

18 MA



PATENTE DE INVENCION

209343

209343

MEMORIA DESCRIPTIVA

sobre:

"Perfeccionamientos en la construcción de silos "

=====

SOLICITANTES: AGROMAN, Empresa Constructora, S.A.
entidad española domiciliada en MADRID,
Plaza de Tirso de Molina 5.

=====

La presente invención se refiere a perfeccionamientos en la construcción de silos, a base de un sistema de tabiques.

Para la construcción de silos de gran capacidad, el empleo de paramentos continuos supone el tener que contrarrestar los grandes empujes a que dá lugar el material almacenado por un solo lado, y esto no solo en los muros exteriores o de recinto, sino tambien en los divisorios interiores en previsión de que un compartimiento se encuentre lleno y alguno de los adyacentes esté vacío.

10. En cambio, si se lograra hacer una pantalla muy

18 MAY 1964



- 2 - 209343

diáfana en forma de tabique con muchas ventanas, y de tal modo que el árido que saliese por cada una de ellas quedase retenido en el antepecho y contuviese al que tiene detrás, el empuje que tendría que resistir este tabique sería muchísimo menor que el que hubiese de aguantar el muro de paramento continuo.

Conseguida la idea, su realización es sencilla. Todo consiste en hacer por el procedimiento que sea y con los materiales de que se disponga, una verdadera estantería. El frente de ésta constituirá la pantalla muy diáfana y los estantes serán bandejas que retendrán el árido que desborda por los grandes huecos que quedan en el frente.

El resultado final obtenido con nuestro sistema podría pues expresarse en los términos siguientes. Reducir al mínimo los empujes o presiones horizontales por eludirse su acción directa en la mayor proporción posible, y transformar una gran parte también de los empujes eludidos en pesos estabilizadores.

En los adjuntos dibujos que se dan a título de ejemplo, no limitativo, se detalla en forma esquemática el objeto del invento.

Los croquis de las figuras 1 (frente), fig. 1a y 1b (cortes transversales) permiten apreciar con claridad como desempeñan su cometido los tabiques.

Ante todo, en el dibujo del frente (1) se vé la escasa superficie que presenta a la acción del empuje del material ensilado. Es la que aparece sombreada, compuesta solamente por los marcos verticales M en la dimensión correspondiente a su espesor y por los bordes de las bandejas B horizontales.



209343

En la sección de Fig. la se representa el caso de carga por un solo lado del tabique, el de la izquierda. Cuando el material llegue a sobrepasar una bandeja, por ejemplo la 5ª, y su altura siga aumentando, su talud irá variando según las

45. líneas de trazos en el espacio comprendido entre las bandejas 5ª y 4ª. Al llegar a esta última, el material que ha salido por el hueco comprendido entre ella y la 5ª quedará todo él detenido y depositado en esta 5ª bandeja, limitado por el talud a c . Este mismo proceso se irá repitiendo siempre que se sobrepase un estante, y al final, cuando todo el tabique esté en carga, quedará una serie de prismas triangulares sobre las bandejas: $a b c$ en la 1ª, $a b c$ en la 2ª $a b c$ en la $n + 1$.

55. Uno cualquiera de estos prismas está en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas. Su peso propio, el rozamiento con la bandeja y el empuje que en su cara posterior vertical produce el material que se vé contenido y que de no existir el prisma saldría por el hueco que taponan.

60. Proporcionando el ancho e de las bandejas y la distancia d entre ellas el talud del material que se ensila, se consigue que éste no vierta de ningún estante y evitar que pase de uno a otro lado del tabique.

65. Advertimos, en contra de lo que pudiera creerse a primera vista, que conservando constante la separación d entre las bandejas de los estantes no es preciso aumentar su ancho e en relación con la profundidad a que estén situadas. Este ancho puede ser también constante por las razones que apuntaremos más adelante.

70. En la sección transversal, fig. 1b, se considera el tabique con carga por ambos lados. Que el relleno a uno y

otro lado se realice simultáneamente o no, el resultado será el mismo. Sobre cada estante quedará un prisma cuya sección recta $l m n o p q$ estará ahora formada por dos trapecios rectángulos iguales adosados por sus bases menores.

