

UNIONES DE ELEMENTOS EN LAS ESTRUCTURAS PREFABRICADAS COMPUESTAS

Por CARLOS FERNANDEZ CASADO
y LUIS HUARTE GOÑI

Ingenieros de Caminos.

Como ya anunciábamos en el número de noviembre pasado, publicamos la comunicación presentada por los autores al Congreso de Puentes y Estructuras de Estocolmo, que complementa la presentada al Congreso de Hormigón Prefabricado celebrado en la misma ciudad.

Comunicación presentada al VI Congreso Internacional de Puentes y Estructuras, de Estocolmo

En la construcción de edificios industriales desde el año 1945, hemos utilizado la prefabricación en gran escala, generalmente para la construcción de las cubiertas, aunque en algunos casos hemos llegado a la prefabricación total de la superestructura. La planta industrial más importante ha sido la de laminación de la Siderúrgica de Avilés (ENSIDESA), donde la superficie total cubierta es de 135 300 m.², habiéndose prefabricado toda la cubierta y la mayor parte de las vigas, incluyendo las correspondientes a puentes-grúas de gran carga. Esto exigió la instalación de un taller de prefabricación en obra, que es el más grande de todos los instalados provisionalmente para edificación industrial (figs. 1.^a, 2.^a y 3.^a). Sólo ha sido superado por el taller de obra del puente Pontchartrain y quizá en la construcción de algún otro puente. La superficie total de la planta fué de 4.200 m.², con dos secciones, una para losas y otra para vigas, con instalación central de hormigón, que se consolidaba mediante vibración y aplicación de vacío. Se han fabricado 3.920 vigas de cubierta de 13 m. de luz media, 2.400 losas y 600 grandes vigas de puente-grúa.

Describimos a continuación los tipos característicos de uniones; primero, para continuidad de vigas bien totalmente prefabricadas o con partes *in situ*; a continuación, vigas con pilares, y por último, de viguetas sobre elementos principales, cerchas o arcos.

Vigas. Unión entre elementos prefabricados y elementos moldeados *in situ*.

En el enlace de los distintos elementos prefabricados y en el enlace de los prefabricados con los moldeados en su sitio, hemos empleado distintas soluciones a lo largo del tiempo. De ellas vamos a dar ahora las que juzgamos más eficaces.

En la figura 4.^a damos el sistema adoptado en las vigas de puente-grúa del taller de laminación de ENSIDESA. Se trata de vigas en naves de 30 m. de luz para puentes-grúas de 25 a 120 Tn., con luces variables entre 13 y 15 metros, ya que la separación de

pilares varía en las diversas zonas. La parte premoldeada comprende, aproximadamente, a los 3/5 de la luz, ya que la parte restante se ha construido *in situ*, utilizando el mismo andamio que servía para la ejecución de los pilares, que eran de gran sección y altura. Todos los elementos premoldeados tenían la misma longitud, variando la de las ménsulas construídas *in situ* para ajustarse a las diferentes separaciones de pilares. Con objeto de utilizar siempre el mismo juego de moldes, que eran metálicos y muy complicados para permitir la aplicación del vacío, se adoptó la misma sección doble T para todas las vigas, variando las armaduras, excepto en las de puentes-grúas de 100 toneladas y más, que se dejaron sin hormigonar las cabezas superiores, que se hacían *in situ*, enlazando dos vigas gemelas. Como se ve en la figura 5.^a, el enlace se hacía apoyando directamente la viga sobre las ménsulas, lo que asegura una buena transmisión de cargas, soldando las armaduras longitudinales superiores, para resistir tracciones y rellenando las juntas incluso con inyección final de mortero, para monolitismo y proteger el hierro de la oxidación. Como las naves tenían varias juntas de dilatación intermedias, éstas se disponían precisamente en uno de los apoyos de viga introduciendo entre los elementos un juego de placas de deslizamiento y no rellenando los espacios verticales. De este modo se consiguió establecer las juntas de dilatación sin duplicar pilares.

Vigas. Enlace entre dos elementos premoldeados.

En una nave industrial para fabricación de tractores (Metalúrgica Santana), en Linares, en la cual se hizo prefabricación de toda la estructura, existían dos vigas principales gemelas formando cumbrera y canalón de los dientes de sierra. Seccionamos las vigas, cortando por puntos de momento nulo en carga permanente, y de ese modo nos resultaron dos series de elementos, vigas trabajando como simplemente apoyadas en las zonas centrales y dobles ménsulas volando a ambos lados de los pilares de apoyo.

