

Cómo hacer asísmica la casa de adobes, según las indicaciones del Prof. Mr. Bailey Willis.

ARAIZ del terremoto que azotó en Noviembre de 1922 la Provincia de Atacama, la institución Carnegie de Washington, dando muestras de un elevado concepto de la solidaridad humana, encargó a uno de sus eminentes colaboradores el Dr. Bailey Willis, Profesor de Geología de la Universidad de Stanford, Palo Alto, California, que se trasladara a Chile con la misión de investigar el terremoto en todos sus aspectos, científicos y prácticos.

Fruto de esos trabajos fué un luminoso informe que cobra particular interés en este momento en que se va a reconstruir Talca y Constitución y en que se piensa reglamentar en forma racional la edificación del país.

Desgraciadamente este informe no ha sido lo suficientemente conocido a lo largo del país por nuestros compatriotas y sus conclusiones e indicaciones de gran valía, máxime tratándose de la casa barata, han sido prácticamente ignoradas de nuestros profesionales.

Nos proponemos en este estudio resumir el informe de Mr. Willis en todos los aspectos que guardan relación con la *edificación de una casa asísmica, con materiales baratos, especialmente con adobes.*

EL ADOBE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Aunque el adobe adolece de serios defectos en la construcción, tales como su peso elevado, su rigidez, su poca firmeza, la facilidad con que lo deshace la humedad, hay no obstante una serie de casos en que las circunstancias lo imponen sin competidor posible. Por ejemplo en construcciones rurales: casas de inquilinos, bo-

degas, cierros de galpones. O bien en la casa de renta destinada a reeditar un buen interés a pesar del alquiler reducido.

El conocimiento de los recursos que conducen a utilizar racionalmente dicho material contra terremotos es pues, un capítulo de lo más importante en la ciencia de construir.

II

LA MURALLA DE ADOBES ASÍSMICA

Es conocido el hecho de que la muralla de adobes presenta cierta elasticidad para adaptarse al sacudimiento de los temblores.

El examen de las murallas de adobes que han sufrido un terremoto, sin haber sido destruídas, muestra la existencia de grietas finas entre los adobes de la pared: es indudable que dichas grietas corresponden a aberturas instantáneas formadas durante el movimiento de la muralla, fig. 1.

Sin embargo la muralla de adobes carece de firmeza en los esquineros, ya sea de la casa misma o de las puertas o ventanas.

El refuerzo asísmico de una muralla de adobes se consigue atirantando los esquineros opuestos entre sí, tal como se ve en la figura 2, por medio de alambres y tabloncillos convenientemente dispuestos.

Al efecto se usan tabloncillos de roble de una y media pulgadas por ocho, de todo el alto de la muralla, clavados en ángulo recto entre sí por la parte exterior del esquinero, como se ve en la figura 2.

Al edificar se comienza por colocar los tabloncillos que van en los esquineros en su posición definitiva. En seguida se pone la primera hilada de adobes y encima de ésta se tienden de un tablón al lado opuesto del otro esquinero dos alambres dobles, galvanizados del número 6, que atraviesan los tabloncillos cerca de sus cantos, pescando una barrita de fierro de sección circular de 6 mm. de espesor en la forma indicada en la figura 3. Cada par de alambres se tuerce con un pasador hasta dejarlos derechos, pero sin tensión, pues la tensión hay que dársela al final, cuando se haya terminado de levantar las cuatro murallas. Para este fin, durante la construcción se deja un pequeño hueco en el medio de la muralla, a la altura del tirante, que permita manipular posteriormente el pasador destinado a torcer los alambres.

Se continúan colocando nuevas hiladas de adobes y a cada 0.60 m. de altura se ponen nuevamente tirantes de alambre en la misma forma como se hizo en la primera hilada. Levantada la muralla se procede a darle tensión a los tirantes por medio del pasador y se termina la operación llenando el hueco con adobes y dejando aprisionado el pasador. Cada alambre se pasa cerca del borde de la tabla, haciéndolo volver sobre el vástago de fierro. La distancia entre los dos tirantes de una misma hilada es de 0,15 m.

Por cierto que en vez del vástago de fierro de 6 mm. podría utilizarse algún ornamento del mismo metal, ya que su misión es repartir la tensión que le comunica el tirante al tablón sobre una mayor superficie.

Ahora bien, para el caso que la muralla lleve una puerta o ventana los tiran-

tes de alambre se fijan en la misma forma tal como se ve en la figura 3. En el caso de esta figura se han puesto los tablonces de $1\frac{1}{2}$ " en el vano de la ventana, colocando después el marco correspondiente.

Cuando una pared inferior corta a la muralla exterior se procede análogamente para atirantarla: se coloca el tablón en el exterior de la muralla y se extienden los tirantes de alambre desde el tablón exterior hasta la puerta o hasta la otra muralla exterior según el caso.

PIES DERECHOS UNIDOS A LA MURALLA ELÁSTICAMENTE

En el capítulo dedicado a la techumbre se expondrá detalladamente el porqué debe evitarse que el techo descansa directamente sobre la muralla de adobes. Digamos desde luego, que la práctica recomendable es que el esfuerzo transmitido por el techo sea recibido por pies derechos de roble de 4×4 espaciados de unos 0.60 m. a 1 m., según sea el peso de la techumbre.

Estos pies derechos penetran por medio de escopleadura y tarugo en una solera de 8×8 en su parte inferior, y en su parte superior llevan una solera de 2×4 que los une entre sí, ensamblándose a ella a caja y espiga con tarugo de madera y cuña.

La muralla de adobes se amarra transversalmente con alambres a los pies derechos, tal como se ve en la figura 2. Para mejor aspecto de la construcción estos pies derechos se dejan perdidos en la muralla y a fin de encajonar más los adobes se le clavan tablas delanteras de 1×8 que pueden quedar aparentes en forma de producir motivos que decoren el interior de la habitación.

Este modelo de muralla así atirantado se usa en tramos hasta de 15 m. de largo.

MURALLA CON ENTREPAÑOS

La experiencia enseña que las murallas toman bajo la acción del terremoto entre otros, un movimiento ondulatorio transversal, de tal manera que la ondulación es proporcional al largo continuo de la muralla.

Para una muralla perteneciente a una casa habitación es recomendable seccionarla en paños de 3 a 4 metros de largo cada uno y proceder a atirantar estos paños en forma análoga a como se indicó anteriormente con muralla de 15 m. de largo. La única diferencia que existe en este caso, es que los tirantes de alambres en vez de ser dos por hilada, son cuatro, y en consecuencia, en vez de un tabique que los resista en cada cabecera, hay dos tablonces de 1×8 . Además, aparte de los pies derechos de 4×4 interiores lleva también pies derechos exteriores de 4×4 cada tres metros, esto es, frente a cada corte de muralla.

En esta forma se tiene, según puede verse en el dibujo 4 c, 4 pulgadas para el pie derecho interior, 8 pulgadas para cada uno de los tablonces y 4 para el pie derecho exterior. En total 24 pulgadas, o sean 0,60 m., espesor de la muralla de adobes.

También como anteriormente se fija la muralla a los pies derechos atando

con alambres cada pie derecho a los alambres longitudinales, como se ve en 4 b. En estas condiciones, la muralla sacudida por el temblor, vibra simultáneamente con el techo y los dos se mantienen en movimiento armónico, lo que es favorable para la estabilidad de la construcción.

Para afianzar la distancia entre los dos esqueletos, interior y exterior, en forma permanente, se procede a amordazar el envigado de cielo con las dos soleras, y a amarrarlas con alambres galvanizados del N.º 12.

Digamos de paso que la experiencia ha enseñado la conveniencia de eliminar en lo posible el uso de pernos y clavos en las uniones de las maderas, prefiriendo siempre el ensamble a caja y espiga con cuña o el ensamble en cruz a media madera, o el a cola de milano, si se trata de un esfuerzo de tracción.

Finalmente se completa la construcción clavando tablas de 1×8 frente a los pies derechos en sentido vertical, y para formar el marco, una tabla arriba de 1×6 , clavada horizontalmente, y otra abajo de 1×10 . Además, entre los pies derechos y las vigas de cielo o el tirante de la cercha, si no hubiere envigado, se ponen tornapuntas cada tres o cuatro metros. En caso de habitaciones, las tornapuntas se colocan a plomo de los tabiques interiores. Figura 11.

Este sistema de construcción, si bien es cierto que es más costoso que el anterior, presenta mayor seguridad contra terremotos y además defiende mejor el estuco y enlucido de quebraduras y destrucción final.

EL TABIQUE ASÍSMICO

Todos conocemos el tabique de adobes tal como se construye corrientemente en el interior de las casas: pies derechos de 3×4 , generalmente de roble, espaciados a 0,60 m.; esquineros de 4×4 , adobes puestos de costilla descansando unos sobre otros en todo el alto del tabique. Alambrado colocado diagonalmente entre las soleras de 2×4 , a las que se fijan los pies derechos a caja y espiga y clavo.

