

2.1.- DEFINICIÓN Y GEOMETRÍA

La ALVEOPLACA, comúnmente conocida como placa alveolar, técnicamente se comporta como una losa alveolar pretensada. Es un elemento superficial plano de hormigón pretensado, con canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales. La ALVEOPLACA es una placa alveolar pretensada, fabricada en las más modernas factorías, utilizando medios y técnicas específicos, bajo rigurosos controles de fabricación, que le confieren el nivel de calidad exigido por AIDEPLA. La figura 2.1.1 recoge algunas de las formas en que puede presentarse. En la figura 2.1.2 se representa la sección de una ALVEOPLACA, en la que se especifica la nomenclatura técnica de sus diferentes partes así como algunos de los distintos tipos de alveolos que pueden presentar.

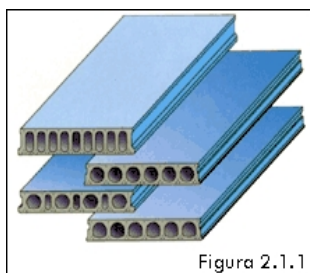


Figura 2.1.1

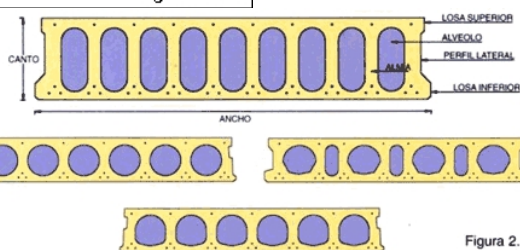


Figura 2.1.2.

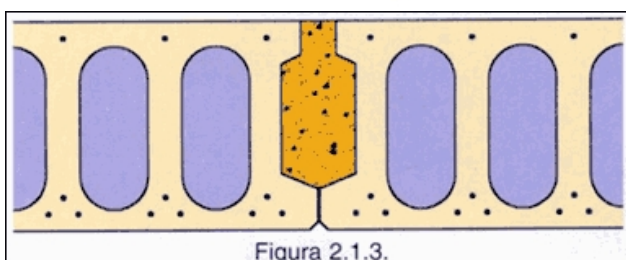
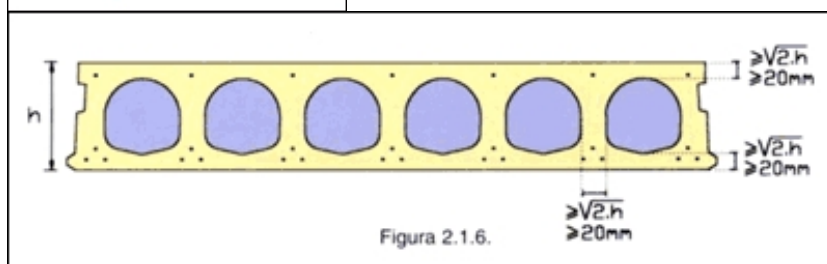
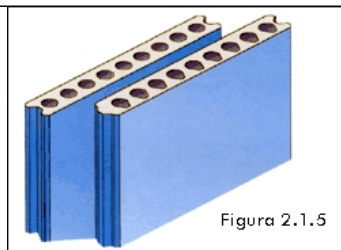
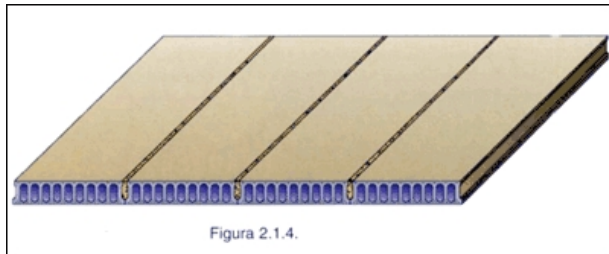


Figura 2.1.3.

Cuando la junta deba contener una armadura longitudinal, la anchura de su abertura superior no será menor de 30 mm. Además, la anchura de la junta permitirá que, entre cualquier punto de la superficie lateral de una armadura y el paramento más próximo, quede una distancia no

inferior al diámetro de la barra que constituya dicha armadura, ni a 20 mm, ni al 0,80 del tamaño máximo del árido. Todo ello con objeto de facilitar el correcto hormigonado de la junta (EHE apartado 37.2.4). Si la ALVEOPLACA va a destinarse a formar paños verticales, los perfiles de las mismas serán machihembrados, como se aprecia en la figura 2.1.5.



