

• REVISTA DE REVISTAS •

• RESÚMENES DEL CENTRO BIBLIOGRÁFICO •

Los encofrados deslizantes, método de construcción rápida, por Emile Nenning.

(De la Revista *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et de Travaux Publics*, marzo-abril de 1957, páginas 331 a 376.)

y las vigas se levantan alternativamente. Una variante de este método es el de los encofrados basculantes (figuras 1.^a y 2.^a).

El método de construcción por medio de encofrados deslizantes no es un método nuevo, es un método que parece ser que empezó a usarse por los alemanes hace veinticinco años. Los motivos de su poca expansión en la actualidad son dos: el que los contratistas han creído que es un método dejado al azar y el poco interés en divulgarlo. En Alemania apareció una publicación sobre este asunto en 1935, del Sr. Boehm, y más recientemente el Profesor berlinés Drechsel ha tratado sobre el asunto.

Hecha esta pequeña historia del método, vamos a pasar a su descripción. En primer lugar haremos notar que si el encofrado consta de varias filas de paneles, dos o tres, según la velocidad que pretenda dársele, el encofrado se considera ordinario. Este tipo de encofrado exige un andamiaje interior para rematar las armaduras y hormigonar, y en el exterior, los obreros que colocan el encofrado han de trabajar colgados, cosa que es muy expuesta. En el caso de que haya una sola línea de encofrado, puede ser deslizante o saltante. El autor llama encofrados saltantes a una instalación compuesta de una

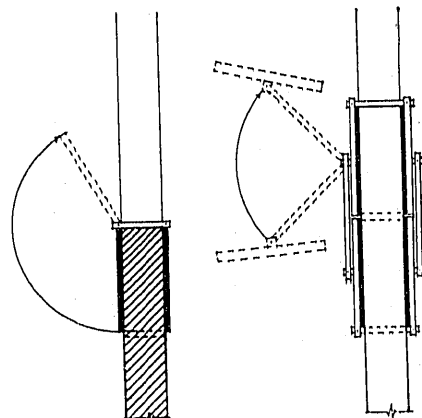


Figura 2.^a

El encofrado deslizante es un trabajo en cadena que, generalmente, sólo se puede aplicar a figuras prismáticas en las que las paredes son uniformes y de espesor constante, encofrando un metro de altura y uniendo el encofrado de forma que quede rígido. Una vez obtenido este caparazón, se va levantando el encofrado con gatos, a una velocidad de 10 a 15 cm. por hora. Como el trabajo es continuo, se avanza de dos a tres metros por día. Veamos las ventajas e inconvenientes. El trabajo hecho en cadena economiza no sólo el encofrado, sino también el hormigonado y el varillaje. Se necesitan de diez a quince horas de mano de obra por metro cúbico de hormigón, una docena de metros cuadrados de hormigonado y el colocado del acero.

El hormigón puede descomponerse por el arrastre de la lechada, que puede quedar al descubierto durante una tormenta. Para evitar esto, las superficies vistas se repasan frecuentemente con una lechada de cemento, nada más salir del encofrado (aunque las tormentas atacan más fácilmente a la lechada que al hormigón). La superficie presenta anillos de crecimiento que se deben a los cambios de temperatura y a la fuerza del

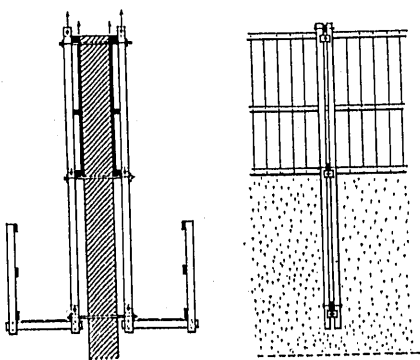


Figura 1.^a

fila de paneles montados sobre vigas verticales; los dos elementos están fijos al hormigón, con la ayuda de pernos móviles. Se hormigona escalonadamente y los paneles

viento. Para acabar, se termina la obra con un enlucido (figuras 3.^a, 4.^a y 5.^a).

La primera vez que el autor empleó los encofrados deslizantes fué en 1936, con motivo de la construcción de un refrigerador. En este caso se presentaba un problema, y era que el agua que se condensaba en las paredes producía cambios bruscos de temperatura y el refrigerador rezumaba. La única manera de impedir esto era evitando las juntas, o sea empleando encofrados deslizantes.