Para hacer asísmico este conjunto figuras 5 y 7 se sustituye la solera inferior de 2×4 por solera de 8×8 , a la que se empotran los pies derechos en 4" de profundidad. Se colocan piezas horizontales de 2×2 por pares, que van amordazando a los pies derechos entre sí en cruz a media madera. Los pies derechos son ahora de 2×4 y los esquineros de 4×4 .

Estos arriostramientos horizontales de los pies derechos, según se ve en las figuras 5 y 6 b, van espaciados de metro en metro en el sentido vertical a fin de formar con los pies derechos marcos rectangulares de $0,90 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}$, capaces de contener dos adobes en el sentido horizontal y uno en el sentido vertical.

Nótese que en el tabique corriente los adobes descansan unos sobre otros desde la solera inferior hasta la solera superior, en tanto que aquí los adobes van descansando sobre las vigas transversales de 2×2 que arriostran a los pies derechos.

El alambre usado es del número 12 galvanizado y clavado por medio de gramapas de $1 \frac{1}{2}$ " en cada pie derecho o diagonal que encuentre. Y ya se coloque vertical o diagonal, la malla que forme no debe tener más de 0,15 m de lado.

El alambre se pondrá bien tenso con la ayuda de una uña de diablo, y se tendrá cuidado de no cortarlo hasta terminar el alambrado.

Los adobes sean de $0,10 \times 0,30 \times 0,60$ m secos, hechos con tierra gredosa, sin cascotes de piedra y debidamente empajados.

EL USO DE SOLERAS PESADAS

Es un principio de la construcción sísmica el de procurar que el centro de gravedad del edificio se encuentre lo más bajo posible. De ahí que se procure usar una techumbre liviana y soleras pesadas en la parte de abajo.

Además, el edificio debe ser excepcionalmente fuerte en la vecindad de los cimientos, porque en esta zona se producen las mayores vibraciones del terremoto, en tanto que en la parte alta del edificio los golpes se amortiguan en parte gracias a la flexibilidad de los muros o tabiques descritos anteriormente.

Por otra parte, como en el terremoto existen también esfuerzos considerables de torsión, es de necesidad arriostrar las soleras de 8×8 en el plano horizontal, formando triángulos rectángulos con una hipotenuza de 2×4 o de 4×4 , según el caso. Esta diagonal va embutida en la solera de 8×8 hasta una profundidad de $0,10$ m y afianzada allí por medio de tarugo y cuña, figura 8 a, b y c.

Esta diagonal ayuda a sostener el envigado de piso que se apoya en sus extremos sobre una viga de 2×4 clavada a la solera de 8×8 . Las soleras en los esquinas se cortan a media madera y van penetradas por el pie derecho de 4×4 , figura 8 b.

CASA RÍGIDA Y CASA FLEXIBLE

Los tabiques dibujados de acuerdo a las prescripciones anteriores en las figuras 5 y 7 participando del carácter sísmico en general, presentan no obstante una diferencia fundamental en cuanto a la manera de comportarse para transmitir las vibraciones que les comunica el movimiento de los temblores.

El tipo representado en la figura 5 lleva sus alambres en dirección paralela a las diagonales del rectángulo formado por los pies derechos y las soleras extremas. En tanto que el tabique dibujado en la figura 7 lleva los alambres paralelos a los lados exteriores del marco, esto es verticales y horizontales.

El primer tabique lleva diagonales largas de toda la distancia oblicua entre las dos soleras, al paso que el otro tabique lleva diagonales cortas en los marcos esquineros, dejando un espacio de un metro sin diagonales.

En estas condiciones resulta que el tabique con alambre diagonal es perfectamente rígido e indeformable, en cambio el tabique ortogonal es flexible

Consecuencia de estas dos características es que el tabique rígido transmite con mayor violencia que el tabique flexible las vibraciones terrestres a la techumbre y a los muebles u objetos que eventualmente puedan estar afirmados a él, en tanto que el flexible amortigua estos esfuerzos. En cambio sufre más el estuco como veremos después.

ENSAMBLE DE LAS MADERAS

Una de las precauciones respecto de la cual nunca se insistirá lo bastante es que toda unión de piezas de madera debe hacerse en la construcción asísmica perfectamente ensamblada, evitando el uso de clavos y sustituyéndolos por tarugos de madera de una a una y media pulgadas de diámetro con cuña terminal.

Los clavos son atacados frecuentemente por la savia de las maderas chilenas y a los pocos años presentan muy poca resistencia.

Además la variedad de movimientos que le imprime el terremoto a los diversos miembros de una construcción tuerce y disloca con facilidad los clavos.

Por otra parte el clavo presenta una superficie muy pequeña de contacto con la madera, en tanto que el tarugo de madera tiene mayor superficie de contacto para resistir a la torsión o para distribuir la presión solicitante.

Los pies derechos de los tabiques que se suelen clavar a la solera de abajo en la construcción corriente, cuando son accionados por un terremoto toman movimientos de torsión y de rotación que zafan con suma facilidad los clavos, quedando sueltos los pies derechos. Figura 9.

De ahí la necesidad de ensamblar las maderas entre sí, afianzándolas con tarugos y cuñas de madera. Se completa la unión amarrándola con alambre galvanizado del número 12 como se ve en las figuras 6, 8 a y b. Para ello hay que cuidar de efectuar la amarra estirando el alambre con bastante firmeza por medio de una uña de diablo y fijando sus extremidades a la madera con grampas.

Hay que tener presente que como en la generalidad de los casos se trabaja con maderas verdes estas uniones se sueltan un tanto cuando las maderas se secan, permitiendo así cierto juego que es favorable a la flexibilidad del conjunto.

Los clavos pueden usarse en determinados casos, por ejemplo en las uniones secundarias que no afecten a la estabilidad de la casa, y en general cuando la sollicitación se efectúa perpendicularmente a la mayor dimensión del clavo. De todas maneras conviene tratar los clavos antes de usarlos por petróleo crudo, alquitran u otro aceite permanente.

TECHUMBRE

Ya habíamos dicho anteriormente que desde el punto de vista asísmico es indispensable que la techumbre no descansa sobre las murallas, sino sobre pies derechos independientes.

Ocurre, en efecto, con mucha frecuencia que el tirante que une los extremos de los pares se zafe con los bruscos movimientos del terremoto, máxime si no está debidamente ensamblado y amarrado como se ha indicado anteriormente. Entonces todo el peso de la techumbre empuja por intermedio de los pares hacia afuera a las murallas, contribuyendo poderosamente a volcarlas, dado el gran brazo de palanca producido.

La construcción de la cercha se efectúa como en la forma ordinaria, cuidando de reforzar todas las uniones de las maderas con ensambles atarugados con embarrilados de alambre, figura 10.

En la figura 11 se ha presentado una vista del esqueleto de la techumbre. Los pares van soportándose entre sí a media madera, perforados por un tarugo de $1\frac{1}{2}$ pulgada y cuña. Llevan además figura 12 a, dos tablas clavadas por el canto a modo de cumbrera, tablas de roble de 1×10 pulgadas, clavadas a los pares.

Se completa la cercha con el tirante, pendolón y tornapuntas, tal como se ve en la figura 9.

Encima de los pares van las costaneras que recibirán la cubierta, lo más liviana que sea posible.

FUNDACIONES

La colocación de la muralla de adobes directamente sobre la tierra figura 13 a, es inadmisibles, ya que la humedad destruiría rápidamente los adobes.

Una solera de madera puede resistir largo tiempo sin podrirse si permanece constantemente seca o bien sumergida en el agua; pero se pudre en breve bajo la acción de las alternativas de humedad o sequía.

De ahí que la primera idea es elevar el cimiento sobre la superficie de la tierra. Esta solución supone el empleo de materiales costosos, que no corresponden a la índole de este trabajo.

Otros materiales no dan satisfacción, ya que el problema consiste en resistir la muralla bajo la acción del terremoto.

Ordinariamente se hacen fundaciones de piedra con barro, para las murallas de adobes. Esta práctica es absolutamente inadecuada, porque el barro produce una liga muy débil que se desprende a favor del movimiento de rotación que toman las murallas con los sacudimientos sísmicos, produciéndose en definitiva la ruptura de la fundación y el volcamiento de la muralla figura 13 b.

Existe otro tipo de fundación económica que da buenos resultados en los terremotos figura 13 c.

Consiste en practicar una zanja hasta alcanzar terreno firme y llenarla de piedras dándole de distancia en distancia drenajes adecuados. Las piedras se acondicionan en forma estable unas al lado de las otras en el interior de la zanja, colocando abajo las más voluminosas y siguiendo hacia arriba con las de menor tamaño sin usar ninguna clase de mezcla. Se procura por este medio que el agua que caiga de arriba pueda deslizarse entre las piedras y escurrirse finalmente por los drenes.