El espesor mínimo, en milímetros, de las almas y de las losas (o alas) superior e inferior, de una ALVEOPLACA de canto total igual a h mm (figura 2.1.6), no es menor del valor (EFHE artículo 17) ni de 20 mm, ni del tamaño máximo del árido más 10 mm.

A pesar de que el campo de aplicación de la Instrucción EFHE se limita a losas alveolares pretensadas de canto 50cm, el diseño industrial de las placas alveolares con cantos entre 50 cm y 80 cm se ha realizado, con resultados muy satisfactorios, respetando los criterios establecidos por dicha Instrucción. Esta es la razón por la que el Manual hace referencia a la Instrucción EFHE para los cantos anteriormente citados.

En la tabla que se incluye a continuación aparece un ejemplo del espesor de las almas de una ALVEOPLACA, fabricada con un árido de tamaño máximo no superior a 10 mm, cuyos valores no serán inferiores a los que se incluyen en la tabla.

TABLA 1: CANTO TOTAL H mm DE LA ALVEOPLACA

120	200	250	300
20	20	23	25

ESPESOR MÍNIMO EN mm DE LAS ALMAS DE LA ALVEOPLACA

2.2.- MATERIALES

2.2.1.- Hormigón

La ALVEOPLACA se fabrica con hormigones de calidad, muy secos y con las altas resistencias especificadas en su Autorización de Uso, cumpliendo, en todos los aspectos, las condiciones normativas especificadas (EHE artículo 30)

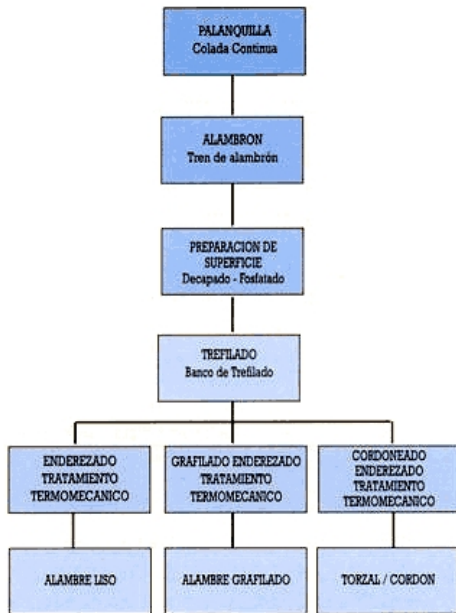


Figura 2.3.1

El proceso de fabricación de la alveoplaca comienza con la colada continua de la palanquilla, seguida por el tren de alambres, la preparación de la superficie (decapado y fosfatado) y el trefilado en banco. Dependiendo del tipo de alambre requerido, se aplican diferentes tratamientos termomecánicos: enderezado para alambre liso, enderezado y grafilado para alambre grafilado, o enderezado y cordoneado para torzal o cordón.

2.3. ARMADURAS

2.3.1.-Armadura activa

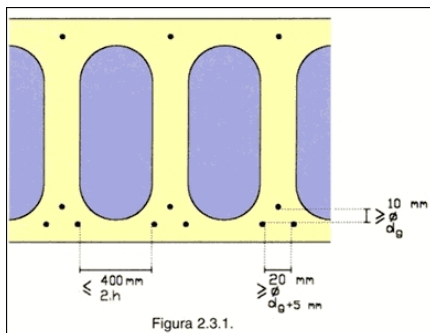


Figura 2.3.1.

La armadura activa de la ALVEOPLACA está formada por alambres y/o cordones, según lo expuesto en el apartado 2.2.2.