75. Cuando los compartimientos se vayan vaciando irán cayendo las partes de los prismas correspondientes a los triángulos punteados, y no quedará sobre las bandejas más material que el que en sección representan los triángulos tales como el $m o q$ que aparecen sombreados. Por consiguiente,

80. el espacio muerto o desprovechado para almacenamiento por causa del tabique está representado en sección por los pares de triángulos tales que los $n o p$ y $m o q$. El área de estos dos últimos es $\frac{1}{2} e d$, y si llamamos $\delta \approx 0,1$ de al espesor de las bandejas, podemos valorar esa pérdida de espacio por

85. su dimensión en sentido transversal mediante la relación

$$\frac{\frac{1}{2} e d + e \delta}{d + \delta} - \frac{0,6 e d}{1,1 d} = 0,54 e$$

Es decir, que a los efectos de disminución de capacidad de silos, cada tabique interior o divisorio equivale a uno macizo cuyo espesor fuese $0,54 e$.

Con la relación análoga e igual significado que el anterior para el resultado, se halla que cada tabique exterior equivale a un muro macizo de espesor $0,77 e$.

95. Volvamos al caso de la sección transversal I que es también el de los tabiques exteriores o de recinto con carga por un solo lado, y en el que las condiciones de estabilidad son las peores.

100. Omitiendo por brevedad los detalles de cálculo, vamos a referirnos solamente a una consideración de carácter general



en la determinación de la presión en las paredes de los silos, lo cual nos servirá de paso para poner de manifiesto alguna de las ventajas de nuestro sistema.

105. La presión lateral o empuje no crece indefinidamente con la altura del silo. A silo lleno, y por grande que sea su altura, al llegar a una determinada profundidad, variable con las características del silo y del material contenido, la presión puede considerarse como prácticamente constante. Esto se debe a que el rozamiento que tiene lugar entre las paredes y el material equivale a una fuerza ascendente que disminuye el peso del depositado por encima de una cierta sección horizontal, peso que en definitiva es el origen de la presión.

110; Así se llega a establecer que para una profundidad infinita, el valor máximo que puede alcanzar la presión está dado en Kg/m² por la fórmula

115.
$$p \text{ máx.} = \frac{Y F}{f u}$$

donde

Y = peso en Kg/m³ del material ensilado.

120. F = área en m² de la sección horizontal del silo.

f = coeficiente de rozamiento del material con las paredes.

u = longitud en m. del perímetro de la sección horizontal del silo.

125. Según esto, cuanto mayor sea el coeficiente de rozamiento f tanto menor será el valor máximo que podrá alcanzar la presión a partir de una determinada profundidad.

Podemos pasar ya a enumerar las condiciones favorables de ensilado que se logran con nuestro sistema de tabiques, y resaltar las ventajas que cada una proporciona.

130. Son las siguientes:

209343



- 6 -

135. 1ª.- En la sección transversal de fig. la se vé que el paramento de la pared es en realidad el plano $a b_n$, formado por las caras interiores $a b_1$, $a b_2$, $a b_n$, de los prismas que quedan sobre las bandejas. El rozamiento del material con la pared será pues el rozamiento del material consigo mismo, que es el máximo a que se puede llegar en la práctica.

De ello se deduce que la presión que sufren las paredes será mínima.

140. 2ª.- El efecto que se produce con los distintos pisos de bandejas es análogo al de una subdivisión, fraccionamiento o descomposición del empuje total, y de tal modo que los empujes componentes quedasen en situación de tener que obrar aisladamente y sin poder sumar sus acciones, siendo cada uno de ellos contrarrestado por elementos independientes con autonomía de equilibrio como son los prismas que hay sobre los estantes.

150. Fácilmente se comprende que es así suponiendo que una bandeja cualquiera, por ejemplo la 4ª, se corre hacia el interior del compartimiento. Se alteraría el equilibrio del prisma $a b c$ porque empezaría a verter material por su borde exterior, y a causa del empuje en la cara $a b$ se produciría la salida del que hay dentro del silo y continuaría el vertido por el borde de la bandeja. Pero todo esto sin que varien las condiciones de estabilidad y efecto de contención del resto de los prismas que forman la pared.