La zanja será unos diez a veinte centímetros más ancha que el tabique o la muralla de adobes. La parte superior de la fundación que queda en contacto con la tierra debe protegerse con una capa de ripio fino para evitar la posible humedad que pueda llegar por la capa de tierra suelta que se acumule al exterior.

Esta fundación tan simple se comporta admirablemente en un terremoto: como la superficie de las piedras en la zanja queda al nivel del suelo, el edificio no puede caer, a lo más deslizarse algunos centímetros en el plano del terreno, translación que no tendría consecuencias graves, ya que sería fácil volver el edificio a su situación primitiva. De ahí la ventaja de las grandes soleras debajo de las murallas, ya que éstas constituyen un plano liso de contacto entre los cimientos y el edificio.

En este sentido el tabique de adobes ofrece mejores condiciones que la mura-

lla de adobes, salvo que esta última se construyera también sobre tablone gruesos ligados entre sí y colocados directamente encima de las fundaciones. Sin embargo la práctica ha sido la de colocar los adobes directamente sobre el cimiento.

REVOQUES Y ENLUCIDOS

Los revoques de barro constituyen una capa rígida y pesada que se quiebra fácilmente por la tensión o deformación sufrida por las murallas y tabiques en el momento del terremoto.

Para disminuir sus efectos peligrosos en la construcción asísmica hay que preocuparse de hacer esta capa lo más delgada posible. En este sentido la malla de alambre de los tabiques ayuda grandemente a solucionar el punto, porque permite retener con firmeza una capa de barro muy delgada, dos centímetros a lo sumo por ejemplo.

Por lo que respecta al enlucido, hay que distinguir si éste va aplicado a la casa rígida o a la flexible. En la primera las paredes no cambian de forma por las sacudidas y el enlucido no se quiebra; de ahí que el espesor que se le da a la capa de revoque y enlucido no tenga tanta importancia como en el caso de la casa flexible.

En la casa flexible los rectángulos pasan a transformarse en paralelógramos en un sentido y en otro figura 14. Así se alteran las dimensiones y se abren grietas forzosamente en el enlucido. En esta condiciones se requiere un enlucido muy delgado y de buena calidad que adhiera a los alambres: un mortero de barro con arena fina y cal es suficiente, aunque el cemento sería mejor.

Podría aun prescindirse del revoque y enlucido en el lado interior colocando un tejido barato entre los pies derechos que permita empapelar.

CASA DE MADERA

Las observaciones relativas a la construcción asísmica con tabiques de adobe, se aplican también a la casa de madera, casa que ha dado buenos resultados en el terremoto de San Francisco (Abril de 1906).

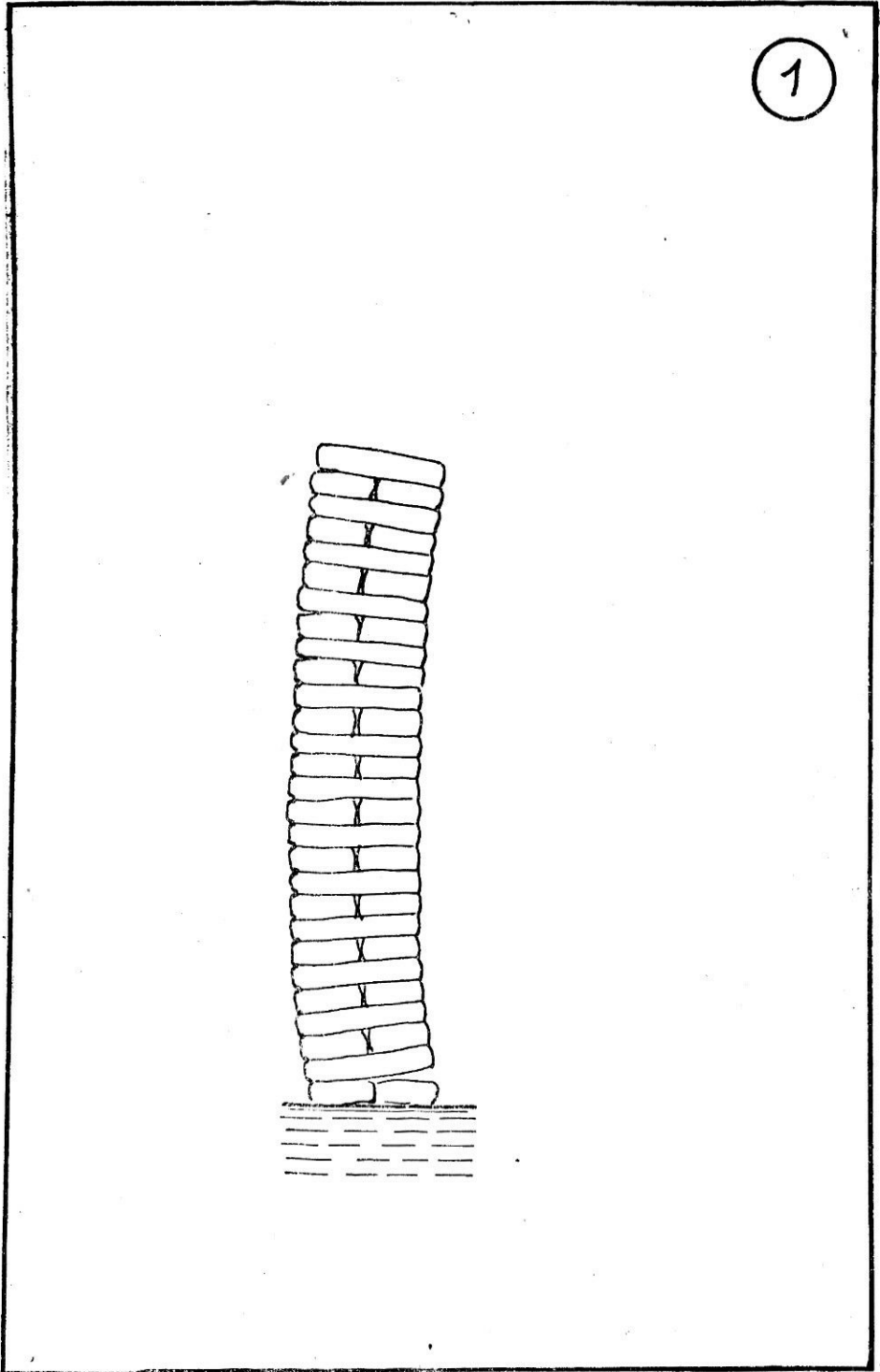


Figura 1.—Muestra la flexibilidad de una muralla de adobes.

