

silo semiesférico para clínker
en **ABOÑO, Asturias - ESPAÑA**

FELIX QUINTANA LOCHE, Ing. Industrial

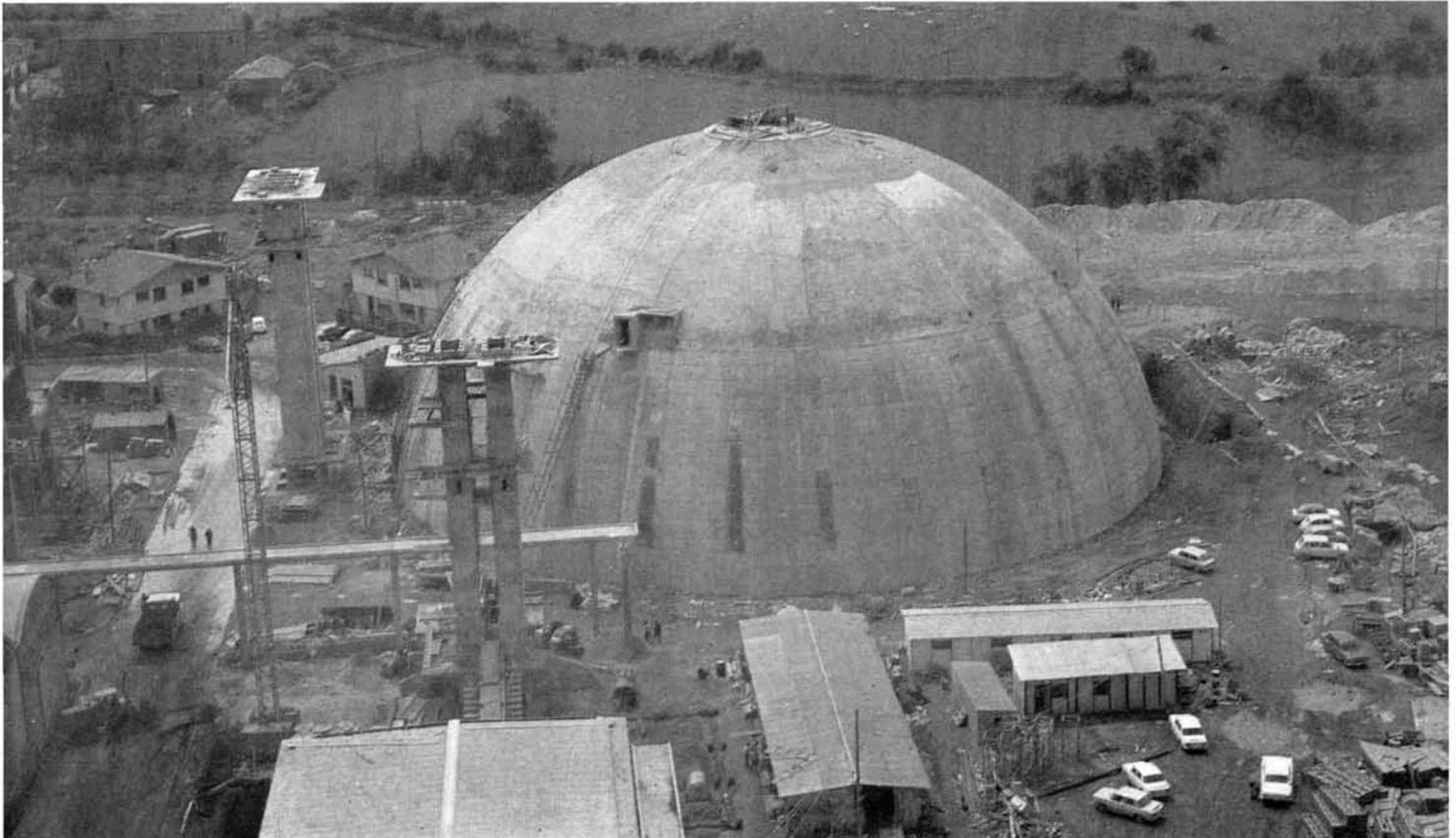
El silo semiesférico para almacenamiento de clínker ha sido construido por la Empresa Constructora Huarte y Cia., en la Fábrica de Cementos del Cantábrico de Aboño (Asturias). El proyecto, elaborado bajo la supervisión de los Servicios Técnicos de Ciments Lafarge de Paris, y por la Entreprise René Marion y Structures Davidaff, constituye una novedad mundial dentro de los sistemas de almacenamiento de clínker.

La gran heterogeneidad de las canteras ha exigido el estudio y la utilización de nuevos medios de muestreo y dosificación estadística, permitiendo fabricar un cemento de una regularidad excepcional.

