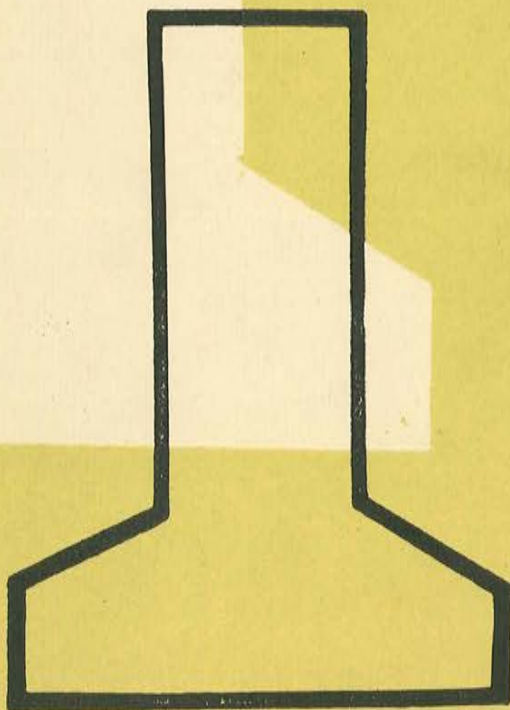
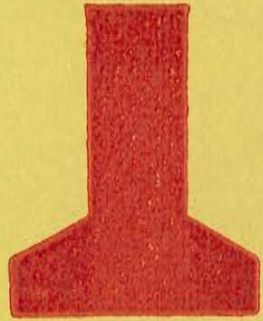




ULTIMAS NOTICIAS SOBRE

# hormigón pretensado



BOLETIN NUM. 52 DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO  
DEL INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO

6

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS  
Patronato "Juan de la Cierva" de Investigación Técnica

ULTIMAS NOTICIAS

Técnicas en Estructuras

Hormigón Pretensado

Boletín de circulación limitada

Nº 52

Septiembre-October 1959



- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

Depósito Legal: M-853-1958.

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
837-4-11 Propuesta de Normas para la fabricación y colocación de viguetas de hormigón pretensado. Reuniones de las Comisiones encargadas de su redacción . . .	1
Comunicaciones de la F.I.P. Informe sobre la VI Reunión del Consejo Administrativo de la F.I.P. .	43
Comunicaciones de la F.I.P. Réplica presentada por la empresa "Le Cable-Sandwich", de Bélgica, a las críticas, a su sistema de pretensado, contenidas en el Informe General de M. Dumas, sobre el Tema IV -- del pasado III Congreso de la F.I.P. celebrado en Berlín . . . . .	46

- - - - -

N O T A.-- El Instituto, una de cuyas finalidades es divulgar los trabajos de investigación sobre la construcción y edificación, no se hace responsable del contenido de ningún artículo, y el hecho de que patrocine su difusión no implica, en modo alguno, conformidad con la tesis expuesta.

837-4-11 PROPUESTA DE NORMAS PARA LA FABRICACION Y COLOCACION  
DE VIGUETAS DE HORMIGÓN PRETENSADO

Reuniones de las Comisiones encargadas de su redacción

En los últimos meses se han venido celebrando, en los locales del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, una serie de reuniones entre fabricantes y usuarios nacionales de viguetas de hormigón pretensado, con el objeto de proceder a la redacción de una Propuesta de Normas para la fabricación y colocación de dicho tipo de piezas.

Dada la innegable importancia del tema, se ha considerado oportuno publicar, en este Boletín, una amplia información sobre las citadas reuniones, así como también un breve resumen de los diferentes acuerdos adoptados y de las conclusiones hasta ahora aprobadas.

La primera sesión, fué presidida por el Sr. Páez, Vocal Secretario de la Asociación Española del Hormigón Pretensado (A.E.H.P.) quien, explicó el motivo de estas reuniones. Después de agradecer su presencia a los asistentes, dijo que, como consecuencia de la conferencia pronunciada por el Sr. Baselga, en la III Asamblea de la A.E.H.P. celebrada el pasado año, se tomó el acuerdo de formar unas Comisiones que se encargarán del estudio de los problemas relacionados con la fabricación y el empleo de las viguetas de hormigón pretensado.

En subsiguientes reuniones se fueron concretando los temas que debían tratarse y la forma de realizar los trabajos. Como consecuencia de ello, se constituyeron dos Comisiones: la 1ª, presidida por el Sr. Yus, se encargó de redactar una "Propuesta de Normas para la fabricación de viguetas de hormigón pretensado", y la 2ª, presidida por el Sr. Fernández Huidobro, se encargó de redactar otra Propuesta de Normas para la puesta en obra

de dichas viguetas. Para auxiliar a los Presidentes citados se nombró al Sr. Piñeiro secretario de la 1ª Comisión y al Sr. Cassinello de la 2ª.

En estas reuniones se acordó también que las propuestas redactadas por las dos Comisiones se presentaran, para su estudio y consideración, a la IV Asamblea Nacional de la A.E.H.P., convocada para el próximo mes de Noviembre de 1959, en Barcelona.

Una vez discutidas, corregidas en lo que proceda y aprobadas dichas propuestas en la citada Asamblea, serán trasladadas al Organismo oficial correspondiente, bien sea al Instituto Técnico de la Construcción, la A.E.H.P., etc., que se encargará de redactar y editar las normas definitivas, las cuales, dado el proceso seguido en su elaboración, serán, sin duda, favorablemente acogidas por todas las industrias y técnicos nacionales. Por todo ello se considera necesario que las referidas Comisiones se constituyan con una base lo más amplia posible, permitiendo la colaboración personal o escrita a todos aquellos que puedan tener algún interés en estos temas y estimen oportuno formular sugerencias.

El Sr. Páez hizo resaltar la importancia que tiene, para todos, conseguir un pleno éxito en los trabajos iniciados, para crear una atmósfera de absoluta garantía en el seno de los usuarios de este tipo de viguetas, haciendo desaparecer el temor de su dudosa calidad y para evitar los perjuicios y contratiempos que actualmente se ocasionan a veces, como consecuencia del empleo de materiales o técnicas impropias, en su fabricación, o de la defectuosa o inadecuada colocación en obra de estos elementos estructurales.

Hace constar que la colaboración, tanto del Instituto como de la A.E.H.P., en estos trabajos, está desprovista de todo interés comercial y que, siendo su función de carácter puramente técnico, su interés se concentra en el logro de unas normas justas, bien estudiadas y de fácil aplicación.

Solicita de cuantos colaboren, directa o indirectamente, en los trabajos de redacción de estas normas, que presten su máximo apoyo y pongan el mayor interés en esta meritoria labor cuyo éxito, en definitiva, corresponderá exclusivamente a los Presidentes de las Comisiones y a todos aquellos que con su leal colaboración les hayan ayudado.

El Sr. Páez terminó su primera intervención invitando al Sr. Yus, Presidente de la 1ª Comisión, para que expusiera su opinión sobre las normas que se proyectan, el contenido de las mismas y la forma en que deben realizarse los trabajos.

El Sr. Yus dió lectura al siguiente informe:

"Teniendo en cuenta el desarrollo del empleo de las viguetas de Hormigón Pretensado para forjados de viviendas y el aumento de la construcción en nuestra Nación, se hace sentir la necesidad de unas Normas que regulen la fabricación y empleo de estos elementos pretensados, en la edificación, con objeto de conseguir un material de construcción, útil, económico y seguro.

Estas Normas deben tratar, preferentemente, de las vigas ya fabricadas, y de su ensayo en taller en condiciones idénticas a aquellas para las que se proyectaron. Y, sobre todo, deben exigirse materiales de calidad suficiente para que puedan conseguirse las características y resultados previstos.

En cuanto a los procedimientos de fabricación, estas Normas no pueden ser muy concretas, puesto que cada fábrica, cada individuo, - tiene un concepto de sus sistemas y una manera de hacer las cosas. Intervienen factores de varias clases. No todos los fabricantes tienen actualmente, ni la misma formación científica, ni los mismos conocimientos técnicos o industriales. No debemos olvidar las grandes posibilidades que se abren a esta industria para la fabricación en serie. Unos pueden pre

ferir la ordenación de su industria bajo un aspecto económico dirigido hacia las grandes producciones, para su distribución en un mercado muy extenso, y precisan importantes instalaciones y un material auxiliar muy perfeccionado. Para otros, por el contrario, su campo de distribución puede ser más limitado y precisan una mecanización menos importante. Son muchas las publicaciones que diariamente dan cuenta de nuevos y variados procedimientos de fabricación; hay sistemas patentados de verdadera originalidad y efectivos; modelos de mecanismos para tensar y hormigonar y una serie de innovaciones modernas de vacío, de vibrocompresión y para curados al vapor, que son muy eficientes. También podemos observar una tendencia a imitar lo que otros han conseguido con éxito, y casi siempre a costa de grandes dispendios en intentos anteriores fracasados. Encargados, obreros y administrativos de muchas fábricas, montan instalaciones idénticas a las que les sirvieron de enseñanza; mala o buena. Desconocen otra fabricación, - otros sistemas más modernos o mejores. Las pequeñas fábricas y talleres se disputan los obreros que se han especializado en otras.

Impedir las visitas de inspección a las fábricas, aparte de no ser necesario, podría restar adeptos al calor que precisa la concepción y aprobación de estas Normas, cuyos beneficios pueden ser de consideración, precisamente para estas fábricas o talleres de pequeña importancia, puesto que, redactadas con el concurso de todos y aportando cada uno su punto de vista, su técnica, o experiencia, podrían llegar a ser de gran utilidad, ya que su articulado general serviría como un "Recetario de fabricación de viguetas de hormigón pretensado" o, por lo menos, como una ayuda para los llamados a dirigir la producción de la fábrica o taller.

Sería de desear que estas fábricas, dedicadas a la fabricación de viguetas de hormigón pretensado, cuya dirección necesita de amplios conocimientos técnicos, estuviesen dirigidas por personal facultativo especializado. Las fábricas de pequeña y mediana importancia, con un nú

mero de obreros inferior a 25, deberían estar dirigidas por un Técnico que, por ejemplo, podría ser un Aparejador, Ayudante de Obras Públicas o Técnico Industrial; y por un Técnico Superior, las que sobrepasan dicho número de obreros. El número de obreros puede tomarse como base para juzgar la importancia de la fábrica o taller, ya que sería difícil determinarla por cantidades y clases de material fabricado. Estos técnicos deberían estar incluidos en las plantillas del personal de la Empresa, puesto que su función no sería consultiva, sino de ejecución y dirección de las operaciones necesarias para una perfecta fabricación de las viguetas.