Veamos cómo se realizó. Se fijó el encofrado por medio de marcos metálicos y se levantó la instalación

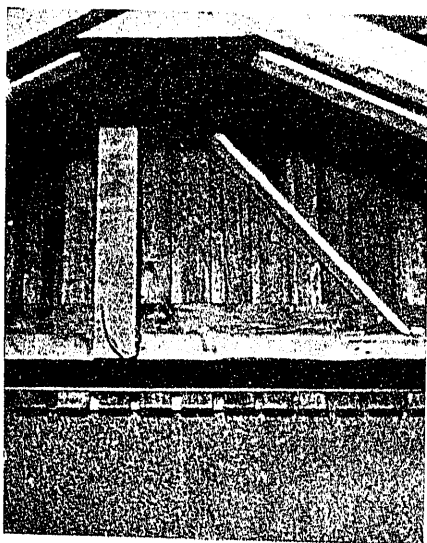


Figura 3.^a

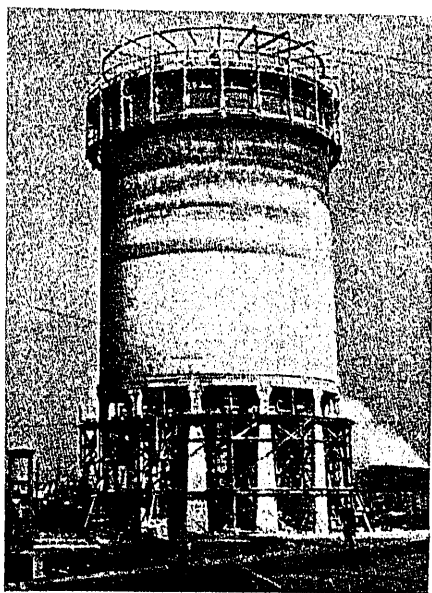


Figura 4.^a

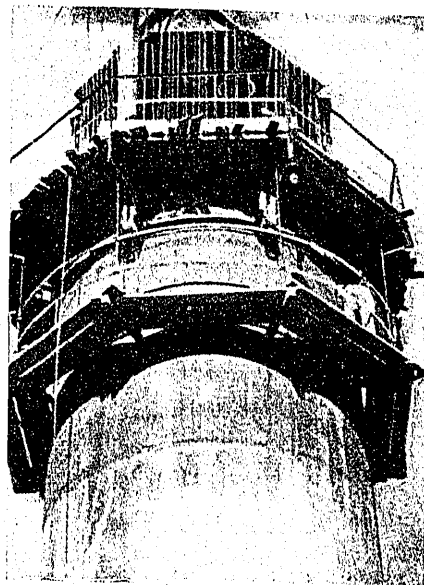


Figura 5.^a

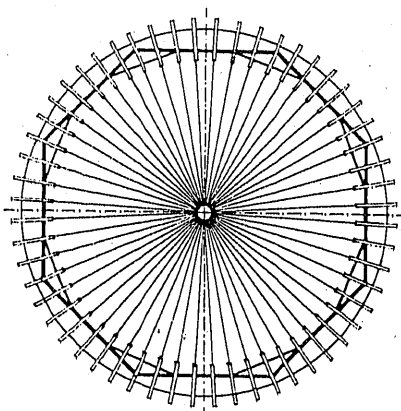


Figura 6.^a

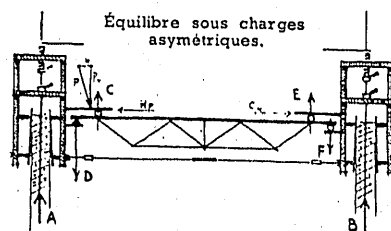
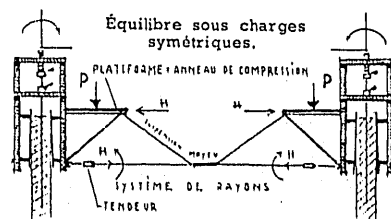


Figura 7.^a

por gatos, que se apoyaban en barras de acero semiduro, hundidas en el hormigón. Estas barras sólo pueden recibir esfuerzos verticales; luego había que evitar cualquier otro tipo de esfuerzo; para ello se montó el anda-

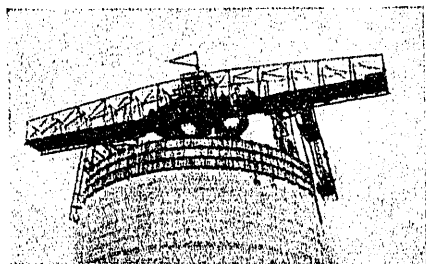


Figura 8.ª

miaje de manera que estuviese en equilibrio, por medio de un anillo de compresión formado por la plataforma de trabajo y un sistema de radios provistos de tensores fijados en los extremos inferiores de los marcos metálicos. Esto se completó con una viguería de forma octogonal que debía transmitir y equilibrar las cargas móviles (figs. 6.ª y 7.ª). (Todo esto sería superfluo si se pudieran apoyar los encofrados en el hormigón fresco de la pared.) El transporte del material se hace por medio de montacargas.

El trabajo se realizó en veinticinco días. La última dificultad se presentó en el último metro, pues los obreros no querían subir, ya que decían que la torre oscilaba. La causa era que el movimiento del montacargas repercutía en los radios hipertensados, por el hinchamiento del encofrado de madera.