155. Tenemos con esto un tabique cuya elasticidad, a más de máxima es también, valga la frase, estanca en cuadrículas aisladas. El resultado es una variación de la presión total en su modo de distribuirse y hasta en el de originarse con relación a la teoría del empuje de tierras sobre un paramento
160. continuo y solidario en todas sus propiedades. Queremos decir

209343 MAY 1953



- 7 -

165. con esto último que del caso de un muro rígido con paramento continuo al del tabique elástico cuadrículado, varían en volumen y situación, dentro de la masa productora del empuje, las porciones que influyen directamente en la estabilidad de zonas aisladas y homólogas de la pared de contención. Y sean cuales sean estas variaciones, siempre existe el hecho favorable de que el rozamiento entre material y paredes es el máximo que se puede obtener en la práctica.

170. El conjunto de estas circunstancias hace que con nuestro sistema sea más reducido el empuje, y que esta reducción sea en mayor proporción a medida que aumenta la profundidad. Precisamente a esto se debe que, según ya advertimos anteriormente, no sea necesario aumentar el ancho de las bandejas según la profundidad a que están colocadas. Ha quedado así comprobado

175. experimentalmente en los silos de áridos de Salime. Con tabiques de 16 m. de altura, $e = 1,50$ m. y $d = 1,00$ m., la dimensión b_i c_i era la misma en todos los prismas, ligeramente mayor que la correspondiente al talud natural a causa del material que rodaba en su caída al ensilarse.

180. Desde luego, el punto a_i quedaba siempre en el borde interior de la bandeja i^a .

3^a.- La propiedad de estabilidad independiente y elasticidad estanca facilita el medio de disponer tomas del material ensilado en cualquier punto de los tabiques exteriores de un modo sencillo y rápido, aun estando los silos en carga.

185. Supongamos que quiere establecerse la toma entre los estantes 5^a y 6^a. Se coloca una canal con su pico de tolva sobre el talud a_5 b_5 de modo que llegue bien a la cara inferior de la 5^a bandeja y haga un buen cierre contra ella, y se
190. retira o rompe la parte de ésta que impide el paso a la canal.

18 MAY



- 8 - 209343

El material saldrá por la parte del hueco a b que ha quedado libre y deslizará por el camino que se le ha facilitado.

195. 4^a.- Cuando la carga actúa por un solo lado del tabique, si bien la suma de empujes en las caras interiores de los marcos verticales y en los bordes de las bandejas supone dentro de lo posible un mínimo, enormemente reducido respecto al valor que se tendría con un muro de paramento continuo, siempre producirá un momento flector en la estructura del tabique.

200. Pero al tener la resultante P de los pesos de los prismas depositados en los estantes una excentricidad $\frac{e}{2} - \frac{e}{3} = \frac{e}{6}$ en sentido favorable, dicha resultante obra como un peso estabilizador, tanto en el sentido estático como en el elástico, que irá siendo mayor a medida que vá llenando el silo.

205. (Véase sección fig. 1a).

Si recurrimos a la terminología de presas de embalse podríamos decir que esta clase de tabique es de tipo gravedad, y que soslaya el empuje cuanto es posible por hacer que gran parte de la masa que habría de ejercer presión se convierta en masa estabilizadora.

210. Variando el ancho e de las bandejas puede hacerse variar el momento flector favorable opuesto al que produce el empuje. Modificando la separación g entre los dos piés derechos de los marcos verticales, se modifican también los esfuerzos a que están sometidos.

215. 5^a.- Si existe carga por ambas caras del tabique con altura distinta a uno y otro lado, los pesos de los prismas sobre los estantes de la parte superior en la que la carga es por una sola cara, darán una resultante con excentricidad estabilizadora. Cuando la altura de carga a ambos lados se haya igualado,

220.



tal como en la sección II de la figura 1, y no sea precisa ya ninguna acción favorable a la estabilidad, todos los prismas retenidos en las bandejas son simétricos respecto al plano axial del tabique y la resultante de sus pesos queda centrada.

225. Es algo así como si el tabique poseyese la facultad de autoadaptarse a los diferentes regímenes de carga, y que ello le permitiese sacar de cada uno de éstos el mayor provecho y beneficio para sus condiciones estáticas y elásticas.