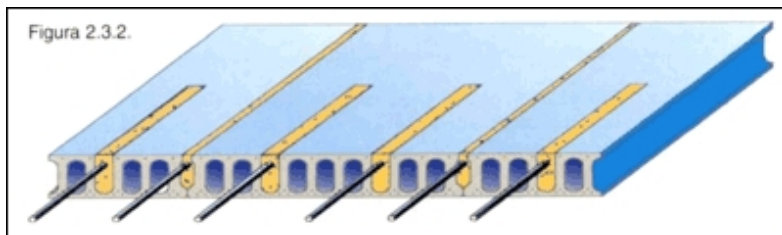
La disposición de armaduras, de acuerdo con la normativa (EFHE apartado 10.2 y EHE apartado 67.3.1 particularizado para elementos prefabricados con control intenso), cumple que: “La distancia libre horizontal” entre armaduras aisladas consecutivas no es inferior al mayor de los siguientes valores: 15 mm, [1,25] d_g mm, ϕ mm y “La distancia libre vertical” análoga no es

menor que el mayor de los siguientes valores: 10 mm, $[0,8] d_g$ mm, φ mm; siendo d_g el tamaño máximo del árido y φ el diámetro de la mayor.

Además la distancia horizontal entre armaduras es menor que 40 cm y que dos veces el canto de la placa (figura 2.3.1). El valor del recubrimiento de las armaduras se determina por razones de Durabilidad, siempre cumpliendo unos mínimos establecidos por razones mecánicas (adherencia y anclaje). Ver el apartado 2.4

2.3.2.- Armadura pasiva

Con carácter general, la ALVEOPLACA no lleva armadura pasiva. La colocación de una armadura pasiva supone siempre un trabajo manual que interrumpe el proceso industrial de su fabricación, lo que conduce a un alto coste de producción. Cuando la armadura pasiva es necesaria, es preferible colocarla en obra, durante la ejecución del forjado, como se expone más adelante.



Excepcionalmente, pueden colocarse armaduras pasivas longitudinales en canales creados rasgando la parte superior de los extremos de los alveolos (figura 2.3.2), con el fin de disponer armaduras de negativos o anclar las placas en sus apoyos. Posteriormente se macizan estos canales con un buen hormigón, que puede tenerse en cuenta en la resistencia.

2.3.3.- Armadura de cortante

El artículo 19 de la Instrucción EFHE dice: "Los forjados pueden realizarse sin armadura transversal si el esfuerzo cortante de agotamiento de sus nervios, calculado en el apartado 14.2, es mayor o igual al esfuerzo cortante de cálculo. Si no es así, pueden aumentarse las dimensiones de los nervios o colocar armadura transversal, de estribos o de celosía, en las zonas que lo requieran".

La ALVEOPLACA posee una gran resistencia a cortante, por lo que, en el procedimiento de fabricación habitual, no se dispone armadura transversal alguna, siendo el espesor de las almas y el esfuerzo de pretensado, proporcionado por la armadura activa, suficientes para resistir el esfuerzo cortante de cálculo. Cuando excepcionalmente sea necesario disponer armadura transversal, esta se coloca en las juntas o en los alveolos abiertos a tal efecto.

2.4.-DURABILIDAD

La ALVEOPLACA es un producto de elevada durabilidad conseguida mediante la alta calidad del hormigón con la que se fabrica, el efecto favorable de las compresiones debidas al pretensado y la correcta disposición de las armaduras cumpliendo con los recubrimientos especificados por la normativa. (EHE artículo 37).

El recubrimiento de las armaduras depende de la "clase de exposición ambiental" en que ha de ser comprobada la ALVEOPLACA. En el Artículo 8.2.2 de la Instrucción EHE se definen las clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras, las más habituales en edificación son:

- Clase I: Interiores de edificios, no sometidos a condensación y elementos de hormigón en masa.
- Clase IIa: Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones, exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm y elementos enterrados o sumergidos.
- Clase IIb: Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600mm.

- Clase IIIa: Elementos de estructuras marinas por encima del nivel de pleamar y elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5km).

Los recubrimientos mínimos de las armaduras activas pretensas se establecen en el artículo 13.3 de la Instrucción EFHE, que observa lo dispuesto en el artículo 37.2.4 de la Instrucción EHE. Los valores correspondientes a las clases más usuales, anteriormente descritas, se incluyen en la tabla 2.4.1.