El desarrollo de la fabricación de viguetas pretensadas en España ha sido progresivo desde el año 1949, en que pasan a ser dominio público las Patentes Freyssinet. A partir de esa fecha, el desarrollo es tan grande que, en la actualidad, hay más de 200 fábricas y talleres de viguetas pretensadas, y hallan empleo en esta industria millares de obreros y empleados. Industria que vive de milagro, porque, aparte de algunas fábricas que disponen de medios adecuados, las demás, la mayoría, no disponen de materiales, equipos de trabajo, ni de dirección técnica apropiada. Su proceso de fabricación se reduce a meter dentro de un molde unos alambres atirantados, de la clase que sean, "de lo que se encuentra", junto con una mezcla de hormigón de cemento fundido, con la dosificación que indican los prospectos del fabricante; mover, mejor que vibrar, estos moldes; regar la mezcla en el momento que se señala en el folleto que acompaña el saco de cemento y cortar los alambres en los espacios en que quedan al descubierto, entre vigas, al día siguiente, entregando ya en este plazo las viguetas para su transporte a las obras.

La mayoría de estas fábricas o talleres son transformaciones de los antiguos talleres de piedra artificial que tanto abundan aún

en Cataluña y Levante. Estas instalaciones fabricaban ya vigas de hormigón armado, y su transformación ha consistido en cambiar los redondos gruesos de las armaduras por alambres de acero. Estas fábricas y talleres podrían fabricar perfectamente sus viguetas si siguiesen unas Normas de fabricación que generalizasen los procedimientos corrientes, determinando las características mínimas de los materiales que deben emplearse. Al proscribir e impedir el empleo de los materiales que no alcanzasen este mínimo y dejar, sin embargo, amplio margen para los que, sometidos a ensayos de efectividad, superasen estos límites, podrían lograrse grandes mejoras, puesto que no se trata de coartar el desarrollo de una industria que, con la ayuda de técnicos especializados, materiales de buena calidad y con equipos modernos de trabajo, debe mejorar notablemente.

Traemos un programa que nos sirva como índice para establecer estas Normas; pero después de considerar la conveniencia de sus distintos apartados, insistimos en que los capítulos fundamentales son los que se refieren a la determinación de los materiales que han de emplearse, fijando un mínimo de calidades, y los relativos a los ensayos en taller de las viguetas.

## MATERIALES

Acero.— En primer lugar vamos a tratar del acero, del que se ha empleado y del que se emplea. Hay fábricas de viguetas que usan aceros de calidades apropiadas, suministrados por las siderúrgicas nacionales — con todas las garantías correspondientes. Pero éstas son las menos. Las que más, emplean lo que "encuentran"; todo aquello que sirve para atirantar, alambres duros o acerados—como se dice en el argot de fábrica. Se emplean también cordones de los cables usados para la pesca, oxidados, — con alambres rotos, embreados e, incluso, con su alma de cáñamo. Alambres

de cables tractores de transportadores aéreos, destrenzados, con secciones deformadas y desgastadas por el uso y, si se duda de su resistencia, se ponen dos o tres, a veces cubiertos de grasa, o bien, lavados con gasolina, simplemente. Cuando es un solo alambre, esta última operación puede dejarlos limpios; pero cuando son dos o tres los alambres cableados, no es posible quitar la grasa que queda entre ellos. Estos alambres son de varios orígenes: unos proceden de trefilerías nacionales con toda la gama de resistencias imaginables; otras veces se emplean cables recuperados de antiguos teleféricos desmontados. Repetidas veces, al dudar de la eficacia de dicho material, nos han dicho: "Son de un cable inglés", dando a entender con esto que no podría haber nada mejor para fabricar viguetas. Estos alambres heterogéneos han llegado a alcanzar precios, incluso más elevados que el alambre de acero para pretensado. Se ha creado un mercado para este tipo de alambre. Una gran parte de las fábricas, mejor aún, talleres de viguetas, han fabricado y siguen fabricando con este tipo de material. Al tesar, estos alambres retorcidos se enderezan; si luego se aflojan, por cualquier causa, antes de ser envueltos por el hormigón vuelven nuevamente a la forma ondulada original, cualidad que satisface a los fabricantes de viguetas al entender que esta propiedad favorece su adherencia con el hormigón.

Otro cable, muy empleado para aprovechar sus alambres, es el de "Tipo Telefónico", como se le designa en el taller; es un alambre de acero duro, galvanizado, utilizado para vientos de postes o como cable de rril de los telefónicos. Este alambre, una vez destrenzado el cable, se emplea tal como se recibe, aunque esté galvanizado, o bien, se le sumerge en soluciones de ácido para quitarle el baño de zinc. Pero esta operación, en la mayor parte de los casos, constituye un lujo y, además, llega a oxidarse y se rompe al tesar.

## ALAMBRES DE ACERO DE CONSTRUCCION TREFILADOS

Ultimamente ha aparecido otro tipo de alambre, muy peligroso, pero que ha obtenido mucha aceptación. Estos alambres, son los llamados comercialmente "alambre duro brillante". Se obtienen por trefilado sucesivo de redondos de hierro de construcción. Partiendo de un diámetro aproximado de 8 mm y trefilando con hileras de fuerte reducción de sección, el alambre se encrucece y alcanza cada vez mayor resistencia a la tracción; su estructura cambia y el material se hace más tenaz. Con este procedimiento se obtiene, partiendo de un acero corriente de 0,10% de carbono y de  $36 \text{ kg/mm}^2$  de resistencia a la tracción, dándole varias pasadas - por hileras de diámetro decreciente, una carga de rotura de  $90 \text{ kg/mm}^2$  y un diámetro final de 3 mm. Este acero, endurecido mecánicamente por acritud, tiene muy poco alargamiento, por lo que, si se pretende emplearlo, debe someterse a una tensión próxima al límite elástico, que casi coincide con el de rotura. El pequeño alargamiento conseguido se anula, después, debido a la retracción del hormigón, su deformación instantánea y la propia fluencia del acero, perdiendo la tensión inicial y trabajando, únicamente, ya fatigado, como una armadura ordinaria de hormigón armado, para lo cual su cuantía es insuficiente. Además, el trefilado sin tratamiento posterior hace que la superficie del alambre quede muy lisa y brillante, por lo que su adherencia al hormigón es casi nula.

Estos alambres se emplean frecuentemente en la fabricación de viguetas pretensadas, y muchas roturas de éstas son debidas a estas causas.

## ALAMBRES PARA MUELLES

Las factorías nacionales de alambres de acero, fabrican excelentes alambres de acero para pretensado. Su producción no debe de ser im

portante a juzgar por los continuos aplazamientos a la entrega de los pedidos y las exiguas cantidades que suministran. Sin embargo, fabrican bastante cantidad de alambre para muelles, denominado comercialmente "alambre de acero gris para muelles". Este material se suministra, bien directamente desde fábrica a los fabricantes de muelles, o bien a través de almacénistas, los cuales se reservan algunas partidas para entregarlas a los fabricantes de viguetas pretensadas. Esta ha sido la mayor fuente de aprovisionamiento, de alambre de acero aprovechable, para los fabricantes de viguetas, hasta que este acero ha desaparecido prácticamente del mercado; y entonces, estos mismos almacénistas, o sus representantes, sugirieron a sus clientes, fabricantes de viguetas -y no dudamos que con la mejor intención- el empleo del alambre de acero duro que se ha indicado anteriormente. El acero para muelles, obtenido por un proceso parecido al del acero duro, alcanza una carga de rotura elevada. Para su trefilado se parte de un acero semiduro, de 0,40 a 0,50% de carbono, alcanzando resistencias de rotura de 120 a 140 kg/mm<sup>2</sup> y un límite elástico de hasta 125 kg/mm<sup>2</sup>. Al no haber acero de mejor calidad, parece que este tipo podría emplearse para el pretensado de viguetas, pero con muchas limitaciones respecto a su resistencia. Estos alambres tienen el inconveniente de que, al no ser debidamente tratados, después del trefilado, para eliminar sus tensiones internas de acritud, son frágiles. Su superficie es muy lisa, y como no son corrugados deslizan fácilmente en el hormigón. Su diámetro es grande, de 3 mm para arriba, por lo que las tensiones que originan sobre el hormigón están mal repartidas. Dada su gran sección, no puede contarse con una adherencia suficiente. Por último, es de notar que la fluencia en este tipo de acero es muy importante.

#### ALAMBRES PARA CABLES

También se emplea mucho, actualmente, el alambre de acero pa-

ra cables. Las características de estos alambres son parecidas a las de los alambres de acero para muelles. Su carga de rotura es de 140 a 160 kilogramos por milímetro cuadrado y su límite elástico de 120 a 125 kilogramos por milímetro cuadrado. Son de acero al carbono, sin aleación, y su porcentaje de carbono es de 0,40 a 0,50%. Estos alambres se suministran en cordones de 2, 3 y 7 hilos, cableados. La ventaja de éstos sobre los aceros de muelles es la de tener mejor adherencia con el hormigón, pues la superficie que resulta del trenzado ofrece un roce que se opone al deslizamiento. Tienen también sus inconvenientes, ya que como no están formados por hilos continuos, llevan empalmes soldados. Estas soldaduras no han sido tratadas debidamente, y representan un punto débil en la armadura del elemento pretensado. Por otra parte, los de más de dos alambres tienen un paso continuo, y puede ocurrir que, si la pieza soporta cargas alternadas, deslice la armadura como consecuencia del efecto de tornillo. Finalmente, si el cable está formado por dos alambres solamente, su trenzado no es regular; uno de los alambres está más enrollado que otro y, por lo tanto, soportan cargas distintas.

#### ALAMBRE PATENTADO

Este alambre es de un alto contenido en carbono, de 0,60 a 0,80%. Se obtiene por laminación en caliente hasta un diámetro de 8 mm. A partir de este diámetro se le da un normalizado, para quitarle sus tensiones de acritud por laminación, y se trefila hasta un diámetro de 5 mm. Generalmente, una vez alcanzado este diámetro, se le somete a un tratamiento, denominado "Patentado", que consiste, esencialmente en calentarlo, haciéndole pasar por un horno continuo (que suele ser de resistencias eléctricas), hasta elevar la temperatura del alambre, a la salida del horno, a unos 900° ó 950°C. Inmediatamente después de su salida del

horno, se sumerge en un baño de plomo a la temperatura de  $400^{\circ}\text{C}$ , consiguiéndose así su enfriamiento rápido hasta esta temperatura, y a la salida del baño se enfría al aire. Este proceso se ejecuta de manera continua, para lo cual se disponen los rollos del acero que ha de tratarse, en devanaderas, a la entrada del horno, introduciendo los extremos de los rollos a través de los tubos de calefacción y del baño de plomo hasta fijarlos en un tren de arrastre, donde se van enrollando, nuevamente, después de experimentar este tratamiento.

De esta forma se eleva el límite elástico del acero de un 40 a un 50%; la resistencia, de un 25 a un 30%; y el alargamiento, un 10%. El alambre tratado se trefila, de nuevo, hasta el diámetro deseado, sin producir ya acritud, obteniéndose diámetros de hasta 2 mm sin más tratamiento.