230. Con un modelo reducido, hecho con madera a escala 1/10, de un tabique de 15,50 m. de altura con $d = 1,00$ m. y en el que por consiguiente se formaban 16 prismas, se conservó la estabilidad con toda la altura de carga. El tabique se dejó libre durante toda la prueba, sin referencias de atirantado o acodalado ni en el frente ni en los laterales y no se apreció desplome alguno.

235. 6ª.- Únicamente hay que preocuparse de la rigidez de los marcos verticales dentro de su propio plano, rigidez que siempre puede conseguirse formando con los dos piés derechos una viga Vierendel o cualquier otra estructura más o menos triangulada.

240. En el sentido normal al anterior, el arriostramiento que suponen los pisos de bandejas asegura la estabilidad del conjunto y una adecuada subdivisión de los piés derechos en tramos debidamente apoyados para que su resistencia intrínseca no se vea disminuida por efectos de pandeo.

250. En relación con este último punto, también reciben los piés derechos una buena ayuda del material que forma los prismas y en el que quedan aprisionados según se vé en las secciones transversales de la fig. 1.

255. 7ª.- Como el modo de reaccionar ante el empuje y de



trabajar para contrarrestarlo es el mismo en silos de planta rectangular que circular, esta clase de tabique puede emplearse indistintamente en uno y otro caso. La única diferencia es que con la última forma los marcos verticales se colocarán en sentido radial, y las bandejas se dividirán en secciones trapeziales en lugar de ser rectangulares.

260; Las esquinas, encuentros y cruzamientos de tabiques rectos se resuelven con toda sencillez. En la fig. 2ª se representa el caso de esquina formada por dos tabiques T y T'. No creemos necesaria ninguna explicación.

265. El encuentro en forma de martillo se tiene solo con prolongar el tabique T al otro lado del T'. El cruzamiento resulta del encuentro con solo suponer a la izquierda de T un tabique simétrico del T'.

270. Puesto que los tabiques que se encuentran o cruzan quedan desligados o independientes, se evitan los momentos de empotramiento en los nudos cuando los silos sean multicelulares. El empotramiento sería aquí perjudicial en lugar de beneficioso.

275. Si se trata de silos circulares formando batería, pueden adosarse unos a otros según las disposiciones de las figuras 2b y 2c. Es preferible la de la 2 c que requiere menos piés derechos, menos superficie de bandejas, y menos cimentación. Permite además establecer en cualquier momento

280. tomas, en la forma que ya hemos visto y aprovechando la parte común más estrecha, para pasar el material de un silo a otro si por cualquier circunstancia resultase conveniente ese traspaso.

285. 8ª.- Relacionando debidamente las luces y y s de los tramos laterales en voladizo y del central de las bandejas

18 MAY 1953



- 11 - 209343

(Véase sección fig. 1a) , se conseguirá que el momento flector en los apoyos sea igual, salvo signo, al máximo en el tramo central. Esto facilita el adaptarse a cualquier clase de los materiales corrientes en construcción para hacer estantes planos y aprovechar sus cualidades al máximo en el peor caso de carga.

290. 9ª.- Queda eliminado el peligro de las sobrepresiones que a veces se producen por desprendimientos de materiales ensilados que se apelmazan, como ocurre con el cemento o la arena, y que obligan a un sobreespesor de las paredes para evitar su rotura. Los grandes huecos entre estantes proporcionan otros tantos respiraderos para eludir esas sobrepresiones, ya que ofrecen franca salida al aire que de otro modo ejercería una compresión lateral excesiva. Aun cuando por razones de aislamiento con el exterior se tapen esos huecos, como el cierre puede ser muy ligero (tablas solapadas o tabique de panderete), siempre jugarán el papel de puntos débiles como el de los fusibles en electricidad, rompiendo antes de que padezca la estructura.

305.

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica , debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental, siendo lo que constituye su esencia y por lo que se solicita Patente de Invención , por 20 años en España: "Perfeccionamientos en la construcción de silos"; caracterizándose por lo siguiente:

1ª.- Perfeccionamientos en la construcción de silos, caracterizándose porque , en lugar de utilizar en dicha

315.



construcción los paramentos continuos usuales, teniendo que contrarrestar los grandes empujes del material almacenado, se emplean pantallas diáfanos en forma de tabique, con gran número de ventanas, quedando el árido retenido en el antepecho, reduciendo así notablemente el empuje a resistir por dicho tabique.