Otra de las obras realizadas por el autor fué un refrigerante troncocónico del sistema Hamon, y se deci-



Figura 9.ª

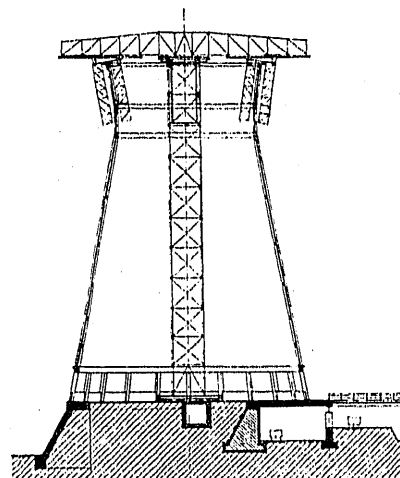


Figura 11.

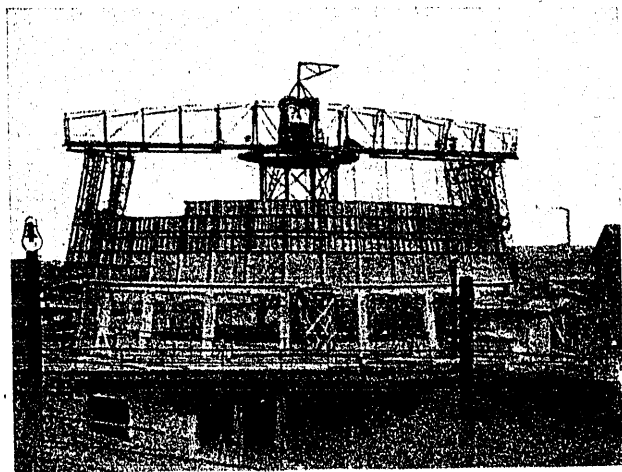


Figura 10.

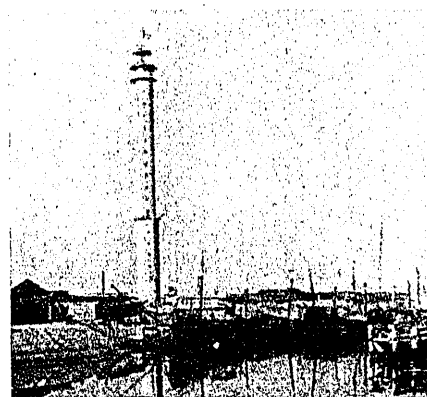


Figura 12.

se descansaban los gatos y se volvía a repetir la operación.

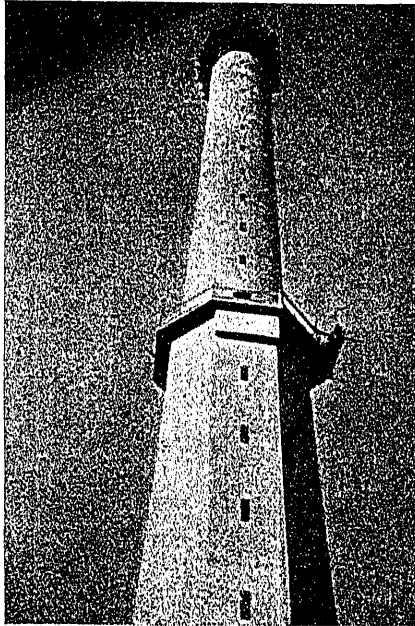


Diagram illustrating the distribution of reinforcement in a concrete slab, showing a parabolic curve and dimensions (0.30, 0.15, 0.15, 0.10, 1.00). The diagram includes labels for reinforcement zones and a note about the parabolic distribution hypothesis.

Labels in the diagram:

- ZONE DE PUISE
- ZONE DE POSITIONNEMENT
- hypothèse de répartition parabolique
- pratiq. hydraulique par 1.50 m

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

Veamos ahora la construcción de un faro. El faro en cuestión es el faro de Ostende. Debía tener 55 m. de alto, 4 de diámetro y un espesor de 20 cm. Estaba formado de una base cúbica, un cuerpo octogonal y una

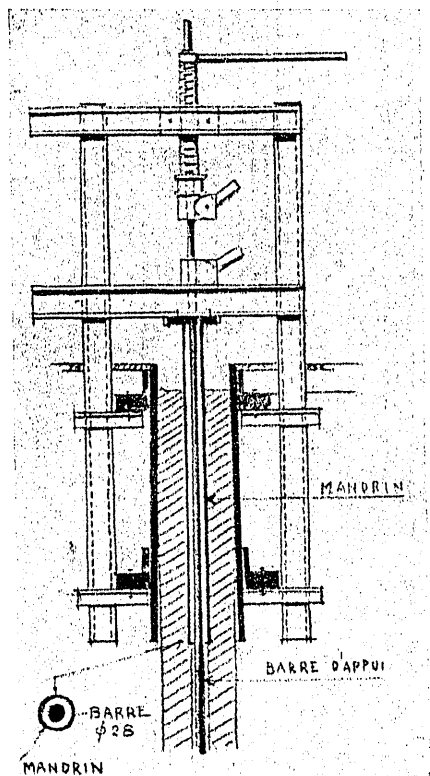


Figura 18.