Estos alambres tienen los inconvenientes del acero trefilado: superficie lisa y, por lo tanto, poca adherencia; esto se evita creando en su superficie rugosidades, o formando ondulaciones, que aseguran su perfecta adherencia al hormigón. Otro inconveniente, también subsanable, de este tipo de acero y, en general, de todo alambre de acero obtenido por trefilado en frío, es que como el diámetro máximo de los tambores o bobinas de las máquinas de trefilar, si se trata de alambres delgados, es pequeño (máximo 60 cm), el rollo obtenido tiene necesariamente este diámetro y queda el alambre afectado por las tensiones internas producidas por el esfuerzo mecánico de un enrollamiento efectuado con una fuerte tensión, debido al roce del alambre al pasar por la hilera. Como en este último paso además se produce el ondulado o corrugado, estas tensiones aumentan. Este inconveniente se evita calentando de nuevo el alambre, en un horno continuo, a una temperatura de  $200^{\circ}\text{C}$  y enrollándolo, a su salida, en bobinas de 1,70 m de diámetro, con lo cual, al desenrollarlo, queda completamente enderezado y eliminada su tensión.

Los fabricantes de viguetas no pueden, en general, conseguir fácilmente este alambre, aunque se fabrica en bastante cantidad. La mayor parte del que se emplea hasta ahora procede de importación, y resulta a un precio que no hace económica la fabricación de vigas pretensada. Las fábricas establecidas en las Islas Canarias utilizan también este alambre de importación, pero allí resulta a un precio inferior al fijado oficialmente en la Península para los alambres de muelles y trenzados.

Nosotros, con otras fábricas, hemos montado unas instalaciones experimentales, pendientes de aprobación oficial, para la fabricación de este tipo de alambre. Se parte de redondos de acero al carbono que facilitan, sin ninguna restricción, la mayoría de las siderúrgicas nacionales, y puedo adelantarles que ni el proceso de fabricación es complicado ni las instalaciones necesarias resultan excesivamente costosas. Tendremos mucho gusto en mostrar este proceso de fabricación a cuantos tengan interés en conocerlo.

Hasta ahora hemos pasado revista a los alambres empleados en el pretensado de viguetas. Ahora vamos a indicar los alambres que deberían usarse, los cuales no son otros que los que hemos citado últimamente, es decir, los ALAMBRES DE ACERO DE ALTO LIMITE ELASTICO OBTENIDOS POR PATENTADO, de superficie rugosa u ondulada y con tensiones internas eliminadas; y, también, los alambres de acero obtenidos por trefilado en frío formando cables de 3 hilos por lo menos, y con un trenzado discontinuo para asegurar su adherencia. Hay que tener en cuenta que, en definitiva lo que garantiza y da calidad de tal al hormigón pretensado, es la adherencia entre el acero y el hormigón que lo envuelve.

### CEMENTOS

En forma análoga a como se ha hecho para el acero, revisaremos ahora los cementos que se emplean actualmente en la fabricación de viguetas pretensadas.

El fabricante de viguetas necesita tener inmovilizados los moldes el menor tiempo posible, para poder aprovechar continuamente sus instalaciones. Generalmente, se emplean moldes fijos que no pueden separarse, al menos en parte, de los bancos o hileras de tesado mientras no se endurezca suficientemente el hormigón. Se precisa, por tanto, un tipo de cemento apto para soportar rápidamente la tensión de las armaduras y -a ser posible- sin tener que utilizar adiciones ni tratamientos térmicos. Para ello, lo mejor, lo insustituible, es el cemento fundido. A las 24 horas, o antes, ya se puede transmitir el esfuerzo de tesado al hormigón y sacar las viguetas del molde, y hasta entregarlas a los clientes, con lo cual el ciclo de fabricación es cortísimo; y con una pequeñísima instalación, de poco coste, se puede montar un taller de viguetas de hormigón pretensado. De esta forma es como proliferan las fábricas de viguetas. El 80% de las actuales son de este tipo y utilizan este cemento.

El cemento fundido es caro y escaso, pues las fábricas lo producen en poca cantidad. Además este tipo de aglomerante se emplea, considerablemente en otros usos específicos distintos al de la fabricación de viguetas, y no se pueden atender todas las peticiones. Para su producción hay que importar la materia prima; pero esto no siempre es posible. Hay que importarla de distintos países aprovechando coyunturas comerciales, lo que da lugar a distintas calidades de bauxita, según su origen. La griega contiene mucho óxido de hierro, lo que obliga a un tratamiento que encarece la molienda y, aún así, se obtiene con ella un cemento de peor calidad que el obtenido con bauxita importada de Francia.

La bauxita nacional apenas sirve para este tipo de fabricación. Después de lo dicho, se comprende la dificultad de lograr una continuidad en la calidad de este cemento. Así pues, cada entrega debería comprobarse antes de su empleo, pero esto requiere un pequeño laborato-

rio, del que no disponen muchos fabricantes de viguetas. Por otra parte, los hormigones de este cemento exigen cuidados especiales, que no siempre se tienen; entre ellos, es fundamental, un lavado cuidadoso de los áridos, pues este aglomerante no admite la más mínima presencia de arcilla, tan corriente en las gravillas y arenas que se usan. El polvo de mollienda debe retirarse de los áridos de machaqueo, y el curado ha de hacerse contrarrestando el efecto del calor de fraguado por medio, generalmente, del agua, aplicada en riegos copiosos o, mejor aún, sumergiendo en ella la pieza fabricada. Pero no es fácil determinar con exactitud cuando ha de comenzarse esta operación. Por otro lado, la vigilancia del regado es operación difícil; el encargado de efectuarlo, un peón generalmente, es reacio a regar las piezas. Además, algunas veces, con el fin de "estirar" el cemento, se rebaja su dosificación. Se omiten los cuidados en el fraguado y endurecimiento. En muchas fábricas, con instalación al aire libre, no se toman en verano precauciones sobre la temperatura de los áridos, ni de los moldes, con grave perjuicio para el empleo de este tipo de cemento. En invierno y en tiempo de lluvias, se emplean los áridos saturados de humedad. En las fábricas bien organizadas que utilizan este cemento, se toman, escrupulosamente, todas las medidas indispensables para garantizar su buen empleo. Pero estos cuidados exigen un gran entretimiento de equipo y personal y, por lo tanto, encarecen la fabricación. Sobre todo se necesitan aparatos de ensayo, para efectuarlos sobre cada remesa de cemento que llega a la fábrica. No es posible guiarse únicamente -como es corriente- por el color que presenta el hormigón una vez endurecido, negro, azul o marrón, y desechar toda pieza fabricada que aparezca con este último color, el cual indica que no se han tomado las precauciones necesarias. Todas estas atenciones y cuidados, indispensables para la utilización de este cemento, lo hacen peligroso para su empleo en la fabricación de viguetas pretensadas, si el fabricante no dispone de instalaciones apropiadamente acondicionadas.

### SUPER-CEMENTO

Este tipo de cemento es, al parecer, el que prácticamente resulta mejor; su tiempo de endurecimiento es corto, y a las sesenta horas, y aun antes, su resistencia es suficiente para poderlo utilizar sin inconveniente en la fabricación de viguetas de hormigón pretensado. Su empleo no presenta complicaciones, y la calidad de la vigueta mejora con un curado en agua durante unos días.

Afortunadamente, en nuestro país, disponemos de varias fábricas que producen un material excelente: varias en la Zona Norte y Cataluña, algunas en el Centro y otras en Andalucía. En las fábricas de viguetas instaladas en las Islas Canarias, donde resulta fácil importar cementos extranjeros especiales para pretensado, se emplean super-cementos nacionales de la Zona Norte, porque sus características y resistencias no difieren en nada de las de los importados y, además, resultan más económicos. Empleando este cemento y buenos aceros se llegaría a la solución del problema de la fabricación de viguetas de hormigón pretensado.

### CEMENTO PORTLAND

Este cemento se ha empleado, y se emplea mucho en la actualidad, seguramente por lo difícil que resulta la adquisición de los anteriores. En fábricas de tipo pequeño o talleres poco cuidados, su uso está muy generalizado. Se amasa con una relación agua-cemento muy elevada porque se vibra imperfectamente o no se vibra, y, como su fraguado es lento y se tardaría mucho en poder separar las viguetas de los bancos de anclaje, se le añaden acelerantes. La divulgación del buen resultado obtenido con las adiciones de cloruro de calcio, junto a la propaganda de las Casas productoras de acelerantes, han logrado se empleen en gran cantidad,

aunque no siempre con el debido cuidado. El mal uso de este tipo de cemento, poco apto para el pretensado, y la utilización de alambres de calidades deficientes, son la causa de la mayor parte de los fracasos de las viguetas de hormigón pretensado.

### CEMENTOS BLANCOS

Este tipo de cemento es de endurecimiento más rápido que el portland y casi igual al del super-cemento; por ello, se emplea con gran profusión. Tiene graves inconvenientes, la mayor parte debidos a las adiciones con que se le mezcla para obtener el color blanco. Hay que tener cuenta que su principal aplicación no es precisamente la fabricación de viguetas de hormigón pretensado.

Otro material del que las Normas deberían ocuparse, adelantándose a su generalización y para evitar que pudiera emplearse mal, es la:

### CERAMICA PRETENSADA

Hasta ahora hay poca experiencia sobre el empleo de este tipo de material pretensado, para forjados de viviendas. En España se fabrican varios tipos; uno de ellos, de patente suiza, es el "Stahlton" que, en síntesis, consiste en unos ladrillos planos con ranuras para alojar la armadura tesa, que después se rellenan de hormigón, para formar así una armadura pretensada, completándose posteriormente el forjado con piezas especiales y hormigón. También se han fabricado, ya en los años 1949 y 1950 forjados con piezas cerámicas pretensadas que, en realidad, son encofrados perdidos de viguetas cuya sección de hormigón es la misma que la de las viguetas usuales de perfil en T invertida. Este es un campo que podría extenderse considerablemente y sería conveniente que las Normas recogiesen

las características que debe poseer la cerámica que ha de emplearse, tanto si colabora en la resistencia de la pieza pretensada como si se considera, únicamente, como encofrado de la vigueta que posteriormente se forma.

### FABRICACION - MOLDES

Unas veces se usan moldes de madera; otros, de madera forrada con chapa metálica; y otras, enteramente metálicos.

Los tipos más usuales consisten en soleras, de madera forrada con chapa, o de perfiles metálicos, tendidas entre los soportes de anclaje. Pueden disponerse para el moldeo de una sola hilera de viguetas, de varias, colocadas unas al lado de otras. Estas hileras suelen ir, bien fijadas en el suelo o bien apoyadas sobre resortes y muelles. Los costeros de los moldes son de varios tipos, fijos o desmontables, y construídos con los mismos materiales.

