

## CAPÍTULO VII

### Muros de hormigón armado

Disposición general.—Muros en pared.—Muros en cajón.—Muros sobre pilotes.—Muros mixtos de tábica y hormigón armado.—Descripción de algunos muros de hormigón armado.—Construcción de estos muros.

**Disposición general.**—En los muros que acabamos de describir, ejecutados con fábricas de mampostería, hormigón en masa o ladrillo, los terraplenes empujan y tienden a volcarlos.

*La estabilidad de estos muros, está confiada a su propio peso.*

En los muros de hormigón armado, en cambio, puede conseguirse que *el terraplén contribuya a la estabilidad del muro.*

En todo caso, merced al auxilio del hierro, que permite el trabajo a la tensión de ciertos elementos de la obra, se consigue un mayor y mejor aprovechamiento del material, que en algunos casos produce una economía sensible.

Merced a la variedad de recursos, a que se presta el hormigón armado, las disposiciones que pueden darse a los muros son muy numerosas.

Para mayor claridad, las clasificaremos en tres grupos: muros en pared, muros en cajón y muros sobre pilotes.

Los dos primeros grupos se emplean para sostener terraplenes, sobre terrenos fuertes, que no corren peligro de socavación; el tercer grupo corresponde a los muros que han de establecerse sobre suelos socavables, en márgenes de río o playas.

**Muros en pared.**—(Figuras 144 a 147).

*Figura 144.*—Para alturas de terraplén que no excedan de 3 m. la pared armada con barras verticales, por su paramento interior, debe estar fuertemente empotrada en la solera; trabaja a flexión, como un voladizo.

*Figura 145.*—Cuando el terraplén excede de 3 m. es preciso reforzar la pared vertical, con contrafuertes, a distancias de 2 a 5 m.

La pared y solera trabajan a flexión, y deben considerarse como empotradas en los contrafuertes.

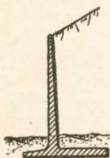


Fig. 144

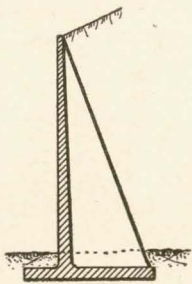


Fig. 145

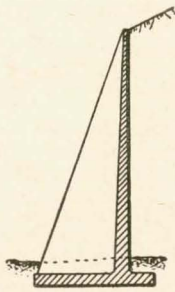


Fig. 146

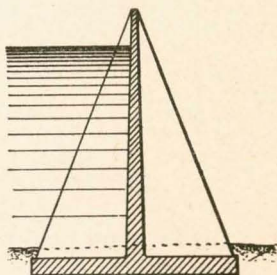


Fig. 147

En este tipo de muro, como en el anterior, el terraplén al pesar sobre las soleras, *contribuye a la estabilidad del muro*, pero las armaduras de los contrafuertes, trabajan a tensión y su hormigón no contribuye a la resistencia del muro.

*Figura 146.*—En este tipo, por el contrario, el hormigón de los contrafuertes, así como sus armaduras, trabajan a compresión.—La pared y solera, trabajan a flexión como en el tipo anterior.

En cambio no se utiliza el peso del terraplén como fuerza estabilizadora.—Tiene además el inconveniente, de que los contrafuertes, sobresalen por fuera de la pared, lo que puede ser feo y molesto.

*Figura 147.*—Tiene las ventajas e inconvenientes de los dos tipos anteriores.

Debe emplearse, como lo propusimos al Canal de Isabel II de Madrid, para los muros divisorios de los depósitos de agua,

en los que las presiones pueden alternar en uno u otro paramento.

**Muros en cajón.**—En los Estados Unidos principalmente, se han empleado disposiciones distintas, en las que los muros se transforman en verdaderos cajones.

*Figuras 148 y 149.*—En estos dos tipos, el terraplén apoya sobre la solera, y esta, como las paredes, trabaja a flexión.

*Figuras 150 a 151.*—Los muros aparecen al exterior como una serie de garitas o celulas, que en algunos casos podrán utilizarse.