320. 2º.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizándose porque se dispone el silo en forma de verdadera estantería, cuyo frente está constituido por una pantalla muy diáfana y los estantes quedan formados por bandejas, reteniendo el material ensilado, que desborda por los grandes huecos formados en el frente.

330. 3º.- Perfeccionamientos, según reivindicaciones anteriores, caracterizándose porque el sistema de tabiques está formado esencialmente por piés derechos de marcos verticales y bandejas planas, horizontales, preferentemente prefabricadas.

335. 4º.- Perfeccionamientos, según reivindicaciones anteriores, caracterizándose porque se forman a base de los elementos antes especificados, esquinas, encuentros y cruzamientos de tabiques rectangulares, o bien baterías de silos circulares, adosando los elementos unos a otros, con ahorro notable de piés derechos y superficie de bandejas, y con facilidad de traspaso del material de un silo a otro, estableciendo tomas en la parte común más estrecha.

340. 5º.- Perfeccionamientos en la construcción de silos; tal y como queda substancialmente descrito en la presente memoria, e ilustrado en los adjuntos dibujos.

Esta memoria consta de doce hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 18 MAY 1953
AGROMAN, Empresa Constructora S.A.
P. P. de J. GOMEZ ACEVEDO

FIG. 1a

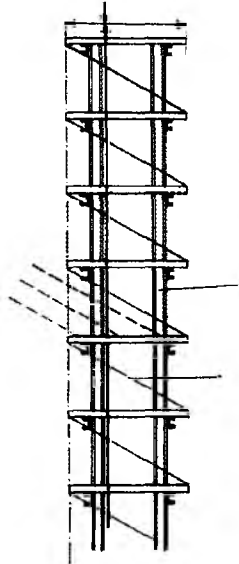


FIG. 1

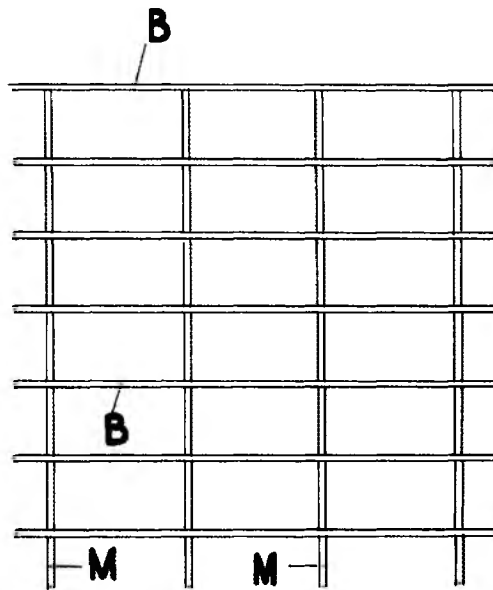


FIG. 1b

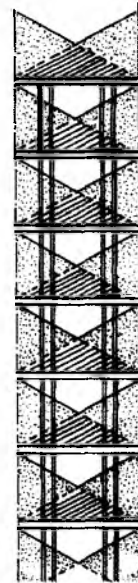
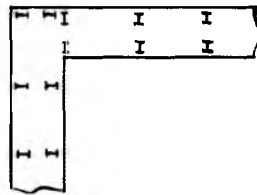


FIG. 2a



209343

FIG. 2b

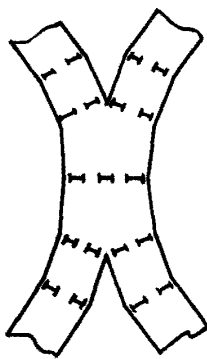
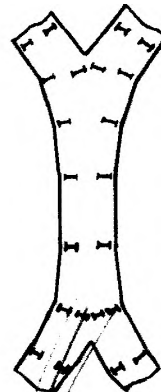


FIG. 2c



MADRID DE 1958
"AGROMAN" EMPRESA CONSTRUCTORA
S.A.

P.R.