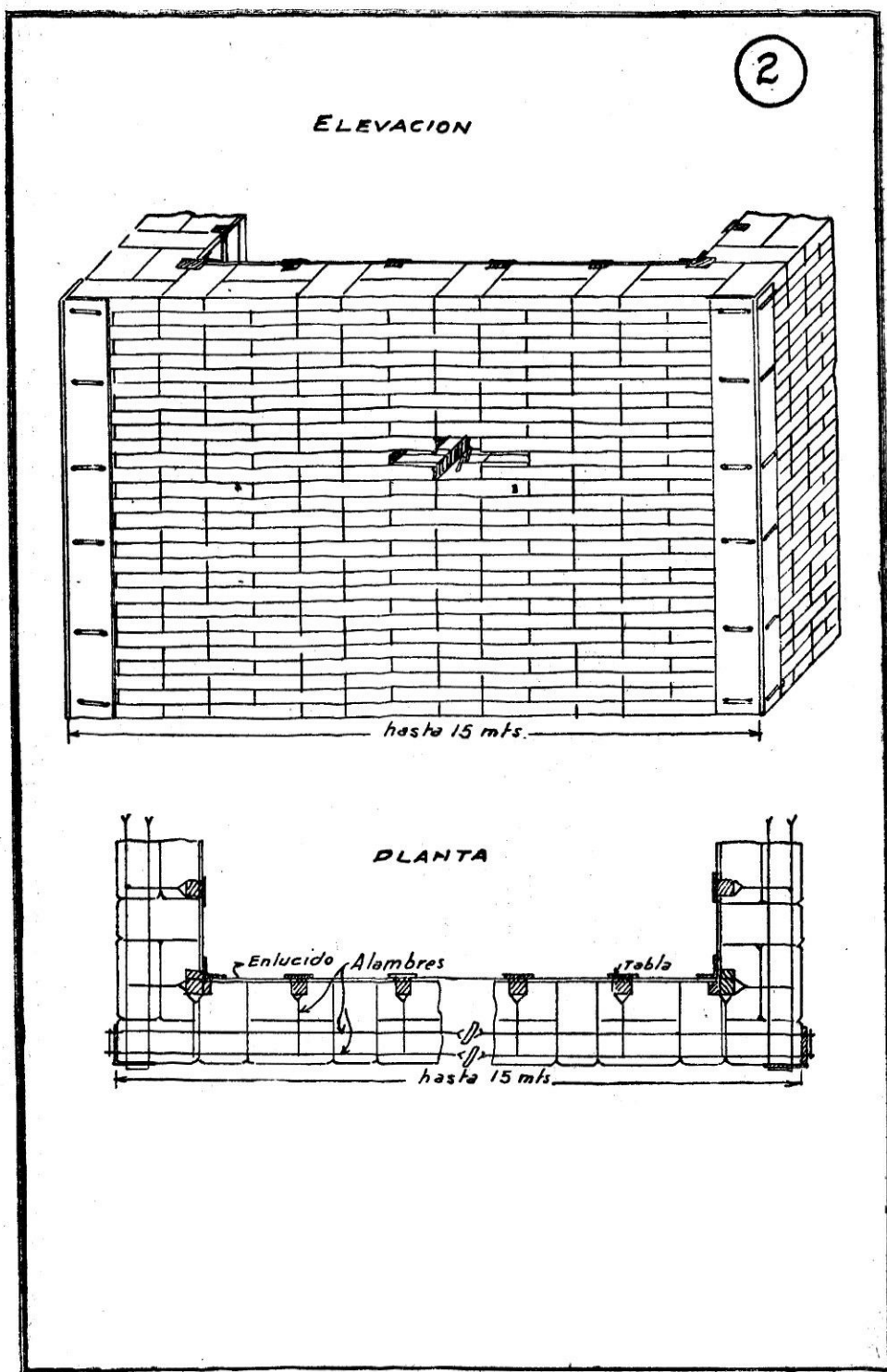


Figura 2.—Muestra los esquineros reforzados con tabloncillos de $1\frac{1}{2} \times 8''$ y atirantados por alambres N.º 6.

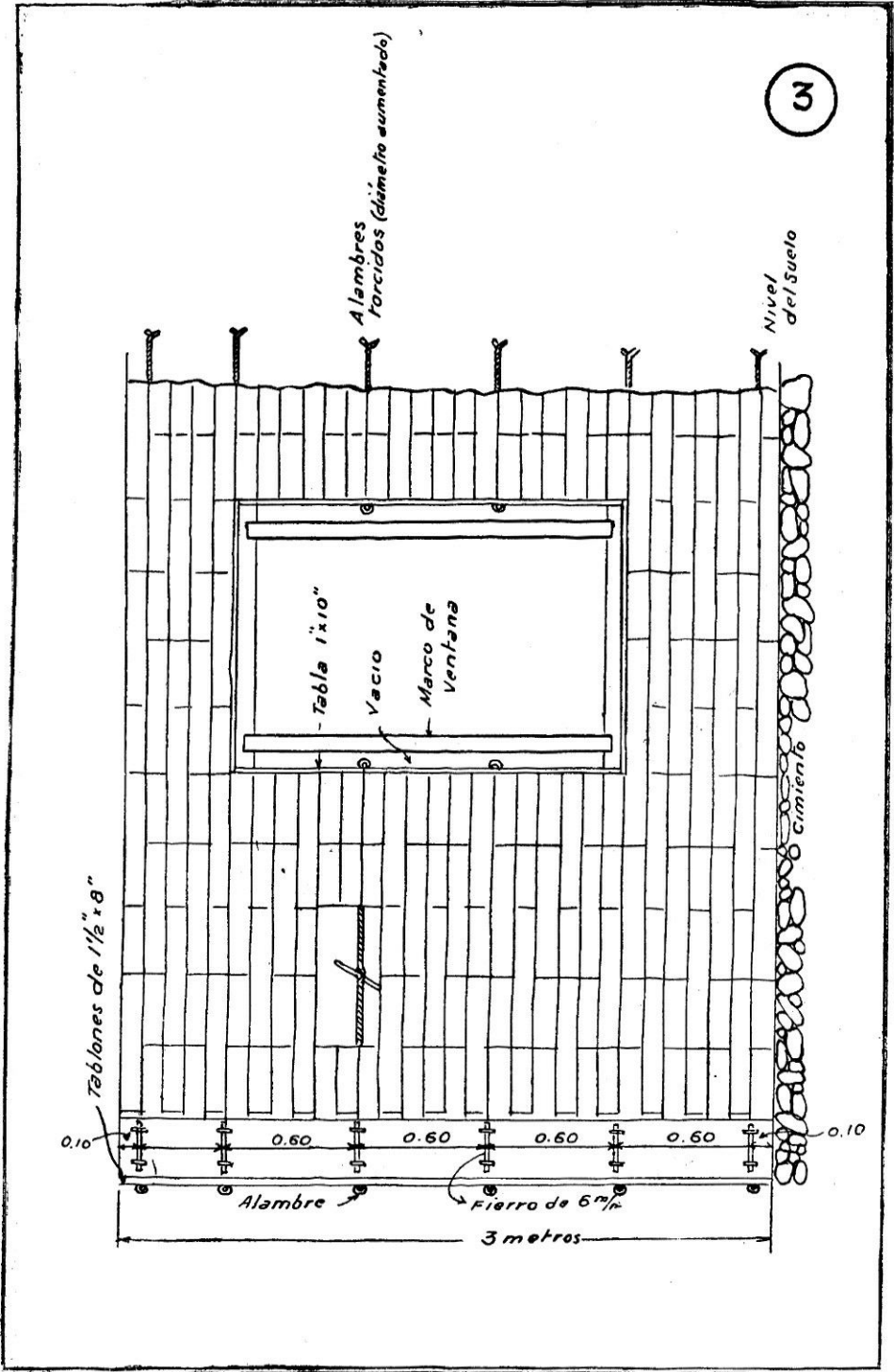


Figura 3.—Muestra el dispositivo adoptado para la colocación de los alambres cuando hay ventana en la muralla.

4

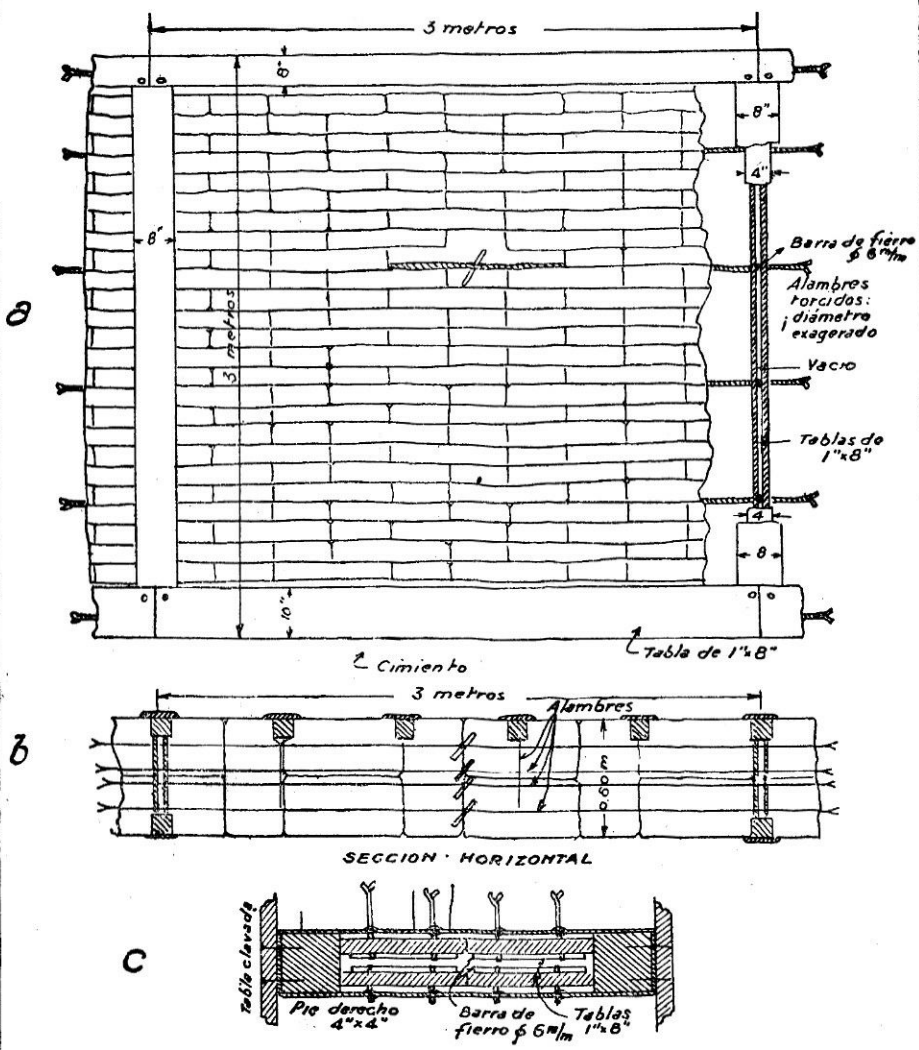


Figura 4.—Muralla con entrepafios usada en casas habitaciones.