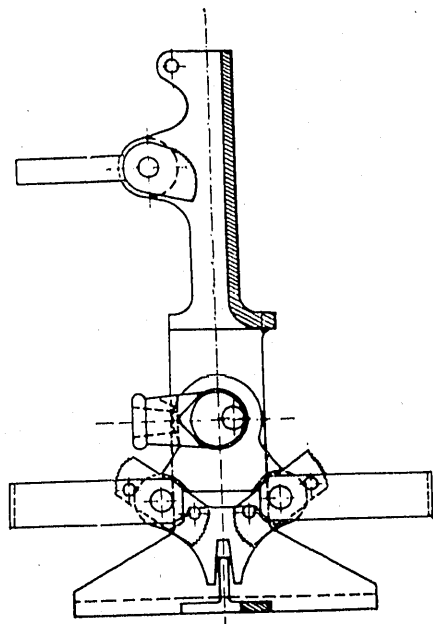


Figura 19.

coronación cilíndrica. Se calculó la acción del viento sobre una sección diametral en 300 Kg./m.². La flecha debía ser calculada para un viento de 500 Kg./m.² y una diferencia de temperatura entre las caras de 15°. El avance fué de 2 m. diarios. Para cambiar de sección hace falta subir el encofrado en vacío, nada más fácil

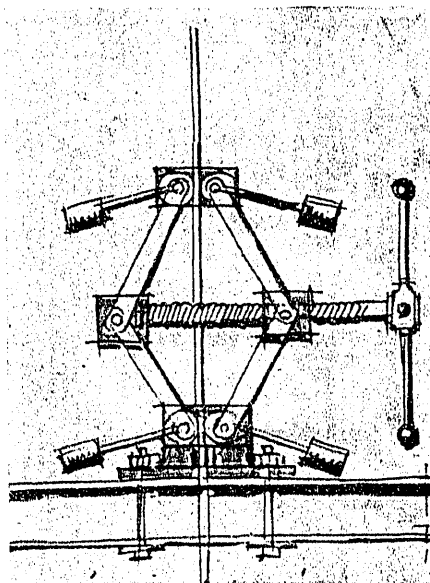


Figura 20.

si se impide que pandeen las barras de apoyo; esto se logró fijándolas al encofrado por medio de bridas a medida que se subía. Esto traía consigo un problema, que era el efecto de torsión. La torsión consiste en un movimiento de rotación muy ligero que sufre la instalación al subir por las barras de apoyo. Como orden de magnitud le podemos dar 2 cm. por 10 m. de radio y 10 de altura. El autor lo cree debido al teorema de las áreas, producido al moverse los obreros en la plataforma, pues los gatos de tornillo retransmiten una parte del esfuerzo por rozamiento. Para evitarlo, basta con quitar el rozamiento por el método que sea (figs. 12, 13, 14 y 15).

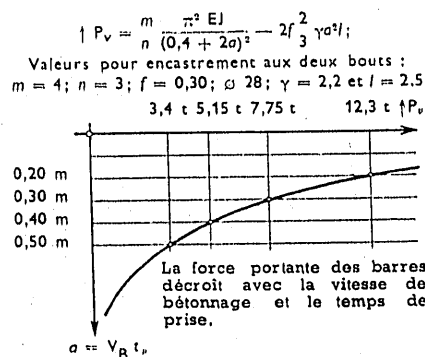


Figura 21.

Otro problema es el de la conservación de la vertical; en este faro en cuestión, hacia la mitad se notó una desviación de 5 cm. Para compensarla, se inclinó la plataforma en sentido contrario. Este problema se puede evitar colocando unas escalas para ir controlando, centímetro a centímetro, la marcha ascensional. Además se evitan las fisuras (fig. 16).

Los distintos sistemas de encofrados deslizantes difieren en el modo de apoyo y los gatos. Los tipos de

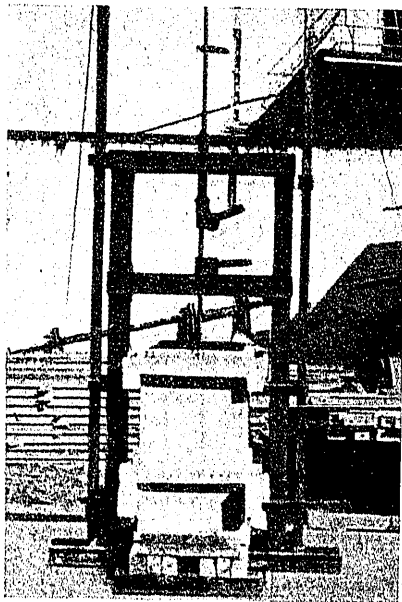


Figura 22.