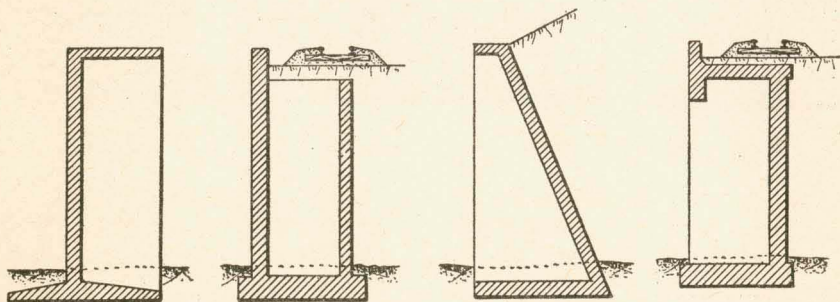


Fig. 148

Fig. 149

Fig. 150

Fig. 151

Sin embargo, salvo la disposición de la Fig. 149, que según luego veremos, es aplicable a muelles de puertos, no apreciamos las ventajas de estos tipos de muros, sobre los que anteriormente examinamos, pues son más caros que aquellos.

**Muros sobre pilotes.**—En las márgenes de los ríos o del mar que suelen estar constituidos por arenas o gravillas socavables, es preferible construir los muros sobre pilotes de hormigón armado, que además de constituir el cimiento del muro, se prolongan como pilares por encima del terreno, formando el entramado vertical del mismo.

También pueden adoptarse multitud de disposiciones, entre las que presentamos las tres más características:

*Figura 152.*—El muro está reducido a una simple pantalla vertical que impide la invasión del terraplén.—Esta pantalla forma un tablero con la parte superior de los pilotes.—El vuel-

co de este tablero vertical está contenido por pilotes interiores a los que se une por jabalcones y carreras horizontales.

También puede esta pantalla estar constituida por tablestacas de hormigón armado, según luego veremos en un ejemplo.

*Figura 153.*—Cuando el nivel de las aguas no baja de cierta altura, la pantalla no puede ejecutarse sino hasta dicho nivel.—Se adopta entonces este tipo de muro, en el que la importancia del entramado aumenta y el de la pantalla disminuye.

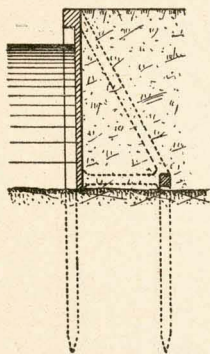


Fig. 152

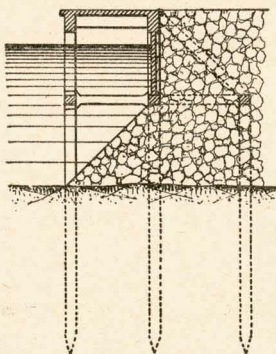


Fig. 153

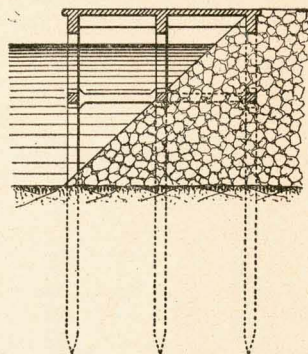


Fig. 154

*Figura 154.*—En este tipo la pantalla desaparece por completo. El muro está substituido por un piso, que es el tablero del muelle, que se calcula para la sobrecarga máxima que ha de llevar.

El terraplén debe substituirse por escollera, que tiene menos talud, es menos socavable y cuyo pie no debe sobresalir de la primera fila de pilotes.

**Muros mixtos de fábrica y hormigón armado.**—Cabén también multitud de disposiciones mixtas, con apoyos de fábrica y pantallas y pisos de hormigón armado.

Citaremos dos tipos de muros de esta clase.

El primero (Figs. 155, y 155 bis), es el aplicado para los muelles de Alfonso XIII, en la corta de Tablada (Sevilla), cuyo aspecto después de terminado, aparece en la (Fig. 156) (1).

(1) Variación del cauce del Guadalquivir, ejecutada por la Junta de Obras del Puerto de Sevilla para mejorar su entrada y ampliar los servicios de carga y descarga, bajo la dirección del Ingeniero Jefe don José Delgado.

Las pilas se han hincado por aire comprimido. Sobre ellas se voltea una bóveda de hormigón.—Para impedir la invasión del cauce por el terraplén, se construyeron en los paramentos interiores de las pilas unas pantallas de hormigón armado.

