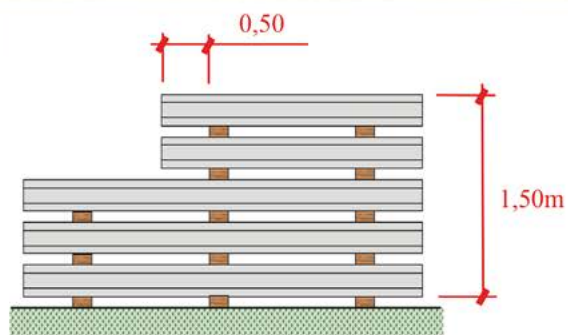
John Ruskin

ÍNDICE

Nº TABLA	TÍTULO DE LA TABLA	PÁG.
TABLA 1-a	Sumario documental de los forjados para su ejecución (I)	5
TABLA 1-b	Sumario documental de los forjados para su ejecución (II)	6
TABLA 2	Ámbito general	
TABLA 3	Propiedades tecnológicas de los materiales	7
TABLA 4	Recubrimiento y durabilidad: Conceptos	8
TABLA 5	Recubrimientos mínimos según clases de exposición	9
TABLA 6	Condiciones geométricas y de armado en los forjados	10
TABLA 7	Macizados, enlaces, apoyos y conexiones en forjados de viguetas	11
TABLA 8	Tipologías de apoyos en forjados de placas alveolares	12
TABLA 9	Realización de los trabajos auxiliares de ejecución	
TABLA 10	Condiciones de colocación de las armaduras pasivas	13
TABLA 11	Elaboración y suministro del hormigón	14
TABLA 12	Control de calidad de los materiales	
TABLA 13	Puesta en obra del hormigón	15
TABLA 14	Control de ejecución	
TABLA 15	Sistemática de verificación de un forjado	17
TABLA 16	Plantilla-guía de supervisión de la ejecución de forjados	18
TABLA 17	Criterios de “aceptación-rechazo” del hormigón de obra	19
TABLA 18	Dibujos : apoyos , enlaces y conexiones	20



1).- Determinación de las exigencias en gabinete....



2).- Comprobación y ratificación de los requerimientos en la obra....



SUMARIO DOCUMENTAL DE LOS FORJADOS PARA SU EJECUCIÓN (I)

PARA EL PROYECTO	MEMORIA	EN GENERAL (estructuras)	<ul style="list-style-type: none"> -Justificación técnica y económica de la solución adoptada. -Datos previos, métodos de cálculo, modalidades de control y ensayos a efectuar. -Simplificaciones efectuadas. -Características mecánicas de las secciones. -Tipos de conexiones en nudos y de sustentación. -Características resistentes y de deformación de los materiales. -Especificación del tipo de análisis (estático/dinámico, lineal/no lineal...). -Características técnicas mínimas de los productos, equipos y sistemas que se incorporen. -Las instrucciones de uso y mantenimiento de la estructura.
		EN PARTICULAR (forjados)	<ul style="list-style-type: none"> -Acciones consideradas en cálculo (sobrecargas, concargas y carga total). -Coeficientes de seguridad adoptados y niveles de control establecidos. -Tipología del hormigón y del acero a utilizar en obra. -Determinación de las solicitaciones más desfavorables del forjado. -En su caso, necesidad de la exigencia de certificados de garantía de los componentes del sistema de forjado.
	PLANOS	EN GENERAL (estructuras)	<ul style="list-style-type: none"> -La unidad de acotación de medida será el metro (con apreciación de 2 cifras decimales), excepto en armaduras y tuberías que serán en mm. -Definición y acotación suficiente para ser posible la medición por deducción directa. -Detalles constructivos precisos. -Indicación de contraflechas (en su caso). -Cuadro de la tipificación de los hormigones. -Características de los aceros empleados.
		EN PARTICULAR (forjados)	<ul style="list-style-type: none"> -Se indicará en ellos el canto total del forjado y el espesor de la capa de compresión. -Situación, dimensiones y detalles de resolución de los huecos para las instalaciones. -En los forjados de viguetas, se indicará la separación entre ejes, el modelo y las dimensiones, así como el material de las piezas de entrevigado (bovedillas). -Longitud, posición y diámetro de las armaduras que deben colocarse. -Detalles de los enlaces del forjado con la estructura principal y de las zonas macizadas. <p>⇒ <i>En la práctica, una vez que se haya determinado la empresa fabricante de los elementos del forjado (viguetas o placas alveolares), el proyecto deberá contemplar y emitir la siguiente documentación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Planos de ejecución con los "tipos resistentes" de los distintos paños de forjado (<i>plano viguetero</i>). Estos documentos estarán sellados por la casa fabricante de las viguetas o placas alveolares (con firma física del técnico que lo haya realizado y calculado). -Apuntalados necesarios en cada crujía y la separación máxima entre las sopandas.
	PRESUPUESTO (en general)	<ul style="list-style-type: none"> -Mano de obra (pluses, cargas y seguros). -Materiales (a pie de obra). -Gastos (maquinaria e instalaciones, personal, etc....) -Instalación de oficinas, almacenes, talleres, personal adscrito y coste del control. 	
	EXIGENCIA ADMINISTRATIVA	<p>El fabricante de los elementos prefabricados con función resistente deberá poseer una Autorización de Uso para sus sistemas, debidamente autorizada por la Administración y plasmada sobre una Ficha de Características Técnicas con los datos necesarios.</p>	
MODIFICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> -Las modificaciones experimentadas durante la ejecución se rectificarán antes de realizar éstas, cuantas veces sea necesario (cálculos, planos, etc...). -Indicación de la fecha de expedición y estampación de la palabra "anulado" en los documentos no válidos. 		

TABLA N° 1-a





SUMARIO DOCUMENTAL DE LOS FORJADOS PARA SU EJECUCIÓN (II)

FINAL DE OBRA	EN GENERAL:	<p>⇒ La Dirección Facultativa entregará a la propiedad la siguiente documentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Memoria que recoja las incidencias principales de la ejecución. -Juego de planos que reflejen el estado final de la obra. -Demostración documental de que se han cumplido las especificaciones del control de materiales y el control de ejecución previstos.
	EN PARTICULAR:	<ul style="list-style-type: none"> -Copia de F.C.T. del forjado utilizado en la que figure el sello de la Autorización de Uso. -Certificado emitido por el fabricante (firmado por persona física) de los elementos constituyentes del forjado, indicando en su caso la conformidad de lo suministrado con respecto a la Autorización de Uso. -Planos actualizados de los forjados realmente ejecutados (incluso con modificaciones). -Resultados del control de recepción. -Resultados del control de ejecución de los forjados. -De las piezas de entrevigado (bovedillas), es conveniente entregar la siguiente documentación: <ul style="list-style-type: none"> a) Si son cerámicas: Resultado del ensayo de dilatación potencial (<6 meses anteriores). b) Si son de poliestireno: Certificado de su comportamiento de reacción al fuego. -Es aconsejable que se aporte un certificado de estar en posesión de distintivo oficialmente reconocido o, en su defecto, justificación documental firmada (por persona física) del control interno de fabricación de los elementos resistentes del forjado (viguetas o placas alveolares), la cual será aportada por el fabricante. El mismo podría incluir estos datos: <ul style="list-style-type: none"> a) Resultados del control interno del hormigón del último mes. b) Resultados del control interno del producto acabado.
	GENÉRICA DEL EDIFICIO	<p>⇒ Según se indicada en la LOE el Director de Obra deberá entregar al Promotor:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proyecto, con la incorporación de las modificaciones debidamente aprobadas. -Acta de Recepción. -Relación identificativa de los agentes que han intervenido en todo el proceso. -Instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y sus instalaciones.