Las vigas de cumbrera y canalón tienen sección

TALLER DE PREFABRICACION DE LA NAVE DE LAMINACION DE ENSIDESA (AVILES)

Fig. 1.^a — Sección transversal.

Planta

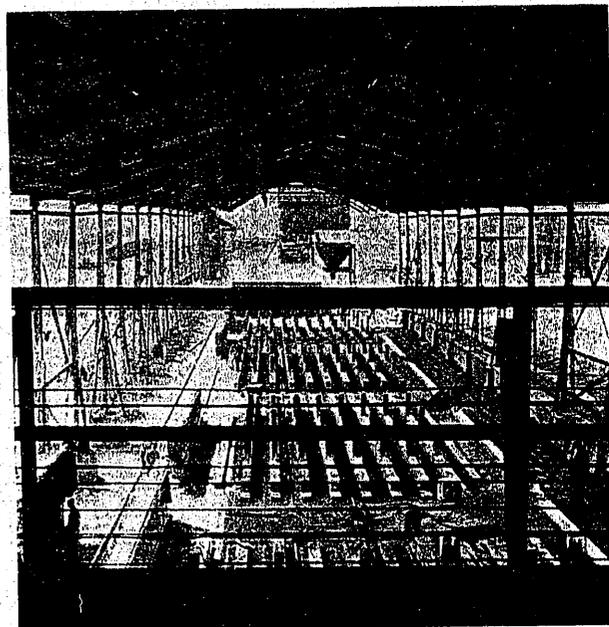
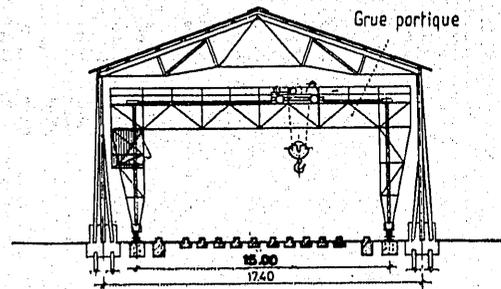
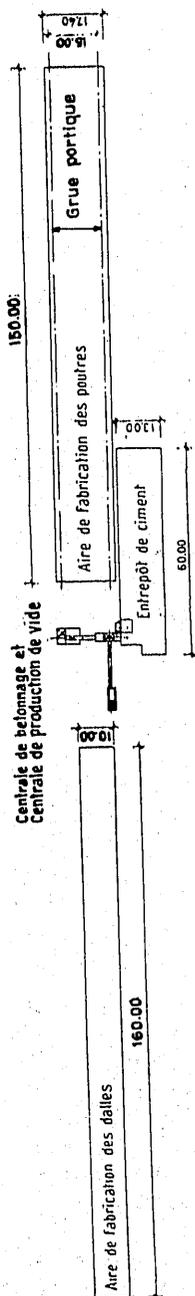


Fig. 2.^a — Taller de vigas.



Fig. 3.^a — Taller de losas.

ENLACE DE VIGAS PREFABRICADAS CON MENSULAS IN SITU ENSIDESA (AVILES)