Para obtener el recubrimiento nominal a establecer en el Proyecto, se aumentarán los valores anteriores en un margen de recubrimiento cuyo valor se indica en la tabla 2.4.2.

CLASE DE EXPOSICIÓN	RECUBRIMIENTO MÍNIMO, EN mm		
	ELEMENTOS PREFABRICADOS F40N/mm ²	ELEMENTOS HORMIGONADOS EN OBRA F40N/mm ²	CLASES
I	15	15	20
IIa	20	20	25
IIb	25	25	30
IIIa	30	25	35

Tabla 2.4.1

MARGEN	
DE	
RECUBRIMIENTO	0 mm
-Elementos prefabricados con control intenso de ejecución	
-Elementos prefabricados pretensados siempre que estén sometidos a un control de recepción a nivel normal.	
-Elementos prefabricados en posesión de un distintivo de calidad reconocido oficialmente.	
-Armadura de reparto en la losa superior de hormigón, sin función específica resistente considerada en el cálculo.	

5 mm	
-Elementos prefabricados pretensados con control de recepción a nivel normal.	
-Elementos in situ y Losas superiores hormigonadas en obra con nivel intenso de control de ejecución	

10 mm	-Resto de casos
-------	-----------------

Tabla 2..4.2

En las ALVEOPLACAS el proyectista podrá contar además del recubrimiento real del hormigón, con el espesor de los revestimientos del forjado que sean compactos e impermeables, tengan carácter de definitivos y permanentes, y estén adheridos directamente al hormigón del elemento, al objeto de cumplir los valores indicados en la tabla anterior que contiene los recubrimientos mínimos.

El recubrimiento mínimo del hormigón NUNCA podrá ser menor que 15 mm, y no se emplearán en ningún caso espesores de enfoscado mayores que 20 mm como revestimiento. La calidad del hormigón es un factor importante en la durabilidad. Hormigones más compactos y más impermeables, en los que la velocidad de carbonatación es más baja, protegen de modo más duradero a las armaduras y, en consecuencia aumentan la durabilidad. Estas cualidades son directamente proporcionales a la cantidad de cemento por m3 e inversamente proporcionales al valor de la relación agua/cemento.

El apartado 37.3.2 de la Instrucción EHE proporciona los valores adecuados de estos parámetros para las distintas clases de exposición. Cuando la constante de carbonatación del hormigón sea inferior a 1,6 mm/año , podrá reducirse en 5 mm el recubrimiento mínimo especificado para las clases generales IIa y IIb, siempre que, además, el hormigón cumpla $f_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ y que la losa alveolar esté en posesión de un distintivo oficialmente reconocido

(EFHE apartado 13.3) Las compresiones debidas al pretensado aumentan la durabilidad en la medida en que pueden evitar la fisuración del hormigón. La tabla siguiente indica los valores del recubrimiento nominal a establecer en el Proyecto de forjados con ALVEOPLACA, para las clases de exposición más habituales en edificación

NOTA: Estos recubrimientos se pueden extrapolar a usos distintos del considerado en la Tabla siempre que se mantengan las condiciones ambientales y se garantice la velocidad de carbonatación considerada.

CLASE DE EXPOSICIÓN

Recubrimiento Nominal, en mm. para el Proyecto de forjados con ALVEOPLACA, con armadura de refuerzo

CLASE DE EXPOSICIÓN	ELEMENTOS PREFABRICADOS		ELEMENTOS HORMIGONADOS EN OBRA	
	F40N/mm ²	F40N/mm ²	F40N/mm ²	F40N/mm ²
I		15	15	20
IIa		20	15	25
IIb		25	20	30
IIIa		30	25	35

2.5.- FABRICACION DE LA ALVEOPLACA

La fabricación de la ALVEOPLACA exige unas importantes instalaciones que están constituidas por:

- Pista de gran longitud, superior a 100 m, en cuyos extremos existen unas fuertes bancadas, firmemente fijadas al terreno, capaces de soportar las enormes fuerzas transmitidas por el gran número de tendones que a ellas se anclan. La superficie de estas pistas puede ser metálica o de otro material adecuado
- Carriles longitudinales sobre las pistas, formando vías sobre las que rodarán las máquinas.
- Máquinas específicas cuyos encofrados dan forma a las placas con sus alveolos. Estas máquinas van provistas de una tolva por la que reciben el hormigón, vibradores, y otros elementos auxiliares.
- Una gran central de hormigonado, totalmente automatizada, con silos para el cemento y los diferentes áridos. Esta central se encarga de la fabricación del hormigón.
- Cintas transportadoras y puentes grúas, que conducen el hormigón hasta donde se encuentre, en cualquier momento, la tolva de cada máquina ponedora, de modo que ésta tenga siempre asegurada su alimentación.
- Bobinas con los diferentes diámetros habitualmente utilizados en armaduras, situadas fuera de pista y en sus extremos.
- Grupos hidráulicos de tesado situados detrás de cada una de las bancadas.
- Carretillas lanzacables que recorren las pistas extendiendo los cables que constituirán la armadura activa de la ALVEOPLACA.
- Grandes discos de corte que cortan las placas a medida, según el pedido.
- Carretillas elevadoras y otros medios mecánicos empleados en la retirada de las placas producidas y en su transporte a patio, donde continúa el curado de las placas y donde se almacenan hasta su envío a obra.

El proceso de fabricación de la ALVEOPLACA es el siguiente:

En primer lugar se comienza por la limpieza de la pista a utilizar sobre la que, a continuación, se extiende un desencofrante para evitar que el hormigón se adhiera a la misma. Luego se toman, de las bobinas, los alambres o cordones adecuados a la armadura que se vaya a utilizar, según el tipo de placa que vaya a fabricarse, y se pasan por las perforaciones de los cabezales que fijan su posición en la pista. Se sujetan, los alambres o cordones, a la carretilla lanzacables, que tira de ellos, extendiéndolos a lo largo de toda la pista hasta la bancada opuesta. Allí, se introducen sus extremos por las correspondientes perforaciones que fijan su posición y se anclan en la cabeza de anclaje pasivo, mediante piezas especiales con cuñas.

Se cortan los alambres y se sujetan al grupo hidráulico (gato) que tira de ellos traccionándolos hasta la tensión prevista (superior a 1.000 N/mm²). A continuación se acuñan en la cabeza de anclaje activo que forma parte de la bancada correspondiente. La bancada desde la que se traccionan las armaduras recibe el nombre de "activa", mientras que la opuesta es la "bancada pasiva", ambas vinculadas a través de la losa de compresión que completa la infraestructura resistente de cada pista de producción.

Una vez que las armaduras se encuentran fuertemente tesadas entre ambas bancadas, se sitúa la máquina ponedora sobre los carriles que flanquean la pista. Al tiempo que la máquina avanza, asegura la posición de la armadura mediante el "guía-hilos" situado en su parte delantera, y va depositando el hormigón con la forma y dimensiones que corresponda a la ALVEOPLACA que se esté fabricando. Este hormigón debe tener una consistencia muy seca, de modo que mantenga la forma y dimensiones recibidas, por lo que debe ser fuertemente vibrado por la máquina para que envuelva perfectamente las armaduras y rellene totalmente los moldes deslizantes.

Terminada esta fase, se cubre la pista con una lona para retener la humedad durante el proceso de endurecimiento y curado a corto plazo, hasta que se recoge cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia requerida para la transferencia del pretensado. (de 10 a 12 h en el caso de pistas calefactadas y de 36 a 48 horas, dependiendo de la temperatura ambiente, de los componentes del hormigón y de su dosificación, si no existe aportación exterior de calor)

A continuación se procede a destesar las armaduras; éstas, al quedar libres, tienden a acortarse, pero su adherencia con el hormigón se lo impide. Al impedir el acortamiento de las armaduras, el hormigón sufre una fuerte compresión. Se produce la transferencia al hormigón de la fuerza que habían recibido las armaduras y el hormigón queda pretensado.