TABLA Nº 1-b

ÁMBITO GENERAL

DEFINICIÓN	Forjados unidireccionales que estén constituidos por elementos prefabricados (viguetas y losas alveolares) realizados con hormigón o hormigón y cerámica (ya sean armados o pretensados), que trabajen esencialmente en una dirección y hayan sido fabricados para tal fin en una instalación industrial fija.
NORMATIVA	Todos los productos utilizados deberán estar legalmente comercializados, cumpliendo en cada caso la legislación aplicable (Instrucción, CTE, normas UNE, marcado CE....).
CONOCIMIENTO TÉCNICO	Todos los técnicos intervinientes en una obra deberán conocer necesariamente las prescripciones normativas sobre estos forjados y tenerlas en cuenta dentro del campo de sus competencias. La norma presupone que tanto los mencionados técnicos como los operarios que intervengan, deberán tener siempre los conocimientos y experiencia suficiente para la realización de estas obras.
LIMITACIONES HABITUALES A CONSIDERAR:	Tradicionalmente el canto total para forjados unidireccionales se considera que no debe exceder los 50cm. En relación a la luz de cada tramo se utilizan limitaciones de distancias no mayores a 10m para el caso de los forjados realizados con viguetas y no mayores de 20m para los de placas. También se considera como valores a no sobrepasar, que la separación entre ejes de nervios de forjados de viguetas no sea mayor a los 100cm y que la anchura de las placas alveolares no sea mayor a 140cm cuando no se coloque mallazo, ó a 250cm cuando sí se coloque.
ACLARACIONES	<ul style="list-style-type: none"> -La placa alveolar constituye en si misma la parte resistente y aligerante de los forjados. -Los forjados de viguetas necesitan como elemento adicional (con función aligerante o colaborante) a bovedillas para formar una sección en T, junto con la capa de compresión. -Las viguetas autorresistentes son aquellas que realmente son capaces de resistir por si solas, sin sopandas intermedias y sin el hormigón in situ de la obra, la totalidad de los esfuerzos a que deberá estar sometido el forjado del que forman parte.

TABLA Nº 2



PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES

ARMADURAS	PASIVAS	<p>-Como requisito general, deberán cumplir el artículo 32º y 33º de la EHE-08 y cuando sean grupos de barras lo que establece el artículo 69.4.1.2 de la citada Instrucción.</p> <p>-En las viguetas armadas la armadura básica se dispondrá en toda su longitud. La armadura complementaria inferior podrá disponerse sólo en un tramo, quedando el centro de su longitud de forma simétrica al punto medio de la vigueta (59.2.4).</p> <p>-Cuando las barras se coloquen en capas horizontales separadas, las barras de cada capa deberán situarse verticalmente una sobre otra para permitir el paso del hormigón y vibrador.</p> <p>-Según 69.4.1.1, la distancia libre (horizontal y vertical) entre dos barras aisladas consecutivas será igual o superior al mayor de los siguientes valores: a)-El diámetro de la mayor barra; b)-20mm (en viguetas y placas será 15mm); c)-1,25 veces T. máx. del árido.</p>
	ACTIVAS	<p>-Como requisito general, deberán cumplir el artículo 34º y 35º de la EHE-08.</p> <p>-La armadura activa situada en la parte inferior de la vigueta pretensada estará constituida al menos por dos armaduras dispuestas en el mismo plano horizontal y en posición simétrica respecto al eje vertical medio de la citada vigueta (artº. 59.2.4).</p> <p>-La distancia libre, tanto horizontal como vertical, entre dos armaduras activas pretesas será igual o superior al mayor de los valores siguientes (artº. 70.2.2.3):</p> <p>a)-10mm para la separación vertical y 20mm para la separación horizontal (salvo en viguetas y losas alveolares pretensadas donde se tomarán 15mm).</p> <p>b)-El diámetro de la mayor barra</p> <p>c)-1,25 veces el tamaño máx. del árido para sep. horizontal; 0,8 veces para sep. vertical.</p> <p>-En las placas alveolares pretensadas la distancia entre armaduras será menor que 400mm y que dos veces el canto de la pieza.</p>
HORMIGÓN	DE ELEMENTOS PREFABRICADOS	<p>-El hormigón cumplirá las condiciones generales de composición y calidad especificadas en el artículo 31º de la EHE-08 y su tipificación según el artículo 39.2 de esta Instrucción (según la <i>mal llamada "matricula del hormigón"</i>).</p>
	IN SITU, VERTIDO EN OBRA	<p>-El hormigón vertido en obra (tanto de la capa de compresión como de relleno de nervios) cumplirá las condiciones especificadas en el artículo 71.5 de la EHE-08 y su tipificación según el 39.2 de esta Instrucción (<i>T-R / C / TM / A</i>).</p> <p>-Su resistencia característica será la indicada en proyecto (y no menor a la de la A. de Uso).</p>
BOVEDILLAS	CONDICIONES GENERALES	<p>-La carga a rotura de cualquier pieza deberá ser mayor que 1,0kN.</p> <p>-Las realizadas en cerámica tendrán el valor medio del ensayo de expansión por humedad no mayor a 0,55mm/m y las mediciones individuales de cada una no mayor a 0,65mm/m.</p> <p>-El comportamiento de reacción al fuego de las piezas que queden expuestas al exterior cumplirá con la clase indicada en el CTE (para edificios según apartado 4 del DB-SI).</p>
	PIEZAS ALIGERANTES	<p>-Son aquellas que no forman parte de la sección resistente del forjado.</p> <p>-Pueden ser de hormigón, hormigón aligerado, cerámica, poliestireno expandido y otros.</p>
	PIEZAS COLABORANTES	<p>-Son aquellas que son consideradas como parte de la sección resistente del forjado.</p> <p>-Pueden ser de cerámica, hormigón u otro material resistente.</p> <p>-Su resistencia a compresión no será menor que la resistencia de proyecto del hormigón vertido en obra con que se ejecute el forjado.</p>

TABLA Nº 3





RECUBRIMIENTO Y DURABILIDAD: CONCEPTOS

RECUBRIMIENTOS	CONDICIONES GENERALES	<p>-El recubrimiento es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie de hormigón más cercana.</p> <p>-Para un correcto hormigonado, el recubrimiento de las barras deberá ser igual o superior al diámetro de éstas y a 0,8 veces el T. máximo del árido.</p> <p>-En los elementos prefabricados (viguetas o placas) se podrá considerar también con el espesor adicional de los revestimientos del forjado siempre y cuando sean compactos, impermeables, definitivos, permanentes y estar adheridos directamente al hormigón del elemento; en estos casos el recubrimiento real del hormigón no podrá ser nunca menor que 15mm y el espesor del mortero de revestimiento no mayor a 20mm (ver tabla A.9.6). Suplementariamente podremos aplicar pinturas o resinas para conseguir una protección adicional.</p>
	CLASES DE RECUBRIMIENTOS	<p>-Recubrimiento mínimo: Es el valor que se debe garantizar en cualquier punto de un elemento estructural y que es objeto de control, según artº 95º.</p> <p>-Recubrimiento nominal: Es el valor que debe reflejarse en los planos y que servirá para definir los separadores.</p> <p>-Margen de recubrimiento: Distancia suplementaria en función del nivel del control de ejecución, y cuyo valor podrá ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> •0mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución •5mm en elementos ejecutados in situ con nivel intenso de ctl. de ejecución •10 mm en el resto de los casos
	SEPARADORES	<p>-Deberán haber sido diseñados específicamente para este fin, no debiendo utilizarse maderas, ladrillos y materiales residuales de la construcción.</p> <p>-Serán impermeables, resistentes y no alterables por corrosión o alcalinidad.</p> <p>-La distancia entre separadores será menor a 50 veces el diámetro ó 1m para armaduras en cara inferior y ≤ 50 veces el diámetro ó 1m para cara superior.</p>
DURABILIDAD	GENERALIDADES	<p>-La durabilidad del hormigón es la capacidad de comportarse de forma satisfactoria frente a las acciones físicas o químicas agresivas y proteger adecuadamente las armaduras durante la vida de servicio de la estructura.</p> <p>-Para conseguirse en un forjado, debe haber una estrategia que considere todos los factores de degradación a nivel de proyecto, ejecución y uso.</p>
	ABERTURA DE FISURA	<p>La limitación de la abertura permite la minimización de los procesos involucrados en la corrosión. Los valores máximos dependerán de la clase de exposición ambiental en que se encuentre cada elemento de una estructura.</p>
	MEDIDAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN	<p>Algunos ejemplos son: Protección catódica de armaduras, inhibidores de corrosión, galvanizado de armados y aplicación de revestimientos especiales.</p>
	REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN	<p>Deberán estudiarse el contenido en cemento, la relación agua/cemento, el contenido de aire ocluido y la resistencia a otros agentes y productos.</p>