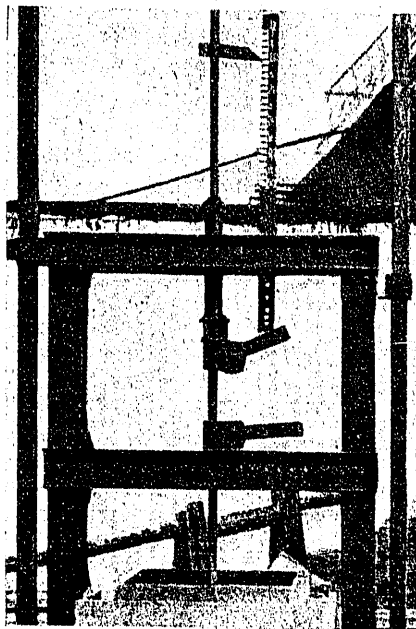


Figura 23.

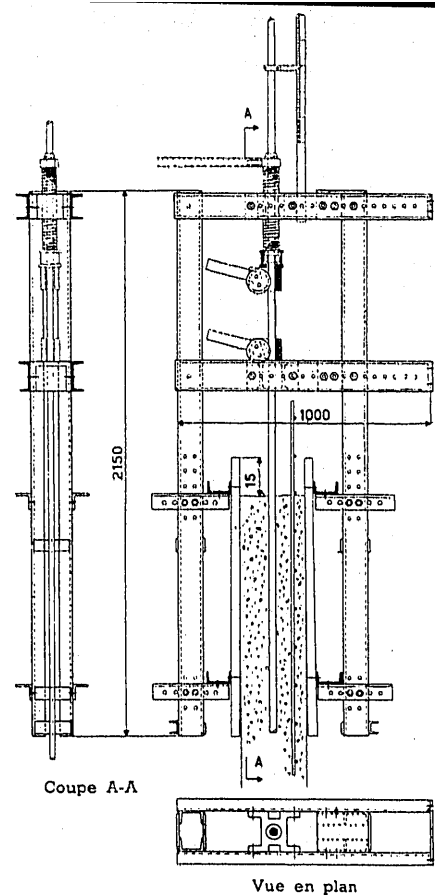


Figura 24.

apoyo pueden ser: barras de acero semiduras hundidas en el hormigón, vigas saltantes pegadas al hormigón y esqueletos tubulares. Los gatos pueden ser: gatos de cremallera, de palanca, tornillos e hidráulicos.

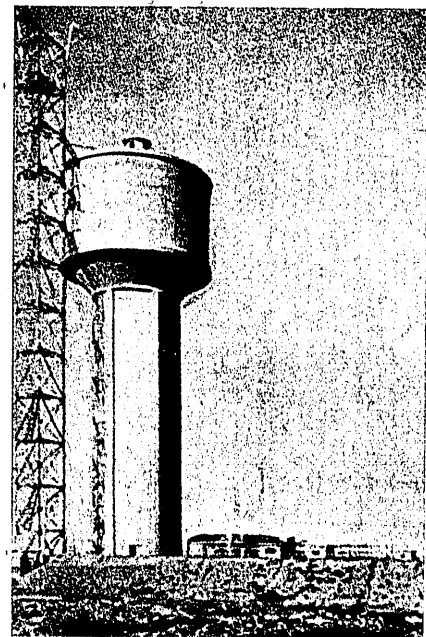


Figura 25.

El medio de apoyo clásico es de barras de 25 a 30 milímetros, recuperables. Para sacarlas, en primer lugar se procura aislarlas del hormigón por medio de mandriles muy finos, y en segundo lugar, que las uniones estén aterrajadas (figs. 17 y 18). La longitud suele ser de 7 a 8 m.

Pasemos a describir los gatos:

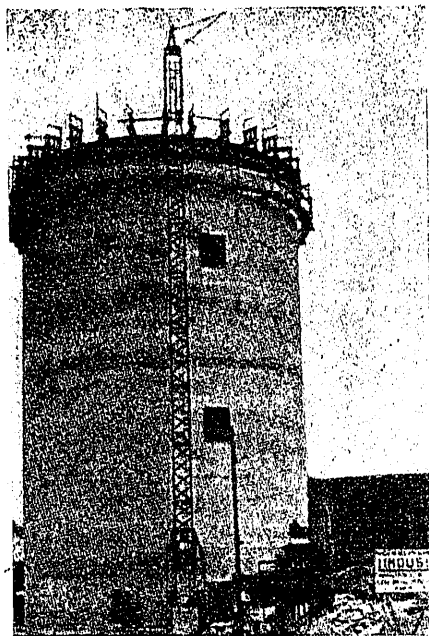


Figura 26.

