

prefabricación III

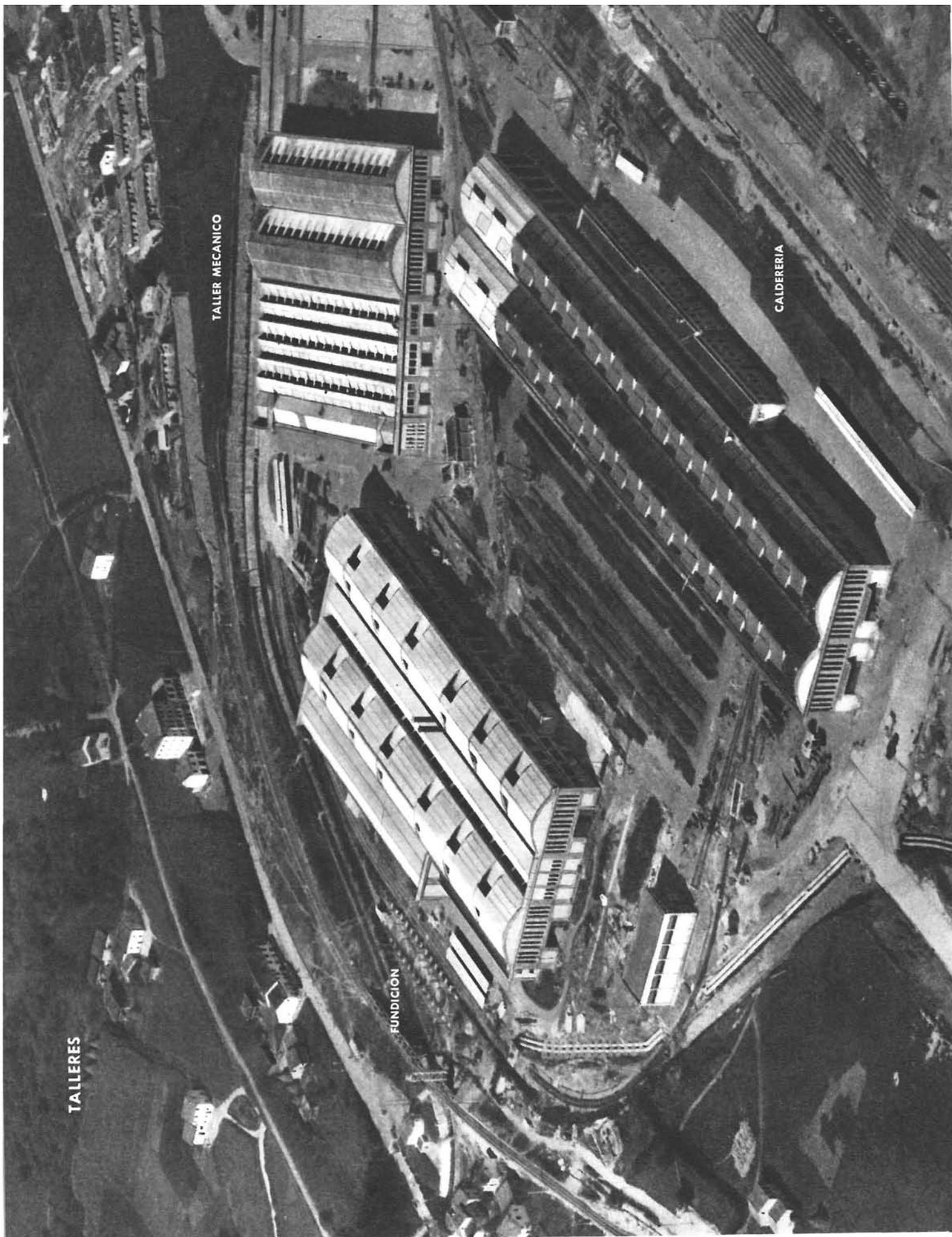
Como cierre de la serie de artículos sobre prefabricación—que por amabilidad de la empresa constructora Huarte y Cía., S. A., venimos publicando—, recogemos hoy las experiencias obtenidas en la prefabricación de las grandes naves de ENSIDESA, cuyo taller de laminación, con 182.190 metros cuadrados de superficie cubierta, constituye un caso sin precedentes en la construcción española.

Tras la exposición de las obras de Avilés, y de resumir la superficie total construida con hormigón premoldeado, reseñamos brevemente el Laboratorio de Estructuras donde se realizaron los ensayos previos sobre modelos reducidos, y se plantea la urgente necesidad de racionalizar la construcción industrial, como camino para llegar a una mejora de la calidad dentro de la economía.



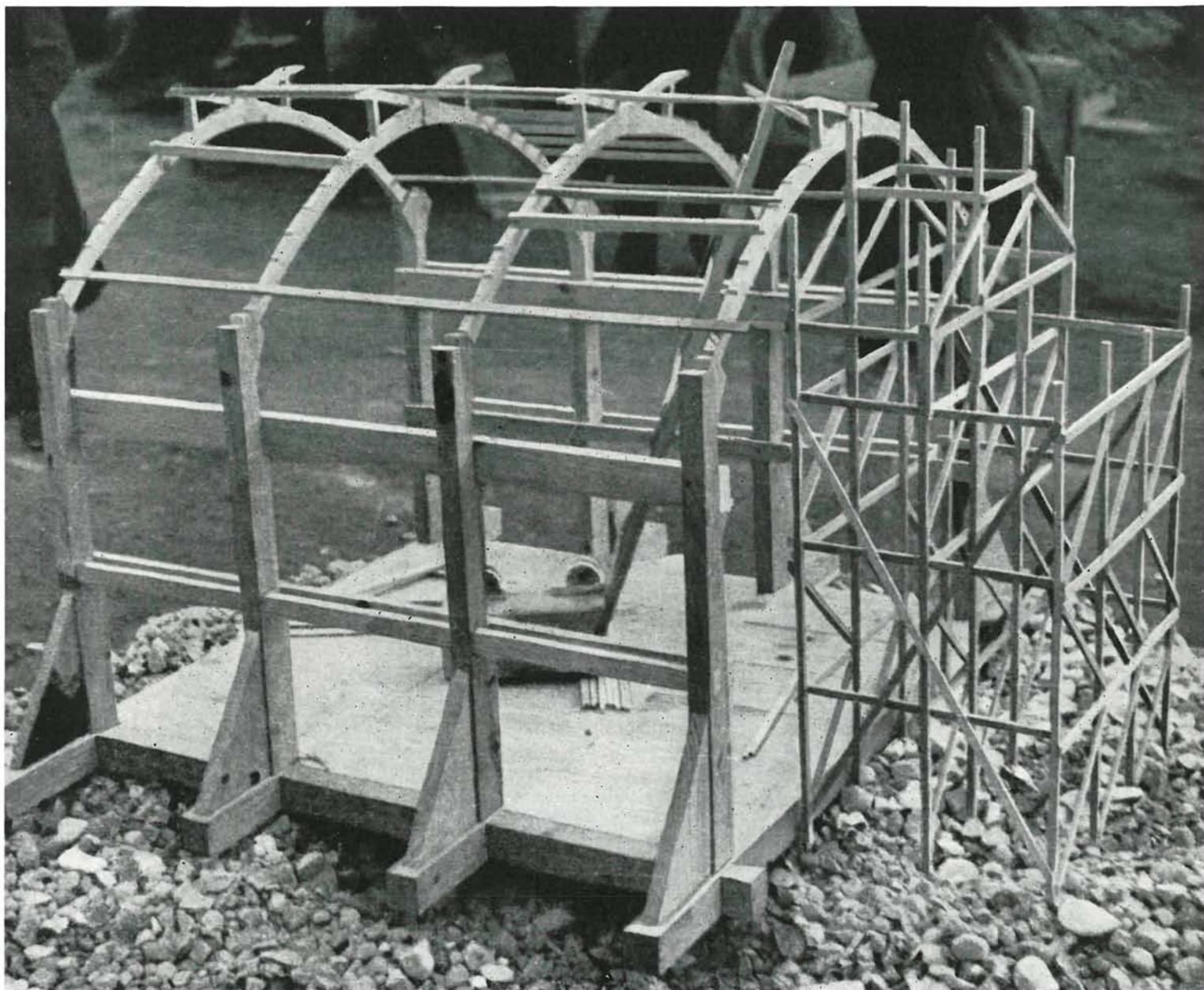
grandes naves

empresa nacional siderúrgica
Avilés



taller de calderería

11.097 m²

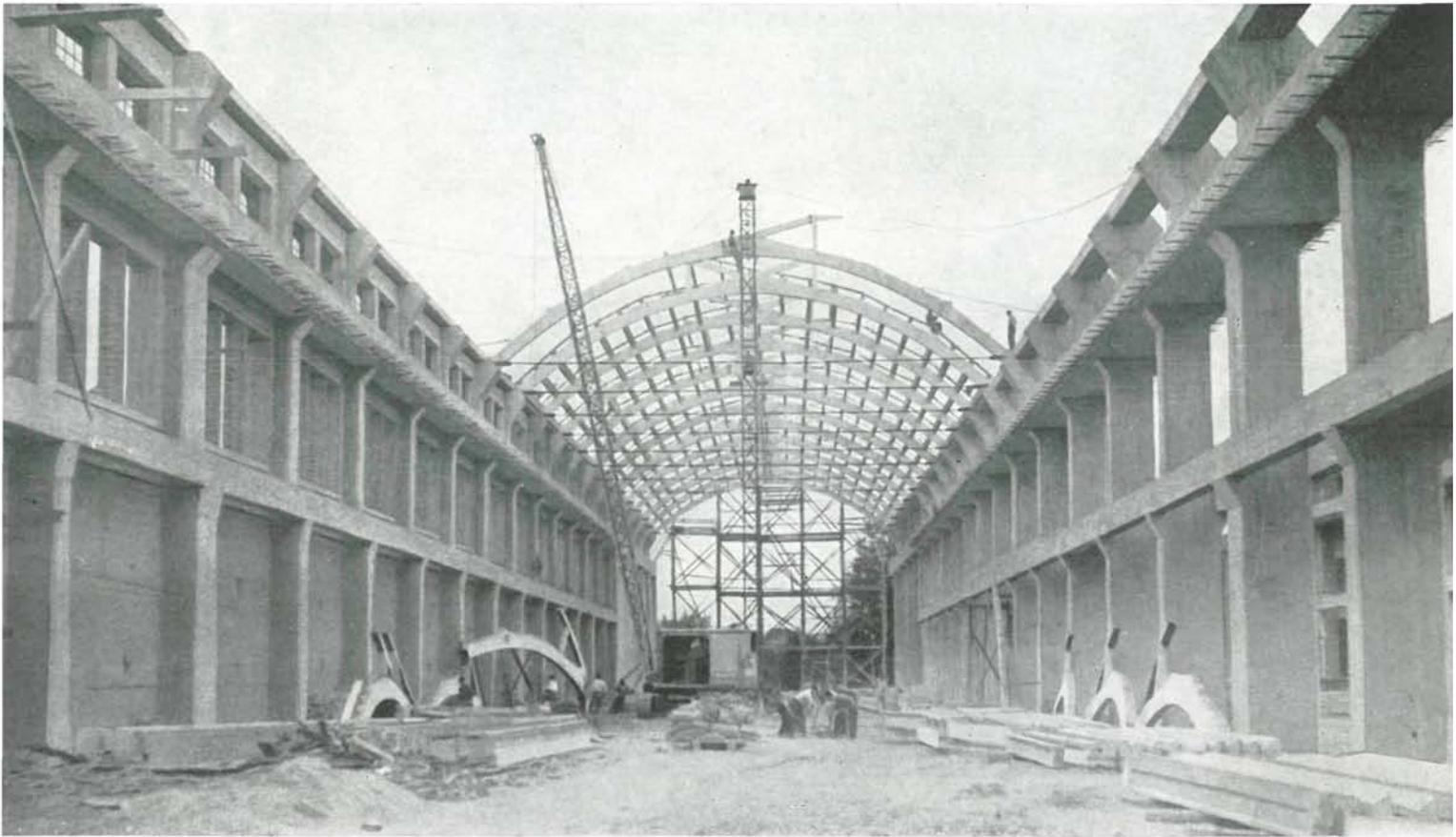


El taller de calderería de Ensidesa consta de dos naves adosadas, de 20,80 m de luz útil, con una longitud total de 252,20 m. l. en modulación normal de 8 m, quedando provisionalmente los cuatro módulos de extremidad norte abiertos por los lados para almacén de materias primas.