Cada fabricante tiene un tipo de molde que le parece mejor que el de los demás. No creo que las Normas puedan prescribir un tipo de molde determinado, porque tanto este elemento, como los anclajes, constituyen la base de la característica de cada instalación. Hay multitud de patentes, y también de industrias, que suministran estos moldes a las fábricas, siendo la naturaleza especial de cada uno de ellos, precisamente lo que determina el procedimiento de moldeo y de anclaje que debe utilizarse. Sin embargo, se podrían corregir defectos, bastante corrientes en instalaciones poco pensadas, y que tienen gran importancia para la buena fabricación de las viguetas. Entre estos se puede citar:

1º.- Los moldes han de ser herméticos y deben ajustar perfectamente sus fondos y costeros. Es corriente ver las viguetas con rebaba en los bordes, debido a que, al efectuar el vibrado y al no ajustar lo

elementos del molde, fluye el mortero por las juntas, perdiendo lechada. Esto altera la dosificación del hormigón y su resistencia prevista. Se debería exigir una estanquidad perfecta del molde.

2º.- Se observa en muchas viguetas que las dimensiones de su sección transversal varían a lo largo de la pieza. Esto es un grave inconveniente, puesto que si alguna sección resulta menor que la prevista en el cálculo puede producirse la rotura de la pieza. Este defecto se debe, generalmente, a que las paredes laterales de los moldes, o los fondos, no son lo suficientemente rígidos, y cuando se les somete a un vibrado exterior, apoyando el vibrador en el molde, la presión que se hace para sujetarlo, o el mismo peso del vibrador, lo deforma. Debe exigirse que el molde sea suficientemente rígido para que no se deforme ni por el peso del hormigón, ni por la presión del hormigón al vibrar, ni por el peso del vibrador.

3º.- También se ven viguetas deformadas o curvadas a lo largo de su eje longitudinal. Este defecto, además de dificultar el entrevigado, hace que las viguetas trabajen bajo una compresión descentrada, que puede incluso llegar a romperlas por pandeo. La deformación se produce cuando los moldes, generalmente de madera, se han alabeado y no se ha tomado la precaución de enderezarlos mientras esto es posible. Hay que tener en cuenta que en los moldes de madera, aun cuando vayan forrados de chapa, la humedad del hormigonado y su secado posterior alabea la madera si ésta no tiene una escuadría suficiente. Las viguetas con esta deformación deben desecharse.

4º.- La longitud del molde se ha determinado, hasta ahora, en función de la del acero de que se dispone. Los alambres de las calidades defectuosas que hemos indicado son de todas las longitudes, aunque suelen estar comprendidas entre 25 y 50 metros. Para una producción económica, la longitud óptima de los moldes sería de 100 metros. Sin embargo, ca

da fabricante puede tener su problema específico de local y ha de ajustarse a este imperativo.

### TESADO DE ARMADURAS

Se emplean todos los sistemas, incluso los más rudimentarios. Hemos visto instalaciones en las que se tesa con simples palancas, las cuales tiran del alambre mientras se mide la tensión colocando pesos a lo largo de su brazo. Hay talleres en los que se tira con un cabrestante, determinado la tensión a sentimiento. Por el contrario, existen otras instalaciones que utilizan equipos hidráulicos de verdadera eficacia.

Normalmente se emplean tornos -eléctricos o manuales -para tesar, utilizando dinamómetros de resorte -provistos de escalas graduadas -para medir la tensión. También se utilizan gatos hidráulicos -equipados -con manómetros -para medir las tensiones, y elongómetros para determinar los correspondientes alargamientos. De todos estos aparatos existe una multitud de modelos y patentes. Las Normas deberían indicar las características mínimas que deben reunir los dispositivos mecánicos e hidráulicos de esta clase para poder conseguir una verdadera eficacia al tesar y medir la tensión.

### TIPOS DE ANCLAJE

Estos mecanismos, REPATENTADOS, son de todas clases, y de eficacia variable. En las pequeñas fábricas, o talleres, se repite el mismo tipo de sujeción, pues pasa de unas a otras con el trasiego de encargados y operarios. Las Normas deberían recomendar los sistemas no sujetos a patente que ofrecen mayores ventajas y seguridad, y explicar su modo eficaz de empleo.

## TRANSMISION DEL ESFUERZO DE PRETENSADO AL HORMIGON DE LAS VIGUETAS

El procedimiento más frecuentemente empleado para transmitir el esfuerzo de pretensado a la vigueta, consiste en cortar los alambres en la proximidad de los anclajes, o en los espacios en que quedan al descubierto entre dos vigas, utilizando para ello un procedimiento cualquiera, las tijeras, el cortafríos, etc. Esto origina una compresión instantánea en el hormigón, con todos los perjuicios que esto supone y, en multitud de casos, sobre todo si el hormigón no ha endurecido lo suficiente para poder resistir este impacto, y las vigas son de cierta longitud, se produce una fuerte contra-flecha. Las Normas deberían indicar el procedimiento adecuado para poner en tensión las viguetas eliminando estos inconvenientes.

### HORMIGONADO

El hormigón debe consolidarse por vibración; por lo tanto, conviene emplear mezclas secas. Para la preparación de estas mezclas debe disponerse de hormigoneras apropiadas o, en caso contrario vibrar el hormigón antes de verterlo en el molde. No deben admitirse las mezclas preparadas a brazo -práctica que está muy extendida- y deben fijarse las condiciones granulométricas de los áridos de acuerdo con las dimensiones de las piezas. Debe también exigirse la limpieza de los áridos, cualquiera que sea el tipo de cemento utilizado, así como que se ensayen probetas obtenidas con el mismo hormigón empleado en las vigas, y sacado del mismo molde, para determinar la resistencia del hormigón en las mismas condiciones en que se encuentra en la vigueta antes de someterlo al esfuerzo de pretensado.

En este apartado, como en el de curado, las Normas deben ser

exigentes, puesto que, si se pretende que el acero sea de la mejor calidad, es lógico que el otro componente --el hormigón-- sea también de buena calidad y de la mayor resistencia posible.

### ENSAYOS

Las viguetas son, normalmente, de sección en doble T, y simétricas, o con mayor sección en el ala superior que ha de estar comprimida. En algunos casos se pretende que la vigueta resista por sí sola todas las cargas para las que se ha calculado, sin tener en cuenta la colaboración posterior del forjado. Se fabrican también viguetas en T sencilla; de sección en Z para colocarlas yuxtapuestas; vigas de secciones especiales para cuya resistencia final se cuenta con la colaboración del forjado; vigas-cajón, etc.

La Dirección General de Economía y Técnica de la Construcción (antes Dirección General de Arquitectura) es el Organismo que revisa y aprueba, en cada caso, los tipos que se le presentan para su aprobación, extendiendo el correspondiente certificado. Este Documento es necesario para solicitar de la Dirección de Industria la autorización de apertura de una fábrica. Los ensayos se efectúan, generalmente, sobre un forjado terminado, simplemente apoyado y con cargas uniformemente repartidas.

En los distintos tipos de viguetas, se deberían considerar -- las condiciones reales de carga a que se han de someter. Es corriente considerar las viguetas destinadas a la construcción de forjados de plantas de viviendas, en lo que a cálculo se refiere, como vigas con carga uniformemente repartida y apoyadas o empotradas. Pero hay que tener en cuenta que, aun en estos mismos tipos de forjados, se pueden presentar otros tipos de carga, como, por ejemplo, cargas aisladas en un solo extremo, en el centro de la luz, en los dos extremos, en dos puntos cualesquiera de

la luz, y otras, para las cuales, tanto el cálculo como la armadura, han de ser distintos. Es posible que el no tener en cuenta esta circunstancia haya sido la causa de muchos accidentes. Unas viguetas que han sido calculadas suponiéndolas apoyadas, y bajo carga uniforme, no tienen por qué resistir cuando se les somete a una carga igual, pero concentrada en el punto medio de la luz, o a dos cargas simétricas situadas a distancias convencionales de los apoyos. Por lo tanto, deberían fabricarse viguetas para todos estos tipos de carga, y no permitir el empleo de las piezas de las series normales de fabricación, en el caso de tipos especiales de solicitud.

Las Normas deberían dar una ordenación de los distintos ensayos que deben realizarse en fábrica, que podrían ser: en primer lugar, determinar el coeficiente de seguridad, a la fisuración y rotura, tanto de las vigas aisladas como de los forjados completos, con arreglo a las solicitaciones supuestas en el cálculo. También se debería comprobar la calidad de los materiales empleados en la fabricación de los elementos ensayados, para confrontarla con la mínima exigida.

Para estos ensayos podrían utilizarse elementos especiales de carga o los que existan en la fábrica, tales como bloques, sacos, etc. Estos ensayos, junto con el que se realizase, con el mismo material, en el laboratorio del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento u otro Centro Oficial, podrían considerarse como una comprobación de carácter oficial que garantizase una APTITUD de buena fabricación. Además de esta prueba de carácter oficial o semi-oficial, deberían efectuarse en las fábricas otros ensayos diarios del material dispuesto para su entrega a los usuarios. Del resultado de estos ensayos, que no debería diferir del obtenido en la prueba oficial, se responsabilizaría el Director de la fábrica. En los vales de entrega del material debería hacerse constar la indicación de haber sido efectuadas las pruebas en fábrica y el resultado ob

tenido en las mismas. Estos ensayos diarios deberían anotarse en un libro registro, indicándose también las características y calidades de los materiales utilizados en la fabricación, tiempos de curado y todos aquellos detalles que se juzgasen de interés. Este libro podría servir para la revisión en las inspecciones de fabricación que pudieran hacer las Delegaciones que nombrase la Dirección permanente de las Normas."

Una vez finalizada la lectura del anterior informe, el Sr. Yus exhortó a todos los reunidos para que se asocien, con sincero deseo de colaboración, a esta labor de redacción de unas Normas que tanta importancia y transcendencia pueden tener, tanto para la industria de fabricación de viguetas de hormigón pretensado como para la industria de la construcción en general.

Seguidamente, el Sr. Páez preguntó a los reunidos si estaban todos de acuerdo en que era necesario redactar estas Normas y, habiéndosele contestado afirmativamente, se pasó a estudiar el índice de "Normas de Fabricación" propuesto por el Sr. Yus.

Abierta una amplia discusión, en la que intervinieron la mayoría de los reunidos, se aprobó, sin perjuicio de ulteriores modificaciones, según se vayan estudiando los distintos puntos, el siguiente:

#### PROGRAMA DE NORMAS DE FABRICACION

Estas Normas comprenderán los siguientes apartados:

- A)- Diferentes tipos de viguetas pretensadas
- B)- Materiales
- C)- Fabricación
- D)- Ensayos en taller

Para poder estudiar el apartado A, el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento solicitará información de todos los fabricantes nacionales sobre los distintos tipos de viguetas pretensadas que se construyen y existen actualmente en el mercado.