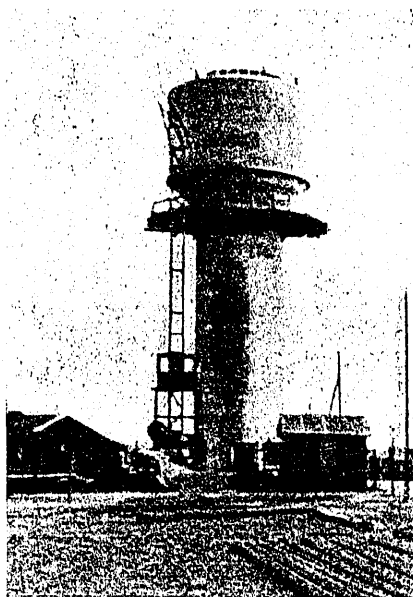


Figura 27.

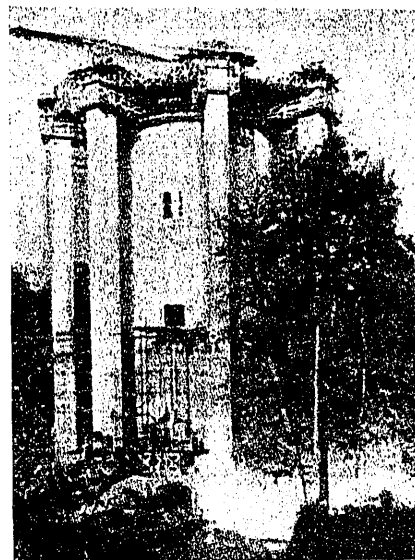


Figura 28.

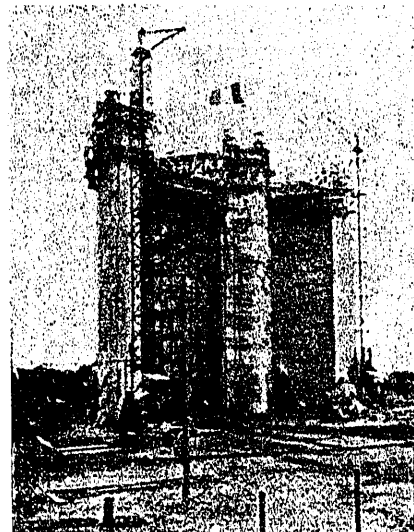
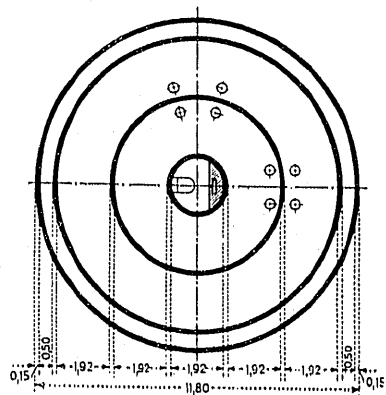


Figura 29.



Figura 30.

Gato de palanca Mac Donald.—Tiene dos palancas: una para elevar y otra para frenar. Es de empleo muy duro y sube 2 cm. En cuanto al efecto vibratorio que pueda producir, es nulo (fig. 19). Existe un gato de transición que es una combinación del de palanca y tornillo (fig. 20).



Coupe horizontale.

Figura 31.

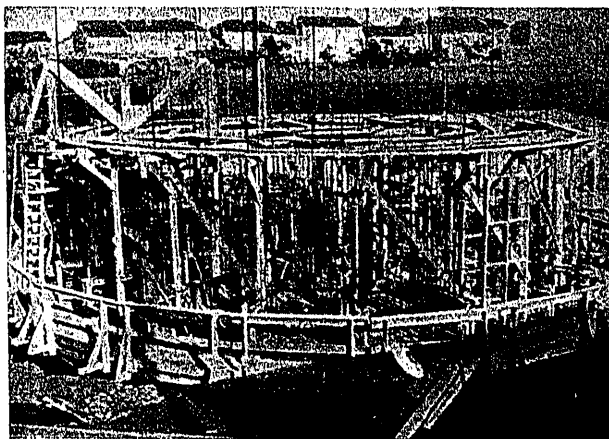
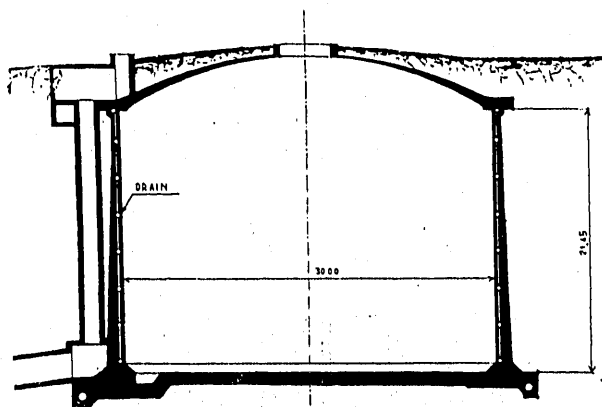


Figura 32.