El silo de almacenamiento semiesférico está destinado a contener un stock de clínker de 35.000 t; la alimentación y recogida se hacen por medio de sistemas rotativos que giran alrededor de un eje vertical que pasa por el centro del silo. Esta característica ha determinado naturalmente la forma del silo: una cúpula esférica, de 63,50 m de diámetro, cuyo centro se encuentra situado a 5 m por debajo del nivel del suelo.

La solución adoptada requiere acudir al sistema de prefabricación en una gran parte.

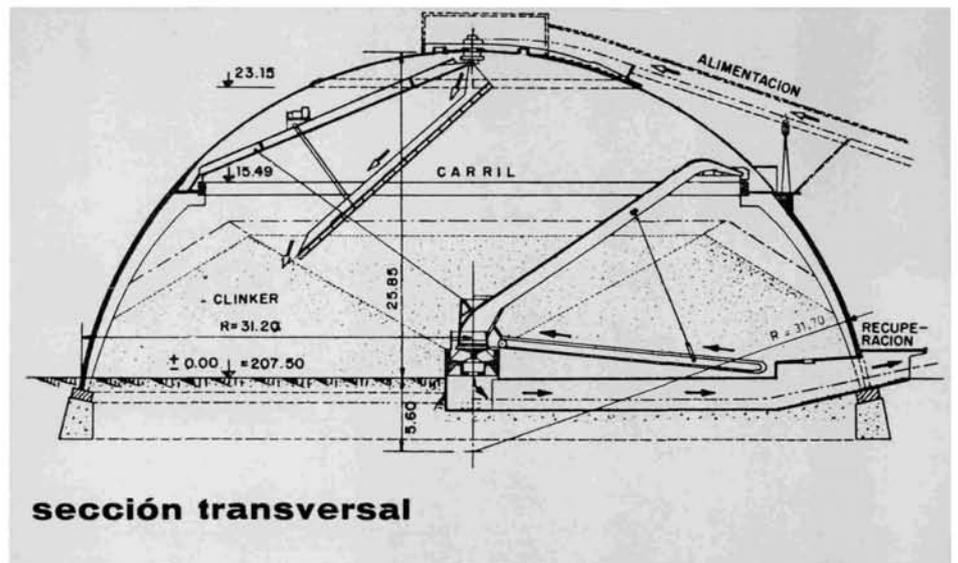
La realización de la obra constituye una novedad mundial por su función, su forma y el procedimiento de ejecución.



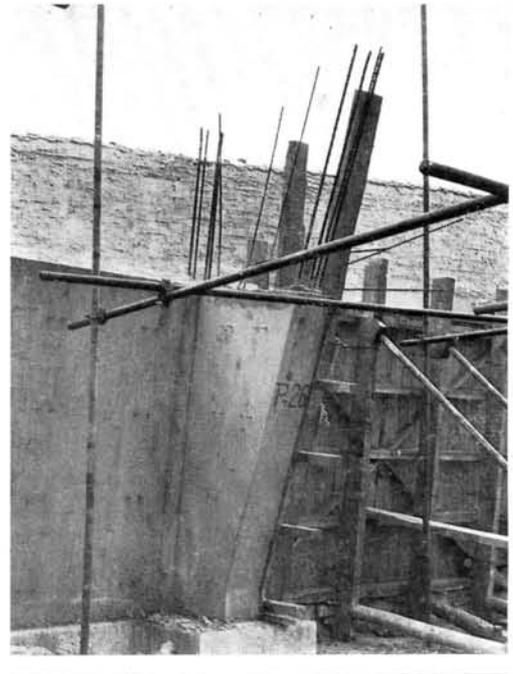
Generalidades

La esfera está asentada sobre un terreno margoso, de aceptable capacidad portante, lo que ha permitido efectuar una cimentación directa, y únicamente se han situado unos macizos de hormigón en masa bajo el anillo inferior, en las zonas afectadas por una elevada carga puntual de los pilares.

El sistema mecánico es completamente automático. No necesita la presencia de ninguna persona en el interior en que la atmósfera es altamente pulverulenta



sección transversal



El clínker llega al silo por una cinta transportadora, y el dispositivo de alimentación está situado en la cima de la esfera.

Un mecanismo rotativo, que se apoya en la cima y sobre una viga de rodadura, sostiene un brazo de reparto que deposita el producto en forma de un montón anular cuya altura máxima por encima del suelo es de unos 15 m.

El dispositivo de salida del clínker está constituido por un pórtico que gira apoyándose sobre la viga de rodadura. Este pórtico sostiene una cinta rascadora que recoge el clínker y lo lleva al centro de la esfera, en donde es tomado por otra cinta que permite conducirlo a la salida.