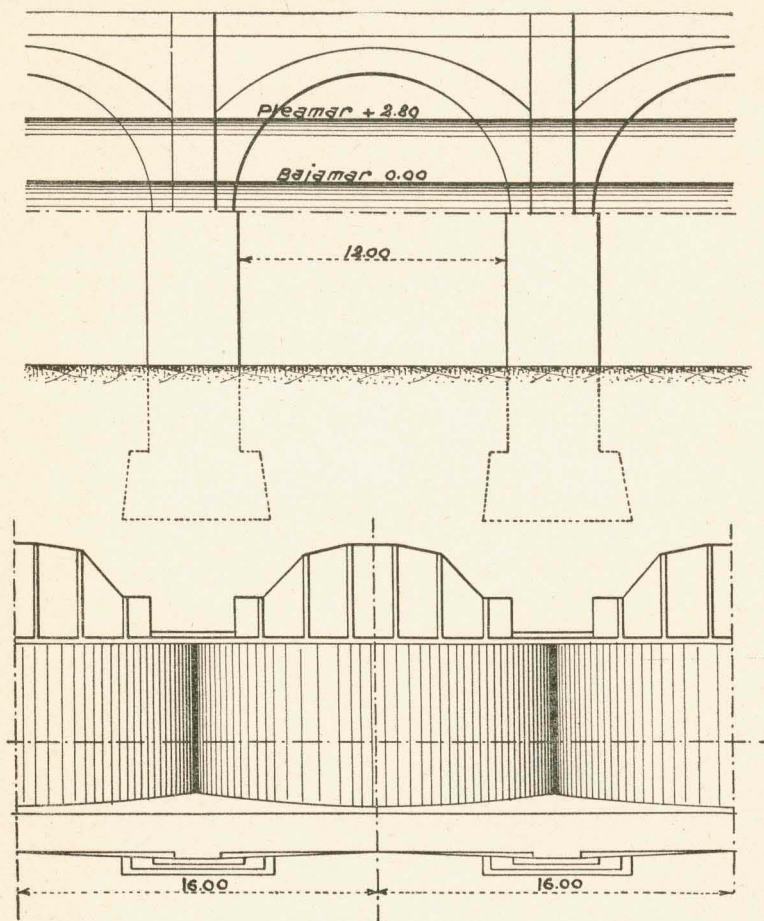


Fig. 155 — Muelle de la corta de Tablada (Sevilla), llamado de Alfonso XIII

En el Puerto del Havre (Francia) se están contruyendo unos muelles, con la sección representada en la (Fig. 157).

Los cimientos de las pilas, cimentados también por aire comprimido, tienen  $13,15 \times 5,00$  m. y las bóvedas elípticas que