En el apartado B), se estudiarán los artículos que a continuación se indican:

### B.- Materiales

#### 1º Cemento para pretensado:

##### a) Clases:

- Portland
- Supercemento
- Aluminoso
- Cementos blancos

##### b) Conservación.

#### 2º Análisis de cemento e interpretación de sus resultados.

#### 3º Aridos para hormigón pretensado:

- Conservación y almacenaje
- Condiciones que deben reunir (tamaño, limpieza de impurezas, forma, etc.)
- Comprobaciones

#### 4º Aceros para pretensados:

- Composición
- Características mecánicas
- Forma de la superficie (lisos, rugosos)
- Ensayos mecánicos

5º Aceros para pretensado:

- Análisis químico

6º Aceros para pretensado:

- Tratamientos térmicos
- Soldadura

7º Aceros para pretensado:

- Aceros ordinarios (de bajo índice de carbono)  
Aplicaciones: estribos; armaduras complementarias en voladizos, empotramientos, etc.

8º Cerámica para viguetas pretensadas:

- Tipos
- Características
- Características de los morteros

9º Agua:

- Condiciones mínimas exigibles al agua utilizada para la fabricación en taller de viguetas de hormigón pretensado.

El apartado C), comprenderá:

C.- Fabricación

10º Moldes para viguetas de hormigón pretensado:

- Tipos
- Naturaleza
- Longitudes

- Estanquidad
- Fijación fondo
- Tolerancias
- Engrase
- Desencofrantes proscritos, recomendados y sujetos a ensayo

11º Tesado de las armaduras:

- Tipos de anclaje
- Procedimiento de tesado
- Comprobación de tensiones y alargamientos

12º El hormigón en la fabricación de viguetas pretensadas:

- Dosificación gravimétrica
- Resistencias
- Procedimiento de vertido
- Vibración
- Control del fraguado

13º El curado de las viguetas:

- Riegos
- Acelerantes
- Anticongelantes
- Aireantes
- Cámaras de vapor

14º Procedimientos para la ulterior identificación del tipo de vigueta :

- Momentos flectores
- Voladizos
- Armaduras especiales

- Módulo de empotramiento
- Esfuerzos cortantes
- Tipo de carga

15ª Distribución de armaduras y recubrimientos.

Finalmente, en el apartado D) se estudiará:

#### D.- Ensayos

16ª Ensayos en taller; coeficiente de seguridad en rotura y en fisuración, y contraflechas de las viguetas de hormigón pretensado:

- En viguetas de sección en doble T
- En viguetas de sección en T sencilla
- En viguetas de sección en T sencilla y media cabeza de compresión
- En viguetas de sección de formas distintas a las anteriormente citadas.

Se acordó también que se haga constar en las Normas la necesidad de que al frente de cada fábrica o taller de fabricación de viguetas de hormigón pretensado exista un técnico, cuya categoría se fijará en función de la importancia de la industria, determinada por el número de obreros de su plantilla. Este técnico será, legalmente, el responsable de la calidad de las piezas fabricadas.

Según el deseo de todos los reunidos estas Normas serán concisas, y las condiciones en ellas establecidas serán las mínimas necesarias para conseguir unas viguetas de buena calidad. En ellas se incluirán todas las prescripciones que actualmente cumplen la totalidad de los in-

dustriales responsables, y que deben hacerse cumplir por los demás (ya que verdaderamente pueden hacerlo), eliminando así la competencia ilícita y los errores en que, por desconocimiento, pueden incurrir algunos fabricantes.

No se estima oportuno incluir prescripciones sobre los métodos de cálculo de las viguetas de hormigón pretensado, por considerar - que cada fabricante puede aplicar el que juzgue más apropiado, siempre que las piezas obtenidas reúnan las características resistentes mínimas exigidas.

Como quiera que, por su importancia, la mayoría de los artículos del programa aprobado constituyen temas para ser estudiados detenidamente, se adopta la decisión de nombrar una serie de Subcomisiones encargadas de desarrollar el trabajo, y redactar las oportunas conclusiones que entregarán al Presidente de la Comisión. Este, con las colaboraciones que estime necesarias se encargará de refundirlas en un texto único provisional, en el cual recogerá también las sugerencias, verbales o escritas, que se le hagan. Terminado el citado texto, se someterá a nueva discusión en una reunión posterior y, con las modificaciones que se acuerden, se redactará la Propuesta de Normas definitiva que será presentada a la Asamblea de la A.E.H.P. que, en el próximo mes de Noviembre, se celebrará en Barcelona.

En principio, y sin perjuicio de que, en el futuro, puedan agregarse a ellas todos aquellos a quienes pueda interesar el tema, las diferentes Subcomisiones quedan integradas por los siguientes señores:

Subcomisión para el estudio de los Artículos 1º y 2º - Apartado B):

Sr. Calleja y Sr. La Torre.

Subcomisión para el estudio de los Artículos 4º, 5º, 6º y 7º - Apartado E

Sr. Echevarría, de "Forjas Alavesas", Sr. Páez y Sr. Yus.

Subcomisión para el estudio del Artículo 8º --Apartado B):

D. Rafael de Felipe, Sr. Fernández Oliva, D. Demetrio Gaspar,  
Sr. Lahuerta y Sr. Puerta.

Subcomisión para el estudio del Artículo 10º --Apartado C):

Sr. Martino y Sr. Navarro.

Subcomisión para el estudio del Artículo 11º --Apartado C):

Sr. Calvo y Sr. Santillán.

Subcomisión para el estudio del Artículo 12º --Apartado C):

Sr. Lahuerta y Sr. Yus.

Subcomisión para el estudio del Artículo 13º --Apartado C):

Sr. Basabe, Sr. Calleja, Sr. Calvo y Sr. La Torre.

Subcomisión para el estudio del Artículo 14º -- Apartado C):

Sr. Lahuerta y Sr. Piñeiro.

Subcomisión para el estudio del Artículo 15º -- Apartado C):

Sr. Ibáñez y Sr. Valdés.

Subcomisión para el estudio del Artículo 16º -- Apartado D):

Sr. Cassinello, Sr. Martino, Sr. Páez, Sr. Piñeiro y Sr. Val-  
lagut.

No se nombran Subcomisiones para el estudio de los artículos  
3º (Aridos) y 9º (Agua), por estimar que, para su redacción, puede tomarse  
se como base el correspondiente articulado de la actual Instrucción H.  
58, del I.T.C.C., donde estos temas aparecen tratados con toda amplitud  
y rigor, por lo que sólo será necesario una pequeña labor de adaptación  
para la cual no se considera preciso nombrar ninguna Subcomisión.

Acordada la formación de estas Subcomisiones, se dió por terminada esta primera Reunión.

En la segunda Reunión, presidida por el Sr. Fernández Huidobro, se destacó, en primer lugar, la necesidad de editar un manual Catálogo que recoja, normalizada y ordenadamente, la literatura expuesta en el sin fin de folletos y catálogos de viguetas pretendidas que actualmente existen y que son origen de un gran confusiónismo a causa de los distintos criterios seguidos en su redacción. A este objeto se dirigirá una circular a todas las fábricas, esperando envíen los datos que se les pide, a la mayor brevedad posible.

A continuación se da lectura al programa propuesto para las "Normas sobre colocación de viguetas" cuya redacción está encomendada a la segunda Comisión. Dicho programa es el siguiente:

PROGRAMA DE NORMAS PARA LA COLOCACION EN OBRA DE LAS VIGUETAS DE HORMIGON  
PRETENSADO

Estas Normas comprenderán los siguientes apartados:

- A.- Recepción de material en obra, y ensayos.
- B.- Colocación en Obra.
- C.- Ensayos.

A.- Recepción de material en obra

- 1º Revisión de las características de las viguetas recibidas de acuerdo con los vales o documentos de entrega (comprobación de las señales de garantía, marcas de posición, de resistencia, e indicaciones especiales, de acuerdo con los pedidos y señales de control de fábrica).
- 2º Apilado de las viguetas en la obra en la posición correcta. (Defectos de Apilado).
- 3º Su transporte, manipulación en obra, y elevación. (Forma de suspenderlas de acuerdo con su clase y características especiales).
- 4º Ensayos en obra.- Conveniencia de construir en obra una muestra de forjado con las viguetas recibidas, dispuestas como han de trabajar en obra.- Ensayos de voladizos.- Determinación de la carga de rotura del elemento probado, para comprobar el coeficiente de seguridad previsto.- Ensayos parciales con pares de viguetas sin entrevigado forjado, si no se ha previsto la colaboración del forjado en la resistencia.- Forma de efectuar la carga, y la medición de flechas y recuperación elástica.- Ensayos de empotramiento.- Ensayos de fisuración bajo carga y estudio de la distribución de fisuras a lo largo de la viga.

B.- Colocación en obra

- 1º Apoyo en muros.- Espesor de los muros según la luz de carga.- Entrega en los muros y enrase de los mismos para formar los apoyos.- Entrevigado de ladrillo u hormigón.- Prohibición - salvo casos especiales a justificar - de colocar

a tope los extremos de viguetas de crujiás sucesivas para evitar cizallamientos en la coronación de los muros de ladrillo.- Defectos de los extremos de las vigas en su ala de apoyo.- Posible aprovechamiento.

- 2º Apoyos sobre piezas zunchadas de hormigón.- Armaduras salientes.- Su longitud para la debida trabazón con el zuncho del hormigón.- Empotramiento en carreras.- Armaduras adicionales en el empotramiento.- Armaduras colocadas previamente en las viguetas.- Armaduras adicionadas en obra.- Medidas para asegurar la colocación de estas armaduras.- Apoyo de hormigón de las viguetas en la viga carrera. Longitud necesaria.- Vigas sostenidas solamente por sus alambres salientes.
- 3º Apeos.- Necesidad de apea las viguetas de luz igual o superior a los 3 m.- Apeos de las vigas de sección especial que sirven únicamente de armadura tendida.- Apeos de voladizos.- Apeos en los encofrados de vigas y carreras.
- 4º Entrevigados.- Tipos de entrevigados apropiados: tableros de cerámica; bovedillas de cerámica, de hormigón de escoria, de mortero; piezas especiales.- Sus cualidades mínimas de resistencia, según se consideren como encofrado perdido o como parte resistente del forjado.- Losas de hormigón con armadura y su unión a la vigueta.- Colocación de bovedillas en toda la zona de forjado, para impedir el vuelco, tanto de las viguetas interiores como de las extremas del tramo.
- 5º Hormigonado del forjado: necesidad de evitar el paso de cargas móviles durante el hormigonado.- Colocación de ar-

maduras adicionales.- Distinción entre forjados inertes y forjados resistentes. Su dosificación en uno u otro caso.

- 6º Voladizos: Determinación de la longitud posible del voladizo teniendo en cuenta las armaduras interiores de la vigueta o las suplementarias colocadas en el hormigón de relleno.- Sección de hormigón necesaria en la parte inferior del forjado.- Soluciones para el caso en que el voladizo ancle su parte posterior en el forjado: Relleno de los huecos entre viguetas con hormigón, en lugar de bovedillas: Empleo de armaduras salientes en las viguetas para formar una losa de hormigón. Solución de losa de hormigón sin viguetas.