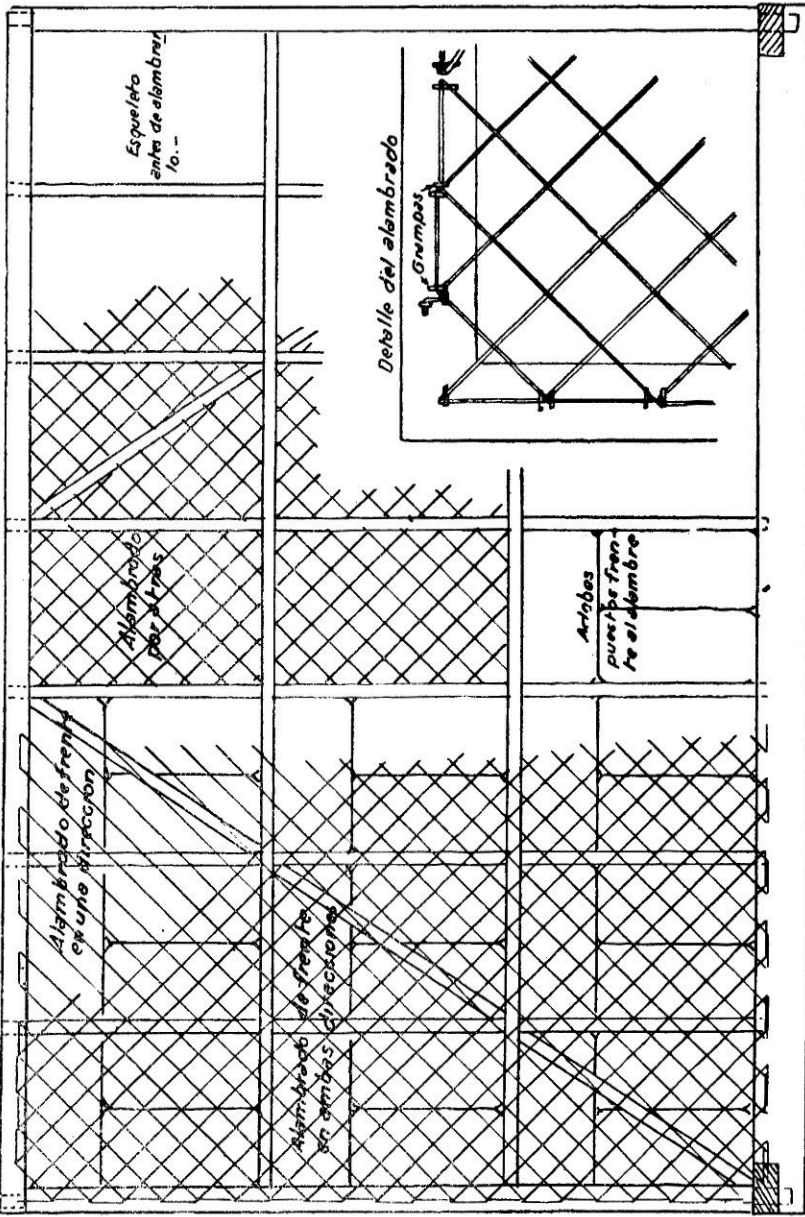
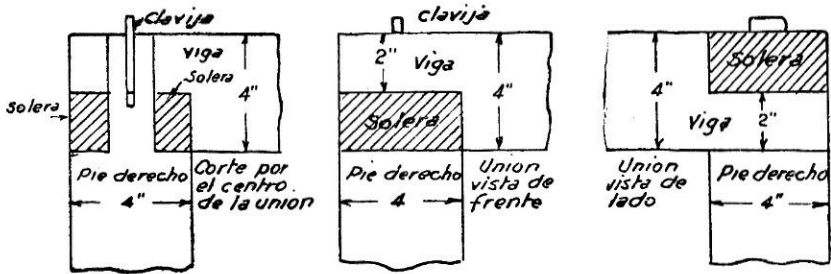
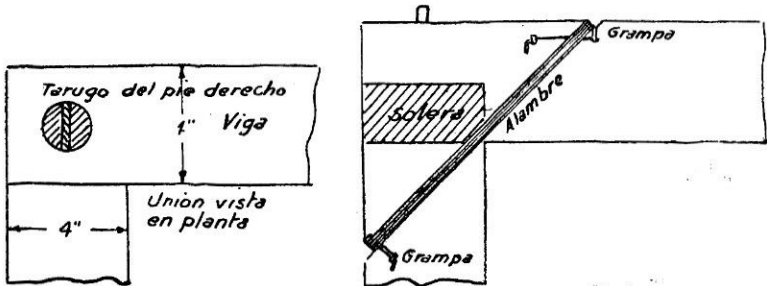


Figura 5.—Muestra diversas etapas de la construcción de un tabique de adobes asísmico. (Tipo rígido).

6



a



b

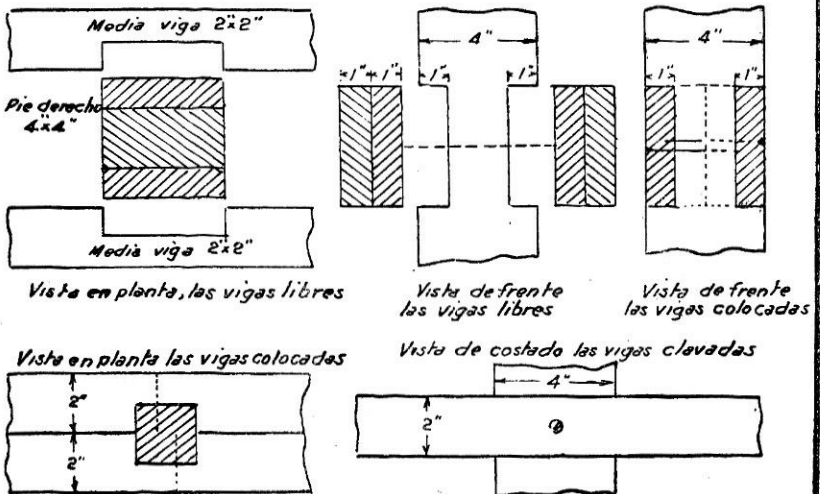


Figura 6 —Muestra la forma de ensamblar el pie derecho con la solera y con la viga. Además las vigas horizontales que amordazan a los pies derechos.

