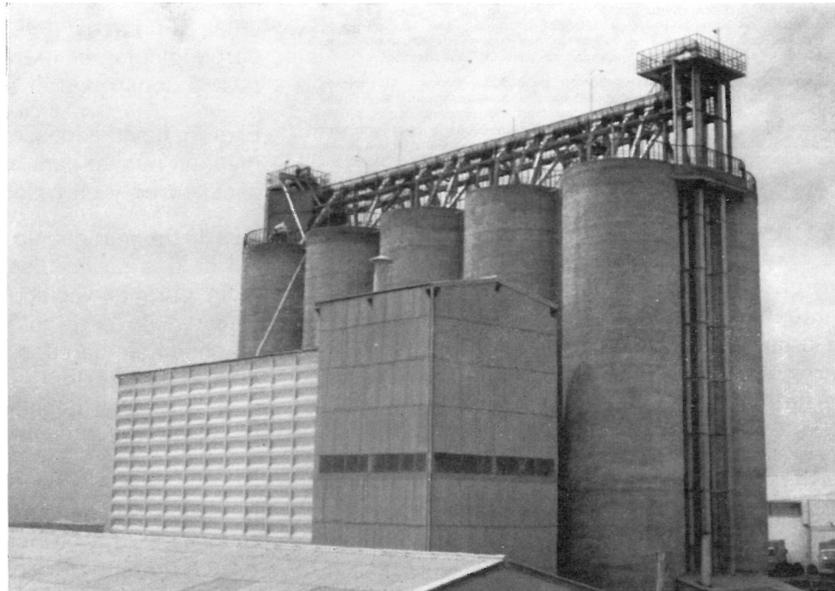


sinopsis

Estos silos, destinados a almacenamiento de cereales y borujo, están formados por 10 celdas exteriores cilíndricas, de 6 m de diámetro interior y 31,88 m de altura, que se unen entre sí por medio de muros, dando lugar a cuatro celdas adicionales de forma octogonal. De éstas, tres están subdivididas en cuatro interceldas, quedando la cuarta como silo central. Debajo del conjunto se ha dispuesto una galería para el vaciado de los silos.

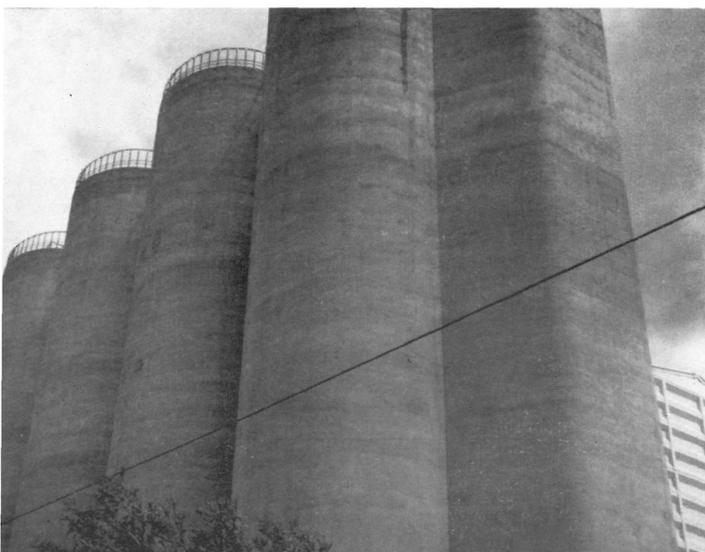
La obra se ha realizado con un encofrado deslizante que reúne las siguientes características: es mixto, en cuanto a la forma y materiales; rígido, por el enlace de las plataformas superiores de trabajo; y de sección constante, por mantener los silos las mismas dimensiones en toda su altura. La maniobra de ascenso del encofrado se conseguía mediante dispositivos de elevación accionados por mando hidráulico centralizado.



construcción de silos con encofrados deslizantes Santa Cruz de Tenerife • España

M. BARRIOS MARTINEZ, Dr. Ingeniero de Caminos

582 - 15



Autor del Proyecto:

ADRIAN DE LA JOYA CASTRO, Dr. Ingeniero de Caminos

Realización de la Obra:

DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S. A.



Dadas las particularidades del encofrado deslizante, el hormigón utilizado en la obra debía reunir una serie de condiciones especiales, sensiblemente distintas a las del hormigón que normalmente se emplea con encofrados fijos, por lo que fue objeto de numerosos estudios y ensayos hasta conseguir su perfecta adecuación.

La construcción se llevó a cabo en un tiempo récord: en primer lugar, por la confección previa de un detallado programa que consiste en un gráfico de barras y una red de precedencias; y, en segundo lugar, por la implantación de un hormigonado continuo, con turnos de día y de noche, con lo que se consiguió disminuir en doce días los dos meses y medio previstos para la terminación.