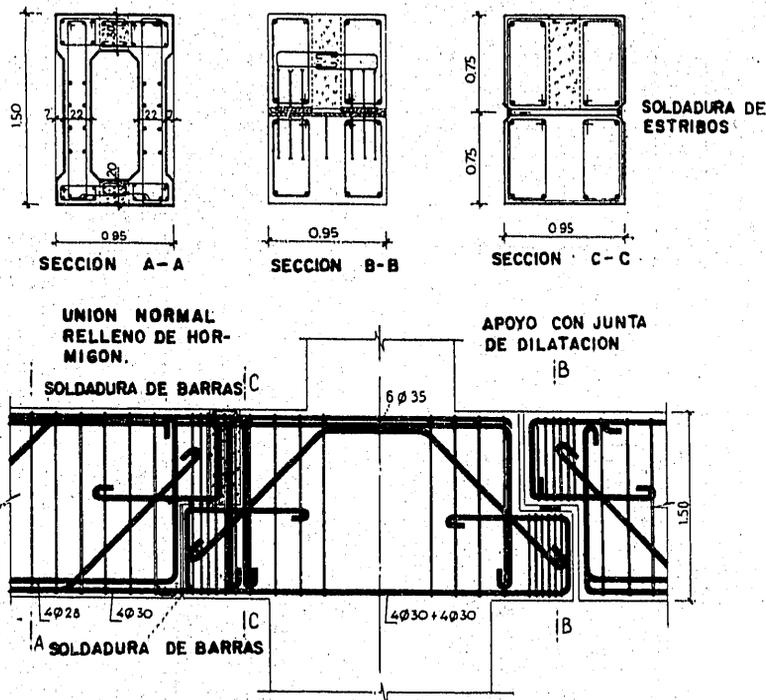


Fig. 4.^a - Detalle de las armaduras para unión de continuidad y para junta de dilatación.

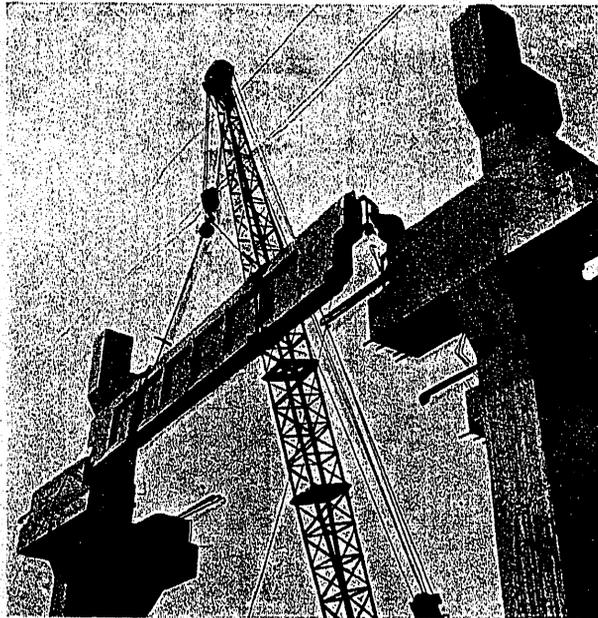


Fig. 5.^a - Montaje de la viga sobre las dos ménsulas.

ENLACE DE CONTINUIDAD DE VIGAS PREFABRICADAS NAVES DE SIDERURGICA SANTANA (LINARES)

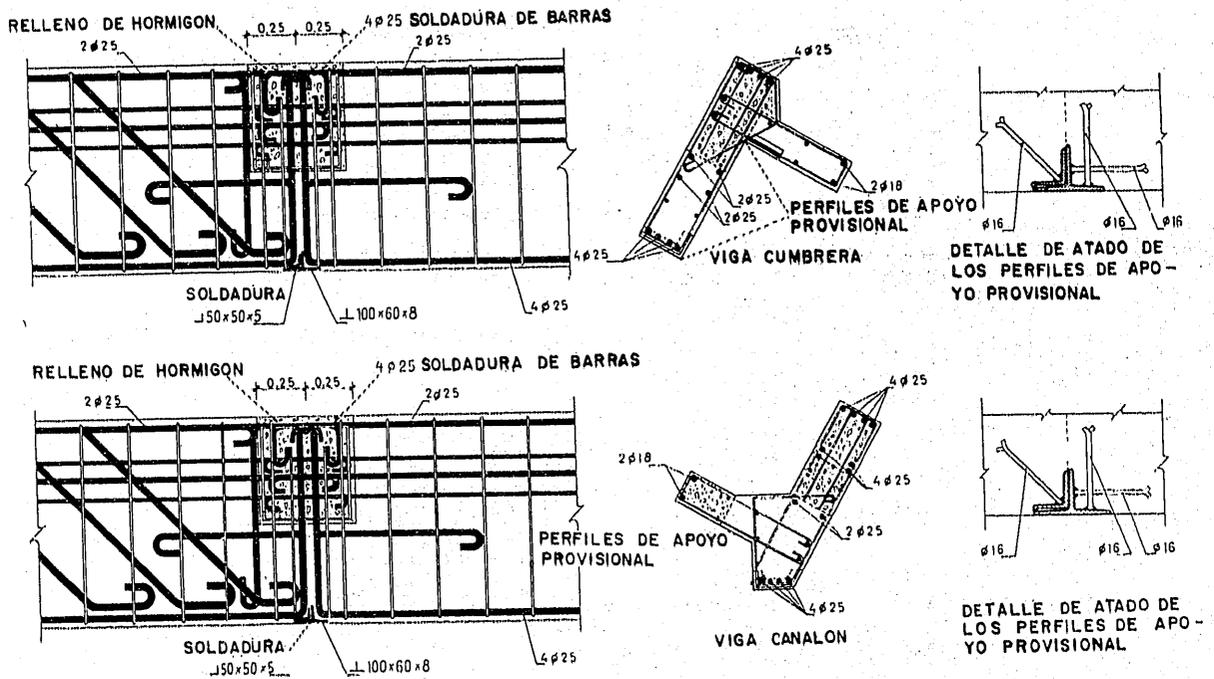


Fig. 6.^a - Detalle de armaduras y zonas de relleno.