Coupe verticale.

Figura 33.

Gato de tornillo.—Se compone de un tornillo de 60 centímetros de largo y de una tuerca fija al marco. Tiene una brida para freno sostenida por tres pernos y son accionadas por palancas. Los inconvenientes que pueden presentarse son: que se agarre el gato al hormigón, que descargue sobre los vecinos y que la presión de los pernos es de mal resultado.

El tipo usado por el autor tiene un tornillo de 15 centímetros y dos ruedecillas de freno, una para elevar y otra para sostener el marco durante el cambio de

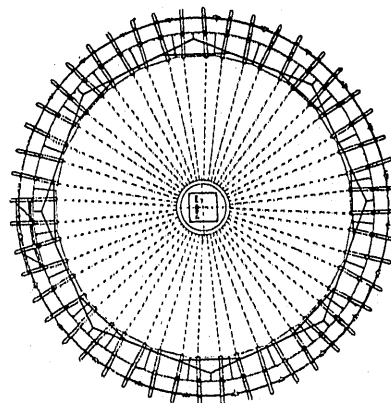


Figura 34.

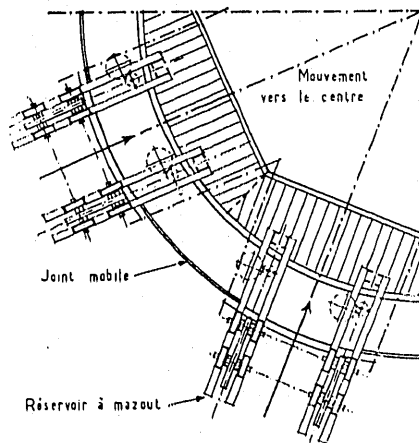


Figura 35.

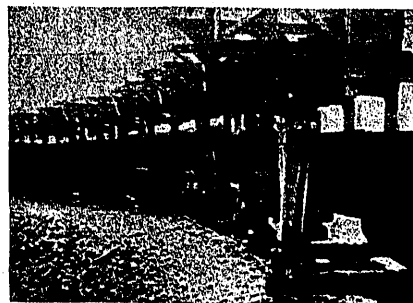


Figura 36.

posición (fig. 21). Se reduce el rozamiento por bolas y se centra la carga por la intersección de asientos esféricos (figs. 22, 23 y 24).

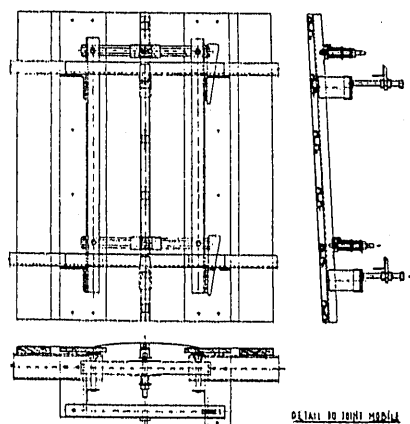


Figura 37.

Gatos hidráulicos. — Tienen la ventaja de centrar bien las cargas, pero se tiene que sacar el aparejo por sacudidas simultáneas y uniformes para evitar que se acodale el aumento de sobrecargas, pandeo y fisuración. Drechsel, en su libro de los encofrados deslizantes, se queja del estancamiento de las bombas. Afirma que esto obliga a parar la obra y es imposible llegar a levantamientos uniformes. El autor no es tan pesimista y cree que con un poco de práctica se puede hacer. La dificultad de mover a la vez los gatos proviene de la diferencia de sobrecargas y de las pérdidas de presión. Para poder realizar la maniobra, conviene mover los primeros aquellos que ofrecen menor resistencia, los menos largos y los menos difíciles. En cuanto a las diferencias de cargas, se hace un reglaje automático; las cargas fuertes se deslastran por avance de las menos cargadas. Para evitar la desnivelación, basta con delimitar el recorrido de los tornillos. Pero el problema así expuesto no está re-

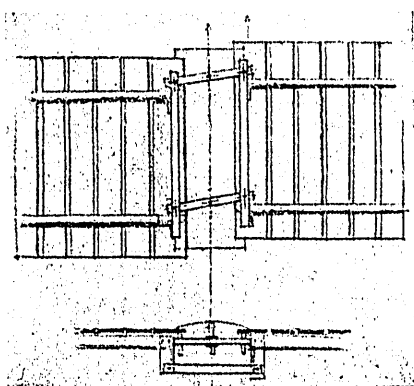


Figura 38

suelto de una manera estricta. El autor ha diseñado un gato de carrera, regable y desmontable, doblemente hidráulico.

Los gatos de cremallera son de un procedimiento rudimentario, que no se prestan para un trabajo delicado.