La obra de los Silos Tenegrán está formada por un conjunto de construcciones que se levantan sobre un solar de 6.650 m², situado en la urbanización «El Mayorazgo», frente a la carretera de Hoya Fría, en Santa Cruz de Tenerife.

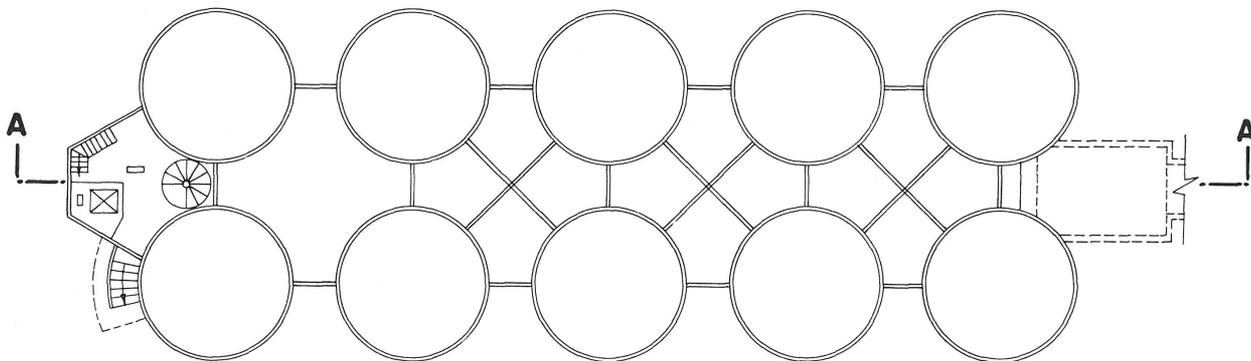
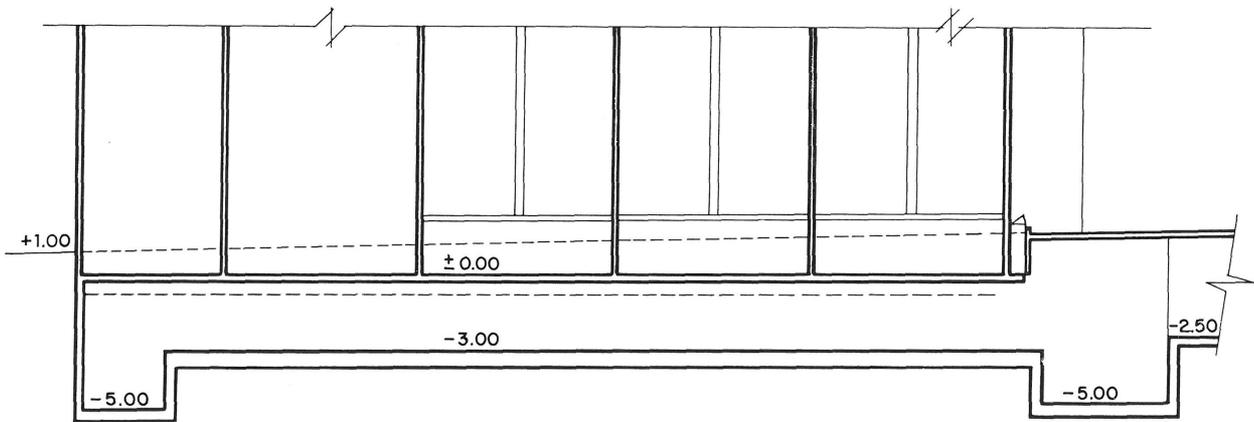
El silo, para almacenamiento de cereales y turtós, comprende la construcción de 10 celdas exteriores cilíndricas, de 6 m de diámetro interior y 31,88 m de altura, con un espesor de pared de hormigón armado de 0,18 m. Las celdas están unidas, dos a dos, en prolongación de los ejes, por muros de 1,40 m de longitud, dando lugar a cuatro celdas de forma

octogonal, tres de las cuales están subdivididas en cuatro interceldas por dos muros perpendiculares entre sí, mientras que la cuarta constituye el silo central.

El silo lleva adosado, en uno de sus extremos, un núcleo para alojamiento de escaleras, ascensores y elevadores.

A 2.50 m por debajo de la parte inferior de las celdas se ha dispuesto la galería de servicio para el vaciado del silo. Para la construcción de esta galería se han aprovechado las mismas paredes que cierran las celdas cilíndricas. En los extremos de la galería se realizaron dos pequeños fosos, de unos 2 m de profundidad, que alojan los pies de los elevadores.