A continuación se procede a cortar las placas según la medida del proyecto utilizando las máquinas cortadoras equipadas con un disco de diamante. Una vez cortadas y marcadas las placas se extraen y se trasladan al patio de acopio y expedición

2.6.- CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE LA

ALVEOPLACA

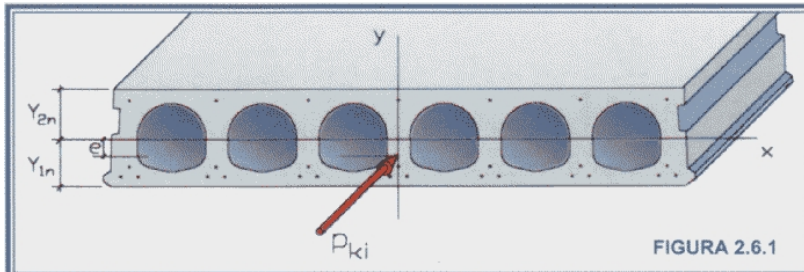
El control de calidad de la ALVEOPLACA se realiza según un Plan de Control de la Calidad presentado al Organismos oficial que concede la Autorización de Uso, y aprobado junto con ésta. Este plan comprende ensayos de los componentes del hormigón, de éste y de las armaduras. Además, se realiza un intenso control de las losas fabricadas, comprobando su resistencia a momento flector y cortante, deformación bajo carga y fisuración.

Todas las factorías donde se fabrica la ALVEOPLACA disponen de laboratorio y medios adecuados donde realizar dichos ensayos. La supervisión del control de calidad corresponde a un técnico especializado cuya titulación le faculta para estas funciones. AIDEPLA recomienda que todos los fabricantes de la ALVEOPLACA estén en posesión del SELLO DE CONFORMIDAD CIETAN, distintivo oficialmente reconocido que, mediante las reglamentarias Inspecciones de la Producción, valida el autocontrol de la Calidad de la Producción que realiza el fabricante, de acuerdo con el Plan de Control de la Calidad adjunto a la Autorización de Uso, y, además, realiza los Ensayos de Homologación del Forjado.

En virtud del SELLO DE CONFORMIDAD CIETAN, distintivo oficialmente reconocido, la ALVEOPLACA esta eximida de aportar, como Documentación final de obra [EFHE apartado 3.2] y como Control documental [EFHE apartado 34.2], cualquier justificación documental del control interno de fabricación. La ALVEOPLACA también esta eximida, en virtud del SELLO DE CONFORMIDAD CIETAN, distintivo oficialmente reconocido, de la obligación del control de los recubrimientos, como control de recepción de los elementos resistentes [EFHE apartado 34.3]

La determinación de las acciones de cálculo para la comprobación de la ALVEOPLACA se realizará, en virtud del SELLO DE CONFORMIDAD CIETAN, distintivo oficialmente reconocido, aplicando el Artículo 6º de la Instrucción EFHE, como corresponde al control a nivel intenso [EHE apartado 95.2] de ejecución de la ALVEOPLACA Cuando se utilice la ALVEOPLACA para usos diferentes del forjado, el SELLO DE CONFORMIDAD CIETAN, se podrá considerar como distintivo oficialmente reconocido para aplicarlo según las disposiciones de la Instrucción EHE en aquellos aspectos en que, por analogía, exista coincidencia entre el comportamiento certificado por dicho Sello y el uso correspondiente.

2.7.- ESTADO DE LA ALVEOPLACA BAJO LA ACCION DEL PRETENSADO



Una vez fabricada, y en espera de ser utilizada, la ALVEOPLACA queda sometida a su peso propio y a la acción del pretensado. Al destesar las armaduras activas, cuando el hormigón ha alcanzado la resistencia adecuada, se produce la transferencia al hormigón de la fuerza que habían recibido las armaduras (Fuerza de pretensado), menos el valor de las pérdidas instantáneas que reducen dicha fuerza hasta el valor característico de la fuerza de pretensado en el instante inicial. Con el transcurso del tiempo esta fuerza inicial se va reduciendo en el valor de las pérdidas diferidas, hasta estabilizarse, finalmente, en un valor denominado fuerza característica de pretensado. La tensión en cada armadura activa, en el instante posterior a la transferencia (tensión inicial), resulta igual a la recibida en el tesado menos las pérdidas iniciales que haya tenido.