TABLA Nº 4





RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS SEGÚN CLASES EXPOSICIÓN

Clase de exposición	Tipo de hormigón	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (t _r)	
				50 años	100 años
I	<i>Todos</i>	Cualquier tipo	$f_{ck} \geq 25$	15mm	25mm
Ila	<i>Todos</i>	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	15mm 10mm	25mm 20mm
	<i>Todos</i>	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	20mm 15mm	30mm 25mm
Ilb	<i>Todos</i>	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	20mm 15mm	30mm 25mm
	<i>Todos</i>	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	25mm 20mm	35mm 30mm
Illa	<i>Armado</i>	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce (> al 6%) o de cenizas volantes (> al 20%)	Cualquiera	25mm	30mm
		Resto de cementos utilizables	Cualquiera	45mm	65mm
	<i>Pretensado</i>	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6% Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26°	Cualquiera Cualquiera	30mm 65mm	35mm (0)
IIlb	<i>Armado</i>	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce (> al 6%) o de cenizas volantes (> al 20%)	Cualquiera	30mm	35mm
		Resto de cementos utilizables	Cualquiera	40mm	(0)
	<i>Pretensado</i>	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6% Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26°	Cualquiera Cualquiera	35mm 45mm	40mm (0)
IIlc	<i>Armado</i>	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce (> al 6%) o de cenizas volantes (> al 20%)	Cualquiera	35mm	40mm
		Resto de cementos utilizables	Cualquiera	(0)	(0)
	<i>Pretensado</i>	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6% Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26°	Cualquiera Cualquiera	40mm (0)	45mm (0)
IV	<i>Armado</i>	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce (> al 6%) o de cenizas volantes (> al 20%)	Cualquiera	35mm	40mm
		Resto de cementos utilizables	Cualquiera	(0)	(0)
	<i>Pretensado</i>	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6% Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26°	Cualquiera Cualquiera	40mm (0)	45mm (0)
H	<i>Todos</i>	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	25mm 15mm	50mm 25mm
		Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	20mm 10mm	35mm 20mm
	<i>Todos</i>	CEM II/A-D	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	25mm 15mm	50mm 35mm
F	<i>Todos</i>	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	40mm 20mm	75mm 40mm
		Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	20mm 10mm	40mm 20mm
	<i>Todos</i>	Cualquier tipo	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	40mm 20mm	80mm 35mm
E (1)	<i>Todos</i>	Cualquier tipo	$25 \leq f_{ck} < 40$ $f_{ck} \geq 40$	40mm 20mm	80mm 35mm
Qa	<i>Todos</i>	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	Cualquiera	40mm	55mm
	<i>Todos</i>	Resto de cementos utilizables	Cualquiera	(3)	(3)
Qb , Qc	<i>Todos</i>	Cualquier tipo	Cualquiera	(2)	(2)

- (0) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejable desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo n° 9, a partir de las características del hormigón prescrito en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto.
- (1) Estos valores corresponden a condiciones moderadamente duras de abrasión. En el caso de que se prevea una fuerte abrasión, será necesario realizar un estudio detallado.
- (2) El Autor del proyecto deberá fijar estos valores de recubrimiento mínimo y, en su caso, medidas adicionales, al objeto de que se garantice adecuadamente la protección del hormigón y de las armaduras frente a la agresión química concreta de que se trate.
- (3) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos

TABLA N°5



CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y CONDICIONES DE ARMADO EN LOS FORJADOS UNIDIRECCIONALES

CONDICIONES GEOMÉTRICAS	SECCIÓN TRANSVERSAL	<p>*El espesor mínimo de la capa de compresión (excepto en los forjados con placas alveolares pretensadas en los que pueda prescindirse de ésta), será de :</p> <ul style="list-style-type: none"> -40mm sobre las viguetas. -40mm sobre las placas alveolares o sobre bovedillas cerámicas o de hormigón. -50mm sobre bovedillas de otro tipo. -50mm sobre bovedillas en zonas de aceleración sísmica mayor a 0,16g. <p>*El perfil de la bovedilla será tal que, a cualquier distancia “c” de su eje vertical de simetría, el espesor de la capa de compresión no será menor que:</p> <ul style="list-style-type: none"> -c/8 en caso de bovedillas colaborantes. -c/6 en caso de bovedillas aligerantes. <p>*En los forjados de viguetas sin armaduras transversales de conexión, con el hormigón vertido en obra, el perfil de la bovedilla deberá dejar una abertura de senos (a ambos lados de la cara superior de las viguetas) con un ancho mínimo de 30mm.</p> <p>*En las placas alveolares el espesor mínimo de las almas (en ala superior e inferior) deberá ser mayor que los siguientes valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> -20mm. -Resultado de sumar 10mm al tamaño máximo del árido (D). -Raíz cuadrada de 2h (“h” es el canto total de la pieza prefabricada, en mm). <p>*En las placas alveolares el ancho de las juntas entre dos elementos cumplirá:</p> <ul style="list-style-type: none"> -En la parte superior una abertura no menor de 30mm. -Si en el interior de las juntas entre placas se disponen barras, la abertura de éstas a la altura del acero será: “Diámetro de la barra + 20mm” ó “Diámetro de la barra + 2D”.
CONDICIONES DEL ARMADO	ARMADO LONGITUDINAL	<p>*Las viguetas deberán disponer al menos de dos barras como armadura longitudinal inferior, las cuales se colocarán simétricamente respecto al plano medio vertical.</p> <p>*En las placas alveolares será la indicada para ello en la EHE-08.</p>
	ARMADO TRANSVERSAL	<p>*Los forjados pueden realizarse sin armadura transversal si el esfuerzo cortante de agotamiento de sus nervios es igual o mayor al esfuerzo cortante de cálculo. Si no, pueden aumentarse los anchos de dichos nervios o colocarse una armadura de celosía (en viguetas armadas con armadura básica) que cumpla las especificaciones del artº 32 de la EHE-08.</p>
	ARMADO DE REPARTO	<p>*En la capa de compresión se dispondrá un “mallazo” de al menos 4mm de sección [5mm si se tiene en cuenta a efectos de comprobación de los Estados Límites Últimos] y con una separación máxima (longitudinal y transversal) de 35cm; siempre que la cuantía de dicha armadura de reparto sea como mínimo la que se indica a continuación (<i>en tanto por mil</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> -En dirección perpendicular a los nervios: 1,4 (para $f_y=400N/mm^2$) ó 1,1 (para $f_y=500N/mm^2$) -En dirección paralela a los nervios: 0,7 (para $f_y=400N/mm^2$) ó 0,6 (para $f_y=500N/mm^2$)
	ARMADO SUPERIOR	<p>*En los apoyos de los forjados de viguetas, como armadura de momentos negativos, al menos habrá una barra sobre cada una de las viguetas. En caso de colocar más de dos por nervio se distribuirán sobre la línea de apoyo para facilitar que el hormigón rellene bien.</p> <p>*En los apoyos exteriores de los forjados de viguetas, se dispondrá una armadura capaz de resistir un momento flector de al menos igual a la cuarta parte del momento máximo positivo en vano. Esta armadura se extenderá desde la cara exterior del apoyo en una longitud no menor que el décimo de la luz más el ancho del apoyo.</p> <p>*En los forjados de placas alveolares sin capa de compresión se dispondrá, cuando sea necesaria, la armadura superior en los alveolos. Estos alveolos habrán sido preparados eliminado el hormigón de la parte superior y macizándolos después totalmente.</p> <p>*La armadura de negativos se colocará preferentemente por debajo del mallazo. Se podría situar por encima siempre que se garanticen los recubrimientos.</p> <p>*El recubrimiento de cualquier armadura respecto a la cara superior de las bovedillas se considerará en la hipótesis de estar situado en la clase de exposición I.</p>