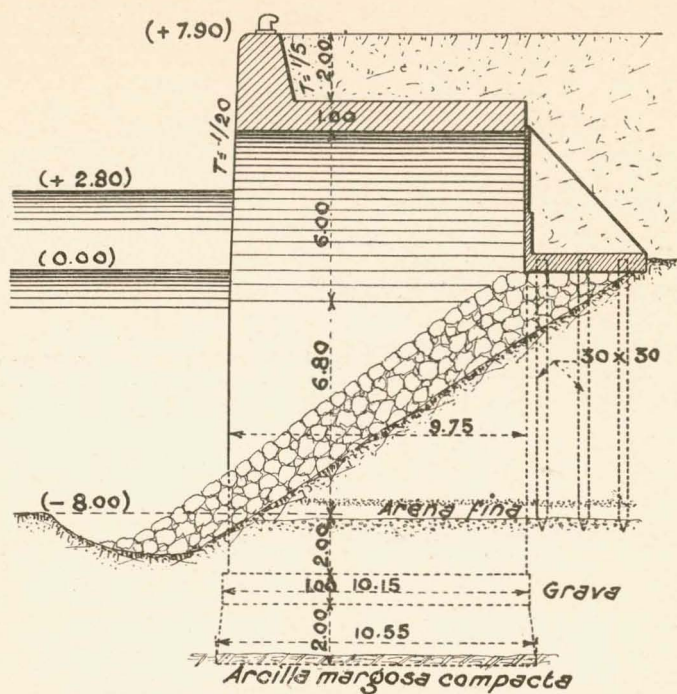


Fig. 155 bis — Sección del muelle Alfonso XIII, en Sevilla

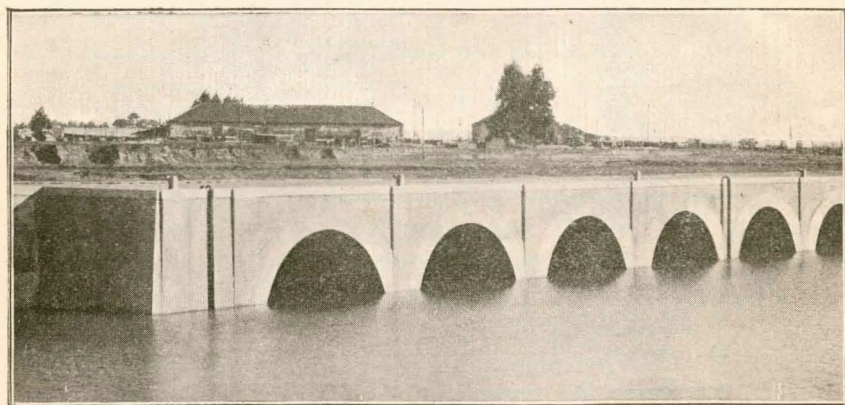


Fig. 156 — Muelle de Alfonso XIII, en la corta de Tablada (Sevilla)

sobre estos apoyos han de voltearse, alcanzarán la luz de 20,18 metros con 5,86 m. de flecha.

Salvo el paramento de los tímpanos, que es de mampostería, todo el resto de los muros es de hormigón en masa.

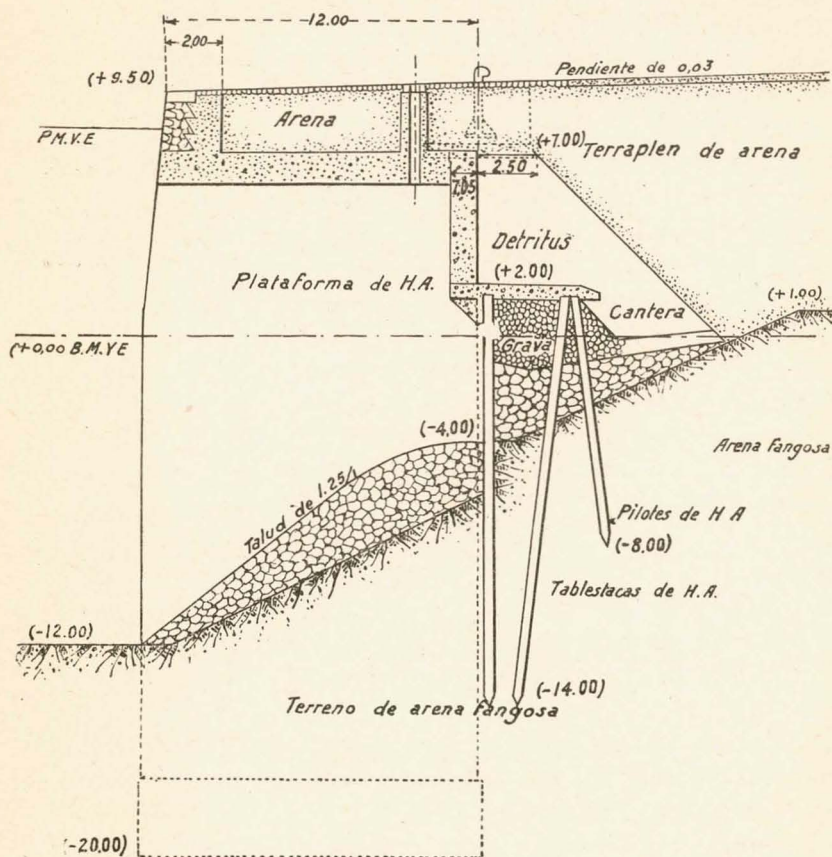


Fig. 157 — Nuevo muelle en el puerto del Havre

La pantalla de hormigón armado, está constituida por dos partes: la inferior por una pared de tablestacas; la superior por un murete apoyándose sobre una solera que descansa sobre dos filas de tablestacas y otras de pilotes más cortos.

**Descripción de algunos muros de hormigón armado.**—La (Fig. 158) representa un pequeño muro de pie del tipo más sencillo y corriente, que permite reducir la base de un terraplén en una vía inferior.

Los contrafuertes se han dispuesto a 2 m. de distancia.