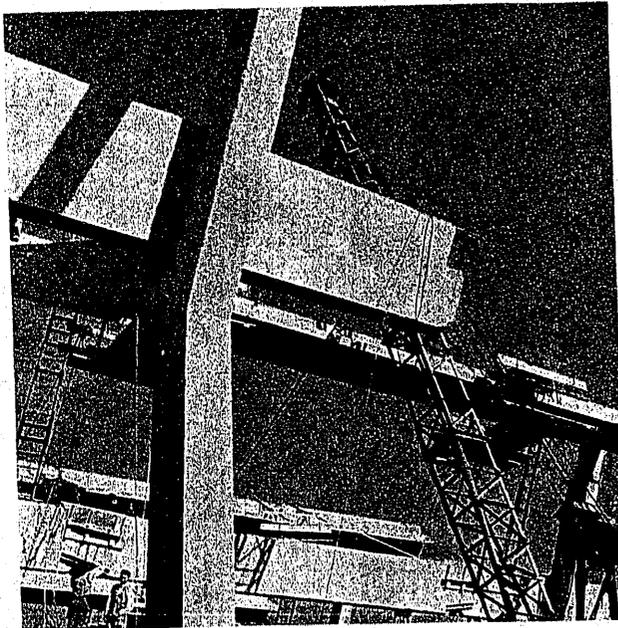


Fig. 7.^a



Fig. 8.^a

Montaje de prefabricación total de las vigas cumbrera y canalón.

en L, con ligeras variantes para adaptarse a su función. El enlace se hacía también por apoyo inicial directo y soldadura de barras en cabezas, rellenando después las juntas con hormigón *in situ* (fig. 6.^a). Primero se montaban los elementos en doble ménsula, solidarizándose con los pilares y atirantando los extremos a la cimentación del pilar, para recibir después a los elementos intermedios cargando inicialmente en uno solo de los lados (figs. 7.^a y 8.^a).

Enlace de dinteles y pilares en pórticos.

En la figura 9.^a damos el sistema de enlace entre vigas y pilares de un pórtico para naves en dientes de sierra. El pilar se prolonga en la pieza inclinada correspondiente al lucernario y el enlace con el dintel inclinado se hace aprisionando la sección del dintel en unas horquillas que tiene el pilar en sus extremidades. La solidarización se consigue por dos pasadores convenientemente. No existe, por consiguiente, ni soldadura ni hormigón *in situ*. Los distintos pórticos se arriostran entre sí mediante la viga canalón premoldeada de una pieza.

Apoyo de las vigas sobre cerchas y arcos.

Una de las condiciones fundamentales en el montaje de elementos prefabricados, es asegurar en todo momento la solidaridad transversal del conjunto. El no observar fielmente esta condición ha sido la causa de los fracasos catastróficos de algunas construcciones. Para conseguir esto, es preciso disponer elementos longitudinales especiales que aseguren la solidaridad de los elementos principales de la cubierta sean cerchas o arcos. Generalmente, basta con vigas de arriostramiento en clave y a los cuartos de la luz, teniendo siempre muy bien asegurada la indesplazabilidad de las extremidades de apoyo de los elementos principales. En cubiertas con viguetillas longitudinales ligeras estas vigas han de ser de mayor sección y siempre rectangular. La solidarización más simple se obtiene disponiendo placas metálicas en las superficies de apoyo de ambos elementos, para soldar la superior a la inferior, que debe ser de mayor anchura. A veces se disponen unos trozos de angular en las caras laterales de la cercha o arco y el apoyo se produce sobre ellas, complementándose la solidaridad mediante soldadura que dé continuidad a las armaduras de dos vigas contiguas y con las del elemento principal y macizando en hormigón un espacio común a los tres elementos (figs. 11 y 12).