TABLA Nº 6



MACIZADOS, ENLACES, APOYOS Y CONEXIONES EN FORJADOS DE VIGUETAS

TIPOS DE ENCUENTROS	TIPOS DE APOYOS	<p><i>-Apoyo directo:</i> Los nervios del forjado se enlazan con la cadena de atado de un muro o en una viga de canto netamente superior al forjado.</p> <p><i>-Apoyo indirecto:</i> Los nervios se enlazan con viga plana (jácena, brochal...) que tiene el mismo canto que el forjado.</p>
	TIPOS DE ENLACE	<p><i>-Sencillo:</i> Es aquel que se produce sólo por un lado de la jácena o cadena de atado (son apoyos sin continuidad en el forjado).</p> <p><i>-Doble:</i> Es aquel que se produce por los dos lados de la jácena o cadena de atado (son apoyos con continuidad en el forjado).</p>
	TIPOS DE CONEXIÓN	<p><i>-Por entrega:</i> La vigueta se introduce en la cadena atado de coronación del muro o en una viga, una distancia l_1 (apoyos extremos) ó l_2 (apoyos interiores).</p> <p><i>-Por introducción de la armadura saliente:</i> La armadura principal que conforma la vigueta se introduce en la cadena de atado de coronación del muro o en una viga, una distancia l_1 ó l_2.</p> <p><i>-Por solape:</i> Cuando no existe introducción directa de la armadura saliente o de la propia vigueta, se utiliza armadura auxiliar de enlace (conector) que es la que llega hasta el interior de la cadena de atado o jácena.</p>
	TIPOS DE MACIZADOS	<p><i>-Macizado de cabezas de paño :</i> Deberá haber un mínimo de 10cm entre la primera bovedilla y la cara interna de la viga de apoyo (incluso en muretes de fdos. antihumedad). Este macizado debería tener un mayor ancho en el caso de los “enlaces por solape”.</p> <p><i>-Macizado de encuentros perpendiculares :</i> Deberá macizarse la zona de forjado a la que se acomete perpendicularmente para garantizar la resistencia a compresión de la parte inferior de dicho forjado. Sobre el macizado irá el anclaje del negativo de vigueta que le acomete perpendicularmente.</p> <p><i>-Macizado de encuentros transversales en voladizos :</i> Deberá macizarse al menos el intereje anexo transversal (bovedilla completa) y si fuera preciso el siguiente. El armado de negativos del voladizo tendrá una longitud de anclaje igual o mayor a una de estas condiciones: 1)- La luz del vuelo (contando desde el eje de la viga) o 2)- Dos veces el ancho del intereje del forjado (normalmente 1,40m).</p>
CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS	CONDICIONES DE LOS APOYOS	<p>*Las longitudes de entrega que deben tener las armaduras de las viguetas son éstas:</p> <p><i>-Anclajes = l_1 :</i> exterior ; l_2 : interior ; (entregas de la vigueta o conector en la viga)</p> <p><i>-Solapes = l'_1 :</i> exterior ; l'_2 : interior ; (solape del conector con la vigueta)</p> <p>*Para forjados con viguetas armadas :</p> $\ell_1 = \frac{V_d}{A_s f_{yd}} \cdot \ell_b \leq 100mm \quad \ell_2 = \frac{V_d - \frac{M_d}{0,9d}}{A_s f_{yd}} \cdot \ell_b \leq 50mm$ <p>*Para forjados con viguetas pretensadas</p> $\ell'_1 = \frac{V_d}{p T_{rd}} \leq 100 mm \quad \ell'_2 = \frac{V_d - \frac{M_d}{0,9d}}{p T_{rd}} \leq 60mm \quad \ell_2 = \ell_1 = 100 mm$ <p>⇒ SIENDO :</p> <p>h_0 = espesor mínimo en mm de la capa de compresión sobre las bovedillas. f_{yd} = resistencia del cálculo del acero en N/mm². V_d = esfuerzo cortante máximo de cálculo correspondiente a una vigueta. A_s = área de la armadura de tracción realmente dispuesta. M_d = momento flector negativo del cálculo en apoyos continuos. d = cando útil del forjado. l_b = longitud básica anclaje de las barras de la armadura de M° positivos que entra en el apoyo. p = perímetro de cortante entre vigueta y hormigón de obra. T_{rd} = resistencia del cálculo a rasante</p>
	ALINEACIÓN DE NERVIOS	<p>En los forjados de viguetas se deberá asegurar el enfrentamiento de nervios. Podrá admitirse una desviación “c” menor que la distancia recta entre testas “s” en apoyos interiores, y hasta 5cm en apoyos de voladizos. En su caso, se dispondrán también negativos entre los interejes, o incluso, si el ángulo en el que acometen es mayor a 22° se colocará un armado en cuadrícula sobre toda la zona del apoyo del forjado.</p>

TABLA N° 7



TIPOLOGÍAS DE APOYOS EN FORJADOS DE PLACAS ALVEOLARES

TIPOS DE APOYO	APOYOS DIRECTOS	<p>*Es el realizado mediante el descanso físico de las placas alveolares sobre las jácenas o muros que la sustentan, sin la necesidad de colocación de armaduras de conexión. Estas jácenas pueden tener forma rectangular o de T invertida.</p> <p>-La entrega l_1 mínima nominal será de 40mm, valor sobre el que se admite una tolerancia de ± 10mm, de modo que la entrega real en obra no sea nunca menor a 30mm.</p> <p>-En los puntos de descanso de cada placa, se colocará entre éstas y el elemento de apoyo que la sustenta, una capa de mortero fresco ($>1,5$mm de espesor) o una banda de tipo elastomérica.</p>
	APOYOS INDIRECTOS	<p>*El encuentro de las placas alveolares con las jácenas o muros que la sustentan se realiza mediante la colocación de armaduras de conexión. Existen dos casos:</p> <p>-<i>Sin apuntalado de la placa alveolar</i> : La entrega l_1 mínima nominal será de 40mm, valor sobre el que se admite una tolerancia de ± 10mm, de modo que la entrega real en obra no sea menor a 30mm.</p> <p>-<i>Con apuntalado de la placa alveolar</i> : En esta situación, la longitud de la placa finaliza antes de llegar a la jácena o muro. Este tipo de apoyo necesita una comprobación específica.</p> <p>-En ambas situaciones deberá realizarse un macizado total de las juntas entre placas y disponer la armadura pasiva de conexión necesaria, en sentido longitudinal. Si ha lugar, se macizarán también los alveolos en la longitud precisa.</p>

TABLA N° 8

REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS AUXILIARES DE EJECUCIÓN

TRANSPORTE	Se seguirán las instrucciones dada por cada fabricante para la manipulación, a mano o por medios mecánicos, de las viguetas o placas alveolares. Si alguna resultase dañada afectando a su capacidad portante deberá desecharse.
ACOPIOS	Tanto las viguetas como las placas alveolares se apilarán sobre durmientes que coincidan sobre la vertical. Salvo la indicación expresa en contra de otro valor por parte del fabricante, los vuelos –desde dichos apoyos– no serán mayores a 0,50m y la altura de las pilas de acopio tendrán un máximo de 1,50m.
APUNTALADO	<p>-Se dispondrán durmientes de apoyo bajo los puntales.</p> <p>-Los puntales se arriostarán en las dos direcciones.</p> <p>-El apuntalado estará nivelado con los apoyos.</p> <p>-Se realizará un estudio detallado de los apuntalados cuando el p. propio del forjado sea mayor que 5kN/m^2 o la altura de los puntales sea mayor a 3,5m. Éste figurará en proyecto.</p>
COLOCACIÓN	Una vez niveladas las sopandas, se procederá a la colocación de las viguetas con el interjeze indicado en planos, mediante la colocación de bovedillas en la zona de cabeza de paños de forjado. Posteriormente, se ajustarán los puntales y se colocarán el resto de las bovedillas.
DESENCOFRADO Y DESAPUNTALADO	<p>-No se realizará hasta que alcanzar la resistencia necesaria y sin deformaciones excesivas.</p> <p>-Con la utilización de procedimientos de curado acelerado se podría disminuir los periodos recomendados en la Instrucción de hormigón, dentro de la tabla 74.</p> <p>-En caso de que el constructor quisiera disminuir los plazos que se indican en la norma, deberá redactar un plan de desapuntalado acorde con los medios materiales disponibles, suficientemente documentado y estableciendo los medios de control y de seguridad apropiados. En su caso, éste deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa.</p> <p>-El orden de retirada de los puntales será desde el centro del vano hacia los extremos, y en caso de voladizos, desde el extremo hasta el arranque. No se entresacarán y retirarán puntales sin la autorización previa de la Dirección Facultativa.</p> <p>-No se desapuntalará de forma súbita y se adoptarán precauciones para impedir el impacto de las sopandas y puntales sobre el forjado.</p>