En la (Fig. 159), croquisamos el muelle de Yarmouth construido por el Ingeniero Mr. Ravier, con su sistema de tablestacas de hormigón armado que describiremos en en el Tomo II, al ocuparnos de los cimientos.

El muro queda reducido a una simple pantalla, constituida por pilotes-tablestacas, entre los que se colocan otras simples tablestacas.

Esta pared, queda anclada al terreno por medio de una pequeña placa longitudinal unida a los nervios de los pilotes por tirantes y jabalcones, todo de hormigón armado.

Para el puerto de Huelva, el Ingeniero Jefe don Francisco Montenegro, ha proyectado unos muelles cajones de hormigón armado, que serán los mayores empleados hasta la fecha (1) y que se construirán en breve plazo (Fig. 160).

Tendrán estos cajones 40 m. de longitud y 13 m. de ancho, pesando cada uno de ellos 2.388 toneladas.

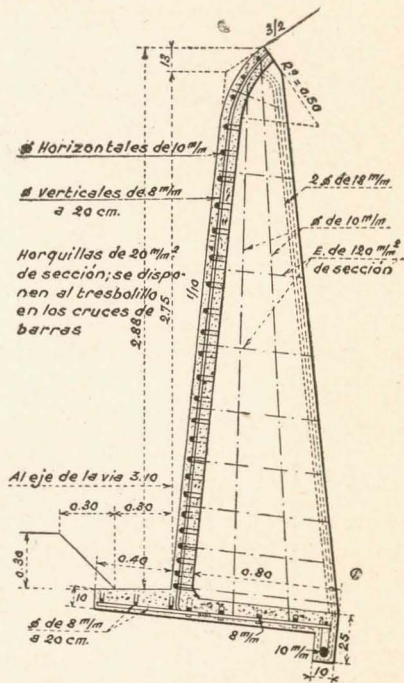
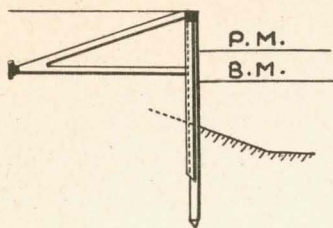


Fig. 158 — Muro de contención en un ferrocarril

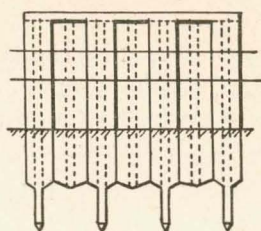
(1) Este tipo de cajones se ha empleado en el puerto de Rotterdam, con dimensiones en planta de 40 x 9,60 m.—Cours de Ports et travaux maritimes—Tomo II pag. 169 par M. Benezit—Librairie de l'Enseignement technique—Paris 1922, y en el puerto de Kobe (Japón) con dimensiones en planta de 36,25 x 10,35 m. (Revista de Obras Públicas de 7 de Marzo 1912 pág. 117).