Enlace de viguetas con elementos principales.

Asegurando el enlace de las vigas riostras con los elementos principales, el de las viguetillas con sección rectangular o doble T, que completan la cubierta,

puede ser menos importante y hacerse a otro ritmo posteriormente. En general, conviene hacer el apoyo de las viguetas cortando la extremidad a media altura y enlazando por hormigonado *in situ*, las armaduras de las dos viguetas en continuidad con barras salientes del elemento principal. Resulta muy conveniente recrecer este elemento con hormigón *in situ* que sirva de arriostramiento entre todas las viguetas (figuras 13 y 14).

Enlace en elementos principales, vigas o arcos.

Tratándose de luces superiores a 20 m. para cubrir con arcos o cerchas, conviene hacer el montaje en dos mitades, enlazándolos provisionalmente como arcos de tres articulaciones para hacer desaparecer la articulación en clave cuando se haya terminado la totalidad de la cubierta. En luces inferiores a 20 m., pueden montarse los elementos principales de una sola vez.

Al montar en dos mitades, con el tirante partido se puede hacer perfectamente el replanteo del elemento soldando las mitades de los tirantes cuando se considere que los arcos están en su posición correcta. Conviene, sin embargo, disponer tensores para regular posteriormente el funcionamiento. En la figura 15 damos un detalle de articulación provisional de clave entre los dos elementos y el modo de anularla cuando se haya colocado toda la carga permanente.

El apoyo de arcos o cerchas sobre los pilares debe hacerse mediante articulaciones de un funcionamiento claro. A veces se disponen articulaciones fija y móvil, en luces de consideración y alturas pequeñas o bien dos articulaciones fijas para luces pequeñas y grandes alturas. Una solución que hemos empleado repetidamente para articulación fija es el apoyo sobre un tocho de redondo de 30 a 40 mm. de diámetro entre dos placas solidarias de cada uno de los elementos que se enlazan, a las cuales se suelda el tocho.

Otras veces, para centrar el eje de articulación se dispone en la extremidad del elemento que se sustenta un redondo de diámetro grueso que materializa dicho eje y se embebe en dos orejas que salen del elemento sustentador y que se hormigonan después de colocado el arco en su posición. Esto debe utilizarse cuando la luz es importante, si no se dispone una viga que arriostre todas las cabezas entre sí, pues para la estabilidad transversal es muy importante, tanto en fases intermedias, según ya hemos dicho, como definitivamente asegurar la indesplazabilidad en el sentido longitudinal de las extremidades de apoyo de los elementos principales (fig. 16).

Estabilidad de montaje.

Volvemos a insistir en la necesidad de estudiar las condiciones de estabilidad a lo largo del proceso constructivo, pues la construcción en fases intermedias

ENLACES DE CONTINUIDAD ENTRE VIGAS Y PILARES
 NAVES DE METALÚRGICA SANTANA (LINARES)