Descripción de la estructura

El conjunto reposa sobre una zapata anular que se apoya directamente sobre el terreno, y sobre 30 macizos de hormigón en masa.

Por encima de la zapata propiamente dicha se encuentra una estructura que constituye lo que podríamos llamar el esqueleto del silo, formada por 30 pilares, de sección variable, que alcanzan una altura de 15 m, y que terminan en unas grandes ménsulas destinadas a soportar la carga de la viga de rodadura, y unidos entre sí por una losa de hormigón que, además de proporcionar estabilidad al conjunto, sirve de pasarela del personal para la manutención y eventual reparación de las instalaciones.

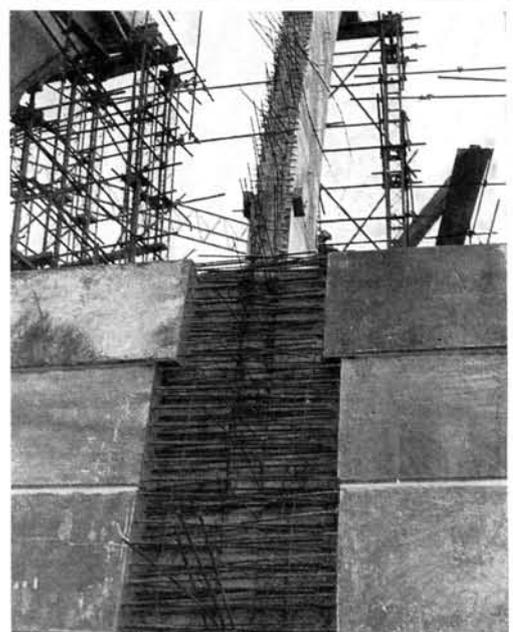
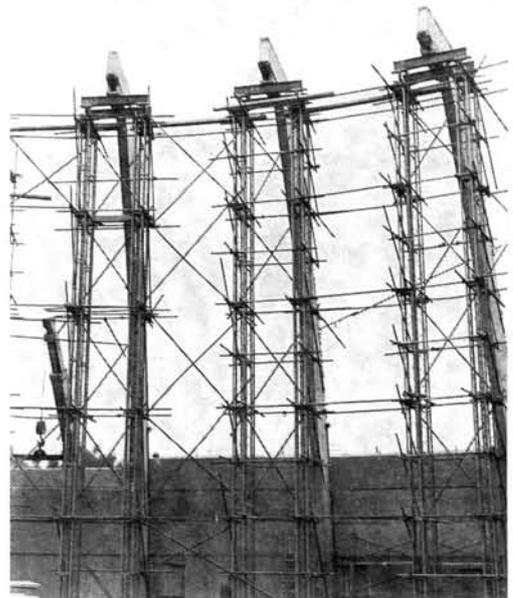
Este esqueleto así formado sirve de apoyo a las paredes de cerramiento del silo, constituidas por una primera altura de hormigón ejecutada in situ hasta 2 m, y un total de 406 piezas prefabricadas de doble curvatura, divididas en 14 tipos de diferentes dimensiones y espesores. Estas piezas ensambladas forman un total de 14 anillos concéntricos, con los cuales se alcanza la cota superior de los pilares.