Sección vertical



Alzado



Sección horizontal

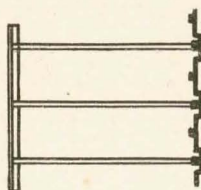


Fig. 159 — Muelle de Yarmouth

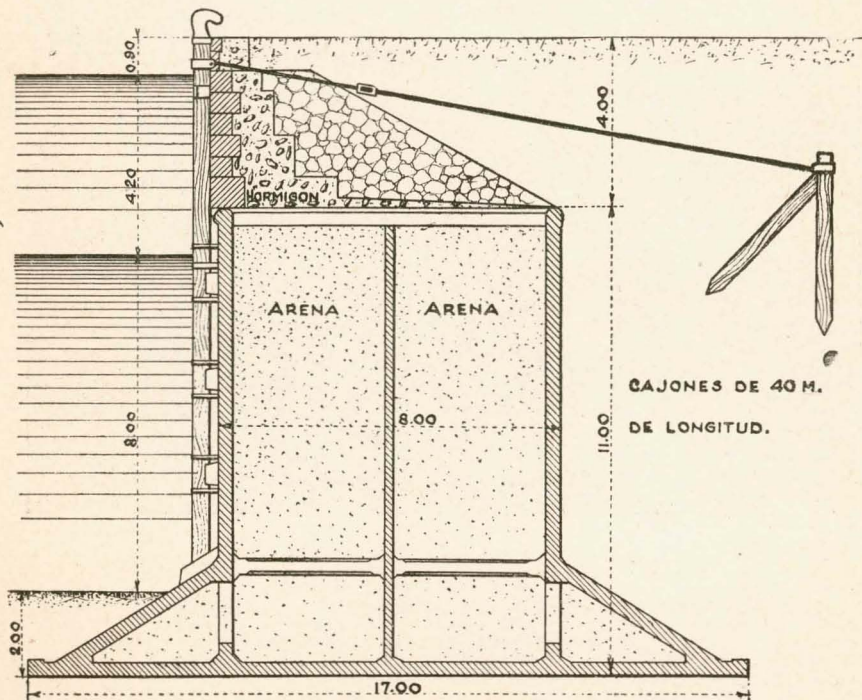


Fig. 160 — Muro proyectado para el puerto de Huelva

Los dos compartimentos de cada cajón, se rellenarán de arena, hasta 0,40 m. por debajo de su coronación, ejecutándose con hormigón el resto del muro (1).

Las (Figs. 161 y 162) representan una vista y los detalles constructivos del muelle llamado de Nueva York, que hemos construido en el Guadalquivir, junto a la Torre del Oro, de Sevilla.

Este muelle es del tipo de la Fig. 153 página 180, y lleva una pantalla en su parte interior, que permite reducir su ancho en un tramo.

Sufrió con gran éxito la prueba de una sobrecarga de 2.500 Kgs. por metro cuadrado y sobre todo los choques de los grandes vapores que en él atracan y descargan, uno de los que quedó suspendido del muelle, sobre el que ejerció un esfuerzo muy superior a todas las hipótesis de cálculo.

Este tipo de muro se ha empleado en otros muelles de Sevilla y Bilbao.

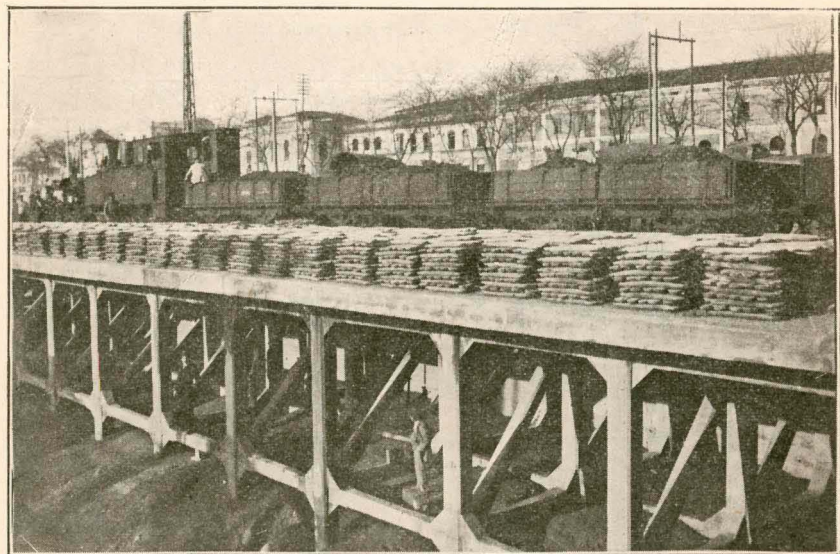


Fig. 161 - Pruebas del muelle de Nueva York, en Sevilla

(1) *Muelles de fábrica sobre terrenos de escasa importancia*, por el Ingeniero don Francisco Montenegro—*Revista de Obras Públicas* de 19 y 26 de Enero y 2 de Febrero de 1911, que reproduce un estudio completo de todos los tipos de muelles construidos en el puerto de Rotterdam, y n.º de 25 de Abril de 1912, que contiene el estudio, detalles y cálculo de los cajones bloques de hormigón armado.