El ritmo de ejecución previsto pudo ser alcanzado mediante un hormigonado continuo, con turnos de día y de noche. Para ello se empleó un encofrado deslizante y una duplicidad de maquinaria, que evitaba cualquier paro en dicho hormigonado continuo.

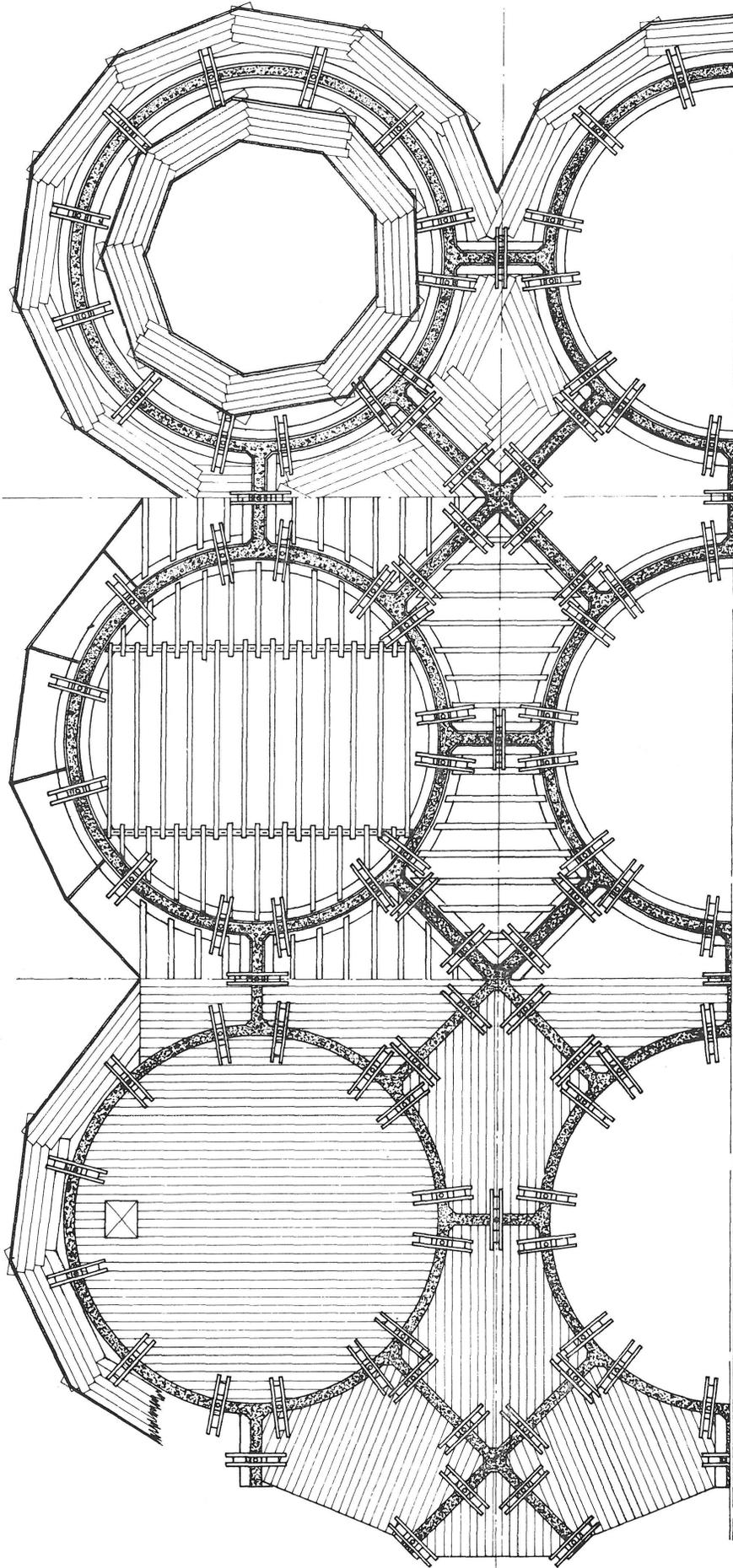


planta y sección

ANDAMIOS INFERIORES (Colgados)