Las naves están cortadas por juntas de dilatación cada cuatro módulos, que se resuelven mediante duplicación de pilares y arcos de cubierta.

maqueta

calderería

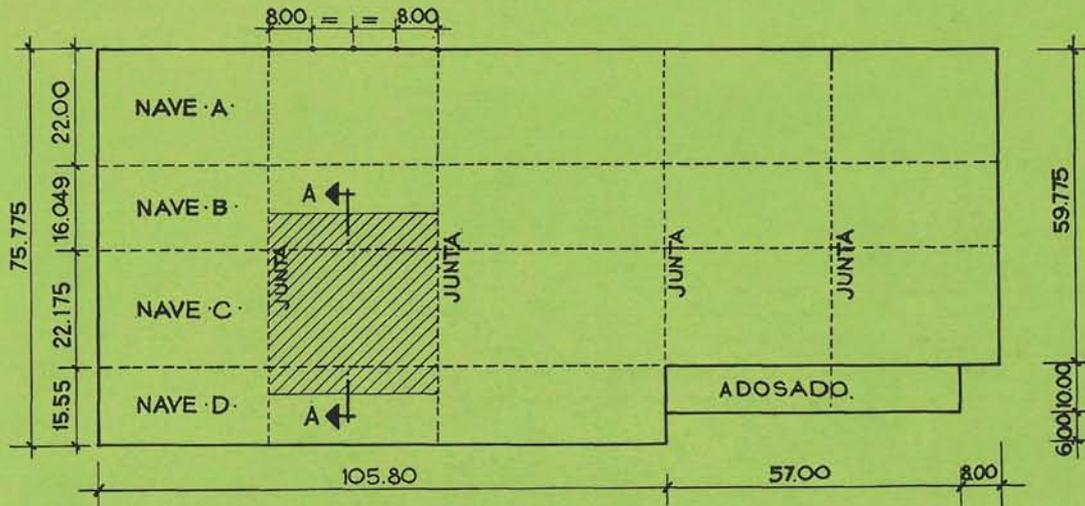


Cada una de las naves está servida por puente-grúa de 25 toneladas, que rueda a la cota 11,25 y, además, por grúas de brazo a un nivel de 5,75. Esto determina la presencia de dos vigas longitudinales que enlazan entre sí todos los pilares, siendo la del puente-grúa de gran importancia, con sección de 120×60 .

La cubierta está organizada en arcos de tres articulaciones atirantados y sobre articulación móvil de biela inclinada, lo cual reduce la tensión del tirante. El intradós de los arcos es continuo, según funicular de cargas permanentes; en cambio, el trasdós es poligonal con tres lados en cada semiarco. El último de éstos por el lado de clave se prolonga en una pieza inclinada que, con la del semiarco contrario, forma una V apoyada en clave. En cada paño se cubren tres planos de una semibóveda y la prolongación del último entre dos piezas inclinadas paralelas. La otra semibóveda no hay que materializarla en toda su superficie, ya que tenemos parte cubierta en plano inclinado superior. De este modo, quedan aberturas de un paño, alternadas en la zona más alta, lo que permite una excelente ventilación de todo el volumen de la nave. El cubrimiento es de uralita sobre viguetas de hormigón de sección doble T premoldeadas, consolidadas por vibración y tratadas mediante aplicación de vacío.

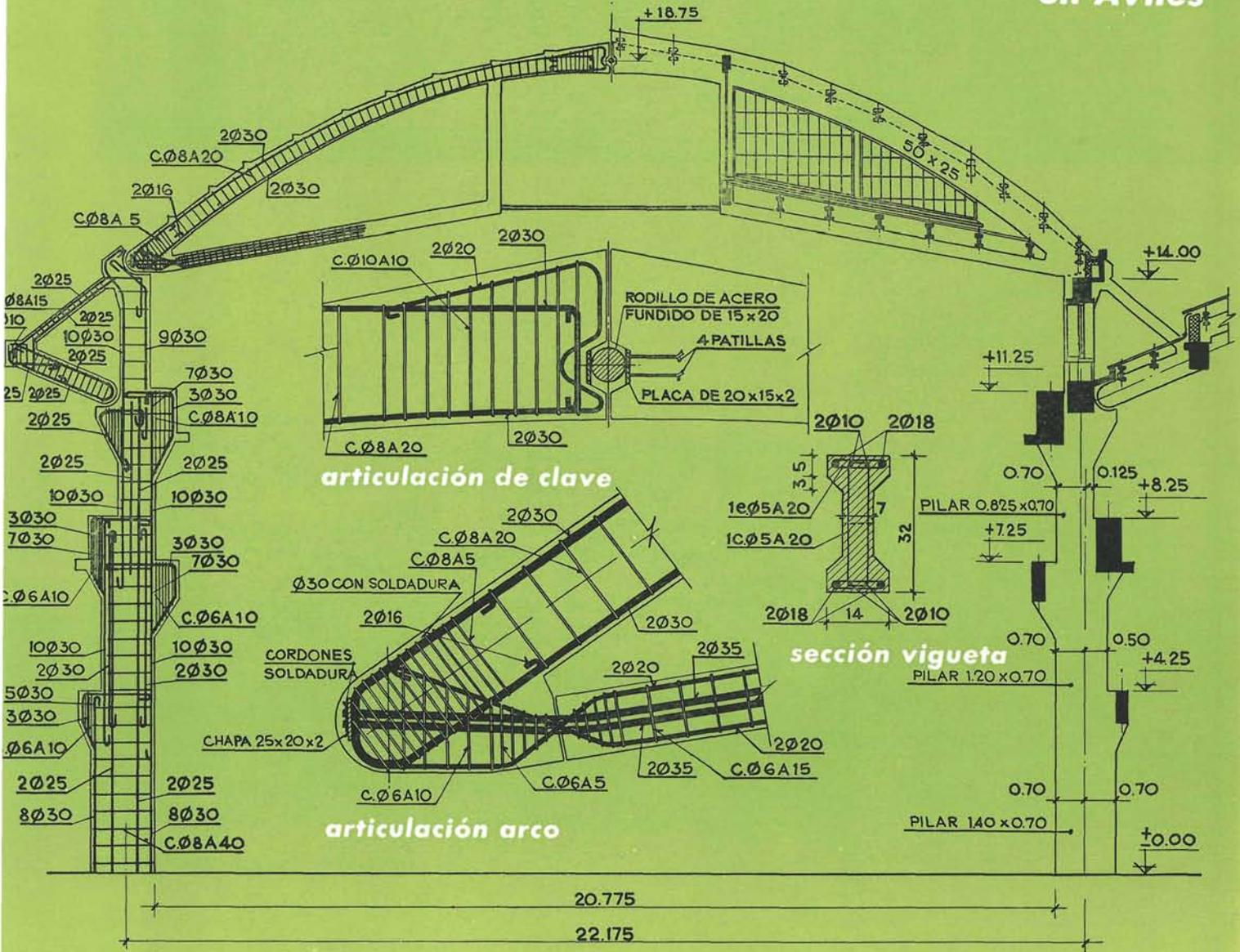
taller de fundición
12.720 m²





planta esquemática

nave de fundición para ENSIDESA, en Avilés



sección A-A



Consta de cinco naves adosadas con distinta luz, las dos principales con 20,77 m de luz útil, y las otras dos, alternadas con 15,55 y 16,05 entre ejes, con una longitud de 170,80 metros.

Las naves están servidas con puentes grúas a distintas alturas, que dan lugar a vigas de importancia, formando pórticos longitudinales con pilares a distancia de 8 m.

Las juntas de dilatación se disponen cada cuatro módulos y se materializan duplicando pilares y arcos.

La cubierta es del tipo arco de tres articulaciones atirantados en las naves principales y de cerchas sobre salmeres en las naves menores. Por conveniencias de ventilación e iluminación la cubrición es de uralita sobre viguetas de hormigón doble T y se hace alternativamente a nivel de los arcos y a nivel de los tirantes de zonas laterales, dejando siempre una faja central corrida con cubierta en zona de clave.

Se construyó en los años 1953 y 1954.



taller mecánico

taller mecánico de ENSIDESA

10.724 m²

El Taller Mecánico de ENSIDESA se compone de dos naves en hall adosadas, pero independientes, con luces de 22,10 m, y una nave con seis dientes de sierra de 12,30 y 10,75 m de luces parciales. El conjunto del taller tiene una longitud total máxima de 117,20 y una anchura total de 91,50 m.

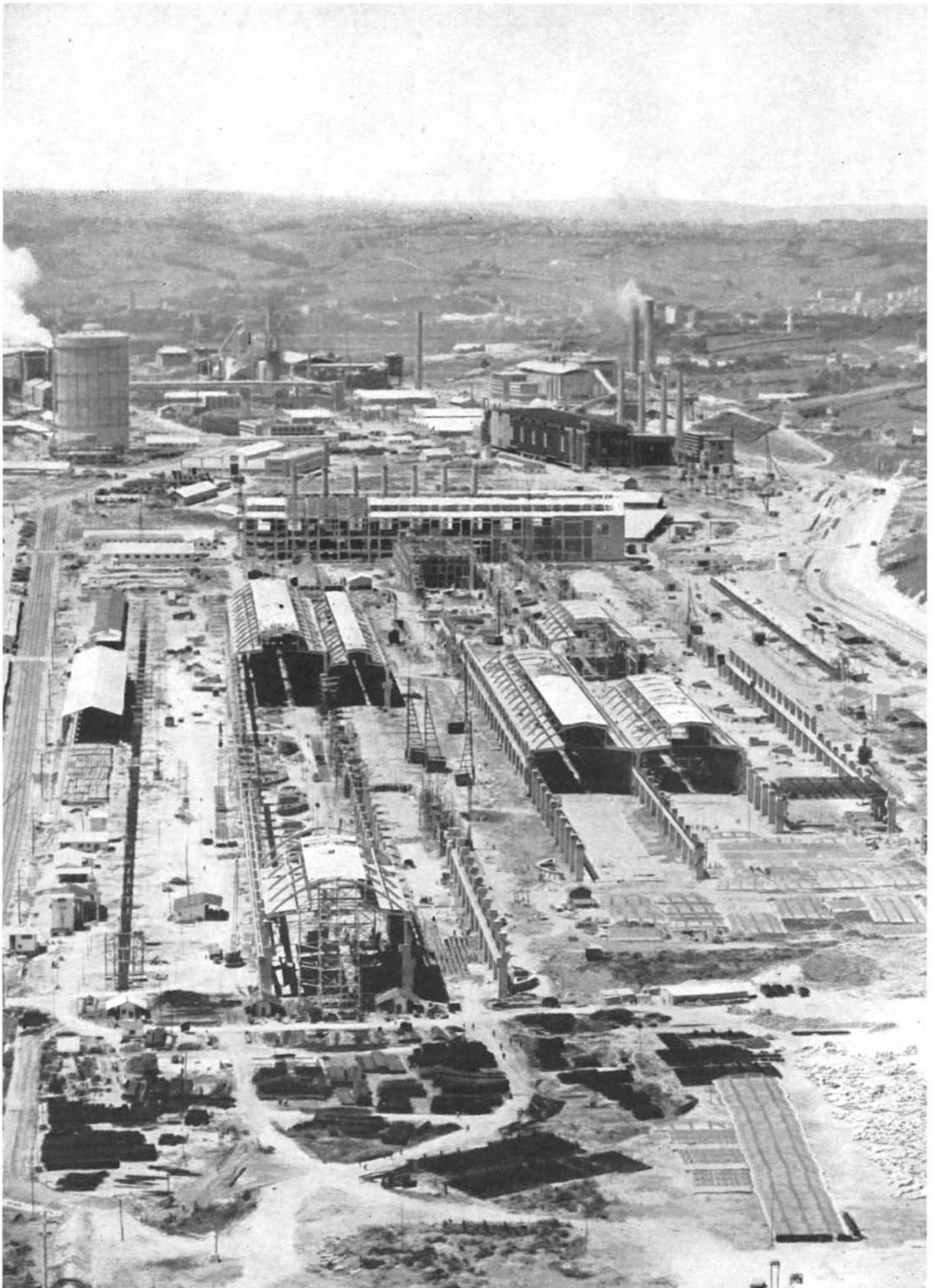
En uno de los lados existe un adosado para oficinas, almacenes y servicios.