Veamos ahora la construcción de depósitos de agua. Las dificultades que se presentan son: a) Subir una

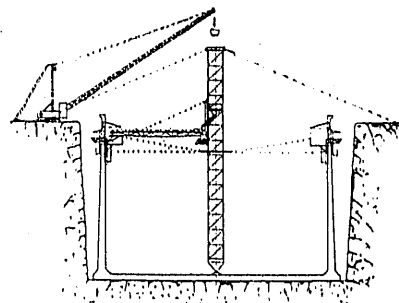


Figura 39.

altura lo más fácilmente posible. b) Crear apoyos suficientes para los fondos de los depósitos. c) Que sean impermeables (figs. 25, 26 y 27).

El subir se hace fácilmente por medio de los encofrados deslizantes. En cuanto a los apoyos, la Sociedad Entreprises Limousin tiene soluciones interesantes. Por ejemplo, rodea el cilindro interior de columnas y sobre las columnas descansan las paredes cilíndricas del depósito. El fondo se apuntala sobre el apoyo central (figura 28). En otro caso se hizo construyendo como base dos cilindros concéntricos (figs. 29 y 30). El autor lo resolvió construyendo cuatro cilindros concéntricos, hechos con encofrados deslizantes desde los fundamentos al techo. A la altura del piso del depósito puso en obra hormigón poco resistente, hecho de agregados muy esponjosos y de un mínimo de cemento. El espesor de esta capa era de unos centímetros más que el piso y ligeramente inclinada en el sentido radial, para poder colocar bien el hormigón y someter la junta a compresión. La cuarta pared sería de aislante, para evitar los cambios bruscos de temperatura, que son nefastos para



Figura 40.

los depósitos. El subir con las paredes hasta el techo proporciona rapidez, economía y evita las juntas (figuras 31 y 32).

Para los encofrados deslizantes en superficies cónicas, veamos un tipo de depósito construido por el autor. Según el corte (fig. 33), se ve que se trata de paredes de estancamiento hidráulico, impregnadas de agua distribuida por una red de tuberías, que fueron hechas de la siguiente manera: las verticales se hicieron con taldros ligeramente cónicos y las horizontales eran drenajes colocados en el hormigón.

La construcción cónica fué posible en este caso porque el interior de las paredes era cilíndrico. Se subía verticalmente en el interior del depósito. En el exterior se necesitaba hacer un camino horizontal y otro vertical y superponer los dos caminos.

Había 48 aparejos que al acoplarlos por parejas quedaban reducidos a 24, aunque era necesario efectuar con las piernas móviles de cada grupo un movimiento en el sentido radial. La reducción del perímetro puede repartirse en 24 puntos. Estos grupos forman parte de un todo, de manera que existe rigidez en el plano horizontal y la ascensión se puede hacer independiente, lo cual evita acodalamientos (figs. 34, 35 y 36).

Las puntas móviles que forman la unión de grupos deben de prestarse a la reducción de perímetro. Estaban hechas de palastro especial, formaban resorte y eran capaces de ser comprimidas contra el encofrado de los grupos vecinos. Los grupos no se subían al mismo tiempo y había que tomar precauciones para que no se deslucasen (figs. 37 y 38).

Los aceros eran de diámetro grueso y se enganchaban como en un laminador, en rodillos fijos a las piernas

móviles. La barra, una vez en posición, se colocaba en la prensa hidráulica y un soldador la unía a la que le precedía en el mismo círculo y así hasta cerrar el círculo.

Un problema interesante fué el desarrollo del hormigonado; el consumo era de 10 a 15 m.³ por hora. Para la distribución y sostenimiento se colocó una torre pivotante. En el centro de la torre había un silo abastecido por un *derrick*. Del silo partía una cinta transportadora hasta la pared. Para colocar el hormigón se avanzaba la tolva a brazo (figs. 39 y 40). Se protegía al hormigón del sol fuerte por medio de una tela impermeable.

Otra obra característica de los encofrados deslizantes es la de los silos, en especial los de trigo. En cuanto a la técnica de encofrados deslizantes es la misma. Lo único que varía es la construcción de las armaduras. Primero se colocan las armaduras de las columnas de refuerzo y las verticales desde un piso establecido encima de la plataforma normal de trabajo. La distribución del hormigón se hace desde el piso alto, a donde llega por medio de un montacargas; luego, por canales y tubos, baja a las paredes. Una mejora puede ser el descender con las paredes de las células hasta los fundamentos. También se han empleado para la construcción de una instalación de acumulación de escorias, que tiene un problema que es el que la tolva pueda dilatarse libremente.

En edificación puede emplearse los encofrados deslizantes; de todas formas, ya no es el tipo clásico.

Como último caso, el autor estudió la posibilidad desde el punto de vista económico de la construcción de presas de bóvedas múltiples verticales en sitios donde este tipo pudiese aventajar a otras formas. — J. V. L.