ENTRAMADO PLATAFORMAS SUPERIORES

PLATAFORMAS SUPERIORES

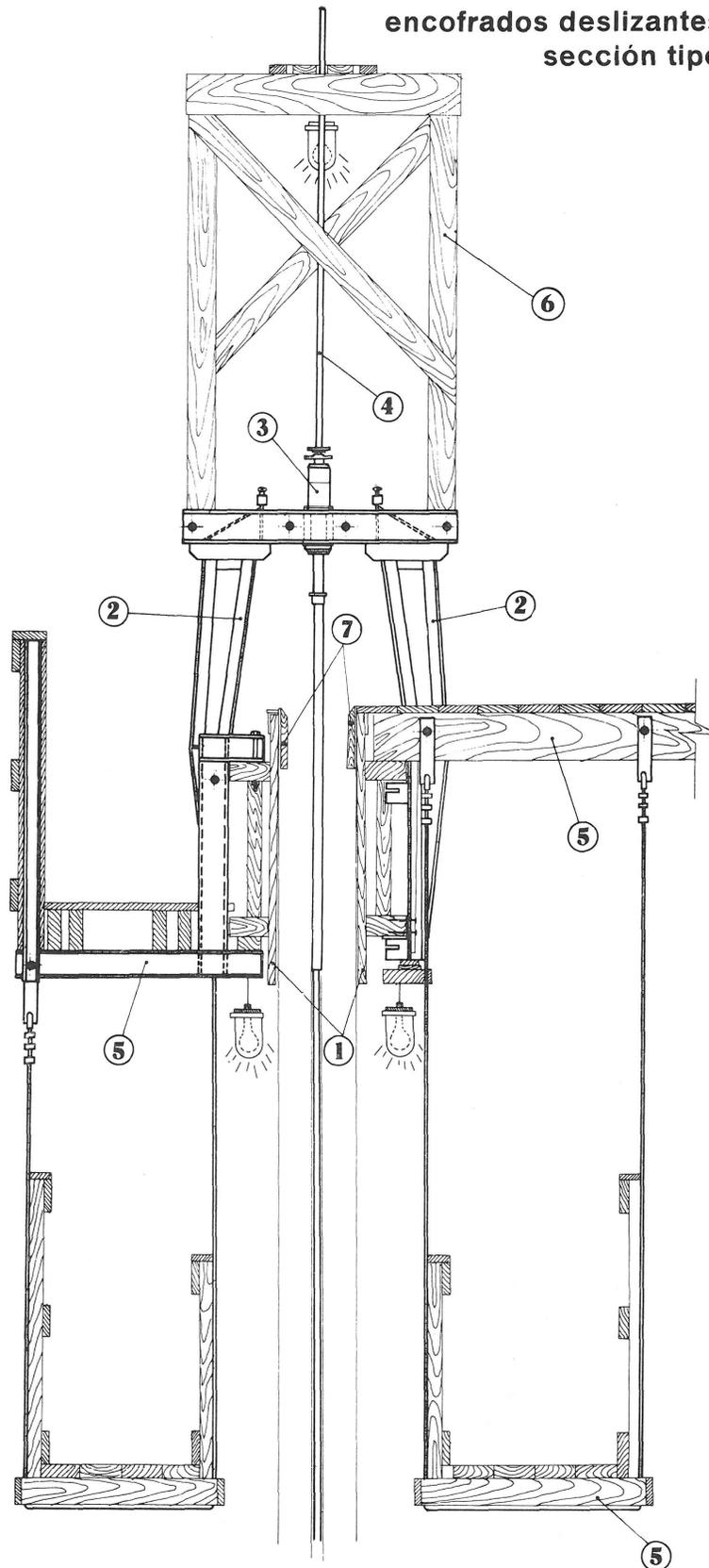


encofrados
deslizantes

colocación
de yugos y
plataformas

encofrados deslizantes sección tipo

- ① **Encofrado propiamente dicho**, que estaba constituido por paneles (según croquis adjunto) que, ensamblados en el lugar en que se va a colocar el hormigón, rodean las paredes de la celda del silo de 6 m de diámetro interior, en toda su sección horizontal.
- ② **Yugos**, que mantienen los paneles de los encofrados en su posición correcta, contrarrestando su tendencia a separarse bajo el empuje del hormigón fresco; además, por medio de ellos, los paneles se elevan al poner en marcha los dispositivos de elevación.
- ③ **Dispositivos de elevación (gatos)**, que sujetándose sobre las barras de apoyo, arrastran hacia arriba todo el conjunto del encofrado deslizante.
- ④ **Barras metálicas de apoyo**, que reciben (a través de los gatos) todo el peso del encofrado deslizante y lo transmiten directamente a la cimentación.
- ⑤ **Plataformas de trabajo**, a partir de las cuales se realizan todas las operaciones necesarias para hormigonar las paredes de la celda del silo, estando escalonadas en dos niveles diferentes: las plataformas superiores, conectadas directamente a los paneles del encofrado, y las inferiores colgadas de las superiores con cables de acero; las dos plataformas tenían funciones diferentes, sirviendo las superiores para el acopio de materiales, colocación de armaduras, transporte y vertido del hormigón, movimiento del encofrado, etc., y las inferiores para vigilar el hormigón que ha salido del deslizamiento del encofrado, para retocar en caso necesario.
- ⑥ **Entramados-soportes** para las instalaciones tanto eléctricas como hidráulicas, que se montaron sobre los yugos y forman, con una serie de elementos longitudinales que pasan de un entramado a otro, un sistema especial que sigue el trazado circular de las paredes, soporta las instalaciones antes citadas y servían de guías de las armaduras.
- ⑦ **Dispositivos diversos**, se colocaron en la parte alta de los paneles del encofrado unos separadores de armaduras, para su correcta colocación en el hormigonado continuo.