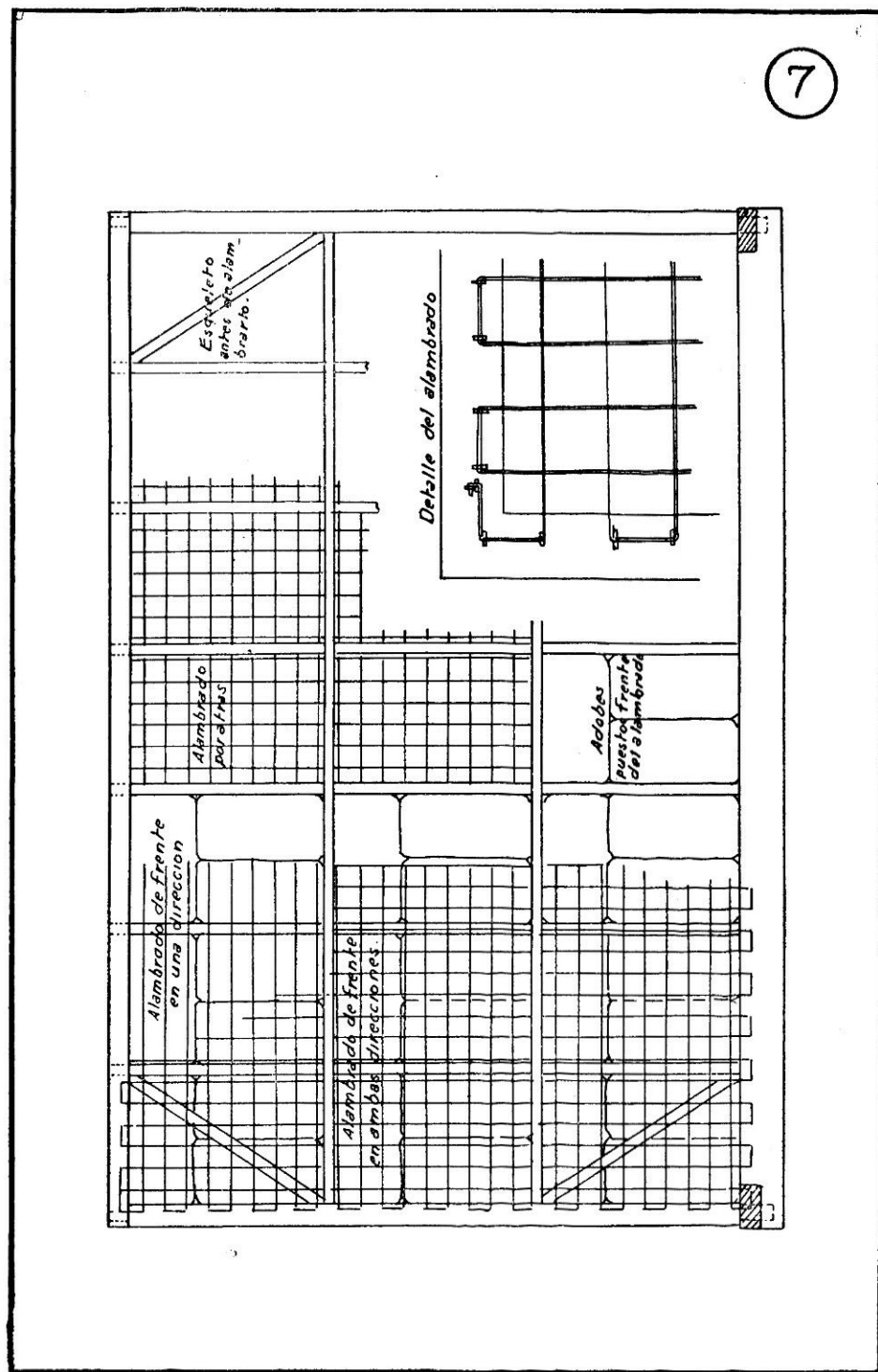


Figura 7.—El tabique asímico con alambrado ortogonal.—Nótese las diagonales cortas de las esquinas. (Tipo flexible).

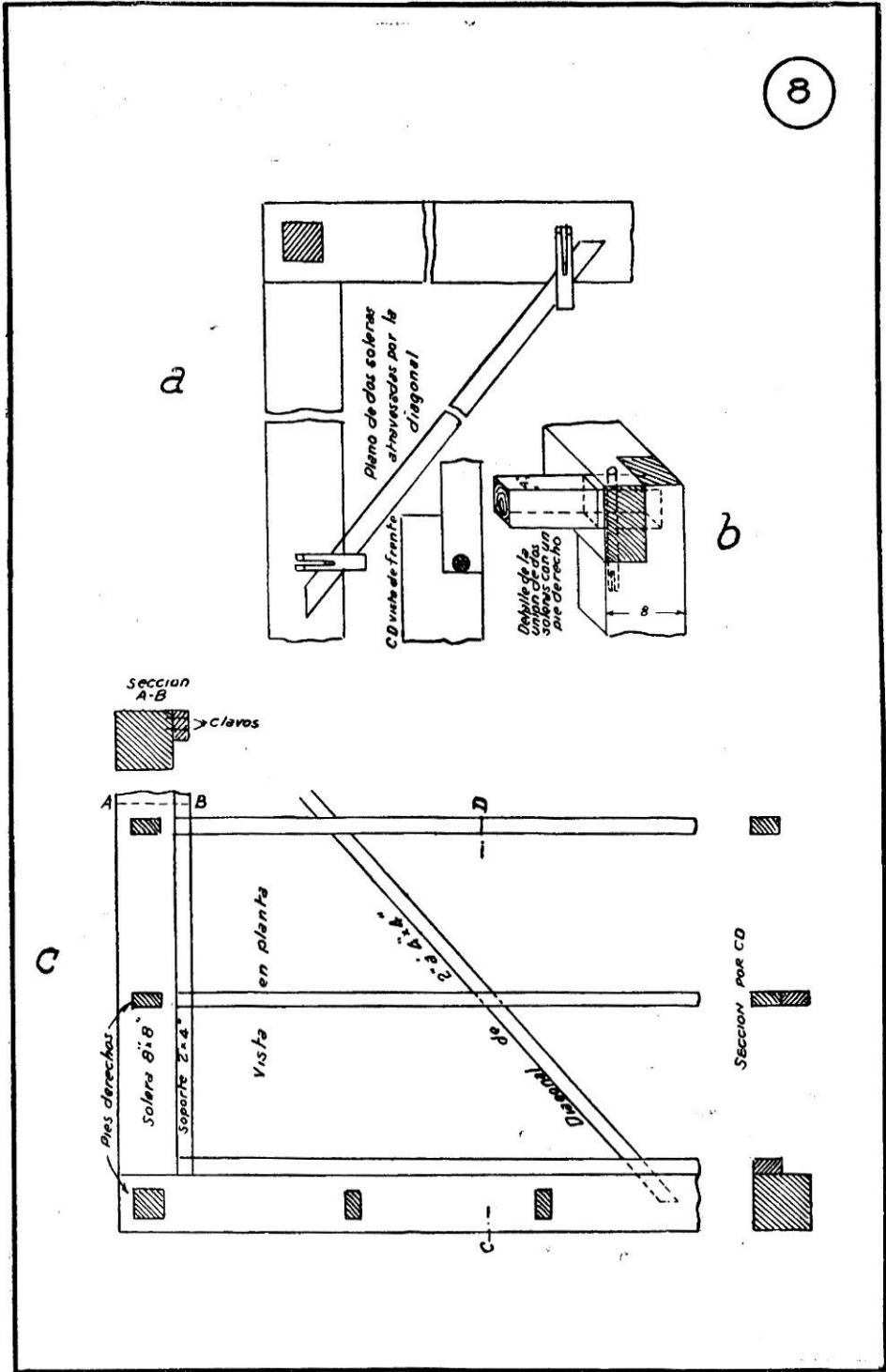


Figura 8.—Muestra la forma de ensamblar el pie derecho a la solera, manera de disponer el envigado de piso y diagonal que hace indeformable la solera.

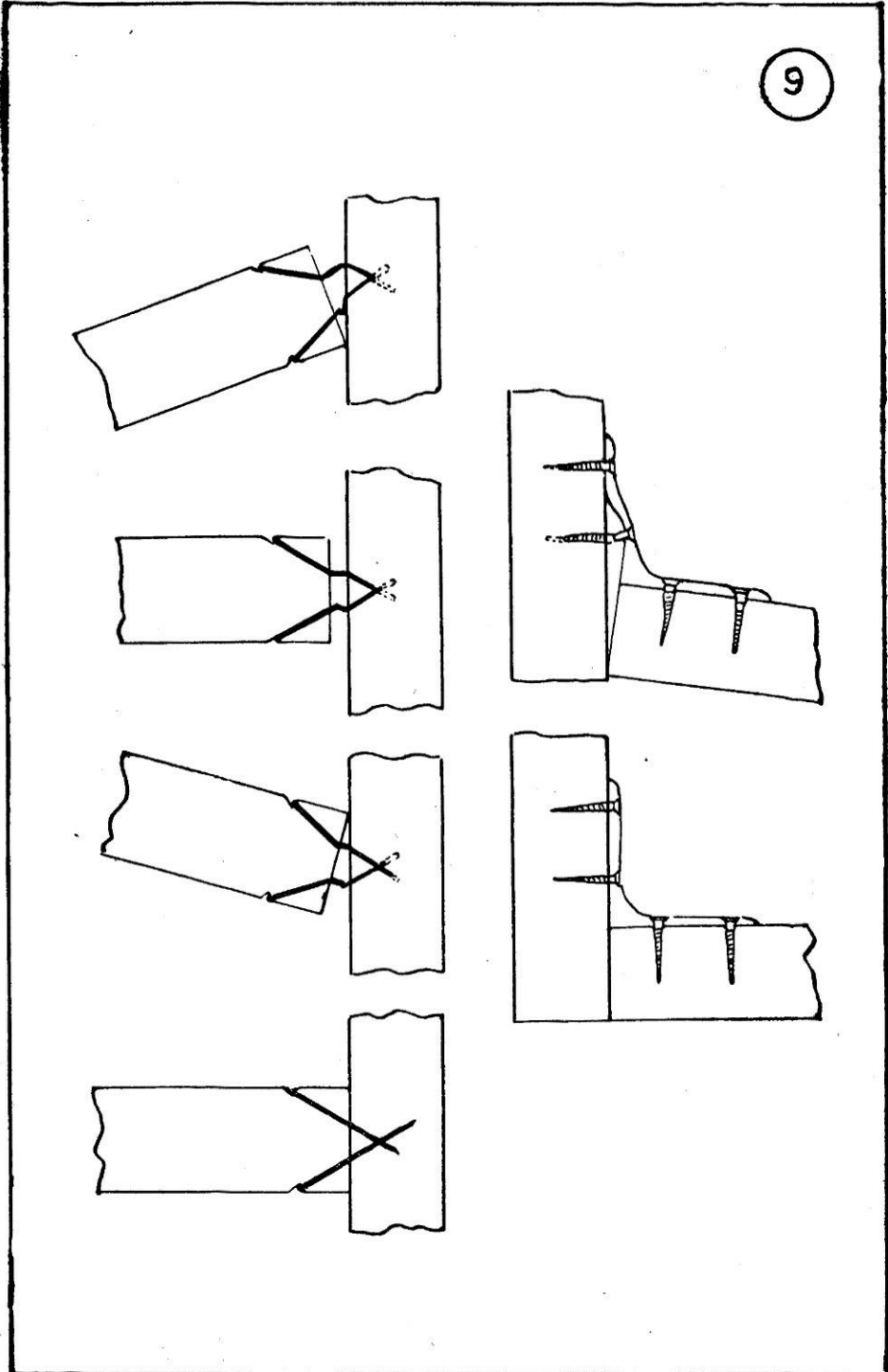


Figura 9.—Muestra cómo se desclava el pie derecho por la acción del movimiento sísmico y cómo se dislocan las escuadras cuando no hay ensambles.