TABLA N° 9



CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS PASIVAS

GENERALES		<p>-En elementos sometidos a flexión, las barras que se doblen deberán ir envueltas en estribos o cercos en la zona del codo.</p> <p>-Los estribos de vigas se sujetarán a las armaduras principales mediante atado (ya sea con puntos de soldadura o con alambre de atar).</p> <p>-Debe evitarse el empleo simultáneo de aceros con diferente designación, salvo en aquellos casos en los que no sea posible la confusión entre éstos.</p> <p>-Cuando se sitúen en varias capas se alinearán verticalmente una barra sobre otra.</p>
DE SUPERFICIE		<p>-Se colocarán exentas de pintura, grasa o cualquier otra sustancia nociva.</p> <p>-No presentarán un nivel de óxido que pueda afectar al nivel de adherencia [$<1\%$ del peso de la barra y que se cumpla con las condiciones del artº 32.2 de la EHE-08 (adherencia, condiciones mecánicas mínimas garantizadas y ausencia de fisuras en los ensayos)].</p>
ELABORACIÓN Y DISPOSICIÓN	DISTANCIAS Y GRUPOS DE BARRAS	<p>-La distancia libre entre barras aisladas será mayor que uno de estos valores:</p> <p>a)- 2cm</p> <p>b)- El \varnothing de la mayor</p> <p>c)- 1,25 veces el tamaño máximo del árido.</p> <p>-Los grupos de barras estarán formados por 2 ó 3 barras [\varnothing equiv. $<50\text{mm}$]. En piezas comprimidas y hormigonadas en posición vertical, hasta 4 barras [\varnothing equiv. $<70\text{mm}$].</p>
	CORTE	Con cizallas manuales o máquinas automáticas de corte.
	DOBLADO	<p>-Se realizará en frío, con máquinas dobladoras (manuales o automáticas).</p> <p>-No se admitirá el enderezamiento de codos. Si es imprescindible deberá comprobarse que no se producen fisuras.</p> <p>-El doblado no debería efectuarse en obra con una temperatura ambiente inferior a 5°C.</p> <p>-Los diámetros de doblado deberían ser inferiores a 10 veces del diámetro de la barra.</p> <p>-En estribos el radio de doblado será: $r=30\text{mm}$ ó $r=4\varnothing$ (para $\varnothing < 20\text{mm}$) y $r=7\varnothing$ (para $\varnothing \geq 20\text{mm}$); teniendo una longitud de anclaje en cierres por patilla igual a $6\varnothing$ (para barras de $\varnothing \leq 12\text{mm}$) y patilla igual a $12\varnothing$ (para barras $> \varnothing 12\text{mm}$ y $\varnothing \leq 25\text{mm}$).</p>
	ATADO	<p>Con independencia de que el atado se realice con alambre de atar o por soldadura se cumplirá:</p> <p>* <i>Losas y placas</i>: Se atarán siempre todos los cruces de barras situadas en el perímetro. Cuando las barras de la armadura principal sea $\varnothing \leq 12\text{mm}$ se atarán los cruces interiores alternadamente en dirección X e Y –tresbolillo-. En el caso de que $\varnothing \geq 12\text{mm}$ se podrán distanciar como máximo hasta $50\varnothing$, alternándose también en X e Y.</p> <p>* <i>Vigas</i>: Las armaduras principales de las esquinas deben atarse en cada cruce con los estribos. El resto de armaduras principales se atará como máximo cada 50 veces su diámetro. Los estribos múltiples formados por estribos simples deben atarse entre sí coincidiendo con cada rama vertical (arriba y abajo).</p>
	SIMPLIFICACIÓN	<p>-Debe procurarse que la longitud total de corte de las barras sea múltiplo de 5.</p> <p>-Es conveniente unificar las longitudes de barras pertenecientes a elementos semejantes que vayan a montarse en el mismo periodo, cuando difieran menos de 20cm.</p>
	TOLERANCIAS	<p>-Se aplicarán a las cotas indicadas en los planos.</p> <p>-Los solapes deben figurar en los planos con definición de longitud y posición.</p> <p>-Longitudinales de corte: Para $L \leq 6\text{m}$ = -20mm y +50mm, y para $L > 6\text{m}$ = -30mm y +50mm.</p>

TABLA Nº 10





ELABORACIÓN Y SUMINISTRO DEL HORMIGÓN															
DOSIFICACIÓN	Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
			I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
MÍNIMO CONTENIDO CEMENTO (Kg/m ³)	Masa		200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armado		250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	320	325	300
MÁXIMO CONTENIDO EN CEMENTO	-Será 500kg por metro cúbico. En casos excepcionales se podrá superar dicho límite, previa justificación experimental y autorización expresa de la Dirección Facultativa														
MÁXIMA RELACIÓN A/C	Masa		0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armado			0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50						
ÁRIDOS	(en peso)	-Deberá componerse de al menos 2 fracciones granulométricas para tamaño máx. de árido 20mm y de 3 para tamaños máx. superiores, con tolerancia de peso: ±3%													
AGUA	(en peso o volumen)	-Además del añadida directamente (tolerancia ±1%) se tendrá en cuenta la humedad de los áridos, los restos de la amasadora y el que aporten los aditivos. -Cumplirá los límites del artículo 27º de la EHE-08 (en relación a su composición).													
AMASADO, TRANSPORTE Y RECEPCIÓN	Amasado	-Se realizará en amasadora fija, móvil o por combinación de ambas.													
	Transporte	-El tiempo desde el inicio del amasado a la colocación del hormigón debe ser inferior a una hora y media (incluso de menor duración en caso de tiempo caluroso), manteniéndose siempre la velocidad de agitación. -No se transportará más de 2/3 (67%) del volumen del tambor cuando se amase durante el transporte o de un 80% cuando se amase totalmente en central. -El camión hormigonera dispondrá de una placa metálica indicando el volumen total del tambor, su capacidad máxima en términos de hormigón amasado, velocidad máxima de rotación y velocidad mínima de rotación.													
	Designación y entrega	-El hormigón podrá designarse por propiedades o dosificación indicando sus componentes, tipificación y características. Deberá aportarse todos los datos que se le exige cumplimentar a la hoja de suministro (según artº 2.4 del Anejo 21).													
	Recepción	-Deberá llevarse control documental de las amasadas (ver las hojas de suministro) -Queda totalmente prohibida la adición de cualquier cantidad de agua. -En caso de que la docilidad sea menor a la especificada, se podrá adicionar un aditivo plastificante mediante un sistema de dosificador específico del camión hormigonera. El tiempo de reamasado será al menos de 1min/m ³ o a 5 minutos).													

TABLA Nº 11

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES	
ACERO	-Cuando se disponga de marcado CE, se comprobará mediante verificación documental de los valores declarados. En caso contrario, mediante un distintivo de calidad o con ensayos. -En la conformidad del acero se incluirá la verificación de las condiciones geométricas, mecánicas y de adherencia. -El constructor archivará y facilitará a la D.F. un certificado del suministrador (firmado por persona física) que exprese el cumplimiento de todas las armaduras suministradas a obra.
HORMIGÓN	Existen tres modalidades para llevarlo a cabo: Control estadístico (artº 86.5.4), Control al 100 por 100 (artº 86.5.5) y Control indirecto (artº 86.5.6). -En el control estadístico se formarán lotes que no serán superiores a la tabla 86.5.4.1. -Para los criterios de aceptación o rechazo de la resistencia del hormigón se establecen 3 diferentes casos en función de la casuística y la posesión o no de distintivos de calidad. -Se establecen fórmulas estadísticas de identificación y recepción según tabla 86.5.4.3.a.
OTROS COMPONENTES	Según lo indicado específicamente en el articulado correspondiente de la norma.