### C.- Ensayos

- 1º Ensayos de forjados.- Cargas de cálculo y cargas en obra.- Coeficiente de seguridad.- Flechas mínimas.- Ensayos con cargas concentradas o repartidas, vibraciones e impactos mínimos.
- 2º Consideración de cargas adicionales en obra.- Cargas excesivas. Plazos de apeo.- Resistencias de los hormigones o morteros de relleno y zonas previstas de compresión.
- 3º Roturas.- Inspección de la longitud de los apoyos, y de las características de los muros o estructuras de apoyo.- Deformaciones de las vigas y carreras de apoyo.- Cargas de ruina.- Examen de materiales: Hormigón: análisis químico del cemento; análisis, limpieza y granulometría de los áridos.- Acero: análisis químico de acuerdo con los de las Normas de Fabricación.- Inspección de la colocación en obra

de las viguetas. Zonas de tracción y compresión.- De la colocación de bovedillas y materiales de relleno.

A continuación se procedió al nombramiento de las Subcomisiones que han de encargarse del estudio y redacción de cada uno de los apartados contenidos en estas Normas.

Para el estudio del apartado A) se nombró una Subcomisión formada por los Sres: Cassinello, Martino, Páez, Piñeiro y Vilagut.

Para el estudio del Apartado B), la Subcomisión estará formada por los Sres: Baselga, Calvo, Cassinello, Fernández-Oliva, Lahuerta, Puerta y Yus, auxiliados por los Sres. Martino y Rodríguez, en el Tema de "entrevigados"; y por el Sr. Páez, en el de "vcladizos".

El estudio y la redacción del apartado C) será realizado por la misma Subcomisión que ha de ocuparse del problema de los ensayos en las Normas de Fabricación, es decir, por los Sres: Cassinello, Martino, Páez, Piñeiro y Vilagut.

Seguidamente se destacó la conveniencia de adoptar una notación y nomenclatura especial para designar los diferentes tipos de viguetas, notación que, junto con la marca, deberá grabarse sobre las piezas.

Al final de esta Sesión se acordó que las Reuniones de ambas Comisiones se celebrasen, cada quince días, los lunes a las 4 de la tarde, y el Presidente, que agradeció a los asistentes su colaboración, recomendó a todos la necesidad de dar empuje a los trabajos emprendidos, para su más rápida y feliz coronación.

En la siguiente Sesión, presidida por los Sres. Yus y Piñeiro, en ausencia de los Sres, Fernández Huidobro y Cassinello, el Sr. Yus

expuso, para su discusión, el programa propuesto en la primera reunión para las Normas sobre "Fabricación de viguetas". Al propio tiempo se informa también de los Sres. que se han agregado a las distintas Subcomisiones encargadas de estudiar cada uno de los puntos o apartados del mencionado programa.

En un animado coloquio en el que intervienen la mayor parte de los reunidos, se va pasando revista a los diferentes puntos del programa, discutiéndose especialmente, sobre los apartados que hacen referencia al empleo de los cementos aluminosos, y del cloruro cálcico como producto de adición.

Entre los acuerdos adoptados merecen destacarse los siguientes:

Solicitar del Sr. Molins indique las condiciones óptimas para la utilización del cemento aluminoso en la fabricación de viguetas pretensadas.

Dirigir una petición análoga a algún fabricante extranjero del mismo producto que bien pudiera ser "Cementos Lafarga", de Francia.

Pedir al Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento un informe sobre las características que se exigen a este tipo de cemento en el nuevo Pliego de Condiciones de Aglomerantes.

Consultar la información bibliográfica disponible en el citado Instituto para ver si existe alguna norma en el extranjero sobre el empleo del cemento aluminoso en la fabricación de viguetas pretensadas y, en general, sobre la fabricación de estas viguetas.

Se acuerda también que el Artículo 15º del apartado C) quede redactado en la siguiente forma:

15º.- Distribución de armaduras, adherencia y recubrimientos

Finalmente, se informó de que el Sr. Navarro queda agregado a las Subcomisiones encargadas del estudio de los artículos 13º y 15º - del apartado C); el Sr. Fernández Oliva a la designada para el estudio - del Artículo 14º, apartado C); y el Sr. Aguinaga a la del Artículo 16º de apartado D).

En consecuencia, las subcomisiones para el estudio de los artículos 13º, 14º, 15º y 16º quedan integradas por los siguientes señores:

Subcomisión para el estudio del artículo 13º - Apartado C):

Sr. Basabe, Sr. Calleja, Sr. Calvo, Sr. La Torre y Sr. Navarro.

Subcomisión para el estudio del Artículo 14º - Apartado C):

Sr. Fernández Oliva, Sr. Lahuerta y Sr. Piñeiro.

Subcomisión para el estudio del Artículo 15º - Apartado C):

Sr. Ibáñez, Sr. Navarro y Sr. Valdés.

Subcomisión para el estudio del Artículo 16º - Apartado D):

Sr. Aguinaga, Sr. Cassinello, Sr. Martino, Sr. Páez, Sr. Piñeiro y Sr. Vilagut.

Después de adoptados estos acuerdos, y dado lo avanzado de la hora, se suspendió la Sesión. El Sr. Yus pronunció unas palabras para agradecer a todos los presentes su colaboración y exhortarles a que continúen adelante con sus trabajos, con el mayor entusiasmo.

La última Reunión-celebrada antes de iniciarse el período de vacaciones anuales reglamentarias y con la cual se da fin a esta infor-

mación estuvo presidida por el Sr. Fernández Huidobro.

En ella se informó, en primer lugar, de la imposibilidad práctica con que ha tropezado el Sr. Cassinello al intentar ordenar y normalizar los datos y características de todas las viguetas existentes en el mercado, debido a la gran diversidad de criterios con que los fabricantes redactan sus folletos y catálogos. En consecuencia-- y al objeto de hacervible esta labor --se acuerda adoptar, en principio, como cuadro tipo de características, el propuesto por el Sr. Lahuerta en su artículo "Cómo calcular las viguetas de hormigón.- I. Características de las viguetas", publicado recientemente en la revista de Arquitectura. Dicho cuadro-- que es el que figura al final de este Boletín -- se enviará a todos los fabricantes, para que ellos mismos lo rellenen y devuelvan después al Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.

Fundándose en las mismas razones, se apunta la posibilidad de solicitar de la Dirección General de Economía y Técnica de la Construcción dependiente del Ministerio de la Vivienda que se adopte, de un modo oficial, el cuadro tipo antedicho, como uno de los documentos que los fabricantes deben presentar en el momento de solicitar la autorización de fabricación correspondiente. Igualmente, se estima interesante obtener una copia de cada una de las Memorias, de los proyectos de fabricación de viguetas, presentadas hasta la fecha en la Dirección General antedicha.

El Sr. Martino hace ver la conveniencia de que, en las Normas se incluyan algunas indicaciones sobre la forma en que deben realizarse -- los cálculos de las viguetas, para evitar las inexactitudes y exageraciones en que, con demasiada frecuencia, incurren los fabricantes. Aun comprendiendo la dificultad del tema, dada la gran variedad de métodos de cálculo que pueden utilizarse, se acuerda someter a estudio este problema, -- con el fin de poder incluir en las Normas algunas directrices generales, aunque sólo sea con carácter puramente recomendativo.

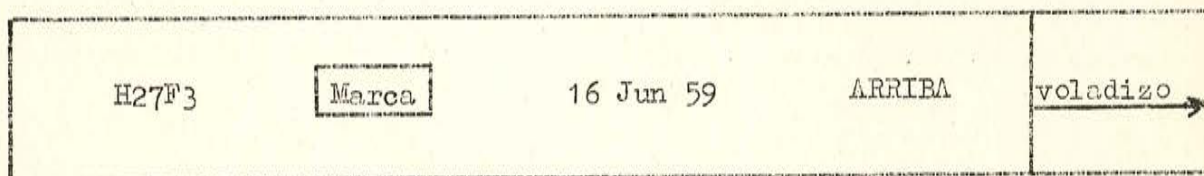
A continuación, se pasa al estudio del Apartado A)-"Recepción de material en obra" --del programa de Normas formulado por la Segunda Comisión.

En relación con el punto 1º--y después de una amplia discusión en la que intervienen la mayor parte de los reunidos, sobre las marcas y señales que deben llevar las viguetas y la forma en que dichas marcas deben fijarse sobre las piezas--se aprueban las siguientes conclusiones:

a) Cada vigueta deberá llevar grabado la marca y el tipo a que pertenece, de acuerdo con lo que en el correspondiente catálogo se indique. Este grabado podrá hacerse con cuño, una vez endurecido el hormigón (aunque resulta difícil precisar el momento oportuno para la aplicación del cuño), o, simplemente, disponiendo las adecuadas matrices en cualquiera de las caras del molde.

b) Las restantes marcas--como, por ejemplo, la leyenda "ARRIBA"--deben señalar la cara superior; la indicación del voladizo, si lo hay, y la sección en donde comienza; la fecha de fabricación de la pieza; etc. Podrán ir marcadas, simplemente, con tampón.

c) A título de ejemplo aclaratorio, a continuación se indica el esquema, en planta, de como puede aparecer la cara superior de una vigueta:



Estas conclusiones deberán ser tenidas en cuenta, por la Subcomisión encargada de redactar el artículo 14 de las Normas de Fabricación "Procedimientos para la ulterior identificación del tipo de vigueta", en el momento de emitir su informe .

Con relación al punto 2º, hace resaltar, el Sr. Lahuerta, que los esfuerzos perjudiciales a que puede dar lugar un mal apilado son más peligrosos que los originados durante el transporte. Tras una breve intervención de los Sres. Martino y Baselga, se acuerda que las viguetas deben apilarse sobre dos durmientes, colocados a los tercios de la luz, cuidando de que todos los durmientes de una pila se encuentren en la misma vertical, y de que las viguetas estén en posición normal y no invertida, lo que resultará fácil de comprobar teniendo en cuenta que, estando las piezas debidamente colocadas, podrán leerse las marcas impresas en su cara superior.

A continuación se discute el punto 3º, subrayando, primeramente, el Sr. Baselga, la conveniencia de definir claramente el concepto de "vigüeta dañada", en relación con la posición y magnitud de las fisuras, y otros detalles que puedan fijarse. Como quiera que este tema exige un estudio más detenido, se acuerda aplazar su discusión.

En cuanto al transporte y manipulación de las piezas, se empieza por discutir hasta donde alcanza la responsabilidad del fabricante y en donde empieza la del constructor, en relación con el transporte de fábrica a obra de las viguetas. El Sr. Martino informa que, en la zona de Cataluña, existe la costumbre de que dicho transporte sea por cuenta y riesgo del fabricante. Por el contrario- y según manifiesta el Sr. de La Torre- en Andalucía, Extremadura, y Centro, estos riesgos corren a cargo del constructor. Después de intervenir el Sr. Aguinaga se llega a la conclusión de que las Normas deben limitarse, sólomente, a prescribir las condiciones en que debe realizarse el transporte y manipulación de las viguetas, ya que la delimitación de responsabilidades es una cuestión, de contrato directo, a dilucidar entre el fabricante y el consumidor.