ENCOFRADOS DESLIZANTES

El encofrado deslizante utilizado en las fases de hormigonado continuo de los silos era, en cuanto a su forma, del tipo mixto, ya que sus módulos estaban compuestos por zonas curvas y planas.

También era del tipo mixto en cuanto a los materiales utilizados, por ser unas partes de madera (paneles recubiertos con chapa galvanizada) y otras metálicas (yugos y elementos de suspensión de las plataformas).

Las plataformas de trabajo superiores se extendían sobre toda la superficie de cada celda, confiriendo al conjunto del encofrado una gran rigidez en el plano horizontal.

La maniobra de ascenso de los encofrados se conseguía mediante dispositivos de elevación con mando hidráulico centralizado, lo que permitía dirigir varios dispositivos desde un mismo pupitre.

Desde el punto de vista de la posición relativa de los paneles entre sí durante el deslizamiento, estos encofrados eran de sección constante, ya que los silos mantienen uniformes sus dimensiones en toda la fase de deslizamiento.

El encofrado deslizante empleado en la ejecución de los silos se componía de las siguientes partes:

- Encofrado propiamente dicho: Constituido por paneles que, ensamblados en el lugar en el que iba a ser vertido el hormigón, rodeaban las paredes de la celda, del silo de 6 m de diámetro interior, en toda su sección horizontal.
- Yugos: Mantenían los paneles de los encofrados en su posición correcta, contrarrestando su tendencia a separarse bajo el empuje del hormigón fresco. Al mismo tiempo servían para izar los paneles al poner en marcha los dispositivos de elevación.
- Dispositivos de elevación: Formados por gatos que, sujetándose sobre las barras de apoyo, arrastraban hacia arriba todo el conjunto del encofrado deslizante.
- Barras metálicas de apoyo: Recibían a través de los gatos todo el peso del encofrado deslizante, transmitiéndolo directamente a la cimentación.
- Plataformas de trabajo: A partir de las cuales se realizaban todas las operaciones necesarias para hormigonar las paredes de las celdas. Estaban escalonadas en dos

niveles diferentes: las plataformas superiores, conectadas directamente a los paneles del encofrado; y las inferiores, colgadas de las superiores mediante cables de acero. Las dos plataformas tenían funciones diferentes, sirviendo las superiores para el acopio de materiales, colocación de las armaduras, transporte y vertido del hormigón, movimiento del encofrado, etc.; mientras que las inferiores se utilizaban para vigilar, y retocar en caso necesario, el hormigón que quedaba visto al deslizar el encofrado.

- Entramados y soportes para las instalaciones, tanto eléctricas como hidráulicas: Iban montados sobre los yugos, formando, con una serie de elementos longitudinales que pasaban de un entramado a otro, un sistema especial que seguía el trazado circular de las paredes del silo, soportando las citadas instalaciones y sirviendo de guías a las armaduras.
- Dispositivos diversos, como los separadores de armaduras: Se colocaron en la parte alta de los paneles del encofrado para permitir la correcta colocación de las mismas en el hormigonado continuo.

EJECUCION Y RENDIMIENTOS

Para la ejecución y puesta en obra del hormigón en los silos, y debido al ritmo continuo previsto para las fases de deslizamiento, se empleó la siguiente maquinaria básica:

- 2 grupos electrógenos.
- 2 hormigoneras de 500 litros.
- 2 grúas torre.
- 4 vibradores de aguja.

La duplicidad de maquinaria se previó con el fin de evitar los paros motivados por posibles averías.

Las características del deslizamiento del encofrado fueron las siguientes:

- Velocidad mínima de deslizamiento: 5 cm/hora.
- Se desplazaba como mínimo de 2 a 3 veces por hora.
- Altura total deslizada: 28 m.
- Superficie deslizada: 14.062 m².
- Volumen de hormigón en deslizamiento: 1.266 m³.
- Velocidad de deslizamiento (media al día): 4 m.