Las naves altas (15,75 m a la articulación central) se cubren mediante arcos de tres articulaciones enlazadas por viguetas doble T y vigas de arriostramiento rectangulares.

Para obtener una iluminación conveniente se ha establecido un lucernario vertical en uno de los lados, utilizando la altura correspondiente a casi la totalidad de la flecha, cubriendo de ese lado sobre el tirante que se le ha dado resistencia a la flexión, y en el resto, normalmente, sobre el trasdós de los arcos. La duplicación de este artificio ha sido la solución utilizada en el taller de Laminación.

En la nave de dientes de sierra se han dispuesto pilares de apoyo cada 11,50, formando crujías abiertas que se cubren con dientes de sierra dobles enlazados por vigas canalón y cumbrera de tipo análogo a los de los talleres Fiat que ya hemos descrito.

La cubrición de esta nave se hizo disponiendo placas de hormigón celular sobre las que va una capa de hormigón de árido menudo para dar uniformidad a la superficie y servir de asiento al impermeabilizante de tela tectinada que se protege mediante una capa de mortero sobrepuesta.



Laminación

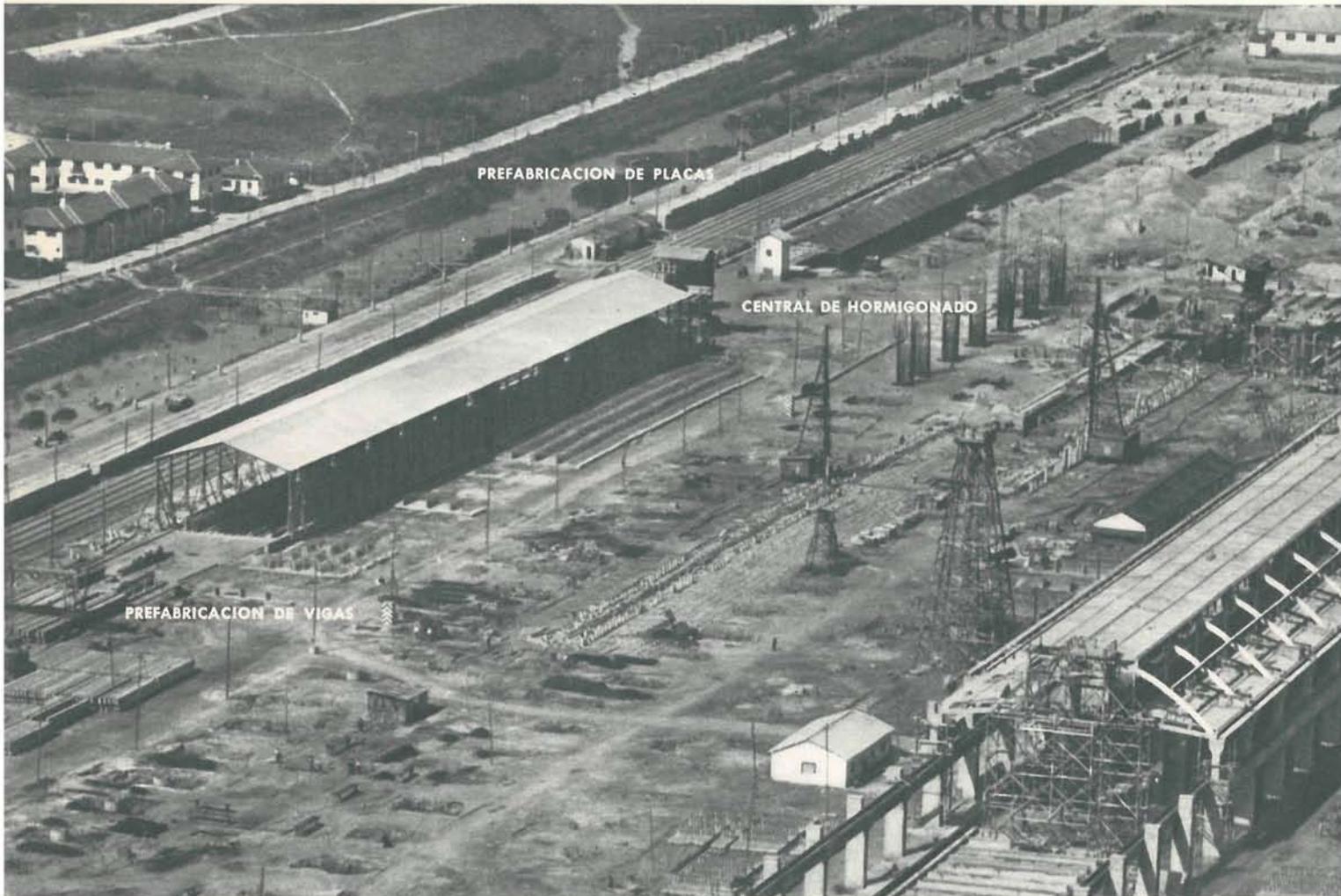
182.190 m²



taller de premoldeo

vigas de puente-grúa
arcos
vigas de cubierta
placas

taller de premoldeo

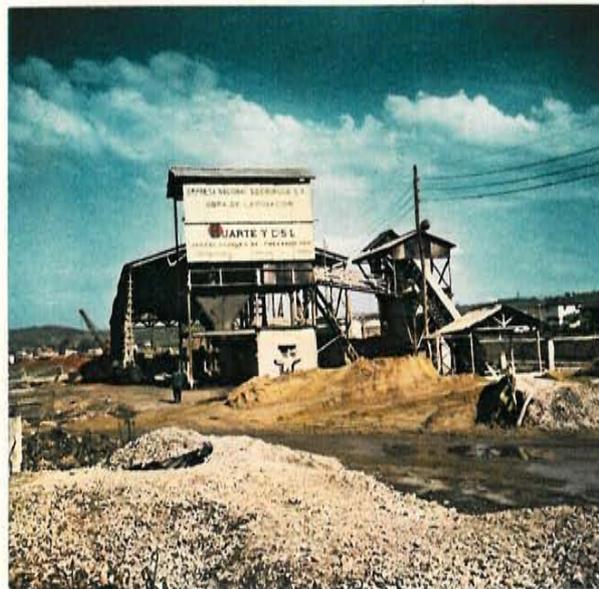


El taller de premoldeo se dispuso en dos zonas para placas y para vigas, respectivamente, cubiertas con tinglados de madera, dejando en medio la central de vacío y la de hormigonado. El tinglado de vigas tenía unas dimensiones de $142 \times 17,30$ y estaba servido por una grúa pórtico de 10 Tm de capacidad, que corría a todo lo largo de la nave, realizando las operaciones de transporte del hormigón, transporte de los moldes y transporte de las piezas terminadas al parque de almacenamiento provisional.

Avilés

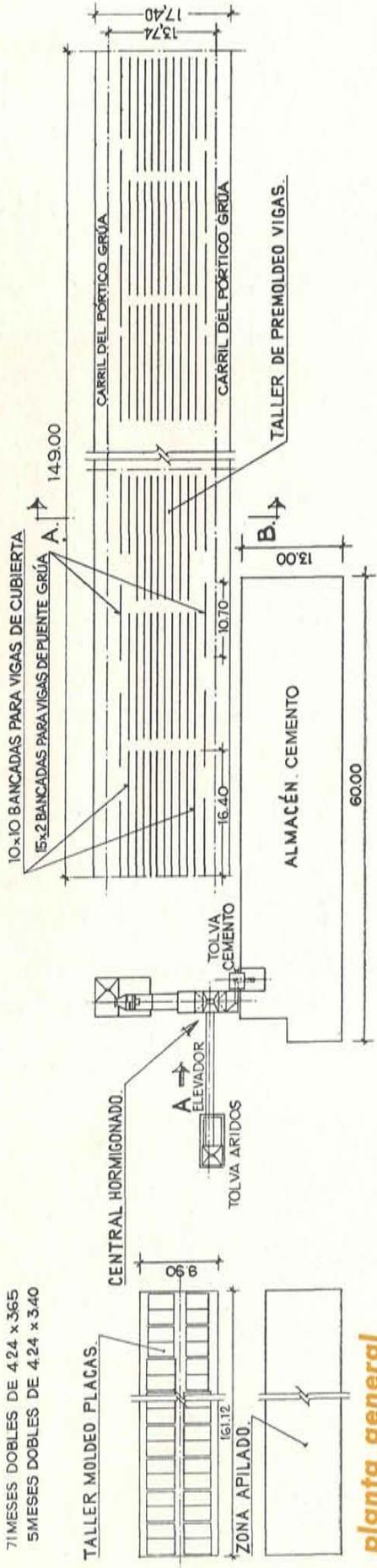


LAMINACION

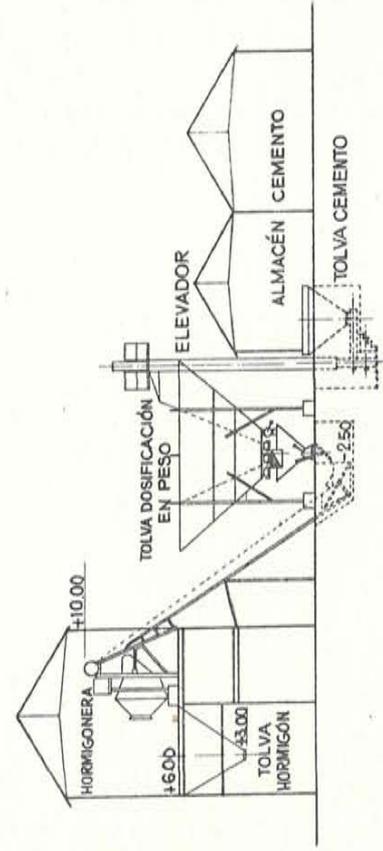


Laminación

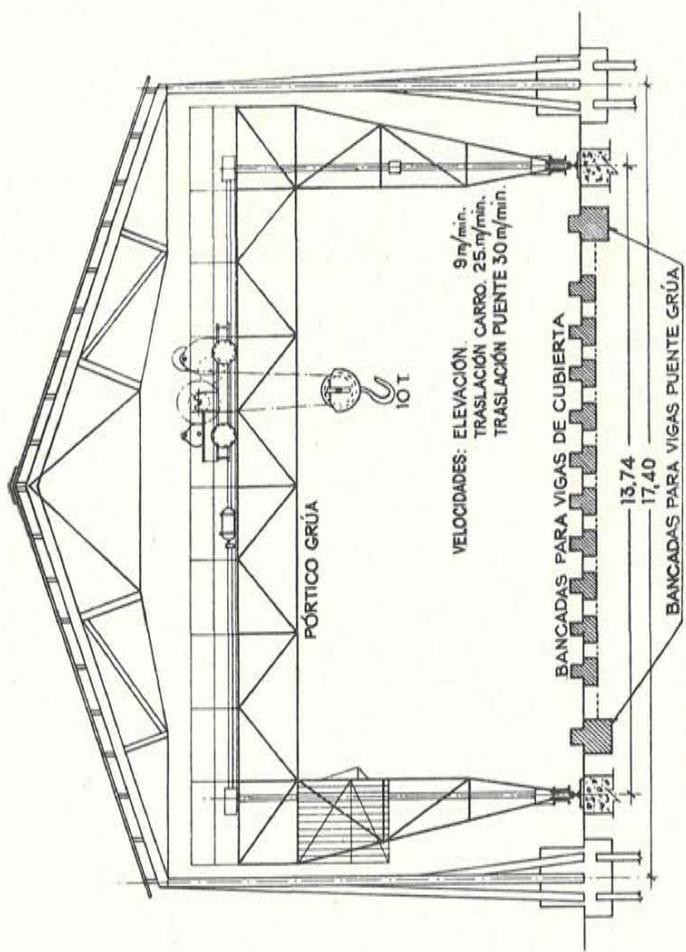
nave de laminación ENSIDESA - taller de premoldeo