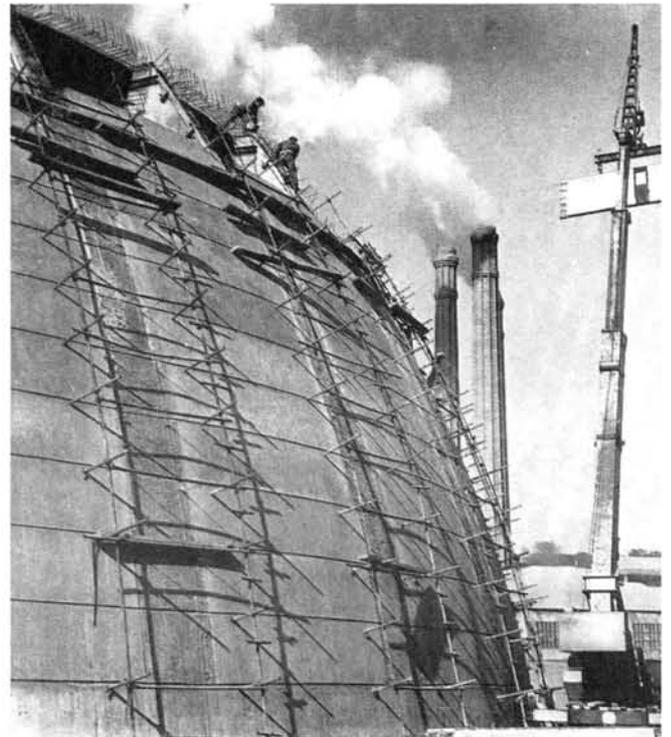
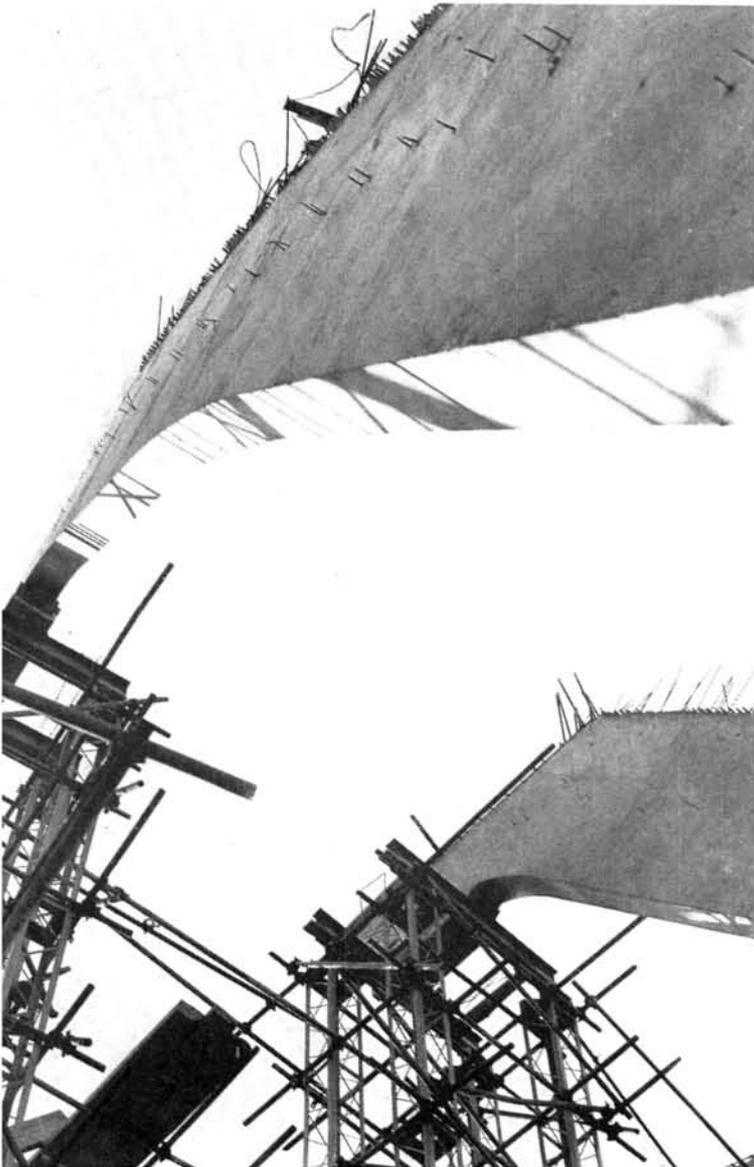
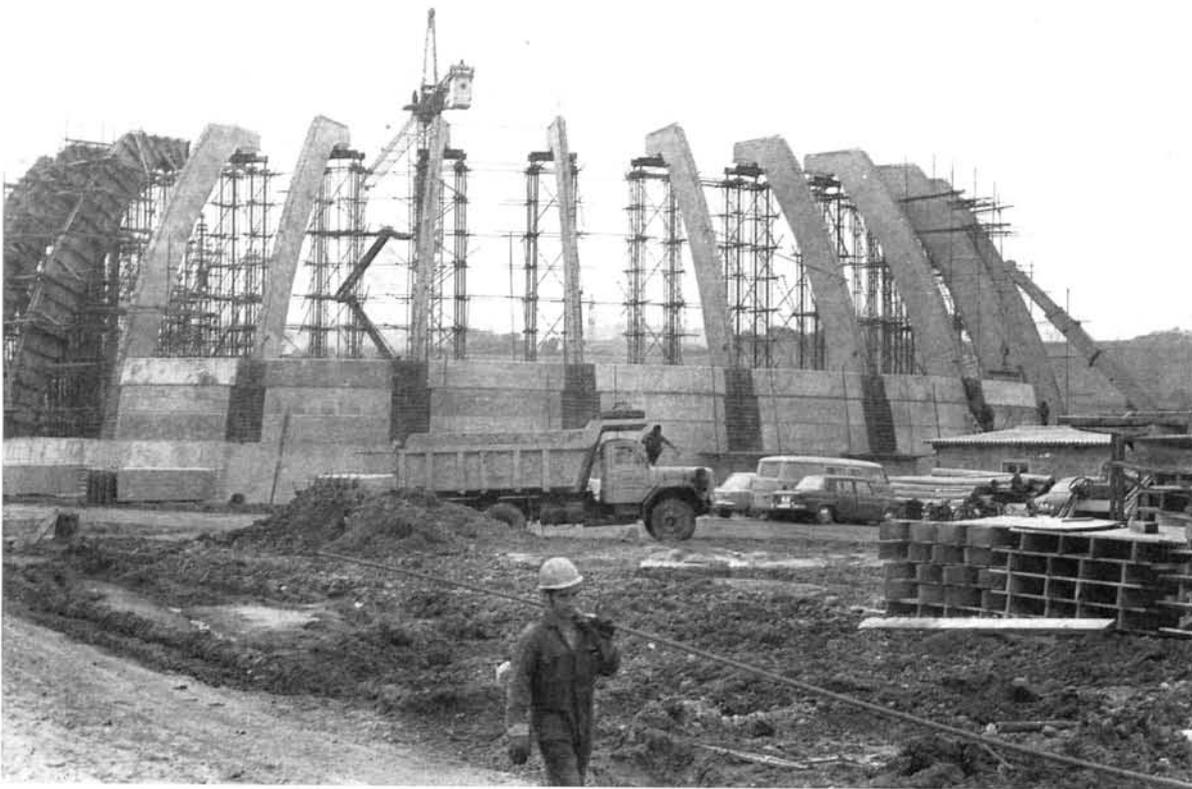
Sobre este conjunto, y hasta alcanzar una altura sobre el suelo de 28,50 m, se levanta una cúpula laminar cuyo espesor varía desde 25 a 8 cm.