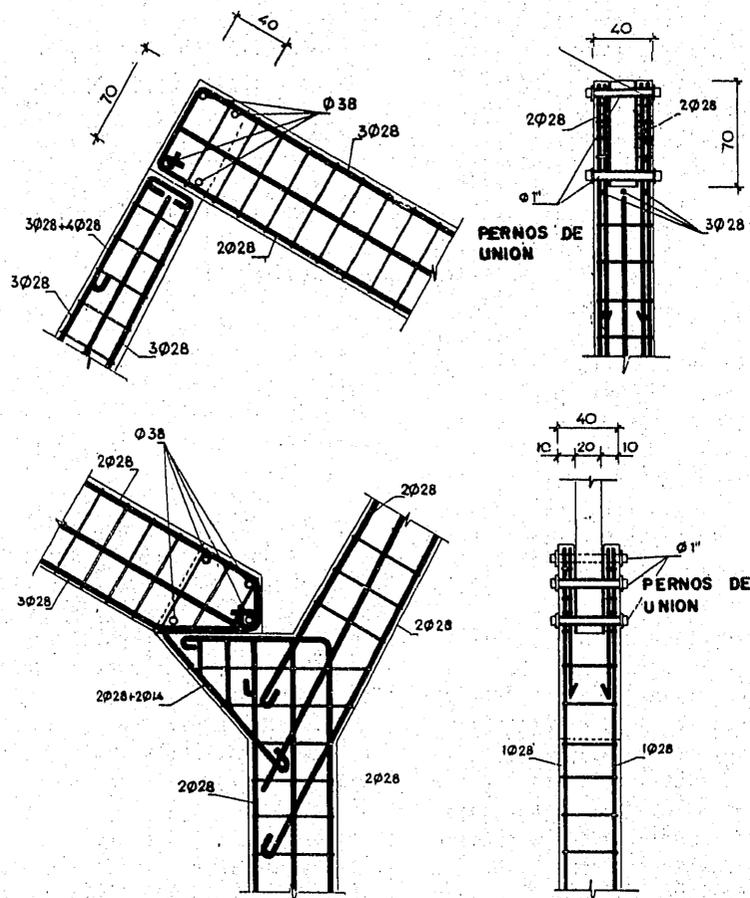


Fig. 9.^a — Detalle de las armaduras de ambos elementos.

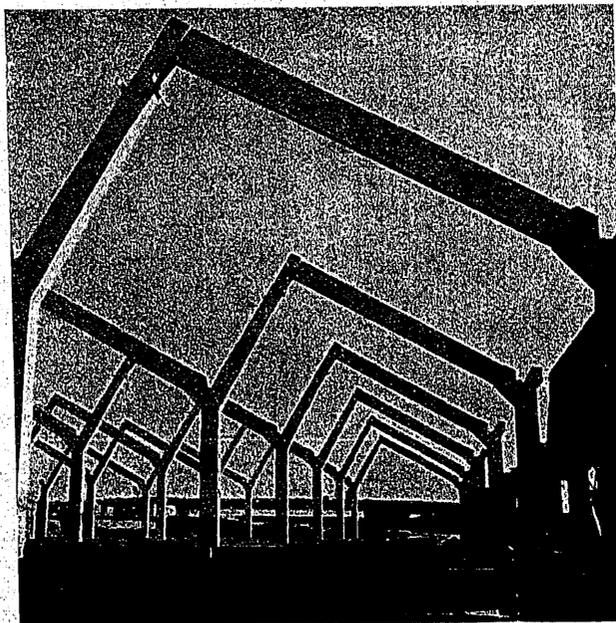


Fig. 10. — Pórticos en dientes de sierra totalmente prefabricados.

ENLACE DE VIGAS Y ELEMENTOS PRINCIPALES

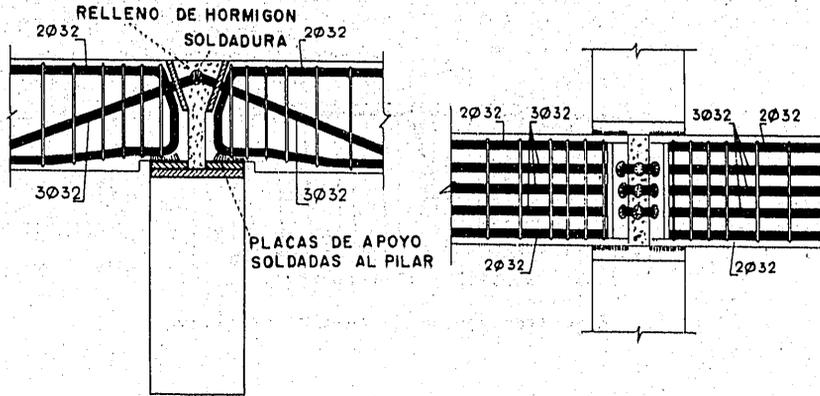


Fig. 11. — Enlace de vigas sobre arcos.

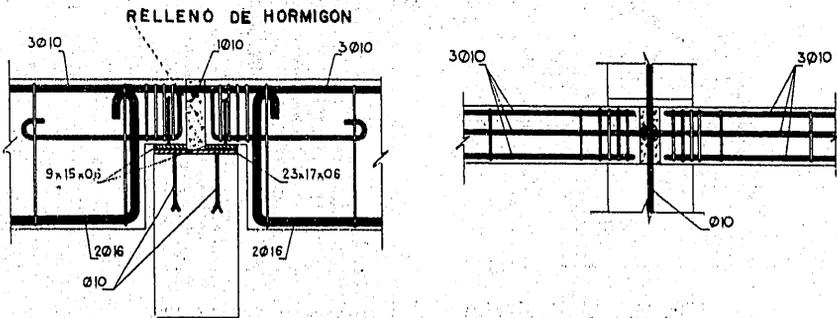


Fig. 13. — Enlace de vigas sobre cerchas.