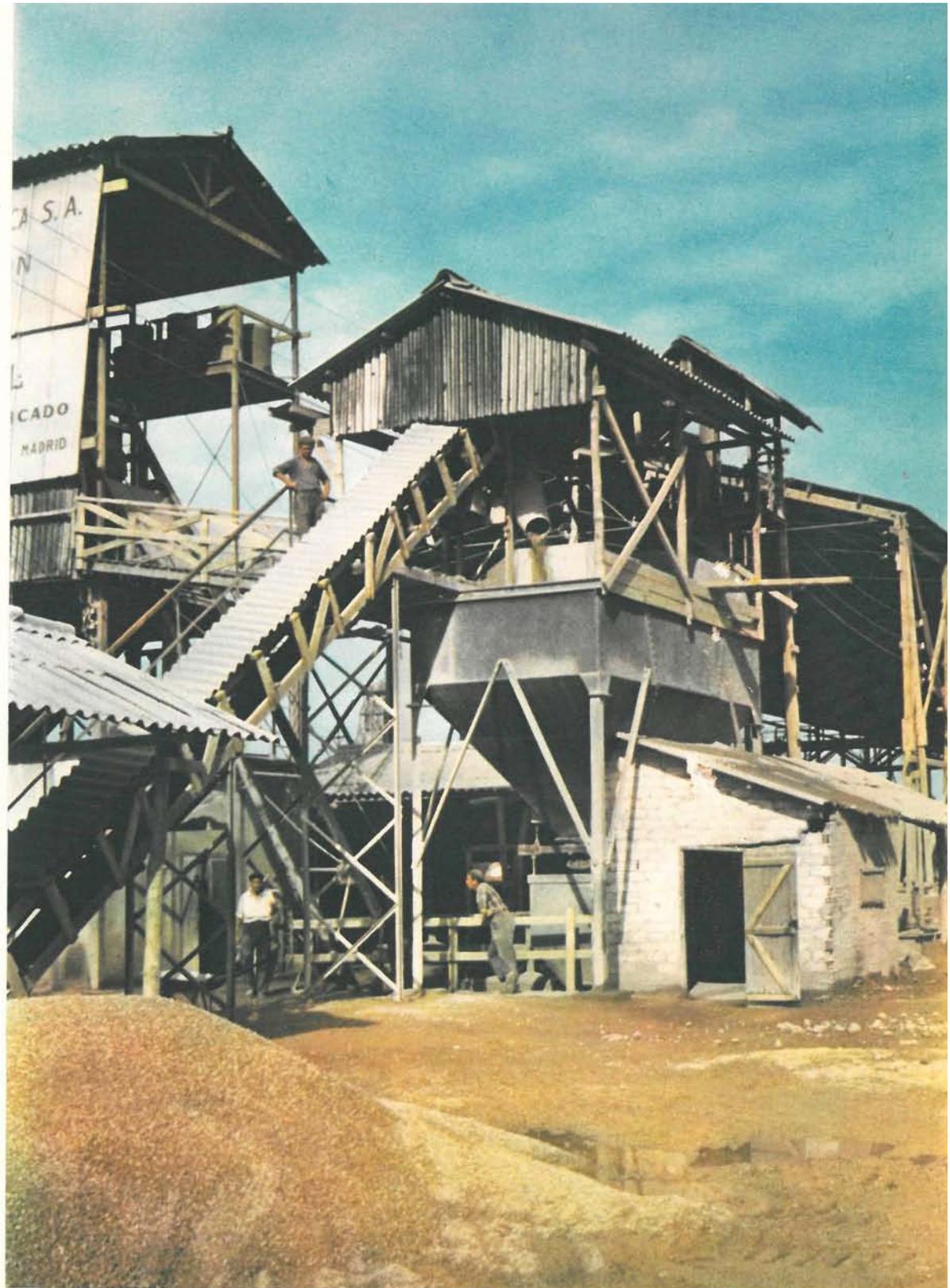
planta general



vista A



sección A-B

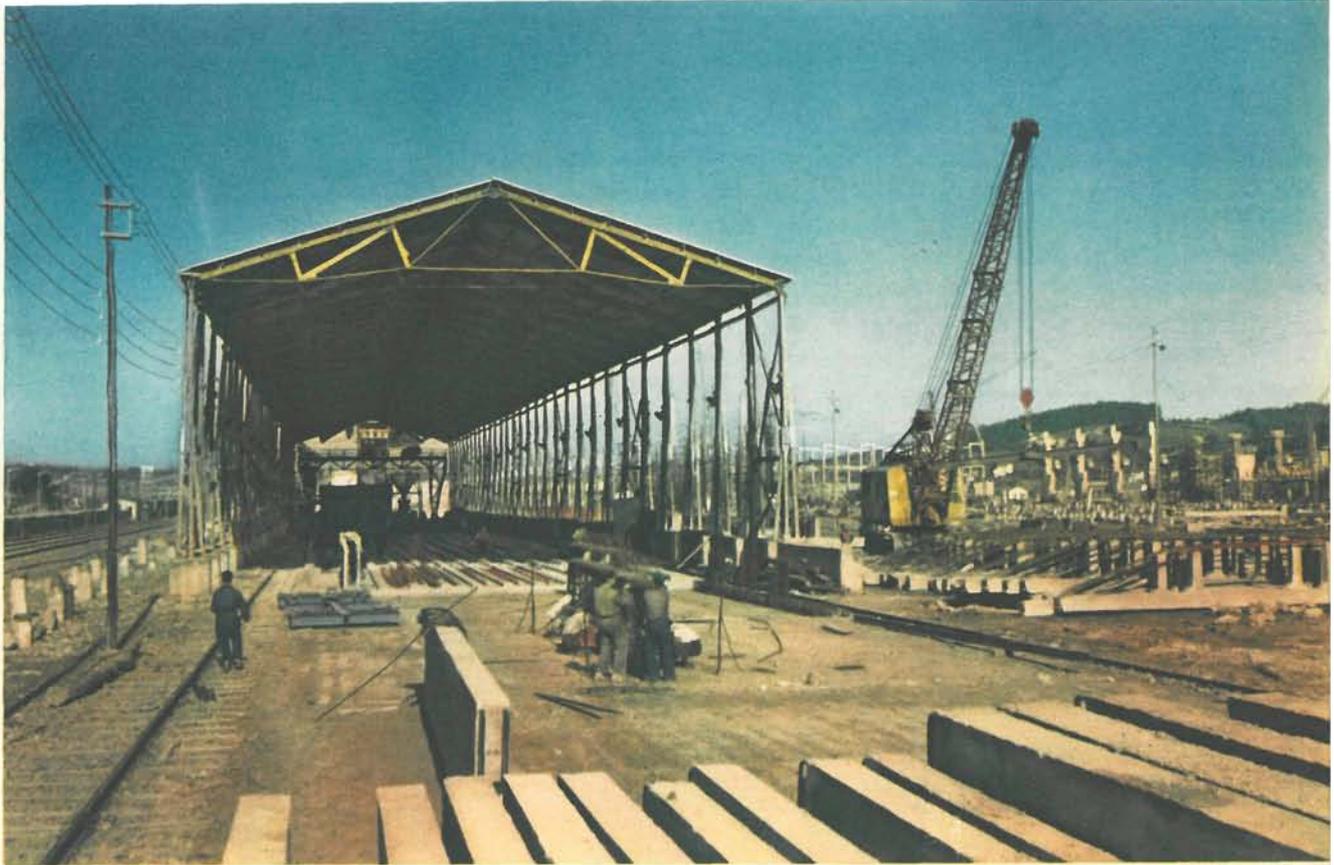


El número de piezas y las dimensiones de las mismas daban lugar a una ocupación de superficie tan considerable que, antes de montarlas, era preciso trasladarlas a distintas zonas próximas a su emplazamiento definitivo. Las mesas de moldeo estaban ordenadas en dirección longitudinal, repitiéndose la agrupación básica ocho veces a lo largo de la planta. En cada agrupación, dos mesas para vigas de puente-grúa encuadraban otras cinco para vigas de cubierta.

De este modo, las vigas de puente-grúa, que eran las más pesadas, se transportaban cerca de las patas de viga puente. El ritmo de hormigonado total era de una semana, utilizándose moldes metálicos en el número preciso para la planta transversal.

La consolidación se hizo por vibradores aplicados al encofrado y mediante vacío, durando ambas operaciones 20 minutos.





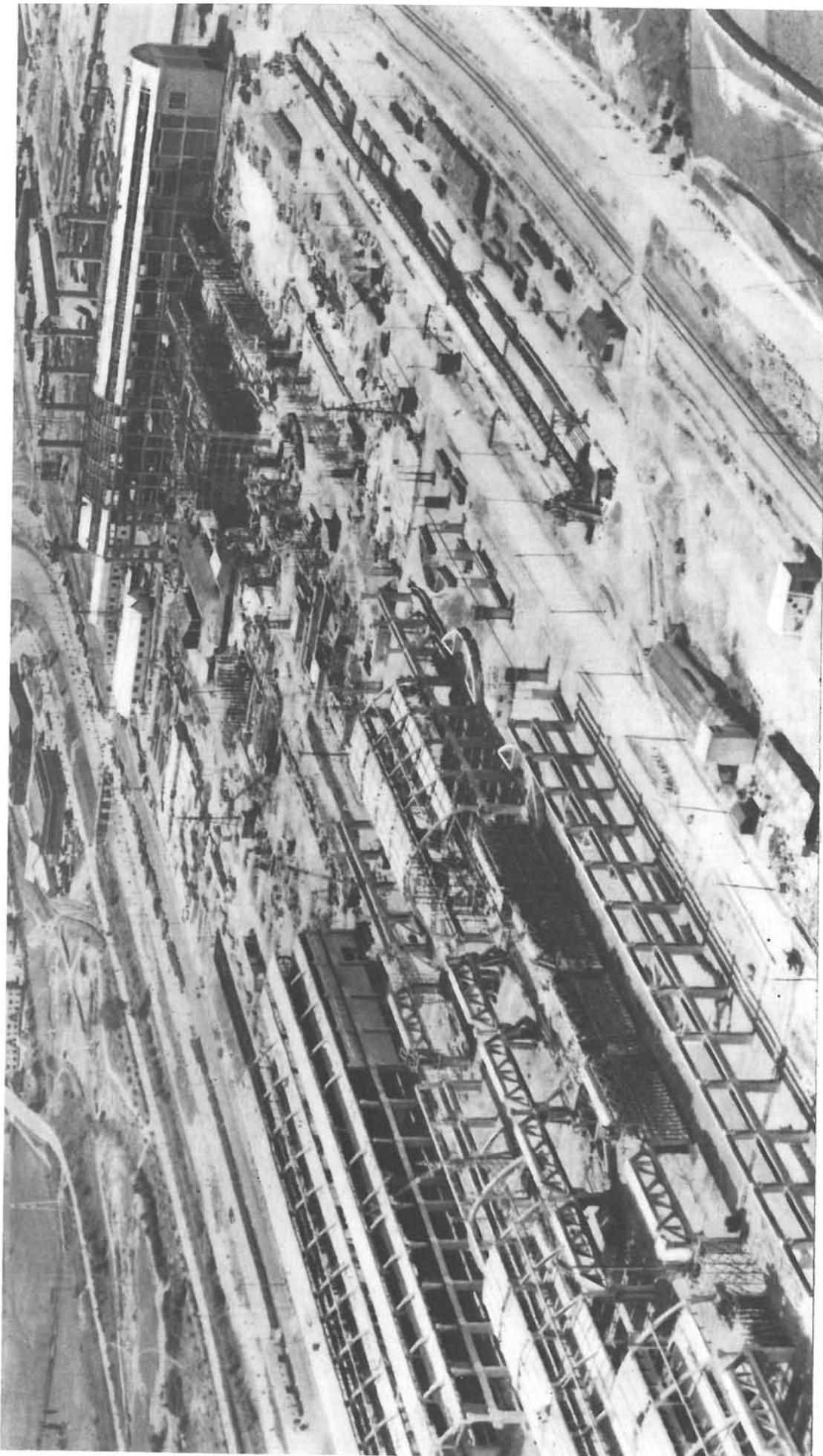
El tinglado de placas con $161,10 \times 9,90$, albergaba 152 mesas para los modelos de uno y otro tipo. El molde exterior era metálico, y el inferior, realizado directamente en hormigón. También se vibraron y se aplicó el vacío. La manipulación se hizo con una grúa automóvil Kohering Kynos de 10 Ton.