Las paredes del silo están dimensionadas para soportar todas las cargas de la instalación, y también el empuje del clínker almacenado.

Proceso constructivo

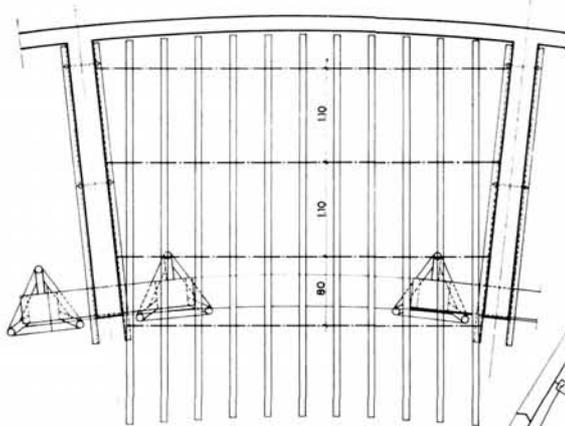
La primera fase de la obra consistió en la ejecución de la zapata anular de cimentación, y sobre ella, de la primera altura de 2 m en paredes y pilares, hormigonada in situ.



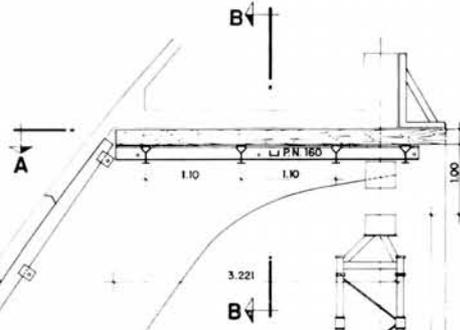


proceso de obra

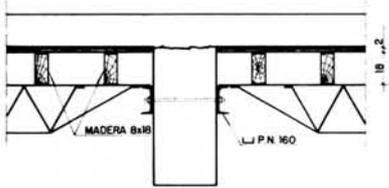
planta A



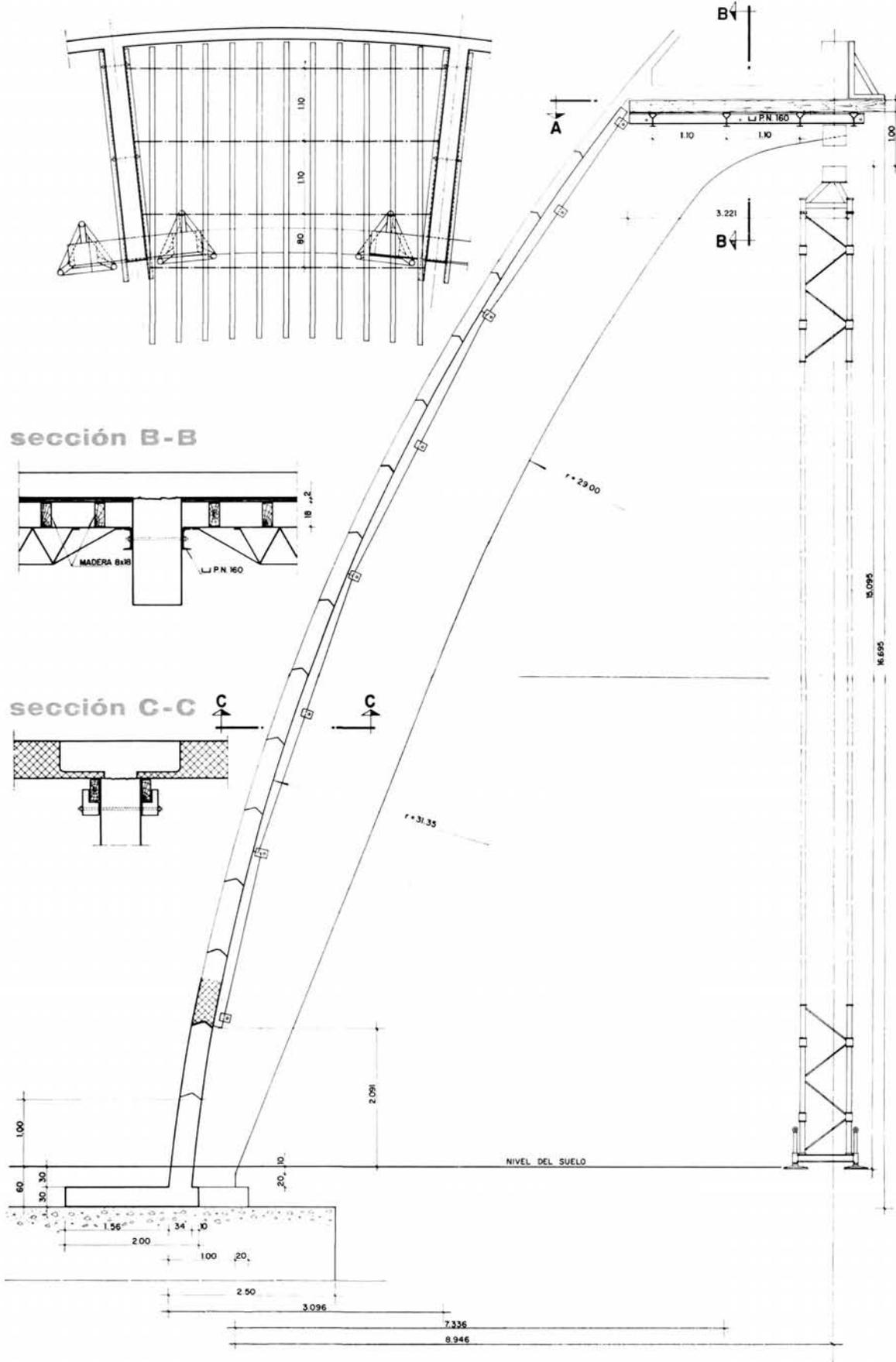
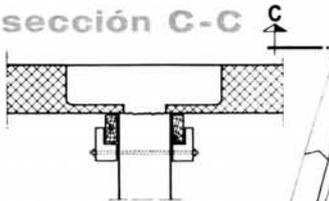
apuntalamiento de piezas



sección B-B



sección C-C





A continuación se procedió a la ejecución de los 30 pilares-ménsula, cuyo desencofrado tuvo lugar a los 4 días del hormigonado, una vez alcanzada la resistencia exigida para ello, habida cuenta de que en esta fase estaban sometidos solamente a su peso propio.

Los pilares quedaban así unidos por su base por la zapata anular, y apoyados en la ménsula de cabeza sobre una cimbra metálica de la capacidad portante adecuada.

Independientemente, y en una zona al pie de la obra, se procedía a prefabricar las 406 piezas que, situadas sobre los pilares, y ensambladas en sus 14 tipos diferentes, forman las paredes exteriores del silo.