SECCIONES TRASVERSALES

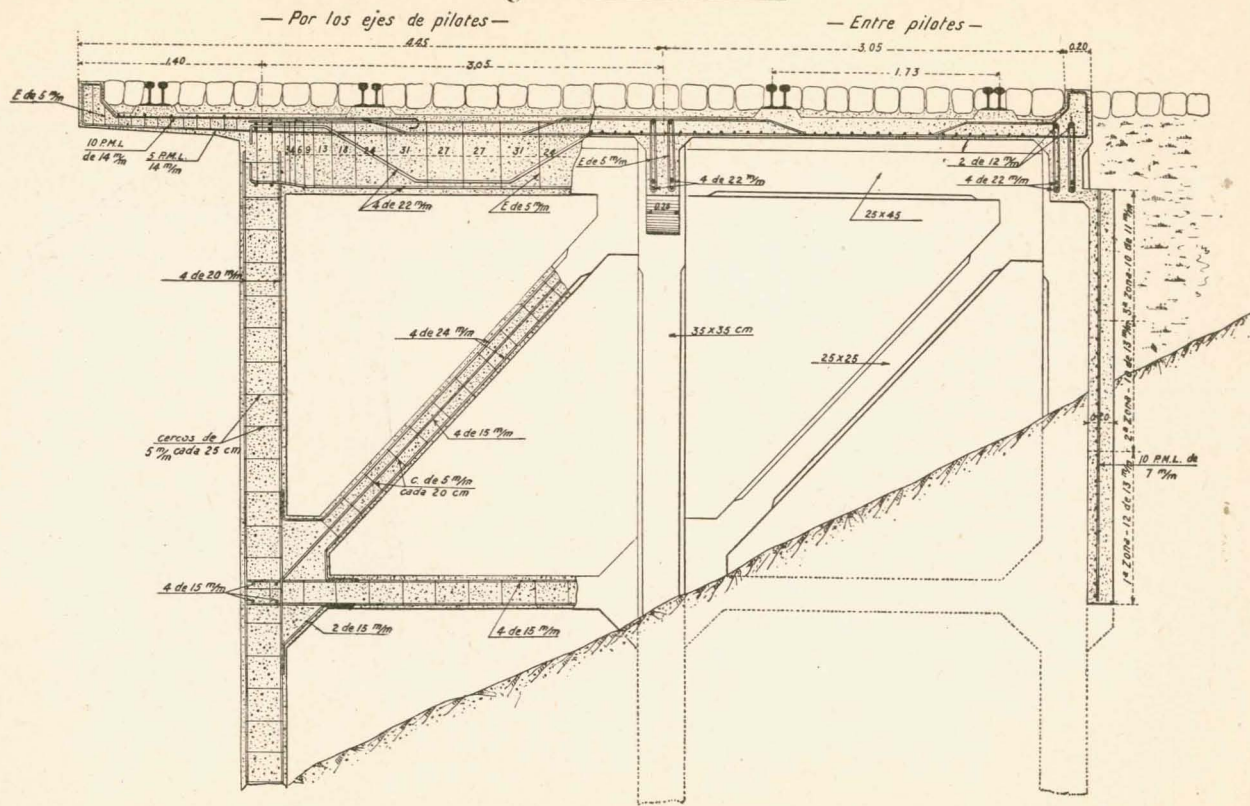


Fig. 162 — Detalles del muelle de Nueva York, en Sevilla

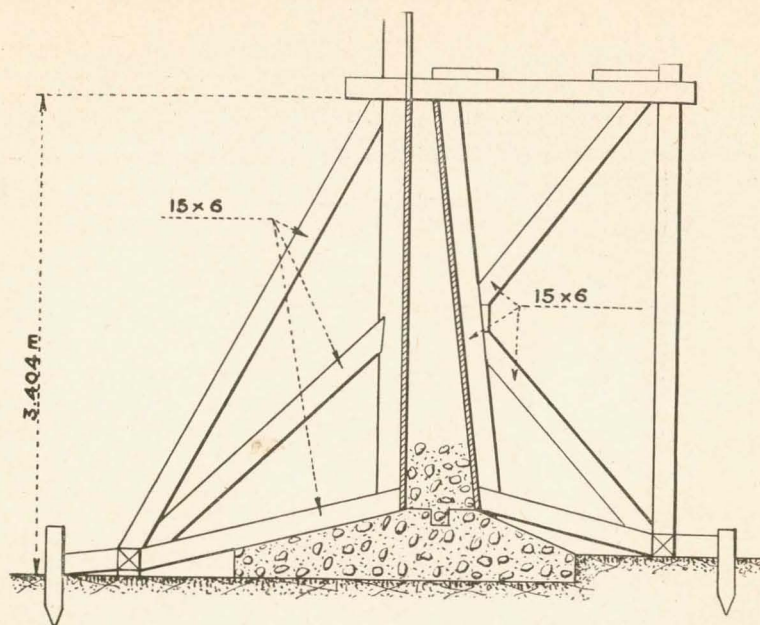


Fig. 163 — Moldes y andamios para una pared de H. A.