Las bancadas de vigas se cimentaron sobre pilotes de madera, mientras que las de placas, que tenían menos peso, se colocaron directamente sobre el terreno.

La Central de hormigonado tenía una hormigonera de 1 m^3 , con dosificación automática de áridos y cemento por peso y agua por volumen. Los áridos llegan a través de un elevador y se empujaban hasta él con un calf-dozer. La Central de vacío tenía tres grupos de 25 CV en planta de $5,45 \times 3,30$.



taller de premoldeo

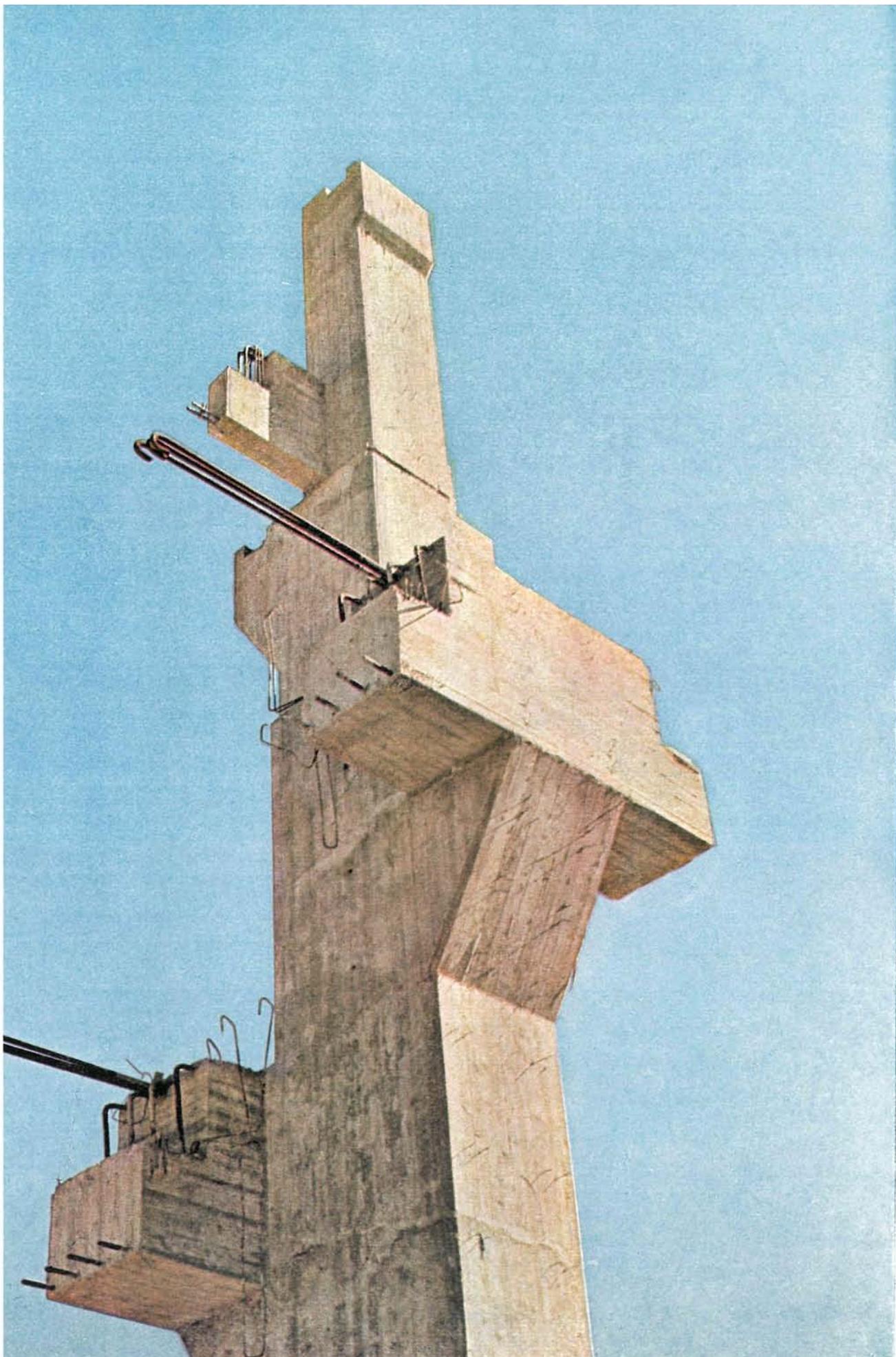


nave de laminación

La planta de laminación se compone de siete naves adosadas de 30,20 m de luz, salvo una que es de 20 m. Las longitudes y las alturas son diferentes y van servidas por puentes-grúa cuya carga útil varía desde 15 a 125 toneladas.

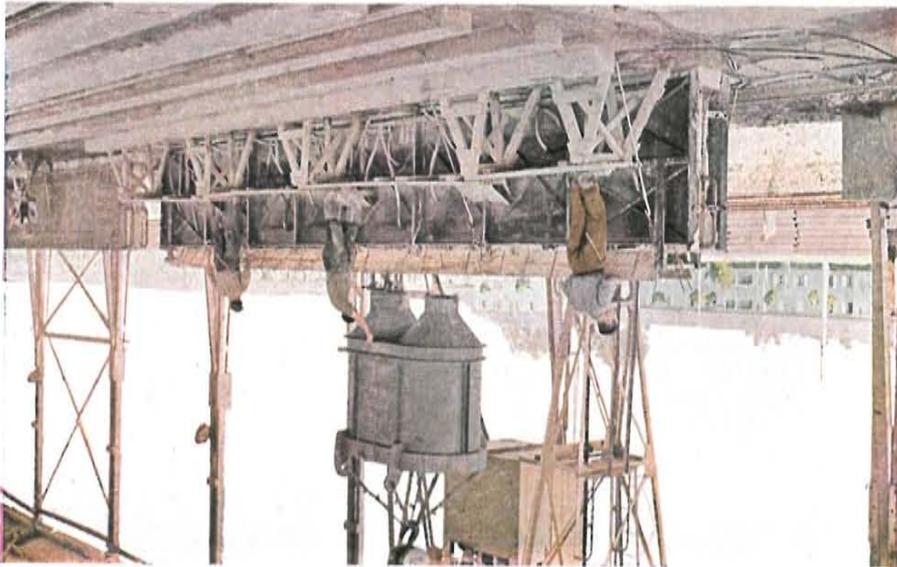
La estructura resistente se organiza en planos transversales a distancia normal de 13 ó 14 metros, llegando en dos vanos a 16,50 m. En cada uno de estos planos se disponen pilares que sostienen los arcos de cubierta situados de este mismo plano. Los pilares quedan enlazados por vigas de puente-grúa que van en dirección longitudinal.

Estos pilares son de grandes dimensiones, como corresponde a las cargas que tienen que soportar, llegando en secciones de arranque hasta 230×120 en las normales y a 230×200 en las extraordinarias. Con estas dimensiones no hay posibilidad de premoldeo de pilares; pero exceptuados éstos, los demás elementos, vigas de puente-grúa, de fachada y la totalidad de la cubierta se han premoldeado.