El Sr. Baselga estima que debería cuidarse de que, en todo momento, las viguetas se encuentren trabajando en las condiciones más

adecuadas. Así, por ejemplo, si durante su transporte en camión, la longitud del vuelo es tal que, el momento originado en el voladizo, resulta superior al momento en el centro de la luz, deberían colocarse las piezas con la cabeza de tracción hacia arriba.

Después de varias intervenciones sobre las precauciones que deben tomarse durante la manipulación en obra de las piezas, se llega a la conclusión de que, como norma general, las viguetas deberán estar calculadas para poder resistir, en cualquier posición, los esfuerzos que en ellas puedan originarse durante su transporte y colocación, siempre que estas operaciones se realicen de forma lógica, con arreglo a las prácticas normales. Y concretando más sobre este mismo tema se acuerda que, a estos efectos, se clasifiquen las piezas en los tres grupos siguientes:

1º.- Viguetas corrientes, de uso en obras de tipo normal. Estas viguetas deberán poder manejarse, en cualquier posición lógica, sin que sufran perjuicio alguno.

2º.- Viguetas especiales, provistas de ganchos u otros dispositivos adecuadamente dispuestos para su manipulación. En estos casos, el fabricante vendrá obligado a poner en conocimiento del usuario las instrucciones precisas para que, el transporte, elevación, y colocación de las piezas, se realice conforme a lo previsto.

3º.- Viguetas cuya colocación haya de realizar el propio fabricante. En estos casos, como es el propio fabricante el que asume toda la responsabilidad no será necesario imponer condición alguna.

Se pasa, finalmente, al estudio del punto 4º, relativo a los ensayos en obra. Ante todo, se hace constar que como quiera que, en último término, es el Pliego de Condiciones particular de la obra el que debe estipular las pruebas que en cada caso han de hacerse, las prescripciones que se incluyan en este apartado sólo podrán tener el carácter de

recomendaciones cuya observancia será totalmente potestativa.

Se discuten, ampliamente, las condiciones en que deben realizarse los ensayos y, aun cuando no se llega a ningún acuerdo definitivo, quedan iniciadas las siguientes orientaciones:

Las viguetas se ensayarán construyendo con ellas un forjado, para que trabajen en las mismas condiciones en que lo harán en la obra. Después, se les someterá a una carga creciente, desde cero hasta alcanzar la carga de trabajo prevista, midiéndose las flechas correspondientes. Se medirán, también, la magnitud de la flecha recuperada al descargar y el tiempo invertido en la recuperación.

El Sr. Lahuerta recomienda que la relación entre flecha y luz de la pieza no exceda de  $\frac{1}{250}$ , cuando el forjado trabaje en colaboración con la vigueta; y de  $\frac{1}{320}$ , cuando la vigueta trabaje aisladamente.

En cuanto a los ensayos a rotura que es necesario realizar, sobre un número limitado de piezas, con el fin de poder comprobar si las características resistentes del material recibido concuerdan con las indicadas por el fabricante, se hace notar que no resulta fácil poder disponer en obra del adecuado dispositivo de carga, ya que éste debe ser sencillo y exacto y, al mismo tiempo, capaz de originar unas sollicitaciones de la magnitud suficiente para alcanzar la rotura de la vigueta. Por otra parte, se hace preciso fijar un valor determinado para el coeficiente de seguridad, en rotura, que deben poseer las piezas; y sobre la magnitud de este coeficiente existen diversas opiniones: así, por ejemplo, el Sr. Aguinaga defiende que no debe exceder de 2, mientras que a juicio del Sr. Lahuerta debería adoptarse el valor 2,4.

Como acuerdo final de esta reunión debe anotarse la propuesta, aprobada por unanimidad, de que en el seno de cada una de las distintas Subcomisiones designadas sea elegido por sus miembros, y de entre --

ellos, un presidente que sea el encargado de organizar, dirigir y coordinar la labor de equipo.

Después de adoptado este acuerdo y dado lo avanzado de la hora -- el Sr. Fernández Huidobro levanta la sesión, agradeciendo a todos su colaboración y anunciando que, con motivo de las vacaciones anuales reglamentarias, se suspenden las reuniones hasta después del verano. Oportunamente, se anunciará la fecha de la primera Reunión.

## COMUNICACIONES DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DEL PRETENSADO

Periódicamente, la Secretaría de la F.I.P. nos envía diversas comunicaciones, con el ruego de que demos a las mismas la mayor publicidad posible y las traslademos, especialmente, a todos los miembros de la Asociación Española del Hormigón Pretensado, para su debido conocimiento.

Como medio más rápido y eficaz para dar cumplimiento a lo que nos solicitan, se ha decidido proceder a su publicación en las últimas páginas de nuestro Boletín que a tal efecto, en lo sucesivo, quedarán reservadas para este fin.

De conformidad con este acuerdo, a continuación se incluyen las dos comunicaciones últimamente recibidas.

### Informe sobre la VI Reunión del Consejo Administrativo de la F.I.P.

El sábado 27 de Junio de 1959, se ha celebrado, en Madrid, en el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, la VI Reunión del Consejo Administrativo de la Federación Internacional del Pretensado.

A dicha Reunión asistieron diez miembros del Consejo, y en ella fueron adoptados los siguientes acuerdos:

1º.- Quedan admitidos como miembros de la Federación Internacional del Pretensado, las Organizaciones que a continuación se indican:

Instituto del Cemento Portland Argentino  
Calle San Martín, 1.137  
Buenos Aires

Cement and Concrete Association of Australia  
Yorkshire House  
14 Spring Street  
Sydney

Grupo Chileno para la difusión del Hormigón Precomprimido  
Manuel Carvallo, 771  
Santiago de Chile

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.  
Bolivar, 23 (309)  
México 1, D.F. México

Norsk Betongforening  
Kronprinsengate, 17  
Oslo, 9.- Noruega

2º.- IV Congreso de la Federación Internacional del Pretensado.

Se acuerda que el IV Congreso de la F.I.P. se celebre en Roma, o Nápoles, en Junio o Julio de 1962. Los temas de estudio para dicho Congreso, serán los siguientes:

- 1).- Resultados obtenidos en ensayos realizados a partir de Enero de 1958.
- 2).- Problemas y dificultades de toda índole con que se tropieze en las obras; remedios y soluciones; incidentes y accidentes (Se consideran incluidos en este apartado todos los problemas relativos a la resistencia al fuego, al pandeo, la corrosión bajo tensión, etc.).

- 3).- Prescripciones sobre seguridad, pretensados parciales, hormi  
gones ligeros, etc., contenidas en las Instrucciones vigentes  
actualmente en los diferentes países, y que limitan el dimen  
sionamiento económico de las estructuras de hormigón preten  
sado.
- 4).- Progresos obtenidos en la prefabricación en taller y en lo re  
lativo a Normas, a partir de Enero de 1958.
- 5).- Estructuras de hormigón pretensado, construidas con posterio  
ridad a Enero de 1958 y que ofrezcan alguna característica  
de interés.
  - a) Puentes, viaductos y carreteras elevadas.
  - b) Edificios y otras estructuras.

Únicamente serán admitidas aquellas comunicaciones que sean  
remitidas a través de los diferentes Grupos Nacionales afiliados a la -  
F.I.P. y en las cuales se informe sobre resultados experimentales, pro  
gresos notables, o sucesos importantes, acaecidos con posterioridad a Ene  
ro de 1958.

Los seis idiomas oficiales de la F.I.P. serán: Alemán, Espa  
ñol, Francés, Inglés, Italiano y Ruso.

Posteriormente, se publicarán detalles complementarios sobre  
la celebración del citado Congreso.

## COMUNICACIONES DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DEL PRETENSADO

Réplica presentada por la Empresa "Le Cable-Sandwich", de Bélgica, a las críticas a su sistema de pretensado, contenidas en el Informe General de M. Dumas, sobre el Tema IV del pasado III Congreso de la F.I.P. celebrado en Berlín

El Comité Ejecutivo de la Federación Internacional del Pretensado, ha accedido a que respondamos por escrito a las críticas formuladas por M. Dumas, en el Informe General por él presentado, durante los días 6 y 8 de Mayo de 1958, al III Congreso Internacional de Berlín. Las críticas se refieren, por una parte, al trabajo titulado "Algunas aplicaciones recientes de los cables exteriores, en Bélgica", presentado por nuestro asociado y colaborador M. Jacques Robin, y, por otra, al sistema BLITON, del cual somos los concesionarios generales. Hemos de advertir que, durante la celebración del Congreso, los autores de los trabajos no fueron autorizados a responder a las críticas expuestas en el citado Informe General correspondiente al Tema IV.

Nuestra respuesta aparece subdividida en varios apartados cuyos títulos resumen, de modo abreviado, los párrafos del Informe General que consideramos equivocados.

- 1.- La fabricación de vigas con cables exteriores, no es más económica que la de las vigas cuyos cables van introducidos en el interior de la pieza.

En la mayoría de los casos, la sección transversal de las vigas de hormigón pretensado es lo más reducida posible. Casi siempre se adopta, para estas piezas, la clásica sección en doble T. Es evidente que el hormigonado del alma de estos elementos, ha de ser mucho más fácil si se elimina el obstáculo constituido por el entubado para la armadura en el interior de la viga.

Por otra parte, el propio M. Dumas reconoce esto mismo en la

página 94 de su citado Informe General. Después de poner de relieve las precauciones que exige la presencia de cables durante el hormigonado, escribe:

"En cualquier caso, constituyen un obstáculo, y si el número de cables resulta un poco elevado en relación con el espesor del alma de la pieza, existe el peligro de que se formen coqueas, las cuales, en el momento del pretensado, pueden dar lugar a que se origine un empuje lateral desequilibrado, capaz de ocasionar la rotura de la viga. Tenemos de ellos ejemplos indiscutibles".

Y en la página 160, añade:

"En nuestras propias obras nos hemos visto, a menudo, perturbados por la presencia de los cables, especialmente cuando la luz de la viga era superior a los 50 m, lo cual nos obligó, en algunas ocasiones, a aumentar las secciones, con el consiguiente aumento del peso propio, con el fin de dejar entre los cables el espacio suficiente para poder realizar un correcto hormigonado".

2.- La construcción de vainas perfectamente estancas no supone, actualmente, problema alguno.

Efectivamente, la técnica constructiva de las vainas ha experimentado, en los últimos tiempos, considerables progresos. Pero conviene no olvidar que dichas vainas, no sólo han de ser absolutamente estancas, sino que además deberán mantenerse así permanentemente. Por ello, es imprescindible adoptar las necesarias precauciones, tanto durante la colocación de las vainas como durante el hormigonado de la viga, con el fin de evitar cualquier deterioro. Evidentemente, la supresión de las vainas elimina completamente estos inconvenientes.



3.- Los cables exteriores se corren con mayor facilidad que los interiores.