TABLA Nº 12



PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

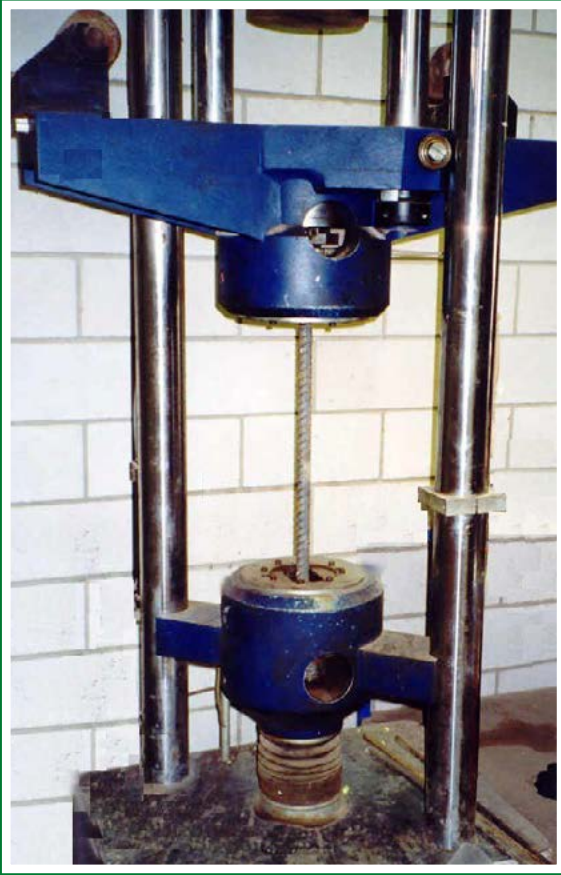
ANTES DEL HORMIGONADO	<p>-Antes de hormigonar se comprobará que no existen elementos extraños, como barro, trozos de madera etc. y se regará para hacer una limpieza general del forjado (operación anterior e independiente de la humectación previa que se realice al colocar el hormigón).</p> <p>-Antes de hormigonar se humedecerá abundantemente todo el forjado, especialmente las bovedillas (sobre todo si son cerámicas); quedando así todas las superficies existentes sin la presencia de polvo, suciedad y elementos extraños.</p>
COLOCACIÓN	<p>-No se tolerará la colocación de masas disgregadas o que acusen principio de fraguado.</p> <p>-No se efectuará el hormigonado hasta tener la conformidad de la Dirección Facultativa.</p> <p>-El espesor de tongadas será el necesario para asegurar una buena distribución y vibrado.</p> <p>-Altura de caída libre inferior a ≈2m.</p>
COMPACTACIÓN	<p>-El hormigonado de los nervios y de la capa de compresión se hará de forma simultánea.</p> <p>-El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie y deje de salir aire. No se admitirá el revibrado salvo aprobación específica de la D.F.</p> <p>-Se adecuará el tipo de compactación al tipo de consistencia:</p> <p>Consistencia Seca → Vibrado energético</p> <p>Consistencia Plástica → Vibrado normal</p> <p>Consistencia Blanca → Vibrado normal o picado con barra</p> <p>Consistencia Fluida → Picado con barra</p>
JUNTAS DE HORMIGONADO	<p>-Deberán estar previstas, en general, en el proyecto; y si no, aprobadas por la D.F.</p> <p>-Se situarán en dirección perpendicular a las tensiones de compresión y alejadas de zonas muy traccionadas, dándole la forma más adecuadas para una buena unión.</p> <p>-Se examinarán por la Dirección Facultativa antes de realizar la segunda fase, retirándose la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto y limpiando toda la junta.</p>
HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO	<p>-La temperatura de la masa de hormigón en el momento de verterla no será inferior a 5°C.</p> <p>-La temperatura de armaduras y moldes no será inferior a 0°C.</p> <p>-Podrán adoptarse en la dosificación de los hormigones: mayores contenidos de cemento, relaciones agua/cemento lo más bajas posible y/o utilizar cementos de mayor categoría resistente.</p> <p>-Se suspenderá el hormigonado cuando se prevean temperaturas inferiores a 0°C dentro de las 48 horas siguientes; pudiéndose utilizar aditivos anticongelantes si existe la autorización expresa de la Dirección Facultativa.</p> <p>-Con riesgos de heladas se protegerá al hormigón (mediante cobertura o aislamiento)</p>
HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO	<p>-Se evitará la desecación del hormigón colocado en obra por efecto del sol y del viento.</p> <p>-Si la temperatura ambiente es mayor a 40°C o hay viento excesivo se suspenderá el hormigonado, salvo si se adoptan medidas especiales autorizadas expresamente por D.F.</p>
CURADO	<p>-Podrá realizarse mediante riego directo que no produzca deslavado, mediante recubrimientos plásticos, materiales humedecidos (arpilleras, arena...) o productos de curado (filmógenos) que no contengan sustancias nocivas para el hormigón.</p>
ACABADO DE SUPERFICIES	<p>-Las superficies vistas no presentarán coqueras o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto exterior.</p>

TABLA Nº 13

CONTROL DE EJECUCIÓN

PROGRAMACIÓN	<p>Antes de iniciarse la ejecución, la D.F. deberá aprobar el Programa de Control, que desarrolle el Plan de Control definido en el proyecto. Se incluirá una programación que incluya los niveles y lotes del control de ejecución, con los condicionantes y características expresadas en la Instrucción de Hormigón.</p>
LOTES	<p>Para el control de los forjados se realizarán lotes de ejecución, unidades de inspección y frecuencias de comprobación según las tablas 92.4, 92.5, 92.6 de la EHE-08, respectivam.</p>
CONFORMIDAD	<p>-El control de ejecución deberá comprender el control de producción del constructor (con un sistema de seguimiento y registro documental) y un control externo mediante inspecciones periódicas (realizado por la D.F. y en su caso, adicionalmente por E.C.C.'s).</p> <p>-La aceptación general de los elementos deberá estar ligada a la previa aceptación del control de recepción, del control de ejecución en sí y de los ensayos previos y finales.</p>