pilar

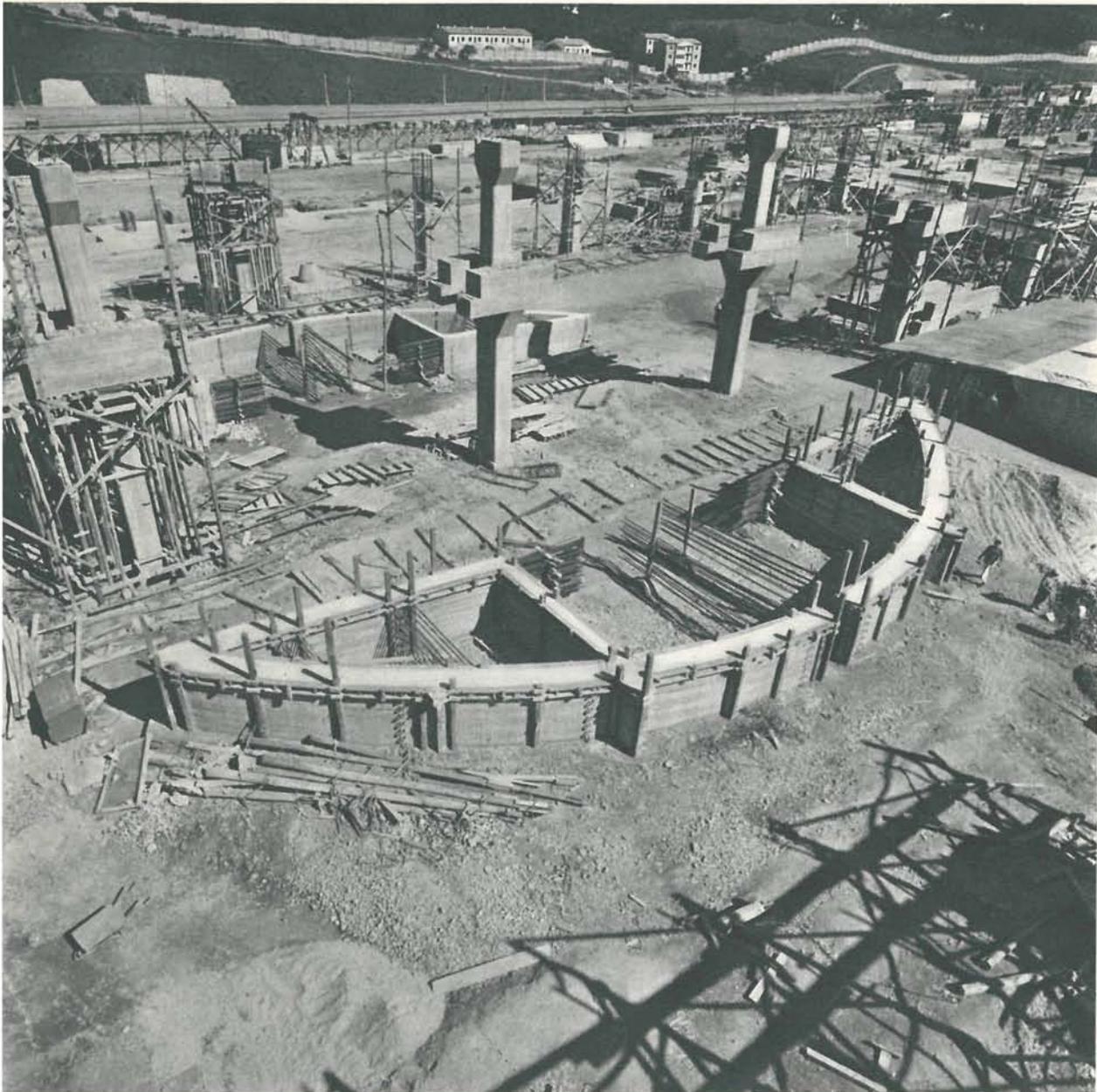
vigas de puente-grúa





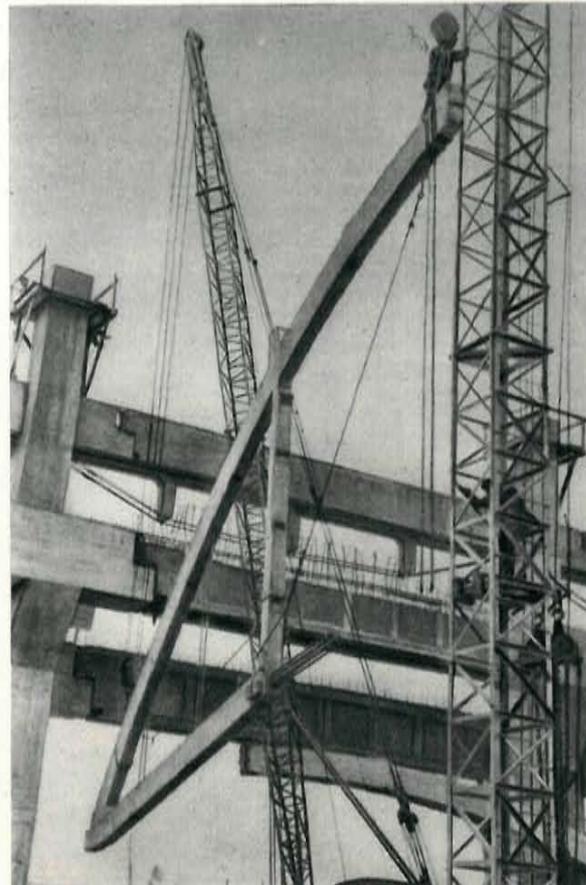
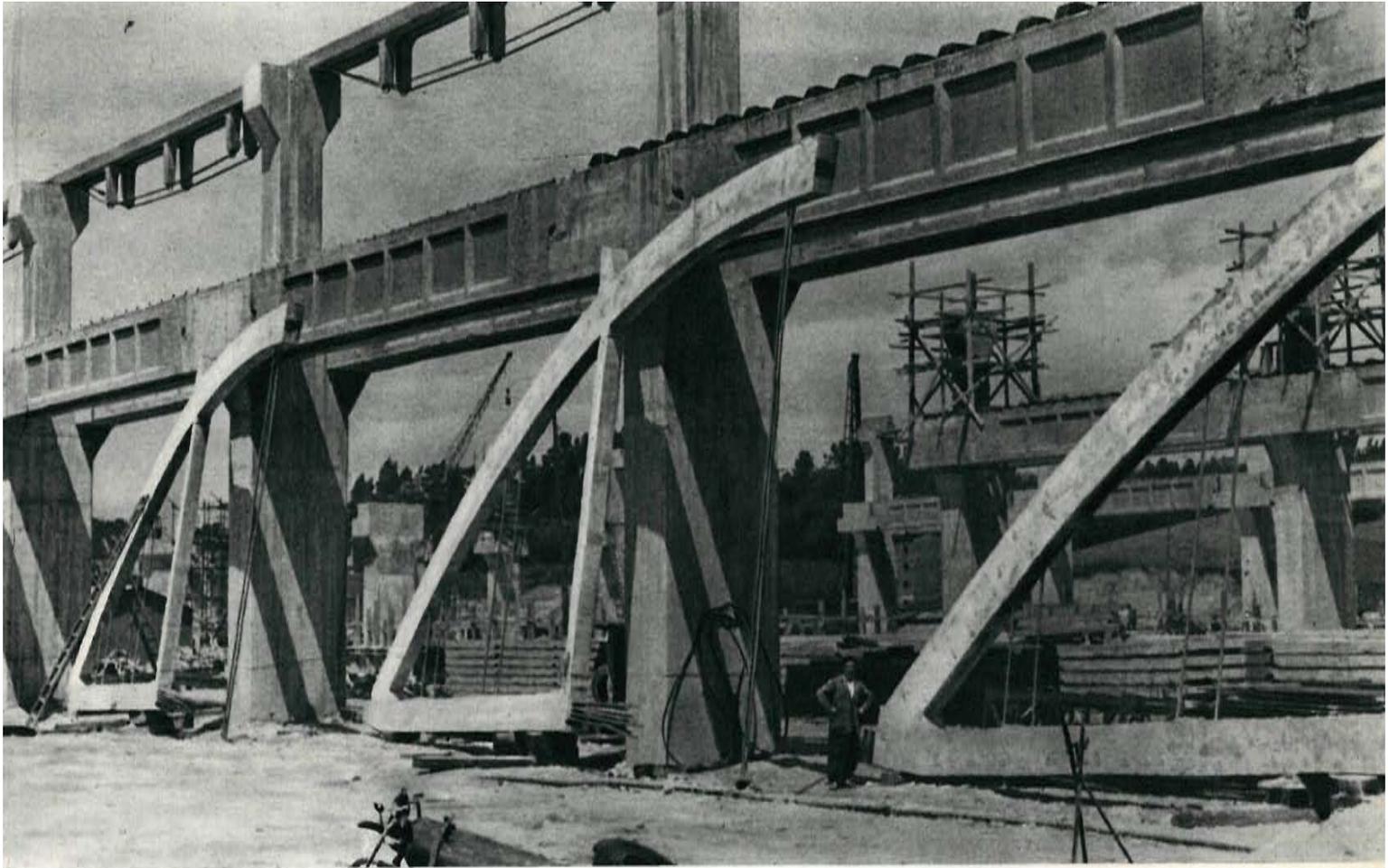
Los arcos de cubierta son atirantados con sustentación isostática, tocho o rodillo metálicos en las extremidades respectivas, y funcionan con articulación en clave durante montaje, la cual se anula al final. La cubierta se apoya directamente sobre los arcos en zona central, y sobre los tirantes hormigonados en las dos alas, disponiéndose en el escalón que separa ambas zonas sendos lucernarios verticales corridos longitudinalmente, que aseguran una buena iluminación en todas las naves.

laminación



La cubierta, propiamente dicha, se ordena en vigas longitudinales a separaciones de 3,20 o que soportan placas nervadas de dicha longitud y 1,50 de ancho. Las vigas son de estructura mixta con cabeza de 30×30 de hormigón armado y cordón inferior de redondos de acero 2 $\varnothing 35$ ó 2 $\varnothing 30$, según los casos. Encima de las placas se extiende una capa de hormigón «in situ», ligeramente armada, que solidariza todos los elementos, absorbiendo los hierros de anclaje de todos ellos. Se obtienen así planos de gran rigidez ligeramente inclinados.

Las vigas longitudinales se enlazan a los arcos mediante soldadura de placas de asiento.



laminación

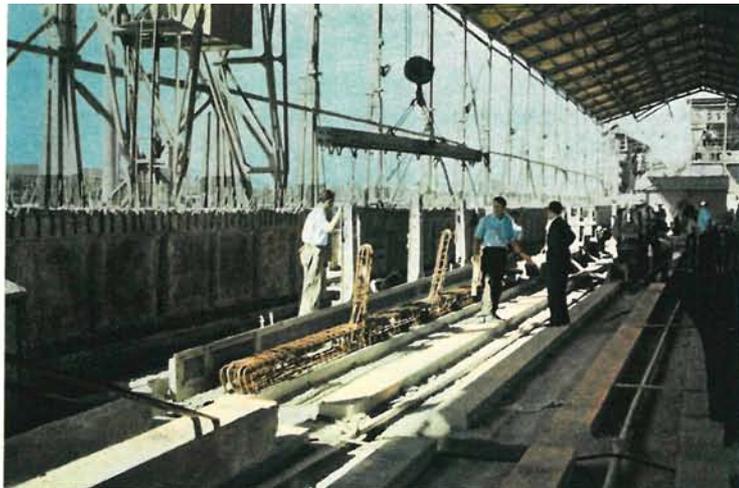


Además, los lucernarios constituyen planos de rigidez vertical, pues se han dispuesto como vigas lucernarios con una fuerte retícula de tubos rectangulares metálicos con resistencia para la transmisión de empujes del viento.

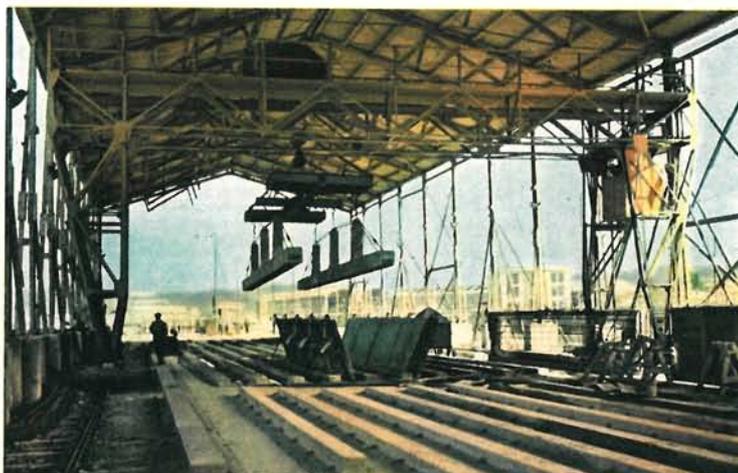
La cubrición de impermeabilidad está constituida por placas de uralita, llevando las aguas a canalones longitudinales apoyados sobre las vigas de cubierta en los planos de pilares.

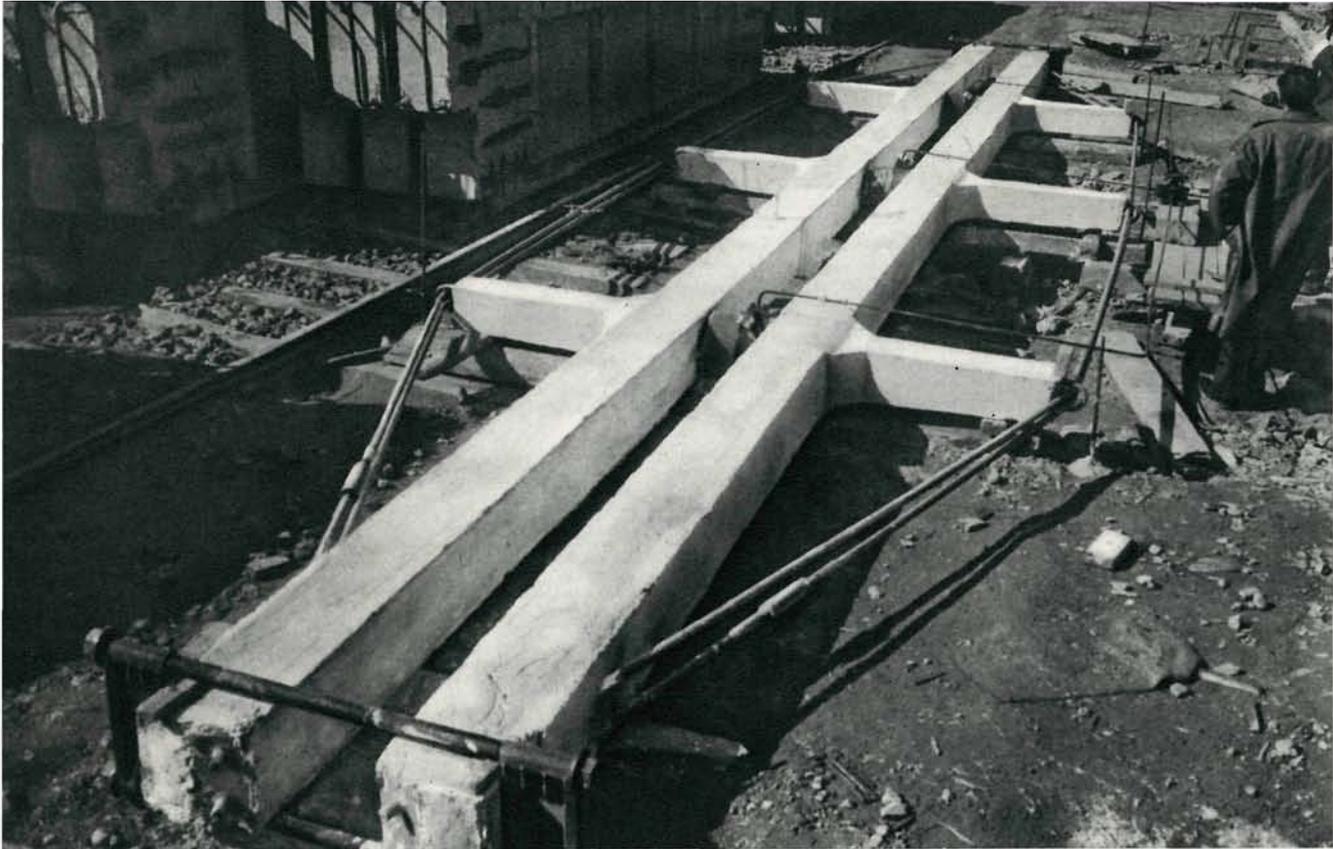
Las vigas de puente-grúa se componen de dos elementos con sección doble T premoldeados independientemente, que se enlazan «in situ» y que se apoyan solidarizándose para continuidad o para libre dilatación cuando se trata de junta, sobre ménsulas solidarias de los pilares que se hormigonan «in situ» al mismo tiempo que aquéllos.