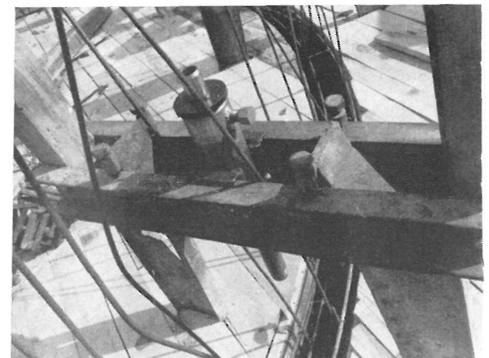
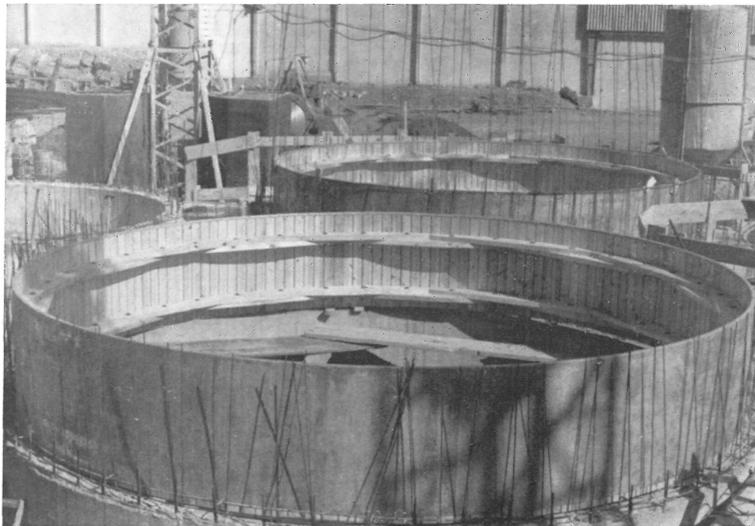
El hormigón, material básico en esta obra, debía reunir una serie de condiciones particulares, sensiblemente diferentes a las del hormigón que normalmente se emplea con encofrados fijos. Esto motivó que fuera objeto de numerosos estudios y ensayos previos, hasta conseguir que reuniera las siguientes cualidades:

— Endurecimiento inicial: Con el fin de que el hormigón se separara del encofrado, manteniendo su forma y arriostrando las barras de apoyo, el comienzo de su fraguado debía producirse sobre las 2 horas y su terminación de 4 a 6 horas después de su preparación.

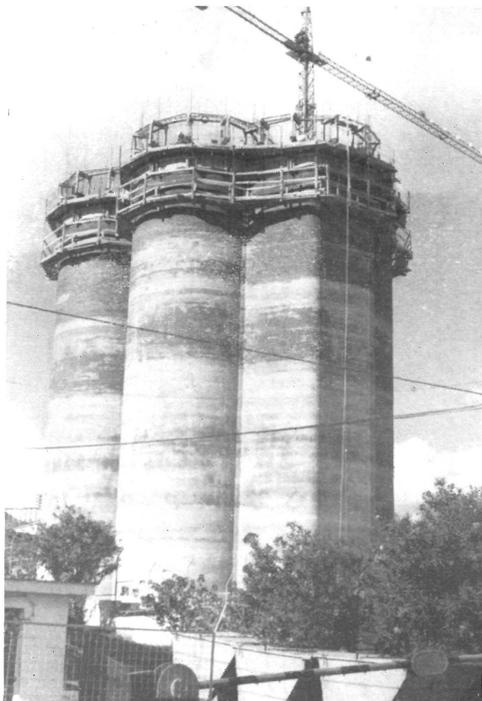
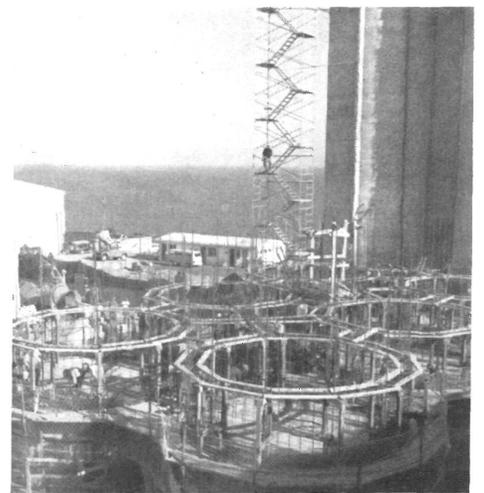
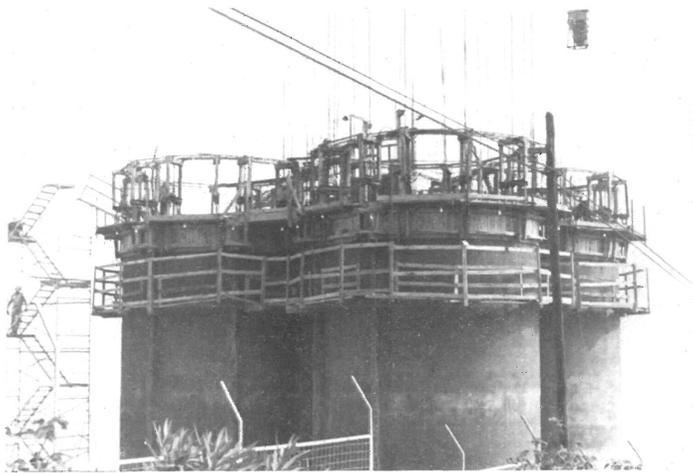
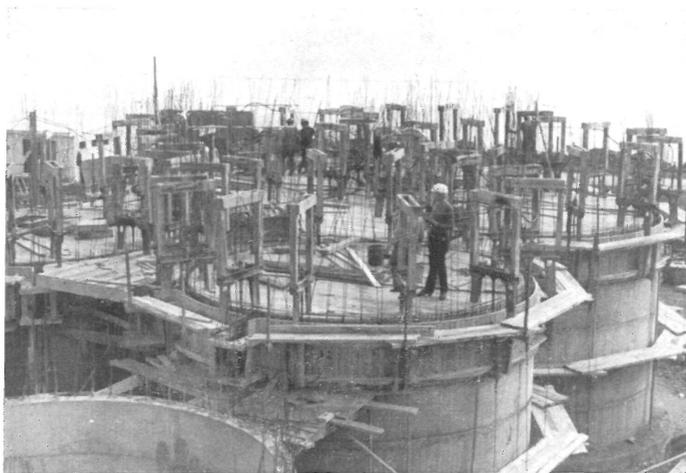
— Resistencia: Debía aumentar hasta alcanzar los 2 kp/cm^2 de 4 a 8 horas después de su colocación, creciendo más deprisa que la carga, a medida que el hormigón se va separando del encofrado.