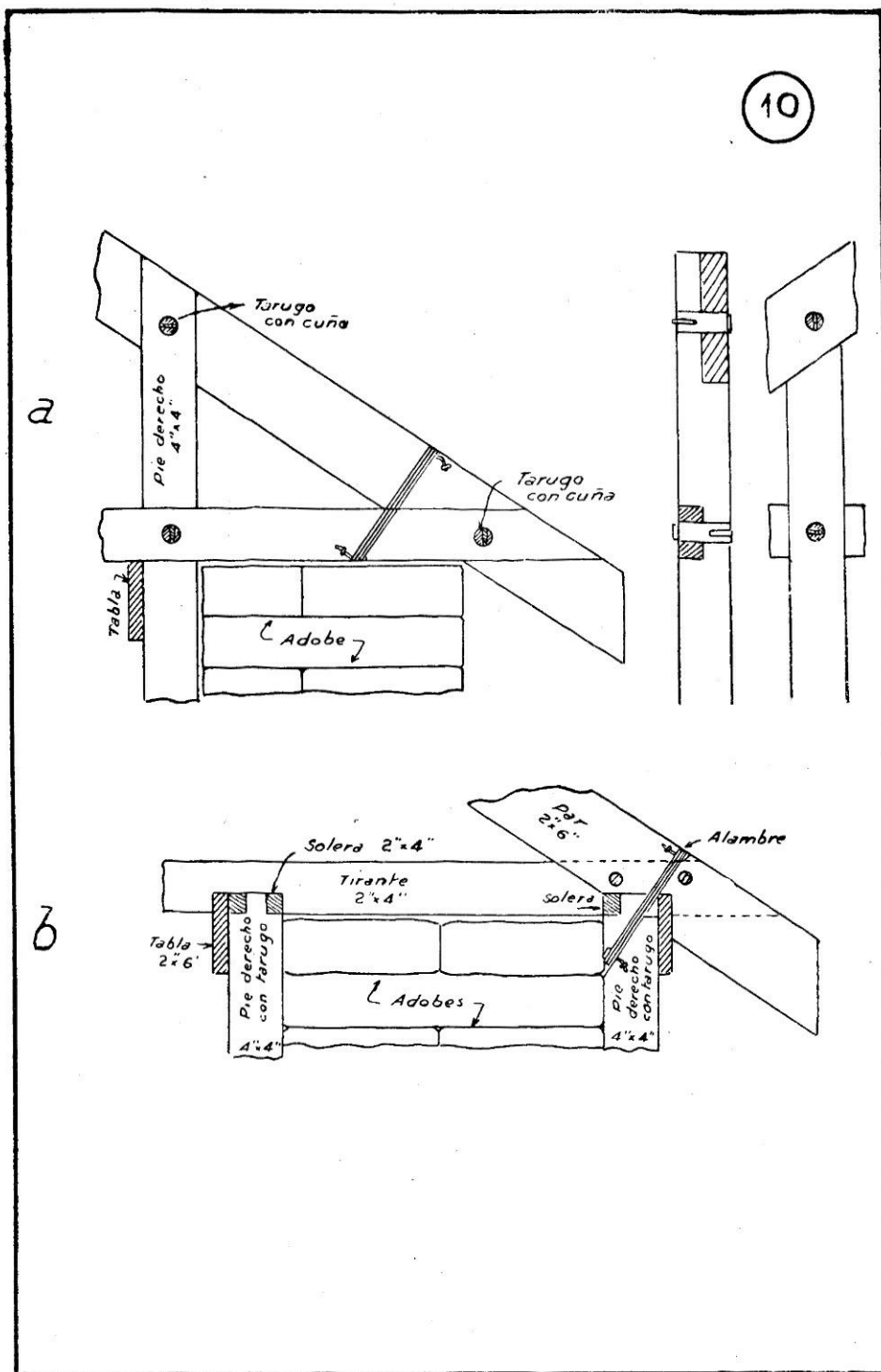


Figura 10.—Muestra la manera de ligar el par al tirante con ensamble y amarra de alambre. Nótese los tarugos con cuña.

11

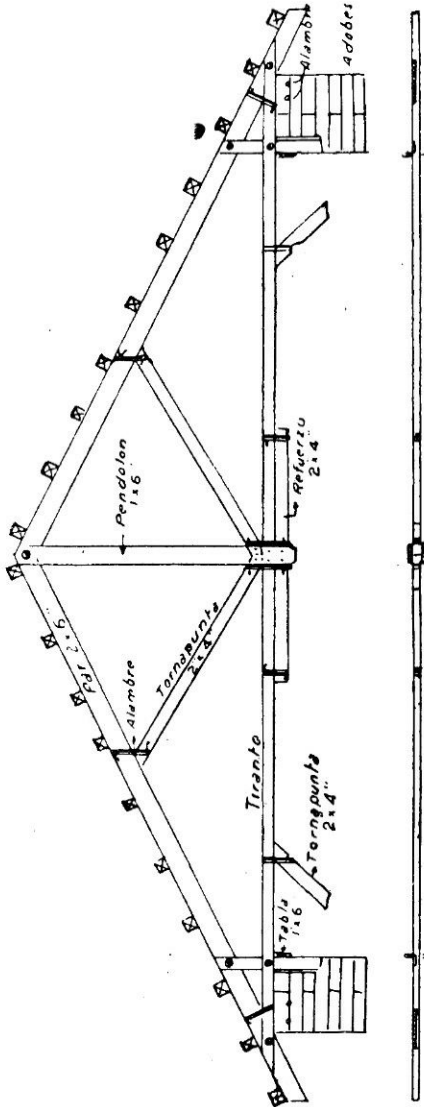


Figura 11.—Detalle de una cercha corriente en que se ven las amarras de alambre.

12

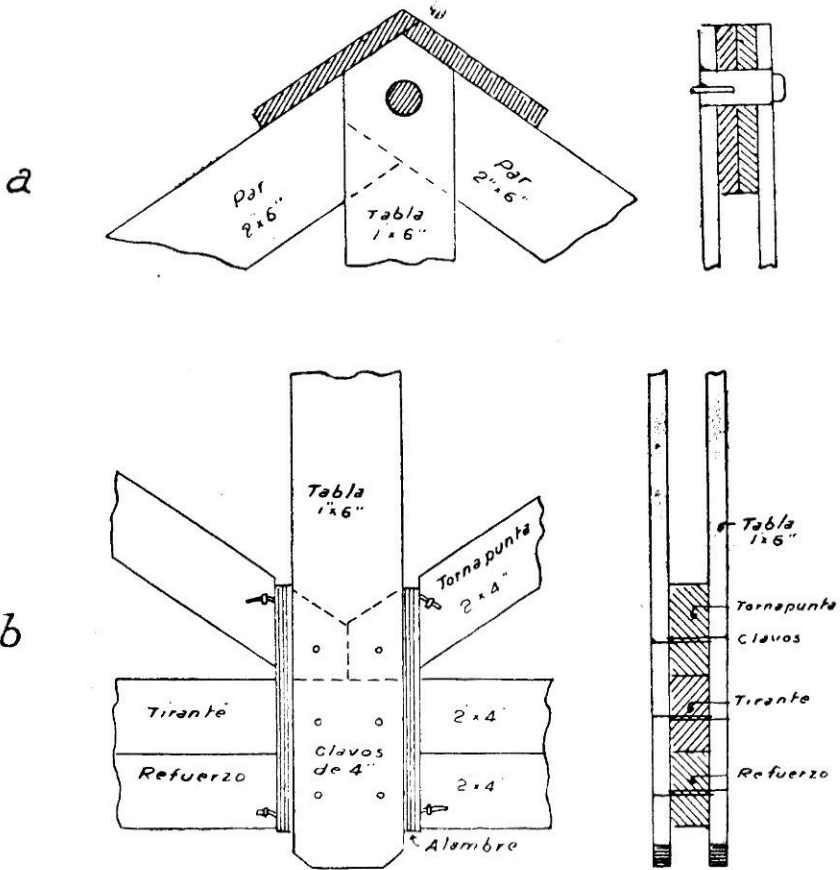


Figura 12.—Detalles de la unión del par con el pendolón y de éste con el tirante y tornapuntas.