**vigas
de cubierta**



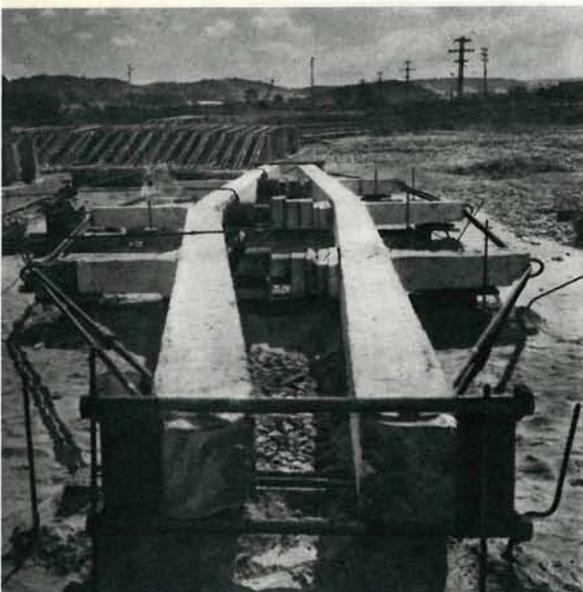
laminación

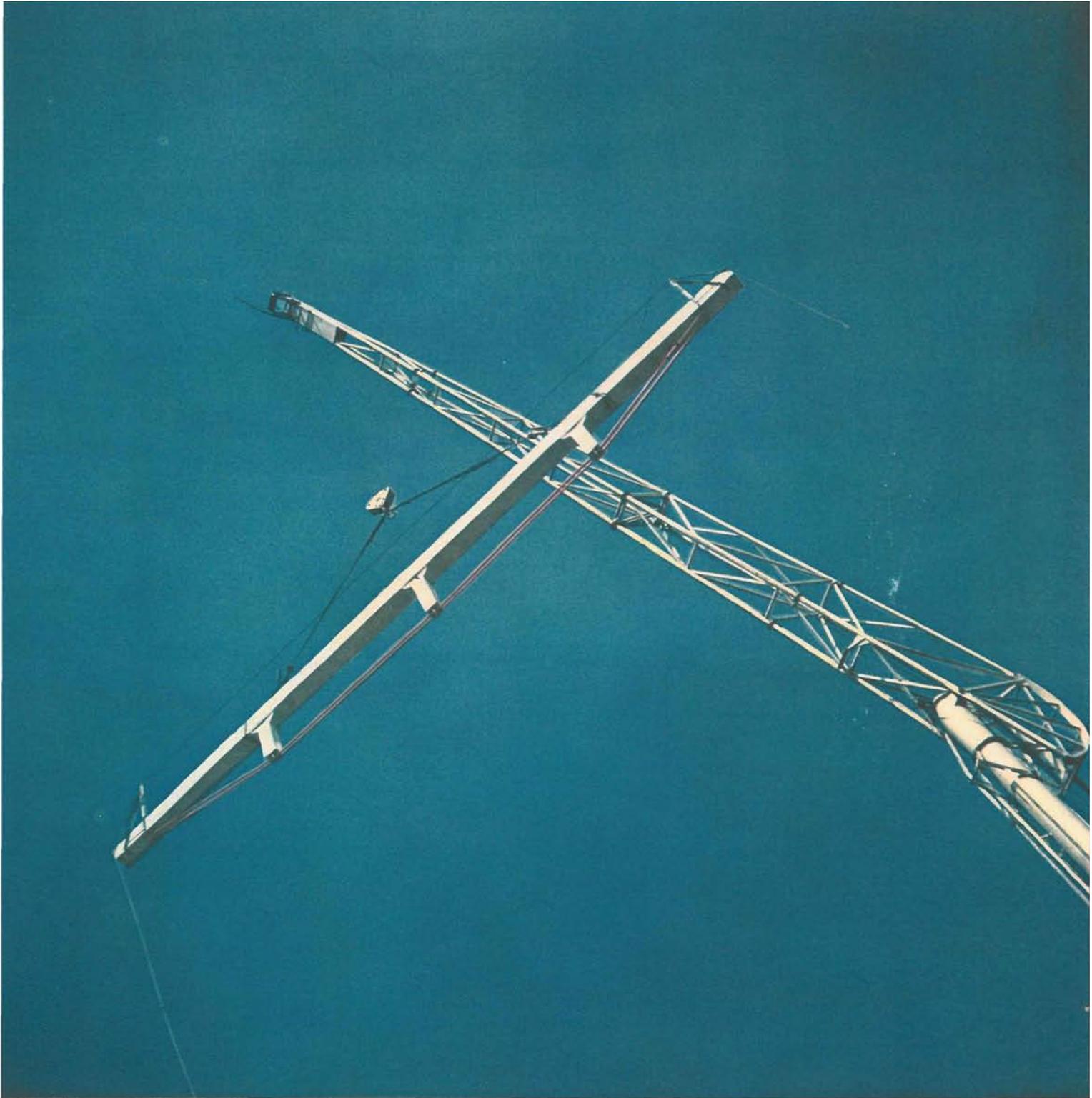




vigas de cubierta

**ensayos
elevación**





Todas las vigas tienen la misma longitud, salvándose las diferencias de luz en las ménsulas construídas «in situ» y también la misma sección 150×36 , variando la armadura según el puente-grúa que han de sustentar.

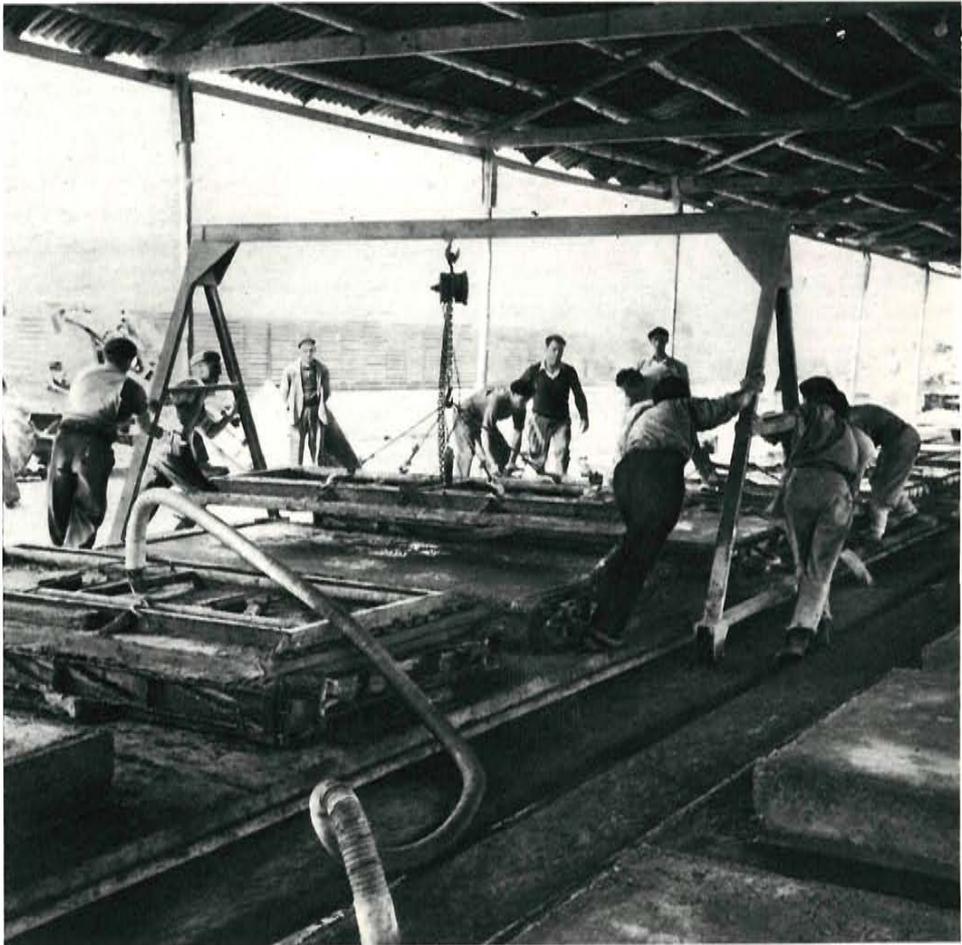


laminación



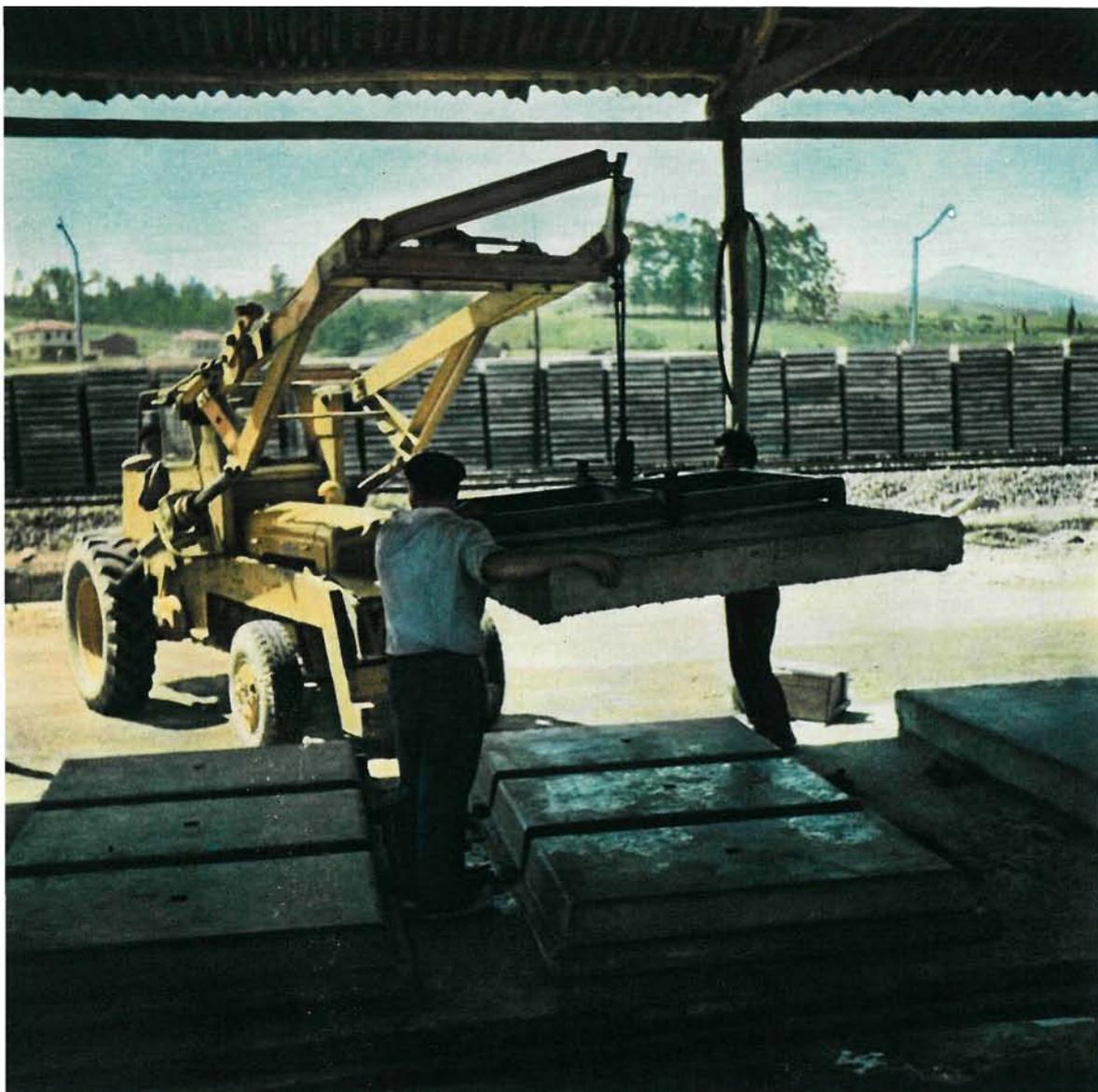
El total de piezas que ha habido que fabricar es de 1.160 elementos iguales para vigas de puente-grúa, 4.000 vigas de cubierta de dos longitudes diferentes, 12 y 13 m; 108 vigas de fachada; 24.000 placas de dos dimensiones $3,20 \times 1,50$; 640 semiarcos de los de 30 m de luz, y 152 de los de 20 metros.