— Docilidad: Tenía que ser muy dócil para evitar rozamientos fuertes con el encofrado, conseguir fácilmente el compactado, y envolver adecuadamente a las armaduras.

— Calidad constante: Mantenido durante el proceso continuado de ejecución, a base de vigilar en cada amasada la dosificación, la relación agua/cemento y su consistencia.



construcción



- Puesta en obra: El hormigón debía verterse en el encofrado en pequeñas tongadas de 15 a 20 cm de espesor, con el fin de lograr un monolitismo de las paredes del silo, compactándolo mediante vibradores de aguja y asegurando su unión con la capa precedente.
- Curado del hormigón: Con objeto de garantizar su endurecimiento y reducir la retracción, debía regarse comenzando bajo la plataforma inferior de trabajo.

construcción

El hormigón empleado estaba constituido por el tipo de áridos 20-40, 6-20 y arena, utilizándose un cemento PUZ-350, con una dosificación de 350 kg de cemento y 200 litros de agua por metro cúbico de hormigón, con una relación agua/cemento de 0,57. En cada deslizamiento se vigilaba su calidad, composición y consistencia, mediante la ejecución y rotura de gran cantidad de probetas cilíndricas a distintos días.

Al comienzo del primer deslizamiento, en el arranque del mismo, se utilizó un aditivo del tipo Plastiment-VZ para el hormigón, con el fin de que actuara de retardador y plastificante, ya que, en esta fase inicial, el hormigonado era completo en todo el perímetro en una altura de 1 m, empleándose un encofrado fijo. Esto fue necesario porque, para mantener el ritmo normal de deslizamiento, era preciso que la vaina de la barra de apoyo estuviera completamente embutida en una longitud mínima de 1 m, y, además, para que la pasta de dicho hormigón no hubiera fraguado, dejando

las paredes de este primer arranque en las mejores condiciones.

También es importante destacar la unidad de ferralla, tanto por su cuantía como por las dificultades de su colocación, debidas al poco espacio para el trabajo de puesta en obra en la zona comprendida entre los yugos y las plataformas superiores.

PROGRAMACION

Previamente a la realización de la obra, se llevó a cabo una detallada programación de la misma, que consiste en un gráfico de barras, con todas las actividades de la obra, y una red de precedencias, en la que sólo se incluían las actividades correspondientes a la losa de cimentación, a los arranques y al deslizamiento.

En general, en obra no sólo se cumplió perfectamente lo programado, sino que incluso se disminuyeron en 12 días los dos meses y medio previstos para la construcción.

résumé

Construction de silos à l'aide de coffrages glissants. Santa Cruz de Ténériffe - Iles Canaries - Espagne
M. Barrios Martínez, Dr. Ingénieur des Ponts et Chaussées

Ces silos, destinés à l'emmagasinage de céréales et de tourteau, sont constitués par dix cellules extérieures cylindriques, de 6 m de diamètre intérieur et 31,88 m de hauteur, unies entre elles par des murs, formant quatre cellules additionnelles octogonales. Trois de ces cellules sont subdivisées en quatre intercellules, la quatrième destinée au silo central. Une galerie pour la vidange des silos a été aménagée au-dessous de l'ensemble.