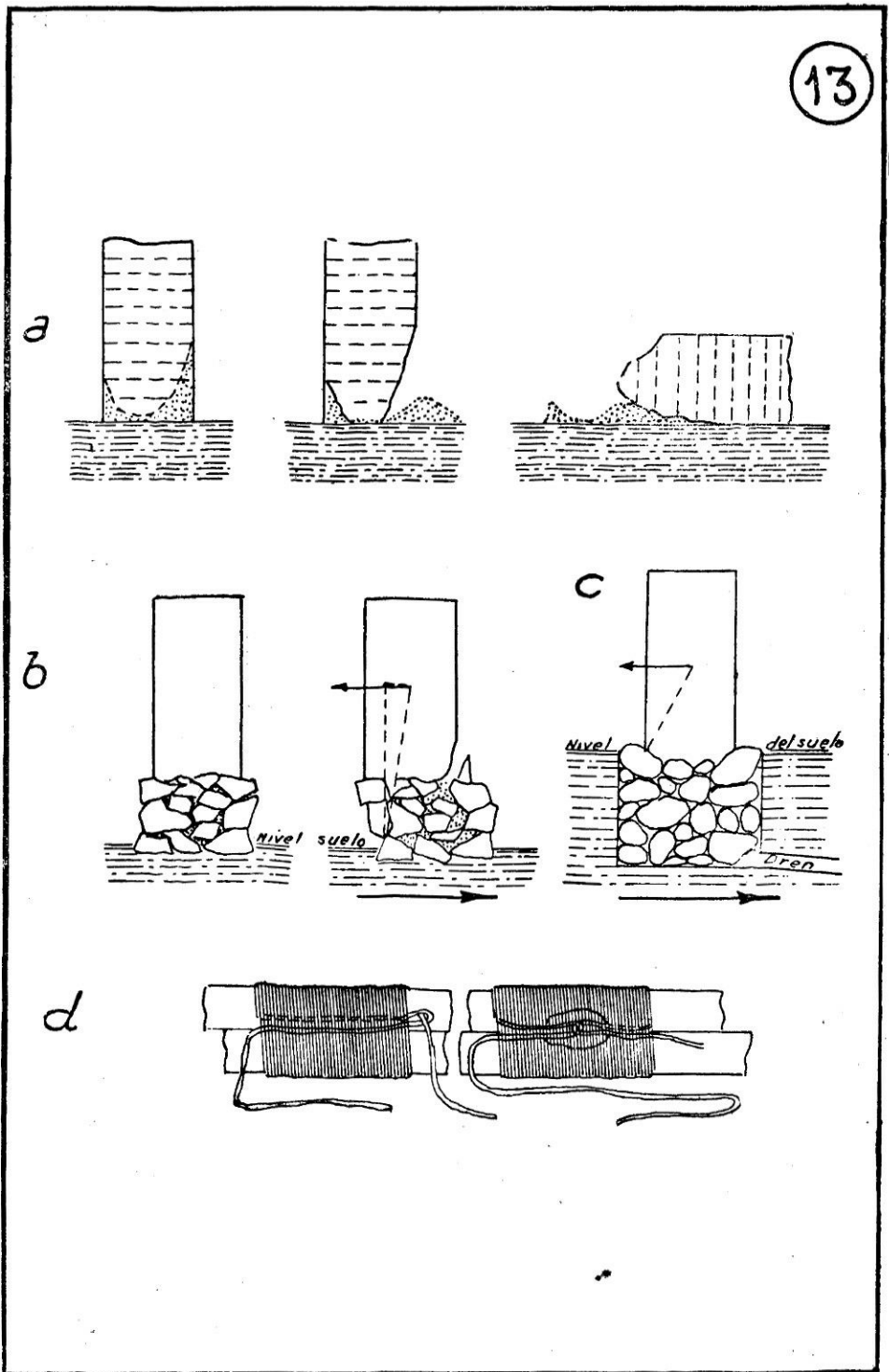


Figura 13.—Muestra la acción destructora de la humedad sobre la base de un muro de adobes. La fundación de piedra y barro y su dislocación por el terremoto y la fundación de piedra sin mezcla provista de frenes. d: nudo.—Nudo para atar el alambre.

14

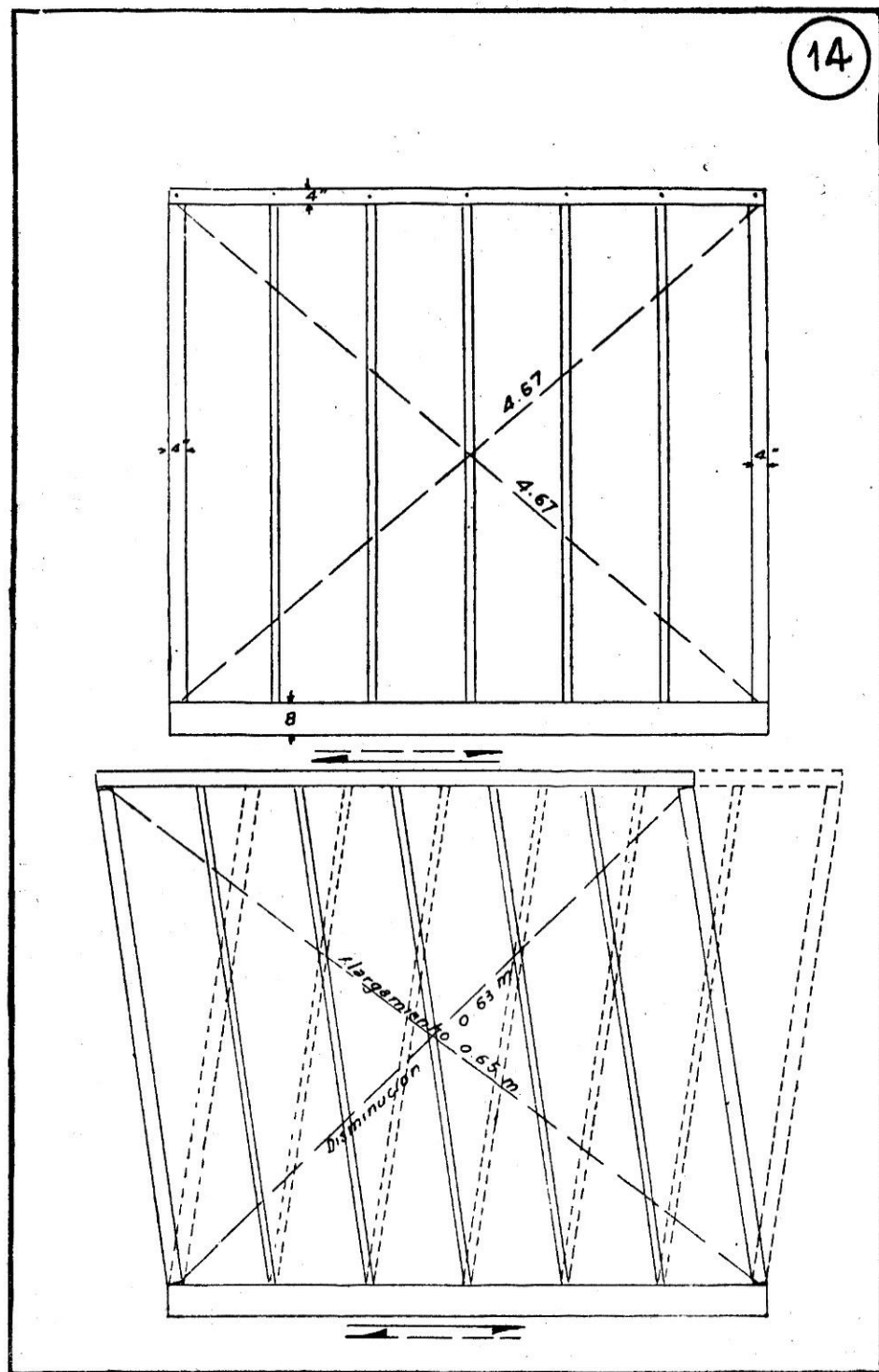


Figura 14.—Como se deforma el esqueleto flexible.