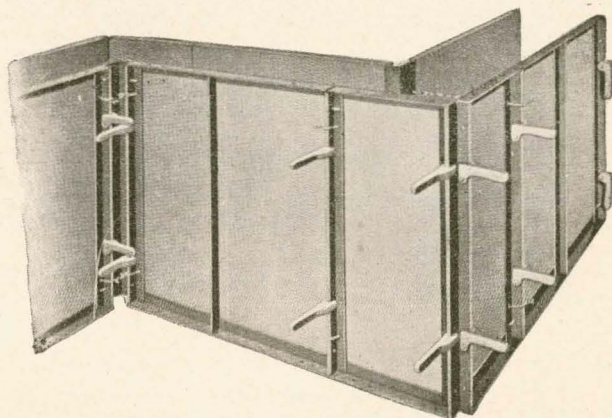


Fig. 164 — Moldes METAFORM

**Construcción de los muros de hormigón armado.**—Estos muros, constituidos por paredes o cajones, tienen el inconveniente de que su ejecución exige establecer un doble molde vertical, que debe mantenerse rígido para resistir el apisonado del hormigón entre sus entablonados.

En la Fig. 163 aparece el andamiage y moldes que se necesitan para construir una pequeña pared de 3,40 m. de altura.

Tales andamios y moldes crecen muy sensiblemente en complicación y coste, a medida que su altura aumenta, por lo que los muros de hormigón armado, no resultan económicos, sino en casos muy especiales y se emplean casi exclusivamente para muelles de puertos o de rías, en que por dificultades de cimentación o carestía de la piedra u otras causas, pueda convenir reducir los volúmenes y peso de las fábricas.

No consiguiéndose una diferencia sensible de coste, serán preferibles los muros de fábrica hidráulica, sobre todo si como suele ocurrir en los terrenos quebrados, los desmontes de la línea, dan piedra en abundancia.

Sin embargo, un nuevo sistema de moldes metálicos, llamado METAFORM, que empieza a extenderse, parece suprimir gran parte de los inconvenientes y gastos de los moldes de madera hasta ahora empleados.

Consiste en chapas de palastro (Fig. 164) a las que se dá rigidez con torneándolas con pequeños angulares de acero. Se empalman las chapas unas con otras, por medio de unos sencillos cerrojos de fácil manejo. Los moldes se montan por hiladas de altura constante; tienen anchos variables y formas apropiadas a la pared que ha de moldearse.

La verticalidad de estas chapas se mantiene con alambres que quedan dentro de la masa del hormigón y unas regletas con espigas que se apoyan sobre los cercos superiores de cada hilada (Fig. 165) e impiden su movimiento durante el apisonado.

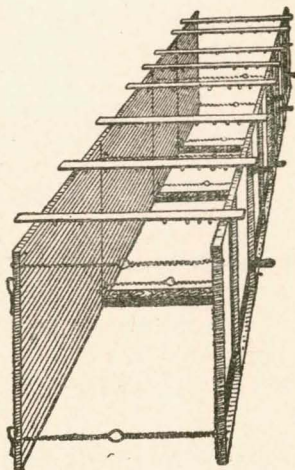


Fig. 165

Como se ve, este sistema de moldeo de paredes verticales es un perfeccionamiento del empleado en la construcción de las antiquísimas paredes de tierra, llamado *tapias*, que en varias de nuestras provincias, se utilizan aún para toda clase de muros.

Los grandes cajones de hormigón armado, utilizados para la construcción de muelles, como los del puerto de Huelva, anteriormente citado, que han de tener grandes calados de agua, necesitan fabricarse en seco, en diques flotantes o varaderos.

Una vez construídas sus paredes hasta la altura necesaria para que puedan flotar por sí solos, se termina la elevación de las paredes y se les transporta flotando hasta el sitio en que han de fondearse sobre el terreno previamente dragado y cuidadosamente enrasado.

Respecto a la fabricación e hinca de los pilotes de hormigón armado, cuya aplicación aumenta de día en día, merecen un estudio detallado que haremos en el *Tomo II — Cimientos*.