Exceptuando los semiarcos, que se han ejecutado como en otras ocasiones, a lo largo de las naves en bloques horizontales de hasta siete superpuestos, todos los demás elementos se han fabricado en el taller centralizado dentro del solar de la obra, con central de vacío y central de hormigonado, que servía, además, el hormigón para los pilares ejecutados «in situ».

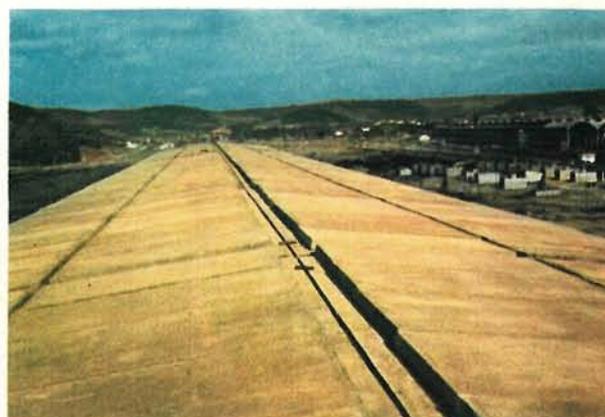
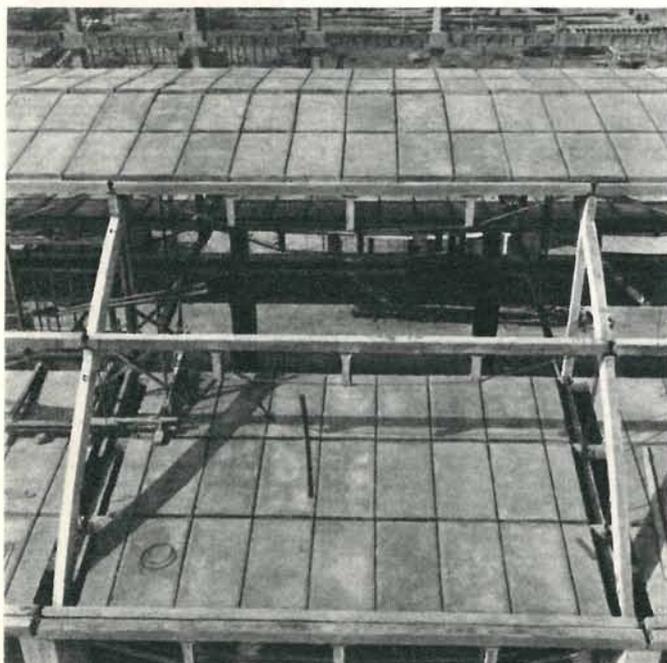


placas

laminación



laminación



placas

superficie construída con hormigón premoldeado

Talleres de IMENASA, en Pamplona.	1.914 m ²
Talleres de HUARTE y CIA., en Madrid.	2.630 m ²
Fábrica de Hilados F. Goñi Mayo, en Pamplona.	5.310 m ²
Naves del INTA, en Torrejón de Ardoz.	9.390 m ²
Estación de Trolebuses.	6.468 m ²
Naves Fiat, en Madrid,	2.908 m ²
Naves de Metalúrgica SANTA ANA LAND-ROVER, en Linares.	10.250 m ²
Nave para ENDASA, en Avilés.	4.025 m ²
Naves de INASA, en Irurzun (Navarra).	7.532 m ²
Naves Fiat, en Barcelona.	5.569 m ²
Taller de Calderería de ENSIDESA, en Avilés.	11.097 m ²
Taller Mecánico de ENSIDESA, en Avilés.	10.724 m ²
Nave de Fundición de ENSIDESA, en Avilés.	12.720 m ²
Taller de Laminación de ENSIDESA, en Avilés.	182.190 m ²
Nave de Tostación de Española del Zinc, en Cartagena.	4.464 m ²
Nave de Lixiviación de Española del Zinc, en Cartagena.	4.343 m ²
Nave de Electrólisis de Española del Zinc, en Cartagena.	4.420 m ²
Fábrica de Lacas Mari, en Barcelona.	1.053 m ²
<hr/>	
total de edificación prefabricada.	287.007 m²

experiencias

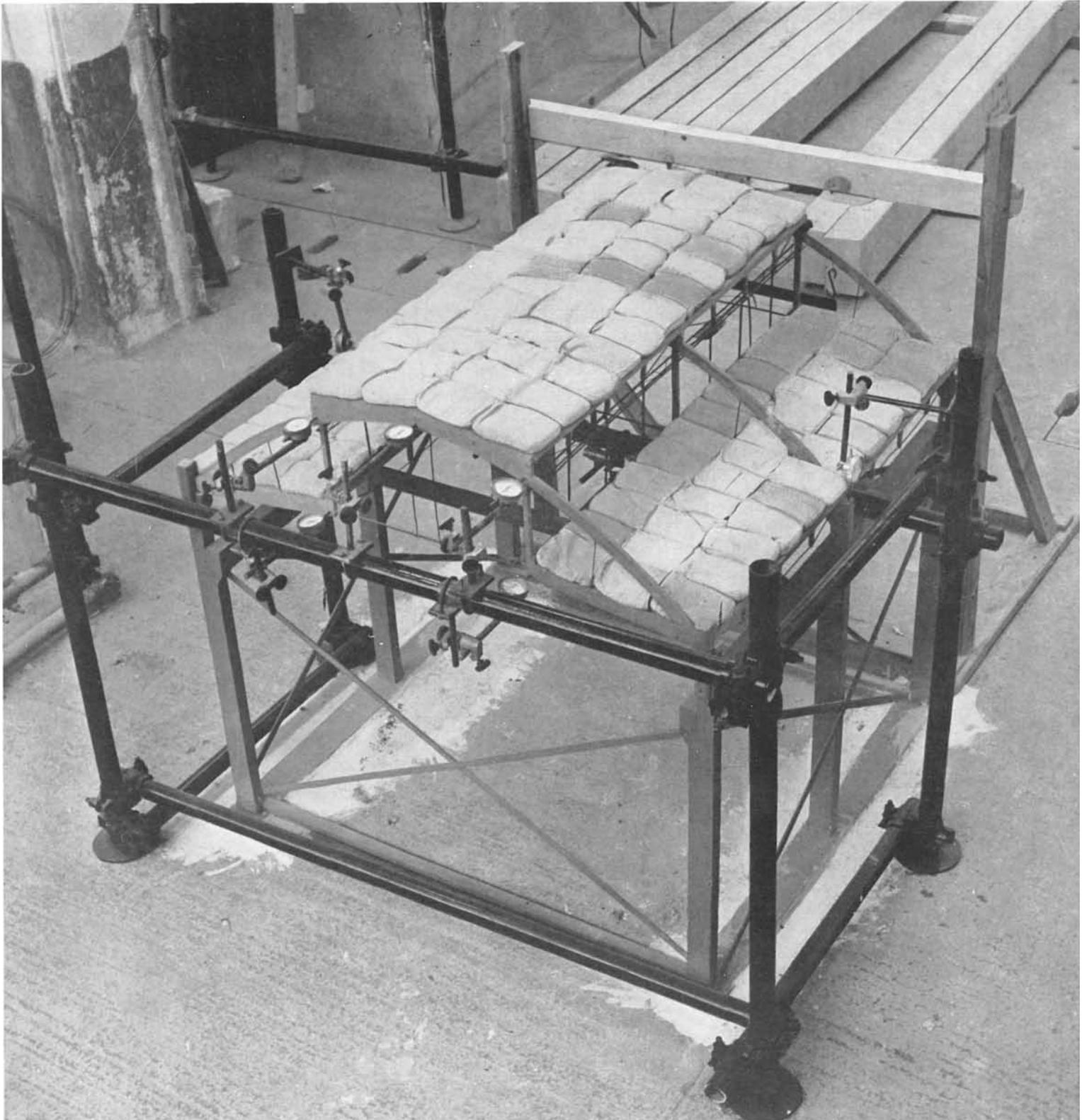
Toda obra realizada es de por sí una experiencia o, si se quiere, un experimento en el sentido más simple de la palabra. La construcción progresa recorriendo paso a paso etapas sucesivas, y el prefabricado representa la aplicación al hormigón armado de los métodos propios de las estructuras metálicas, por lo cual, afinando secciones, llegamos a unos elementos de características elásticas y resistentes intermedias entre las de hormigón armado y las metálicas.

Este carácter de experimento que tiene toda construcción lograda es preciso no llevarlo más allá de límites prudenciales, pues la experimentación a escala natural puede ser muy cara y, sobre todo, resulta siempre peligrosa, ya que puede ponerse en juego la seguridad de vidas humanas. Por lo tanto, es preciso proceder con cautela y, aunque cada nuevo avance exige una extrapolación con respecto a la serie de casos anteriores, la dosis de audacia que esto requiere hay que dosificarla con una prudencia consciente del riesgo suplementario introducido.

Además, la experiencia de obra se limita a comprobar el comportamiento en condiciones normales, no denunciando a qué distancia estamos de una anomalía peligrosa. Pero el premoldeado, al manejar independientemente elementos estructurales completos, nos da la ocasión de actuar sobre ellos, someténdolos a experiencia total hasta rotura, ya que cada uno de ellos representa una parte alícuota de la construcción total.

Así hemos procedido con las vigas de cubierta de las naves de Laminación de ENSIDESA, donde estudiamos directamente su comportamiento hasta el final, sacrificando un pequeño número de ejemplares de los miles construidos en total. La experiencia directa la cotejamos con otra realizada en nuestro Laboratorio de Estructuras, donde una serie de vigas a escala 1/10 se sometieron a ensayos similares que las probadas en obra, prolongando, además, la experimentación al estudio del elemento viga armada en todas sus posibilidades estructurales.

Otra de las experiencias en modelo reducido de gran interés para el prefabricado es el ensayo de las condiciones de estabilidad, no sólo en la construcción terminada, sino, lo que es más interesante, en fases intermedias de la obra. Las condiciones de montaje es preciso definir las de un modo riguroso, y es fundamental conseguir una estabilidad progresiva desde el enlace de los primeros elementos. El montaje de elementos prefabricados es, a veces, algo parecido a un castillo de naipes, y los fracasos sufridos en algunas construcciones se deben a falta de estudio preliminar.



racionalización

Una conclusión que se deduce del empleo intensivo de la prefabricación es la necesidad de racionalizar la construcción.

Al terminar la exposición de las distintas construcciones que forman este folleto hemos sentido la tentación de completarlo con una serie de proyectos normalizados para naves industriales de una sola planta.

Resumiendo las funciones diferentes que cumplen las naves de todos estos edificios, nos queda un repertorio muy limitado, definido exclusivamente por condiciones de iluminación, separación de apoyos y mecanismos de transporte y elevación que las sirven.

Partiendo de la iluminación tenemos las cubiertas en dientes de sierra o las cilíndricas; la separación de apoyos nos subdivide las naves en crujías; y la presencia de puentes-grúas limita, principalmente, las dimensiones de las crujías.

Las condiciones de ventilación y evacuación de aguas influyen en la forma particular de las cubiertas; y las de acondicionamiento interno, en los materiales de construcción.

Precisamente la International Standard Office (I. S. O.), a través de su Comité de Modulación y Coordinación Modular, tiene actualmente en estudio la Coordinación Modular de Edificios Industriales, partiendo de una Memoria previa del grupo polaco (Preliminary Scheme of Standard Regulations).

Hemos renunciado al intento de proponer estos modelos de naves normalizadas, considerando que no somos los más indicados para ello, y que se trata de un trabajo común a realizar por etapas sucesivas.

Pero queremos hacer una llamada a todos los ingenieros y arquitectos que proyectan edificios industriales, para que tengan en cuenta hasta el máximo posible esta aspiración de racionalización que ha de repercutir siempre en la economía y la belleza de sus construcciones.