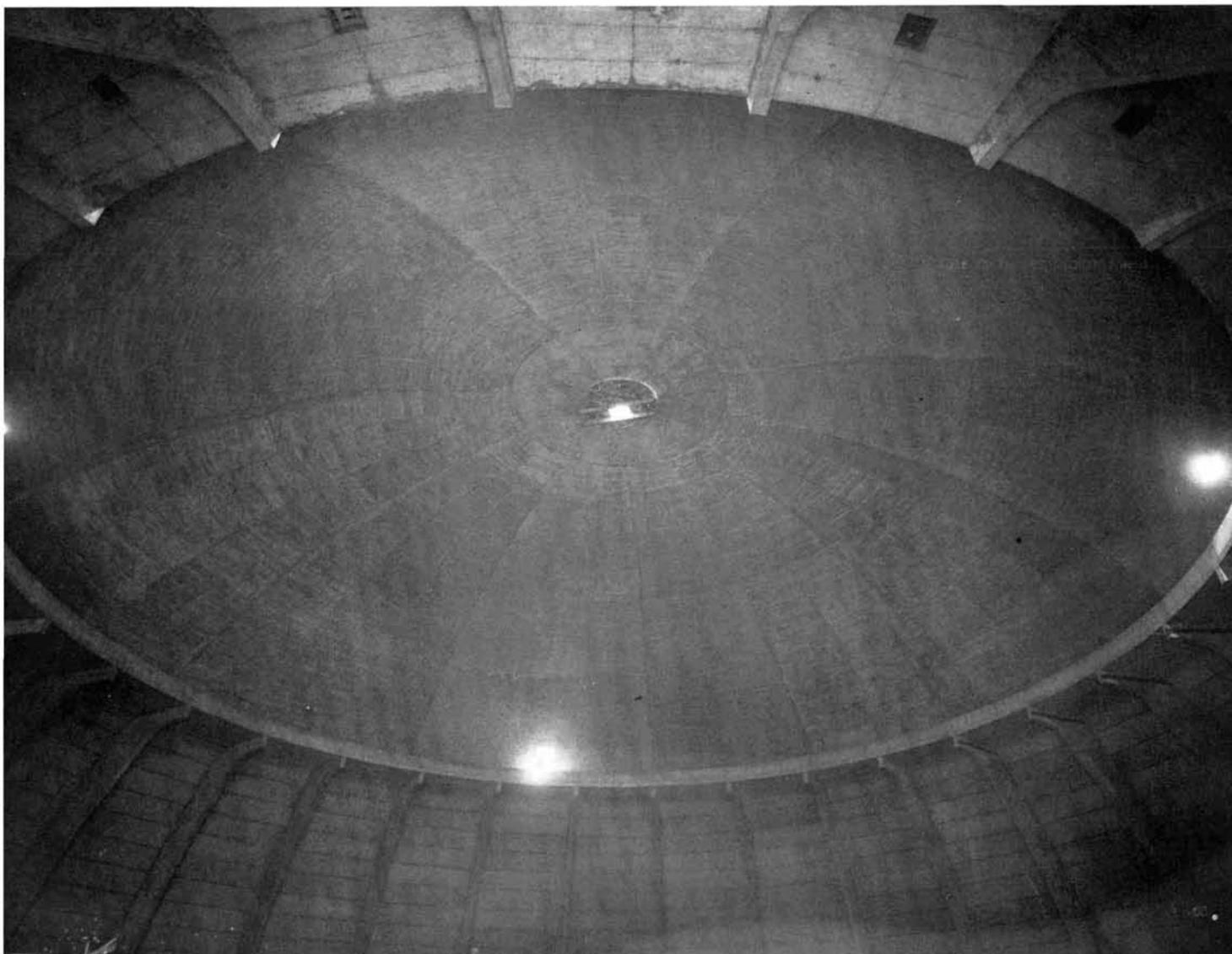
Una vez que se dispuso de un número suficiente de pilares se procedió a la ejecución de la losa superior y viga de rodadura sobre las ménsulas, lo que proporcionaba estabilidad a lo que hemos dado en llamar esqueleto del silo, permitiendo así la retirada de los apoyos en que hasta entonces descansaban los pilares. Inmediatamente después se montaron los elementos prefabricados, que permanecían únicamente 3 días en su molde de fabricación, recibiendo los mismos y formando así un cuerpo común con los pilares.

Con la colocación de estos elementos de cerramiento, el silo quedó terminado hasta una cota de 15 m sobre el suelo.

Para la ejecución de la cúpula superior se procedió a levantar una cimbra total, sobre la que se apoyó un encofrado previamente preparado en el suelo, en forma de sectores.

El hormigonado de la cúpula se hizo comenzando por la plataforma circular de coronación. A continuación se dividió la cúpula en 12 sectores, que se hormigonaron de forma totalmente simétrica. De esta manera, transcurridos 7 días, cada sector y su simétrico se desencofraron sin esperar que la totalidad de la cúpula estuviera hormigonada, ya que ambos, unidos por el anillo superior, tenían estabilidad por sí mismos.

Se desprende fácilmente que la construcción descrita sólo es posible cuando se realiza un perfecto control en la calidad del hormigón.