L'ouvrage a été réalisé à l'aide d'un coffrage glissant ayant les caractéristiques suivantes: mixte, quant à la forme et aux matériaux; rigide, pour l'union des planchers de travail; à section constante, pour le fait que les silos ont les mêmes dimensions sur toute leur hauteur. Le montage du coffrage était effectué à l'aide de dispositifs d'élevation actionnés par une commande hydraulique centralisée.

Etant donné les particularités du coffrage glissant, le béton employé sur chantier devait réunir une série de conditions spéciales, sensiblement différentes de celles du béton normalement employé avec des coffrages fixes, raison pour laquelle il a été l'objet de bon nombre d'études et d'essais avant d'assurer sa parfaite adaptation.

La construction a été effectuée en un temps record: en premier lieu, pour l'élaboration préalable d'un programme détaillé consistant en un graphique de barres et un réseau de priorités; en second lieu, pour la mise en oeuvre d'un bétonnage continu, avec des services de jour et de nuit, permettant ainsi de réduire en douze jours les deux mois et demi prévus pour l'achèvement de l'ouvrage.

summary

Silo construction with travelling forms - Santa Cruz Teneriff - Canary Islands - Spain

M. Barrios Martínez, Ph. D. Civ. Eng.

These cereal and oil-cake silos are made up of 10 exterior cylindrical cells, with an inner diameter of 6 m and a height of 31.88 m. The cells are joined together by means of walls whereby four additional octagonal cells are created. Out of these, three are subdivided into four cells and the fourth forms the central silo. Below this unit there is a corridor for the emptying of the silos.

The work has been carried out with a travelling form with the following characteristics: mixed with regard to shape and materials; stiff, since the top platforms are connected; and it has a constant cross-section as the dimensions of the silos remain the same throughout the whole height. The form was lifted by means of elevation devices, controlled by a centralized hydraulic mechanism.

In view of the characteristics of the travelling form, the concrete used in the work had to fulfill several very special conditions, notably different from those applying to the concrete that is normally used for fixed forms. For this reason, it was submitted to a great number of studies and tests until the requirements had been met.

The construction was finished in record time: in the first place, because a detailed programme had been worked out in advance, consisting of a diagram of bars and preference network and secondly, because continuous concreting was applied with day and night shifts, whereby the foreseen two and a half months for finishing the silos were reduced to 12 days.

zusammenfassung

Speicherbau mit Gleitschalungen - Santa Cruz Teneriff - Kanarienseln Spanien

M. Barrios Martínez, Dr. Ziv. Ing.

Diese Getreide- und Oliventresterspeicher bestehen aus 10 äusseren, kreisförmigen Zellen, mit einem inneren Durchmesser von 6 m und einer Höhe von 31,88 m. Sie sind durch Mauern verbunden, wodurch 4 zusätzliche achteckige Zellen entstehen. Von diesen sind drei in noch 4 Zellen eingeteilt und der vierte bildet dabei den mittleren Speicher. Unter der Anlage läuft ein Korridor für die Entleerung der Speicher.

Die Arbeit ist mittelst einer Gleitschalung, die folgende Eigenschaften besitzt, ausgeführt worden: gemischt in Bezug auf Form und Materialien; steif, da die Oberteilgrundplatten miteinander verbunden sind; unveränderten Querschnitt, da die Dimensionen der Speicher der ganzen Höhe entlang dieselben sind. Die Schalung wurde mittelst eines von einer zentralisierten hydraulischen Steuerung bedienten Hubwerkes aufgehoben.

In Betracht dieser Eigenschaften der Gleitschalung, musste der in dieser Arbeit gebrauchte Beton Spezialbedingungen erfüllen, die sich wesentlich von den auf den normalerweise für feste Schalungen gebrauchte Beton gestellten Anforderungen unterscheiden. Infolgedessen wurde der Beton zahlreichen Studien und Proben unterworfen, ehe das endgültige Ergebnis erreicht wurde.

Die Konstruktion wurde in Rekordzeit ausgeführt: erstens, weil im Voraus ein ausführliches Programm eines Prioritätsnetzes und Stabdiagramme verarbeitet wurde; zweitens, weil ununterbrochenes Betonieren mit Tag- und Nachtschicht eingeführt wurde, wodurch die für das Beenden der Speicher berechneten 2 1/2 Monate zu 12 Tagen reduziert wurden.