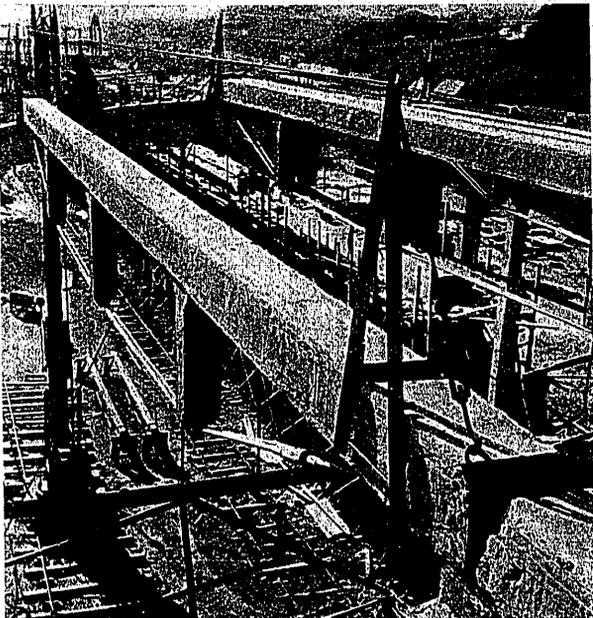


Fig. 12. — Ensidesa (Ávilés).

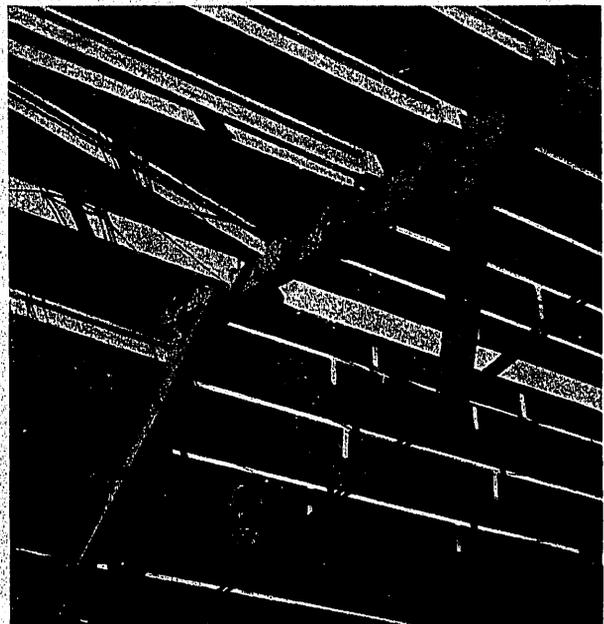


Fig. 14. — Metalúrgica del zinc (Cartagena).

DETALLES DE ARTICULACIONES EN ARCOS DE CUBIERTA PREFABRICADAS

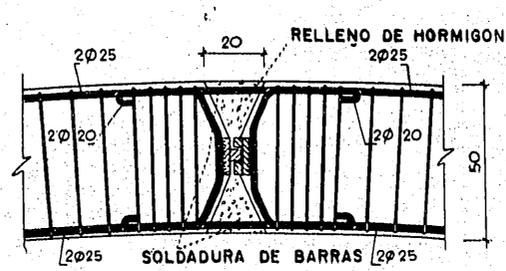


Fig. 15. — Articulación de montaje en clave.

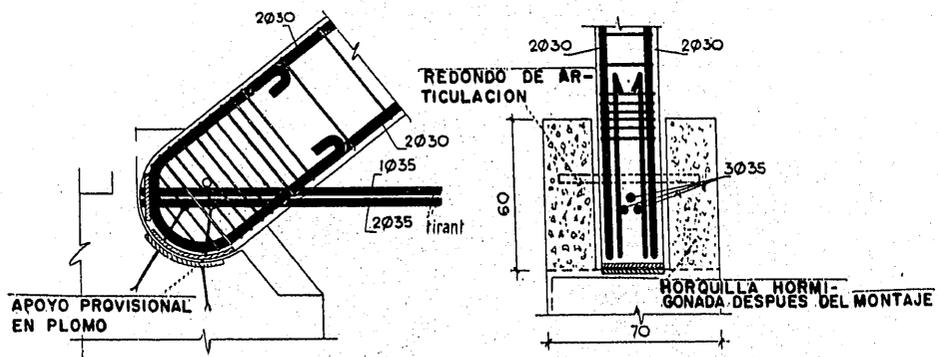


Fig. 16. — Articulaciones definitivas en arranques.