TABLA Nº 14





SISTEMÁTICA DE VERIFICACIÓN EN UN FORJADO

FASE PREVIA		DOCUMENTACIÓN GENERAL DE OBRA	a-Existencia de certificados de los sistemas y materiales utilizados (procedimientos u otros). b-Plan de control de materiales. Lotificación mínima según norma y adaptada a la obra. c-Clasificación de la planta productora de hormigón (con justif. de los coef. de variación). d-Pedir ensayos de autocontrol a los fabricantes y suministradores (acero, hormigón y sus componentes: cemento, áridos, agua, aditivos y adiciones). Sellos de calidad -en su caso-.	
FASE PREVIA		DOCUMENTOS PROPIOS DEL FORJADO	e-Constatación de que los planos que poseemos son los actualizados y definitivos (fecha, versión, conformación del autor de proyecto;-general de planta, de despieces y viguetero-). f-Existencia de procedimientos especiales de cimbrados, de soldaduras, de conectadores... g-Otros documentos contractuales y de observancia específica durante toda la ejecución.	
FASE PRIMARIA		APUNTALADO Y ENCOFRADO	1-Alturas de planta, replanteo general, situación de huecos, cotas de elementos singulares, longitudes de vuelos y consideración de los espesores de emparchado. 2-Revisión del montaje del andamiaje (distancias, número, concepción general del sistema, colocación de sopandas, contraflechas, apriete de los puntales, estanqueidad encofrados...).	
		CONDICIONES GEOMÉTRICAS	3-Canto total del forjado (alto de elementos prefabricados + espesor capa de compresión). 4-Interjes entre viguetas o anchos de placas alveolares. 5-Abertura de senos entre viguetas y bovedillas. Forma y tipología de las bovedillas 6-Tipos de apoyos, de enlace y de conexión. 7-Existencia de saltos, juntas dilatación, cuelgues y tipo de tablero del encofrado.	
		ARMADO PÓRTICOS	ORDEN DE REVISIÓN	8-Primero se revisarán los pórticos principales -jácenas- de la zona o lote que revisemos. 9-Después los pórticos secundarios -zunchos y brochaes- (perimetrales e interiores).
			MODO DE INSPECCIÓN EN LOS PÓRTICOS	10-Se empezará desde un extremo y en el sentido de representación del despiece en plano. 11-Armadura de negativos (diámetros, longitudes y separación) ; escuadría de la viga en ese vano ; estribado de refuerzo en el primer extremo -si hubiera- (diámetro y separación) ; estribado general del elemento (diámetro y separación) ; armadura de montaje superior (diámetros y entregas) ; armadura de montaje inferior (diámetros y entregas) ; armadura de refuerzo inferior (diámetros y longitudes); estribado de refuerzo en el segundo extremo -si hubiera- (diámetro y separación) ; armadura de negativos (diámetros, longitudes y separación) y se sigue otra vez el procedimiento ciclicamente con el otro vano.
		RESTO DE ARMADOS	12-Negativos de forjado (longitud total, diámetros, separación y distancias a eje). 13-Características del mallazo (diámetro, separación y sentido de orientación de cuadrícula). 14-Armadura de macizados, de zonas especiales, voladizos, losas de escalera....	
		OTROS ELEMENTOS	15-Tipos (s/Mº flector) de elementos prefabricados resistentes s/ FCT (viguetas o placas). 16-Eventualmente: placas de anclaje, tirantes, conexiones con otras piezas resistentes...	
FASE SECUNDARIA		ANCLAJE, SOLAPE Y ATADOS	17-Se hará un repaso específico para comprobar los solapes y anclajes de todos los puntos. 18-Calidad de puntos soldaduras (p.ej. en estribos). Forma y distancia del atado de alambre	
		RECUBRIMIENTOS	19-Calidad de los separadores y distancia máxima entre los mismos. 20-La distancia entre armaduras con fondos y tabicas debe ser = a la altura de separadores.	
		ENCUENTROS	21-Comprobación de macizados en encuentros de jácenas con cabezas de viguetas (≥10cm en forjados de viguetas prefabricadas), macizados en encuentros perpendiculares de paños de forjado (no bovedilla rebajada) y macizado de voladizos que acometan transversalmente al sentido de forja del paño anexo (necesario también un armado calculado y situado bien). 22-Colocación de 2 conectores por cada vigueta que su armadura base no llegue a la jácena.	
		LIMPIEZA	23-Verificación de la retirada de cascotes, restos de madera, etiquetas de ferralla y otros. 24-Riego de encofrados, armaduras, placas, viguetas y bovedillas para eliminar suciedad.	
FASE TERCIARIA		HORMIGONADO	25-Tiempos de transporte, proceso de mezcla y cantidad suministrada (nor: 2/3 capac. cuba). 26-Recepción del hormigón. Verificación de las características según EHE-08 y proyecto. 27-Condiciones de vertido, método, altura máxima, secuencias y forma de compactación. 28-Acabado de superficies. Procedimientos según el tiempo (frío, caluroso o lluvioso). 29-Tratamiento de juntas y tiempos de espera en juntas de trabajo.	
			CURADO	30-Método aplicado. Frecuencias y plazos de actuación. Protección de superficies.
		DESENCOFRADO	31-Comprobación de los plazos. Número de plantas apuntaladas. Sistemática de "clareo". 32-Control de las sobrecargas de construcción. Resultados de la resistencia del hormigón.	
		ASPECTO FINAL	33-Verificación de posibles coqueras, lavados, manchas, fisuras, heterogeneidades, etc...	
			34-Dimensiones finales. Tolerancias. Reparación de defectos (en su caso).	

TABLA Nº 15

Esta tabla no desarrolla un articulado concreto, pero sí recoge los aspectos exigibles por las Instrucciones para llevar a cabo una verificación de la ejecución suficientemente precisa. Está basada en la experiencia personal del autor y en el procedimiento que el mismo ha utilizado para la sistemática de aprendizaje y formación de distintos técnicos de control de obra.



PLANTILLA-GUÍA DE SUPERVISIÓN DE LA EJECUCIÓN DE FORJADOS								
Obra :	Planta forjado :							
1	CIMBRADOS Y ENCOFRADOS					B	M	R
1.1	Separación de puntales. Arriostramientos							
1.2	Colocación de sopandas. Tipología del sistema de cimbrado							
1.3	Número de plantas cimbradas consecutivamente							
1.4	Bases, apoyos y durmientes							
1.5	Limpieza y estanqueidad. Riego previo							
2	ACOPIOS Y ALMACENAJE					B	M	R
2.1	Limpieza y delimitación zona de acopio. Recepción general							
2.2	Alturas, soportes de apoyos y forma de almacenaje							
3	PAÑOS DE FORJADO					B	M	R
3.1	Identificación del forjado. Condiciones dimensionales							
3.2	Fabricante. Autorización de uso							
3.3	Tipos de viguetas o características del nervio							
3.4	Tipo de la pieza de entrevigado (bovedillas)							
3.5	Macizados y alineaciones							
3.6	Enlaces, conexiones y apoyos entre jácenas y viguetas							
4	FERRALLA					B	M	R
4.1	Tipo de acero. Diámetros. Limpieza							
4.2	Disposiciones, longitudes y separaciones							
4.3	Colocación y escuadrías de los elementos							
4.4	Anclajes y solapes							
4.5	Armadura de reparto (mallazo)							
4.6	Recubrimientos (en general y de elementos prefabricados)							
4.7	Existencia de separadores. Colocación, tipos y distancias							
4.8	Esperas para losas de escaleras y otros elementos							
5	ENCUENTROS ESPECIALES					B	M	R
5.1	Armaduras de conexión. Cotejo de la solución planteada							
5.2	Tratamiento superficial; juntas estanqueidad y constructivas							
6	HORMIGONADO					B	M	R
6.1	Hormigón. Fabricación (obra o central)							
6.2	Hormigón. Designación y tipo							
6.3	Cantidad suministrada de hormigón. Capacidad de la cuba							
6.4	Transporte y amasado							
6.5	Aspecto y consistencia							
6.6	Cemento: marca, tipo y resistencia							
6.7	Relación agua/cemento. Aditivos y adiciones							
6.8	Vertido, compactación y puesta en obra							
6.9	Capa de compresión, espesor, regleado y rastreado							
6.10	Juntas constructivas y juntas de dilatación estructural							
6.11	Condiciones climatológicas (frío, calor o lluvia)							
7	DESENCOFRADO, DESCIMBRADO Y CURADO					B	M	R
7.1	Edad del hormigón. Sistemática de curado							
7.2	Temperatura media últimos días							
7.3	Número de plantas cimbradas consecutivamente							
8	ELEMENTOS TERMINADOS					B	M	R
8.1	Dimensiones finales y tolerancias							
8.2	Aspecto general y color							
8.3	Coqueras y lavados							
8.4	Fisuras y descantillados. Deformaciones y alabeos							

TABLA Nº 16

Esta tabla tiene la misión de servir de soporte para que el técnico se lleve una fotocopia de la misma a obra cada vez que vaya a revisar un forjado, con el objeto de que no se le olvide comprobar ningún aspecto durante la supervisión (ver también tabla 15 –sistemática de verificación–).

La 3ª columna es para escribir cualquier incidencia apreciada. La 4ª, 5ª y 6ª (de calificación) son para anotar si un aspecto está bien ejecutado "B", mal resuelto "M" o necesita ser rectificado "R"; así, podrá trasladarse más fácilmente el resultado de la inspección al Libro de Órdenes.