El área de la armadura, multiplicada por su tensión inicial, da la fuerza inicial de esa armadura (alambre o cordón). El valor característico de la resultante de las fuerzas iniciales de todas las armaduras, es la fuerza inicial de pretensado P_{ki} , y la distancia del punto de aplicación de dicha resultante respecto al centro de gravedad de la sección homogeneizada, es su excentricidad e , que puede ser positiva o negativa según que el punto de aplicación se encuentre por encima o por debajo de dicho centro de gravedad (figura 2.6.1).

Cuando se produce la transferencia, el pretensado excéntrico produce una deformación por flexión de la ALVEOPLACA, que hasta entonces reposaba sobre la pista de fabricación, y la somete, simultáneamente, a la acción de su peso propio. El análisis de la ALVEOPLACA sometida a la acción del pretensado y de su propio peso, consiste en comprobar el estado tensional de la sección en la fibra superior e inferior, ya que el resto de la sección estará más solicitada después de su colocación en obra. Por el contrario, salvo en secciones sometidas a momentos flectores que comprimen la fibra inferior, normalmente denominados “negativos”, la fibra inferior alcanza la máxima compresión y la fibra superior la máxima tracción en la situación que nos ocupa. La sección de la ALVEOPLACA, tal y como se fabrica, se denomina

sección simple y, de ella, nos interesan sus características “homogeneizadas” que consideran el hormigón y las armaduras activas, a saber: Área A_h , las distancias de su centro de gravedad al borde superior Y_{2h} , y al borde inferior Y_{1h} , el momento de inercia baricéntrico I_{xh} , y los módulos resistentes, respecto al borde superior $W_{2h}=I_{xh}/Y_{2h}$, y respecto al borde inferior $W_{1h}=I_{xh}/Y_{1h}$.

Suponiendo excentricidad negativa como es habitual, en el momento de la transferencia del pretensado las tensiones en los bordes de la placa, sometida a un esfuerzo axial normal de pretensado P_{ki} , a un momento de pretensado, de valor constante en todas las secciones a lo largo de la ALVEOPLACA igual a $P_{ki} \cdot e$ y al momento de peso propio M_{PPC} variable a lo largo de la ALVEOPLACA y dependiente de la posición de los puntos de izado, de apoyo en el acopio, o de apoyo durante el transporte y manejo de la ALVEOPLACA, se obtienen por las siguientes fórmulas:

Tensión en el borde superior del hormigón, en una sección C:

$$\sigma^{\prime}C = P_{ki}/A_h - P_{ki} \cdot e/W_{2h} + M_{PPC}/W_{2h}$$

Tensión en el borde inferior del hormigón:

$$\sigma^{\prime}C = P_{ki}/A_h - P_{ki} \cdot e/W_{1h} + M_{PPC}/W_{1h}$$

Todos los datos se introducirán en valores absolutos. Las tensiones, y las resistencias indicadas a continuación, se expresarán en N/mm^2 . (Resultados positivos indicarán compresiones).

De acuerdo con el Artículo 8º de la Instrucción EFHE después de la transferencia las ALVEOPLACAS pretensadas no presentarán tracciones mayores que la resistencia a tracción

del hormigón $f_{ct,j}$ [EHE apartado 39.1] ni compresiones mayores que el 60% de la resistencia a compresión $f_{ck,j}$ [EHE apartado 39.1], ambas resistencias con los valores correspondientes a la edad j a la que se realiza la transferencia de la fuerza de pretensado.

Estas condiciones tienen por objeto, que no se supere la tensión de microfisuración por compresión, ni se presenten tracciones que puedan fisurar el hormigón. La ALVEOPLACA cumple siempre estas exigencias.

En el momento de la transferencia se producen, en los extremos de la ALVEOPLACA, tensiones de tracción provocadas por la difusión del pretensado que pueden limitar el valor máximo de la fuerza inicial de pretensado P_{ki} aplicable a la sección simple.

Las oficinas técnicas de los fabricantes de ALVEOPLACA realizan las comprobaciones oportunas para asegurar que dichas tracciones son inferiores al valor $f_{ct,j}$ y que son compatibles con los puntos marcados para el izado y manejo de la ALVEOPLACA