A este respecto, y como dato informativo, diremos que la resistencia característica exigida, de 360 kp/cm², fue alcanzada y casi siempre superada sin dificultad, no habiendo sido necesario el uso de aditivos, y con una dosificación de cemento que en ningún caso superó los 350 kg/m³. Por otra parte, el estricto control de calidad permitió realizar la obra en un tiempo realmente breve, al permitir el desencofrado de los elementos en un tiempo no superior a 7 días, lo que, sin duda, representa una economía muy digna de consideración.

Como conclusión, creemos que la obra descrita es, por sí misma, una prueba de las grandes posibilidades que para todo tipo de construcción presenta el hormigón armado, cuando, a una concepción de proyecto adecuada, se une una preocupación grande por conseguir una óptima calidad de ejecución en la obra.



Fotos: ESTUDIOS NOVEL y FOAT, S. L.

résumé

Silo hémisphérique pour clinker à Aboño (Asturies) - Espagne

Félix Quintana Loche, ingénieur industriel

Le silo hémisphérique pour le stockage de clinker a été construit par l'entreprise de construction Huarte y Cia., pour la cimenterie Cantábrico de Aboño (Asturies). Le projet, élaboré sous le contrôle des services techniques des Ciments Lafarge de Paris, et par l'Entreprise René Marion et Structures Davidaff, constitue une nouveauté mondiale dans les systèmes de stockage de clinker.

La grande hétérogénéité des carrières a exigé l'étude et l'utilisation de nouveaux moyens d'échantillonnage et de dosage statistique, permettant de fabriquer un ciment d'une régularité exceptionnelle.

Le silo de stockage hémisphérique est destiné à assurer un stock de clinker de 35.000 t. La mise en stock et l'écoulement sont assurés par des systèmes rotatifs autour d'un axe vertical qui passe par le centre du silo. Cette caractéristique a déterminé naturellement la forme du silo: une coupole hémisphérique, de 63 m 50 de diamètre, dont le centre est situé à 5 m au-dessous du niveau du sol.

La solution adoptée exige l'adoption d'un système de préfabrication dans une grande partie.

La réalisation de cet ouvrage constitue une nouveauté mondiale pour sa fonction, sa forme et le procédé d'exécution.

summary

Semispherical clinker silo in Aboño, Asturias - Spain

Félix Quintana Loche, Industrial Engineer

This semispherical silo for clinker storage was built by the construction firm Huarte and Co., in the cement factory at Aboño, Asturias. Designed under the supervision of the Technical Services of Ciment Lafarge of Paris, by Enterprise René Marion and Structures Davidaff, it constitutes a world innovation among clinker storage systems.

The great heterogeneity of the quarries required the study and use of new means of sampling and statistical dosification, thus producing cement of exceptional evenness.

The semispherical storage silo is destined to contain a clinker stock of 35,000 tons; feed and collection are done by means of rotary systems that revolve around a vertical axis in the centre of the silo. This feature determined the shape of the silo — a spherical dome, 63.50 m in diameter, of which the centre is situated 5 m below the ground.

The design adopted required the use of prefabrication, and is a world innovation in its function, form and building procedure.

zusammenfassung

Halbkugelförmiger Klinkersilo in Aboño, Asturias - Spanien

Félix Quintana Loche, Dipl. Ing.

Dieser halbkugelförmiger Klinkersilo wurde von dem Bauunternehmer Huarte & Cie. erbaut, in der Zementfabrik «del Cantábrico» in Aboño (Asturias). Der Entwurf, entwickelt unter der Überwachung der technischen Abteilung der Ciments Lafarge von Paris, und der «Entreprise René Marion» und «Structures Davidaff», ist der erste der Welt dieser Art als Lagersilo für Klinker.

Die grosse Unregelmässigkeit der Steinbrüche erforderte eine Erforschung und Anwendung neuer Auswahlmethoden und statistischer Dosierung, wodurch man einen hervorragenden gleichmässigen Zement produzieren konnte.

Dieses halbkugelförmige Lagersilo kann bis 35.000 ton. Klinker enthalten; die Auffüllung und Entleerung geschieht durch einen Rotierungssystem, das sich um die senkrechte Mittelachse des Silos dreht. Diese Eigenart ergab somit die Form des Silos: eine kugelförmige Kuppel mit einem Durchmesser von 63,50 m, deren Mittelpunkt sich 5 m unter der Erde befindet.

Die sich ergebene Form zwang zu einer grösstenteils vorgefertigten Bauweise. Die Ausführung dieses Gebäudes ist neuartig in der Welt wegen seiner Funktion, Form und Bauweise.