CRITERIOS DE "ACEPTACIÓN-RECHAZO" DEL HORMIGÓN DE OBRA

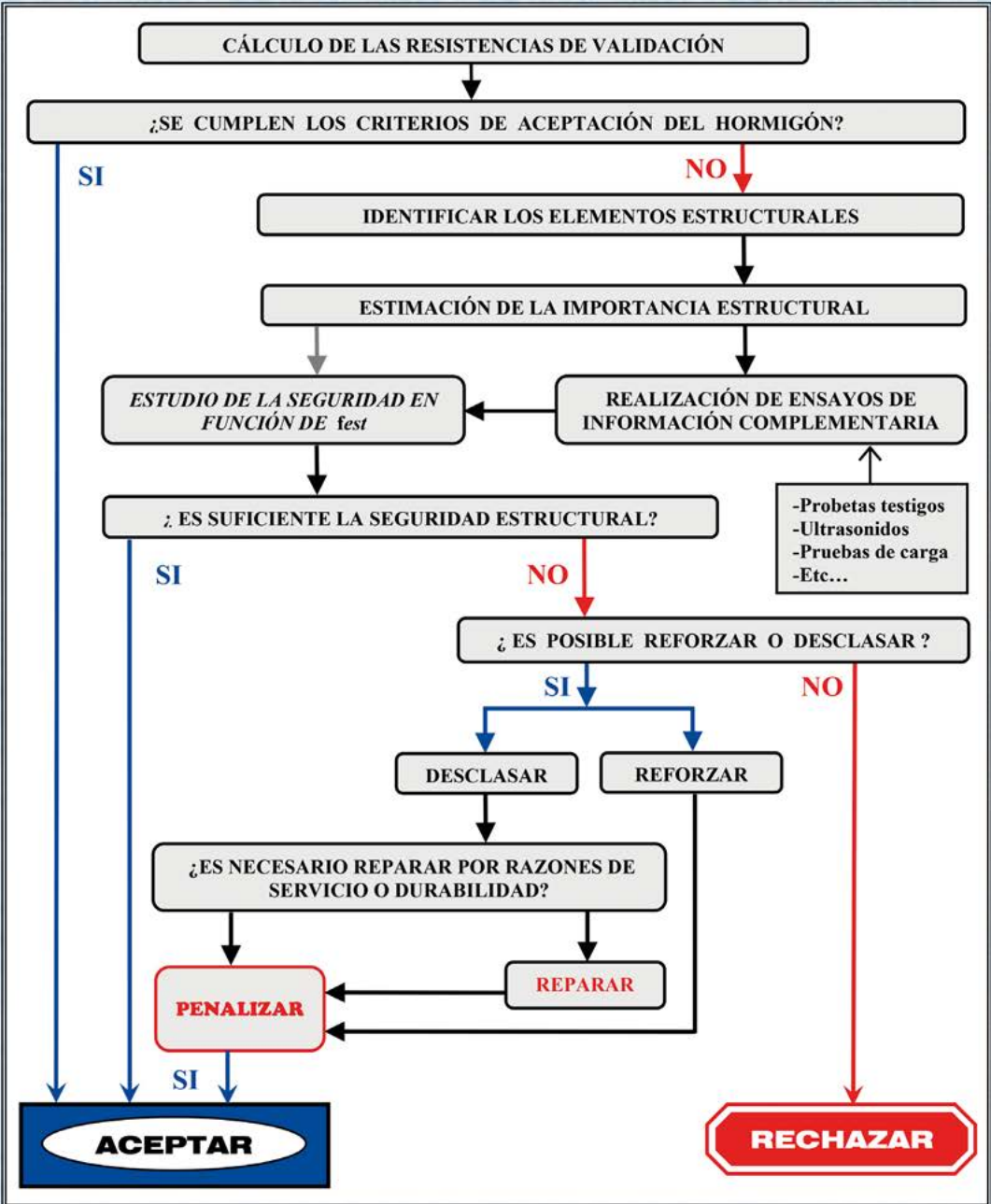


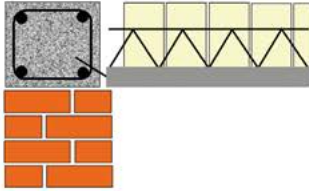
TABLA N° 17

Este gráfico pretende ser una ayuda a los técnicos para que tengan una ruta por la que guiarse en la aceptación o no de los resultados de control de los hormigones. El valor de la rotura de una serie de probetas perteneciente a un forjado (u a otra zona) no debe de ser comparado directamente con el valor de proyecto, si no que deberá de hacerse calculando la resistencia de validación de cada uno de los lotes que conforman el elemento según el artículo 86.5.4.3 de la EHE-08. Si se quiere profundizar más sobre este aspecto, el autor del presente manual tiene publicados distintos artículos sobre la forma de entender los resultados y la manera práctica de llevarlo a cabo en las obras.



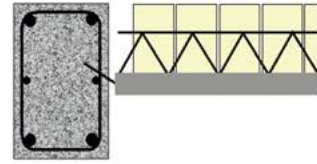
DIBUJOS : APOYOS, ENLACES Y CONEXIONES

FORJADOS DE VIGUETAS

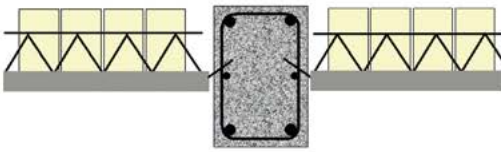


Apoyo directo sencillo sobre murete por introducción de la armadura saliente

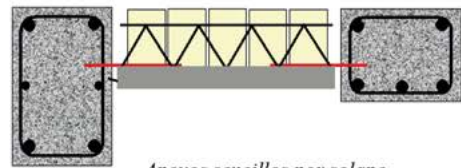
NOTA: En la cabeza de los paños deberá dejarse un macizado de al menos 10cm entre la bovedilla ciega y el apoyo (jácena o muro -incluido el caso de los forjados anhidruedad-) => Ver dibujos de la EHE-08



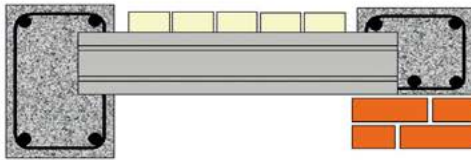
Apoyo directo sencillo sobre jácena por introducción de la armadura saliente



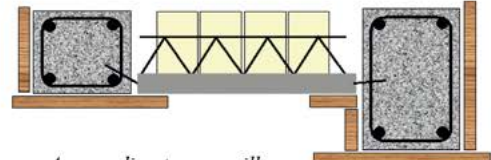
Apoyo directo doble sobre jácena por introducción de la armadura saliente



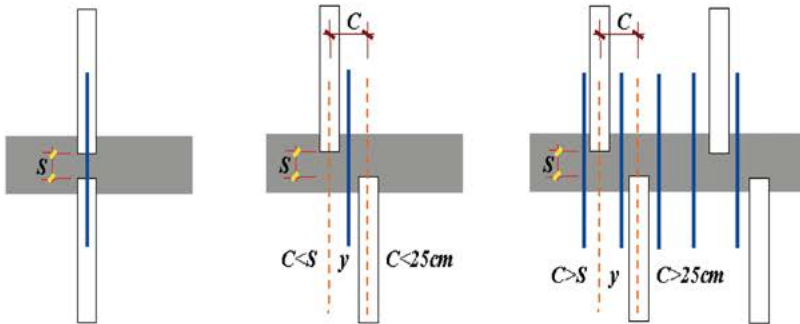
Apoyos sencillos por solape (directo -caso izquierdo- e indirecto -caso derecho-)



Apoyos directos, sencillos y por entrega

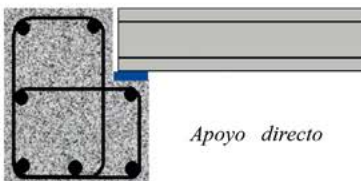


Apoyos directos, sencillos y por introducción de la armadura saliente

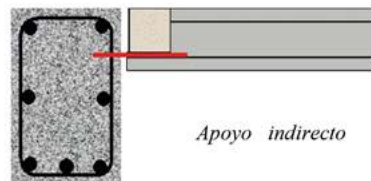


Enfrentamiento de nervios : centrado , desviado moderado y desviado aleatorio

FORJADOS DE PLACAS ALVEOLARES



Apoyo directo



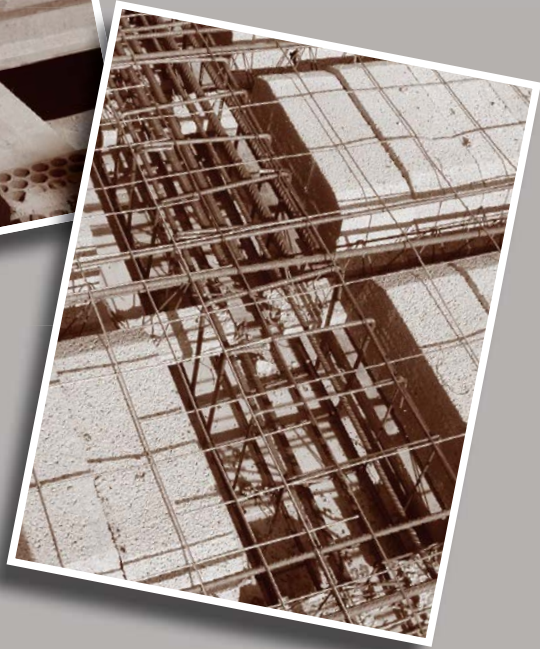
Apoyo indirecto



ISBN: 978-84-15933-22-9



9 788415 933229



 **pasionporloslibros**

www.pasionporloslibros.es