Fig. 17. — Modelo reducido para estudiar la estabilidad de montaje en una cubierta totalmente prefabricada.

puede parecerse a un castillo de naipes. El modo más eficaz para asegurarse de ello es ensayar en modelo reducido diversos modos de realizarla, lo cual, además, puede servir para estudiar prácticamente el programa de montaje. Se pueden ensayar diversas soluciones y compararlas mediante la carga horizontal que aplicada en puntos convenientes produce el derrumbamiento de la estructura.

En la figura 17 aparece el modelo reducido, en el que estudiamos la estabilidad transversal de la estructura de cubierta de ENSIDESA en sus fases sucesivas y luego en situación final a los efectos del viento.

* * *

El ponente general, Profesor Georg Wastlund, del Real Politécnico de Estocolmo, en la comunicación complementaria a la ponencia preliminar, se refirió a nuestra comunicación insistiendo sobre las disposiciones descritas en ella y proyectando especialmente la figura número 4 de la misma. Se presentó, además, una comunicación haciendo observaciones sobre algunos puntos de la nuestra, cuyo resumen damos a continuación, así como la contestación dada por nosotros.

Resumen de la comunicación del Ingeniero D. H. New (Gran Bretaña), relativa a nuestra comunicación.

Para asegurar una buena ejecución de los trabajos, es mejor llenar la zona de compresión del tipo de juntas que aparecen en la figura 4.^a, con mortero seco, que mediante inyección.

Con objeto de obtener una rigidez suficiente en el tipo de junta de la figura 9.^a, será necesario rellenar las superficies de contacto de las piezas con mortero seco o mediante inyección.

Debiera dejarse libre el espacio entre la viga principal y las extremidades de las viguetas soportadas por ella (fig. 13). El relleno de estas zonas no resulta necesario y podría ser peligroso.

La solución, excelente, en teoría, de soldar a tope las extremidades de los hierros de las armaduras con objeto de asegurar la continuidad entre los elementos prefabricados, será siempre muy cara, mientras no se

consiga fabricar de un modo económico elementos de dimensiones exactas, con muy pequeñas tolerancias.

La advertencia, indicada por el ponente general, referente a la gran responsabilidad del constructor, no será nunca suficiente recomendada.

Contestación a la comunicación de Mr. New.

Agradecemos vivamente a Mr. New la atención con que ha estudiado nuestro trabajo, y vamos a responder a las tres observaciones que hace en su comunicación:

La primera se refiere al enlace de una viga prefabricada de gran carga, con las ménsulas *in situ*, que integran las vigas continuas para soporte de los puentes grúas en la nave de laminación de ENSIDESA, en Avilés (fig. 4.^a). El relleno de la junta en zona superior se hizo con mortero, o mejor dicho, con hormigón de árido menudo, ya que la anchura es de unos 10 cm. Después se inyectó mortero a mitad de la altura de la viga, para rellenar todos los huecos.

La segunda observación se refiere al enlace de vigas y pilares prefabricados mediante pasadores metálicos transversales (fig. 9.^a). La junta quedó terminada, inyectando lechada para rellenar huecos, proteger el hierro de la oxidación y obtener una buena adherencia por contacto entre los dos materiales.

En el enlace de viguetas con arco o cercha principal, ambos prefabricados (fig. 13), el relleno tiene por objeto en algunos casos, proteger los elementos metálicos e impedir el movimiento longitudinal de las viguetas. La mayoría de las veces hemos dispuesto sobre el elemento principal un recrecimiento de hormigón, que acodala las cabezas de todas las viguetas, precaución muy interesante, ya que no existe losa de cubierta.

Estoy de acuerdo en que hay que reducir al mínimo la soldadura en obra que resulta cara, pero es el procedimiento más eficaz y rápido para conseguir la solidarización de los elementos, disponiendo armaduras salientes, o pequeñas placas metálicas en las superficies de los mismos.

Finalmente, estamos de acuerdo con Mr. New y con el ponente Profesor Wastlund, sobre la gran responsabilidad del constructor de estructuras prefabricadas, que debe tomar todo género de precauciones para asegurar desde el principio la solidaridad del conjunto. Nuestra figura 17 lo demuestra.