Ante todo, debemos aclarar que, en todas las obras que construimos con cables exteriores, los alambres se recubren con un mortero constituido por cemento y arena gruesa. Tanto cuando los cables van colocados en el interior de una viga hueca (vigas de sección en cajón) como cuando se sitúan en el exterior, a ambos lados del alma de la pieza, su protección se efectúa de la misma manera, sin que, en ninguno de los casos, ello represente problema alguno. Esta protección se realiza mediante mortero de excelente calidad, sin que sea necesario recurrir, como en el caso de cables interiores, al empleo de pastas lo suficientemente fluidas para que puedan ser inyectadas en el interior de los conductos. La impecable ordenación de los alambres - característica esencial del procedimiento BLATON - asegura la fácil penetración del mortero que los recubre perfectamente. Una ligera vibración - que resulta inofensiva para los alambres - facilita aún más la obtención de un perfecto recubrimiento. La experiencia así lo demuestra. En una serie de obras, tanto con vigas cajón como con elementos con cables exteriores, algunas de las cuales han sido construidas hace más de diez años, hemos realizado una cuidadosa investigación y comprobado que si el recubrimiento de los cables, con mortero, alcanza un espesor suficiente, la protección que se obtiene puede considerarse totalmente satisfactoria. Como resultado de esta investigación hemos adoptado las siguientes normas: en las piezas que hayan de quedar expuestas a la intemperie, el recubrimiento mínimo de los alambres ha de ser de 3 cm; en los demás elementos, basta con 2 centímetros.

4.- En los puntos en que cambia la dirección de los cables, aparecen en los alambres esfuerzos secundarios importantes.

A primera vista, parece lógico preguntarse si no disminuirá la resistencia en tracción de los alambres en aquellos puntos en que el trazado de los cables experimenta una desviación brusca.

Cualquier ensayo que se realice con una placa sandwich dará la adecuada respuesta a tal pregunta. En efecto, las cuñas imponen a los alambres, a la salida de la placa sandwich, una dirección que forma con el eje de la ranura un ángulo de  $4^{\circ}45'$ .

El gran número de ensayos a rotura realizados sobre grupos de 8 alambres anclados en una placa sandwich, ha demostrado que los alambres se rompen, generalmente, en las proximidades de las cuñas, pero bajo una carga igual a la de rotura de los alambres rectilíneos.

La tangente de  $4^{\circ}45'$  es igual a 0,083; y en la práctica, en el caso de cables poligonales, no suele pasarse de este ángulo.

Lo mismo ocurre, por otra parte, en los sistemas de pretensado, a base de conos de anclaje. Los alambres que vienen rectos, al llegar al anclaje experimentan un cambio de dirección para seguir las paredes del cono. Sin embargo, hasta ahora - y con razón - a nadie se le ha ocurrido pensar que ello pudiera ser causa de una pérdida de resistencia.

Finalmente, debe hacerse notar que las desviaciones que experimentan los cables poligonales no son más bruscas que las que sufren los alambres en los anclajes de los sistemas basados en el rozamiento.

5.- Las pérdidas de pretensado originadas por el rozamiento, no se reducen en el caso de cables exteriores.

En comparación con los cables interiores, los exteriores acusen una disminución de rozamiento que de ninguna manera puede considerarse despreciable. En el caso de cables exteriores horizontales, las pérdidas de pretensado por rozamiento son totalmente nulas. Por lo que respecta a los cables exteriores poligonales, es evidente que el rozamiento total originado por el contacto entre metal y metal en algunos puntos (como término medio, 4 puntos, solamente, por viga), ha de ser inferior

al de un cable en contacto con su vaina a lo largo de toda la viga, aunque sólo sea por la ausencia de rozamiento a lo largo de los tramos rectos del trazado de los cables exteriores.

6.- El coeficiente de seguridad a la rotura, en las vigas con cables exteriores, es inferior al de los elementos con cables interiores.

La ausencia total de adherencia entre los alambres y el hormigón, dá lugar a una reducción en el momento flector de rotura. La magnitud de esta reducción la fijan los diversos autores en cantidades que varían ampliamente, llegando algunos a proponer hasta un 30%.

No debe olvidarse, sin embargo, que en el caso de vigas construídas con cables exteriores por el sistema BLATON, existe siempre un cierto enlace entre los alambres y el hormigón, bien sea mediante las grapas que se colocan en los puntos en que se produce un cambio de dirección (y quedan embebidas, junto con los alambres, en el mortero de protección o bien a través de los diafragmas transversales de rigidez. Sin necesidad de que estos enlaces sean capaces de resistir esfuerzos cortantes muy elevados, la resistencia de la viga puede llegar a igualar a la de piezas análogas con cables adheridos.

En la comunicaci3n presentada por los Sres. Gifford y Leonard al Congreso del Hormig3n Pretensado celebrado en San Francisco en Julio de 1957, se indica, al hablar de las estructuras construídas, con cables exteriores, en Inglaterra y Alemania, que seg3n se deduce de los oportunos ensayos efectuados, es posible evitar cualquier disminuci3n en el momento flector de rotura utilizando sencillos y poco costosos dispositivos.

En febrero de 1958, se realizaron unos ensayos de esta clase, en la Universidad de Gante, utilizando tres vigas de longitud, secci3n transversal y armaduras de pretensado, idénticas.

La viga N<sup>o</sup> 1, se pretensó mediante un cable interior, constituido por 20 alambres de 7 mm de diámetro, inyectado después de realizado el tesado.

La viga N<sup>o</sup> 2 se pretensó mediante dos cables exteriores, cada uno de ellos formado por 10 alambres de 7 mm de diámetro y unidos al alma de la viga por medio de una serie de grapas, colocadas, muy próximas unas a otras, y calculadas para que, una vez aplicada la capa de mortero de recubrimiento, fuesen capaces de absorber los esfuerzos cortantes desarrollados entre el alma y los cables.

Finalmente, la viga N<sup>o</sup> 3 era idéntica a la N<sup>o</sup> 2, pero en ella no se colocaron las grapas de enlace.

Las vigas 1 y 2 se rompieron bajo una carga, idéntica, de 18 t. Este resultado demuestra la equivalencia existente entre la pieza con cables interiores y la construida con cables exteriores unidos al alma de la viga, y confirma las afirmaciones de los Sres. Gifford y Leonhardt.

La viga N<sup>o</sup> 3 resultó ser la más resistente. Su rotura no se alcanzó hasta llegar a una carga de 19,8 t, es decir, un 10% superior, aproximadamente, a la de las vigas N<sup>os</sup> 1 y 2.

Nos resulta imposible, proceder aquí al análisis detallado de las consecuencias que cabe deducir de estos resultados; únicamente señalaremos que, según se ha podido comprobar, tales resultados no representan un simple hecho fortuito, sino que son consecuencia directa de las diferencias existentes en el mecanismo de rotura correspondiente a cada uno de los tipos de pieza experimentado.

En resumen, puede afirmarse que, de un modo sencillo y poco costoso, es posible conseguir, entre los cables exteriores y el hormigón, un enlace tan efectivo como en el caso de vigas con cables interiores. Pero, además, y según demuestran los ensayos, en la mayor parte de los casos,

ni siquiera es necesario este enlace suplementario.

7.- Los usuarios del sistema BLATON no se atreven a emplear los cables exteriores en la construcción de depósitos.

El Sr. Dumas cita un ejemplo de depósito construido en Gran Bretaña (depósito de digestión de cienos en RYE WEARS), en el cual el pretensado circunferencial ha sido realizado empleando cables enfundados.

A ello podemos responder que, sin salir de Gran Bretaña, los usuarios del sistema BLATON han construido, hasta ahora, más de cincuenta depósitos, en todos los cuales se ha utilizado un pretensado horizontal exterior. Cuarenta y tres de estos depósitos han sido descritos o mencionados por el Sr. R. F. T. Kingsbury en la "Revista C -- Tijdschrift" Nº 3, Vol. 1.

8.- Los anclajes del sistema BLATON se deterioran cuando se rompe algún alambre.

Sobre este particular, debemos manifestar, que los anclajes del sistema BLATON se ensayan en Laboratorio sometiéndolos a cargas crecientes, hasta alcanzar la rotura de los alambres. No se admite ninguna partida de anclajes más que cuando las piezas que han sido sometidas a ensayo han soportado la rotura de los alambres sin sufrir daño alguno. En el instante de la rotura, el deslizamiento que a consecuencia del choque experimentan las cuñas varía entre 4 y 8 milímetros.

En la práctica, las roturas de los alambres pueden producirse durante la operación de tesado. Se deben, generalmente, a defectos en el acero del alambre y, en realidad, sólo se producen en raras ocasiones. En los trece puentes últimamente construidos con destino a los primeros tramos de la nueva autopista que une Antwerp con Lieja, sólo se han registrado 4 casos de rotura de alambres, lo que representa una proporción

muy pequeña. En ninguno de estos casos, los anclajes han experimentado da  
ño alguno.

Debe hacerse notar que, gracias a la ordenación dada a los --  
alambres en el cable, por medio de las parrillas de los separadores, situa  
dos a intervalos regulares, es imposible que, cuando un alambre se rompe,  
pueda ocasionar perturbación o daño alguno en los alambres contiguos.

Recordamos, igualmente, que en nuestro sistema, el pretensado  
se efectúa por parejas de alambres. En consecuencia, no existe el peligro  
de que se produzca una sobretensión en alguno de los hilos, como puede ocu  
rrir utilizando otros sistemas en los cuales todos los alambres de un ca  
ble se tesan simultáneamente. Por ello, los casos de roturas de alambres  
son mucho más raros. Y, en la mayoría de las ocasiones, ha sido posible --  
sustituir el alambre roto sin necesidad de extraer el cable.

# VIGUETAS MODELO

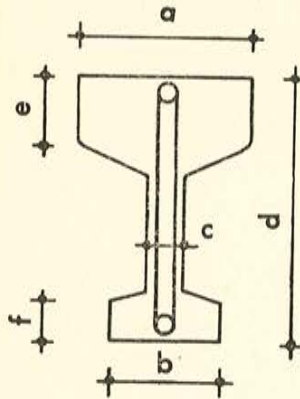
(NOMBRE COMERCIAL GENERAL)  
 (RAZON SOCIAL FABRICANTE - LOCALIDAD - DIRECCION)  
 (AGENTES DE VENTAS - REPRESENTANTES)

Extendida la autorización de uso por la Dirección General de (Arquitectura o Economía y Técnica de la construcción) en fecha .....

## DIMENSIONES FUNDAMENTALES

TIPO	Ancho cabeza a	Ancho base b	Ancho alma c	Canto d	Alto cabeza e	Alto base f	Armado		Estribos	

## CARACTERISTICAS



TIPO	Momento flector kgm	Módulo de empotrado fracción	Esfuerzo cortante útil kgm	Módulo de flecha m <sup>2</sup>

(RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS DE LOS HORMIGONES)

(CARACTERISTICAS DE LOS ACEROS DE LAS ARMADURAS)

(ESPACIO DEDICADO A PROPAGANDA)

(AL DORSO PROPAGANDA)

Une A4 297 x 210

CUADRO TIPO

