

EL FENÓMENO DE BUJEO

Arquitectos: Antonio Delgado
Alberto Balhontin

Las tierras de origen sedimentario, constituidas principalmente por mezclas íntimas de sílice y alúmina, acompañadas de óxidos de cal..., hierro, etc., etc., están generalmente caracterizadas por presentar una gran avidez para absorber y retener el agua, particularmente cuando sus estructuras moleculares tienen cierta porosidad que las hace semi-impermeables. En grado de saturación se reblandecen, hasta formar masas modelables, de viscosidad variable; la poca coherencia de sus partículas permite entonces deslizamientos según estratos, con escasa resistencia al corrimiento.

Un terreno así constituido se altera si varía la proporción del agua retenida, denominada freática.

Son particularmente sensibles a estas variaciones aquellos pertenecientes a latitudes geográficas sujetas a grandes cambios climáticos de humedad y temperatura, situados, además, en lugares altos de ligeras pendientes y en los que la aportación del agua es atribuible exclusivamente a la lluvia.

La pérdida de agua causada por evaporación en la época seca produce, con la disminución de la masa, una contracción general en progresión creciente, que alcanza su máximo antes de las primeras lluvias de otoño, la cual se acusa en forma de grietas de profundidad variable, según las circunstancias de cada caso.

Tales cambios modifican las propiedades mecánicas del terreno, produciéndose, en su comportamiento ante la acción de fuerzas exteriores, variaciones que son denominadas

vulgarmente con el extraño nombre de "bujeo".

LEY DE LAS VARIACIONES

Un terreno saturado de agua, en estado pastoso, modelable, de fluidez iniciada, se comporta prácticamente en sus reacciones ante las influencias del medio exterior, de ACUERDO CON LOS PRINCIPIOS FÍSICOS ESTABLECIDOS EN HIDROSTÁTICA.

La certidumbre de esta afirmación ha sido adquirida, experimentalmente, mediante la observación del comportamiento de construcciones situadas en zonas del valle del Guadalquivir, en las que estos fenómenos se presentan por su misma intensidad con caracteres excepcionalmente definidos.

Ha de admitirse esta proposición, cuya exactitud podrá ser incierta desde un punto de vista científico estricto, pero sí lo suficientemente aproximada para ser útil al arquitecto, orientándole hacia buenas soluciones prácticas para la realización de sus trabajos.

EXPLICACIÓN DE LOS EFECTOS

Puede estudiarse el conjunto del problema partiendo del caso más sencillo de un muro aislado cimentado sobre un terreno en estado mecánico de gran plasticidad.

En estas condiciones ha de establecerse:

a) El muro estará en equilibrio cuando experimente un empuje vertical igual a su peso, resultante de las presiones a que está sometido (figura 1).

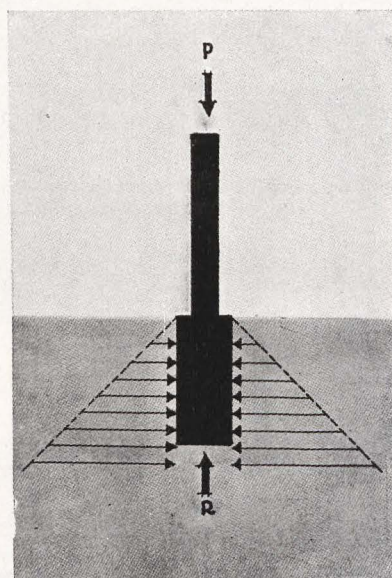


Fig. 1

Esta proposición será exacta si el barro tuviese las condiciones perfectas de fluidez del agua; en la práctica no es así y por esto el equilibrio se establece cuando el peso del muro está contrarrestado por el de la masa desalojada, siempre menor, incrementado en el correspondiente a las fuerzas de rozamiento.

b) Cuando dicha masa sustentante pierde agua por evaporación de manera uniforme se modifican las reacciones debidas a peso y rozamiento.

El muro desciende con el nivel freático hasta encontrar un nuevo estado de equilibrio (fig. 2).

Este se producirá cuando la masa desalojada (de mayor volumen y menor densidad que en el momento

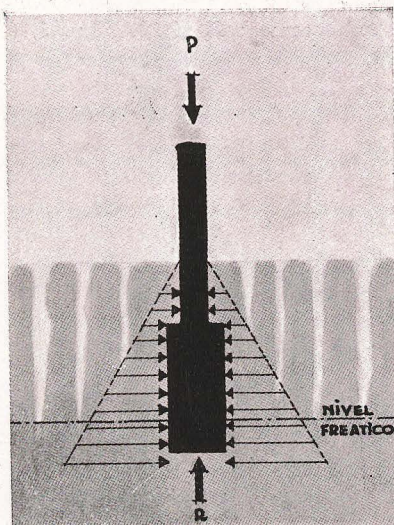


Fig. 2

anterior), produzca una reacción que, sumada a las fuerzas de adherencia (ahora mayores, por aumento de viscosidad y de superficies de contacto), sea igual a la acción del muro sobre el terreno. Quedará en estado de equilibrio permanente cuando estas reacciones sean superiores y dominen a las de su peso en las épocas de máxima sequía.

c) Si el muro en suspensión se comportase como un cuerpo flotante perfecto, tendería por elevación a ocupar la posición primitiva, cuando a la llegada de la nueva estación de lluvias ascendiese el nivel de la

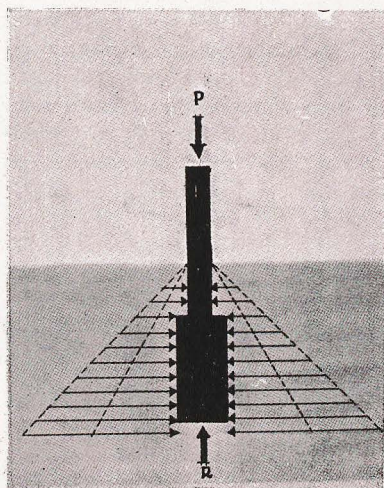


Fig. 3

capa freática. A este movimiento se oponen las fuerzas moleculares de rozamiento antes apuntadas, y por

ello, cuando en el descenso llega al máximo, en él permanece por tiempo indefinido (fig. 3).

Considerando el caso en que la evaporación del agua en suspensión sea desigual en la masa sustentante, se verifica:

a) Además del movimiento de descenso, y simultáneo con él, se inicia otro de giro alrededor del eje del plano de fondo del cimiento en el sentido de la zona más húmeda hacia la más seca. La situación de este eje la determina la manera de descender la capa freática, y la resistencia del muro a la flexión (fig. 4).

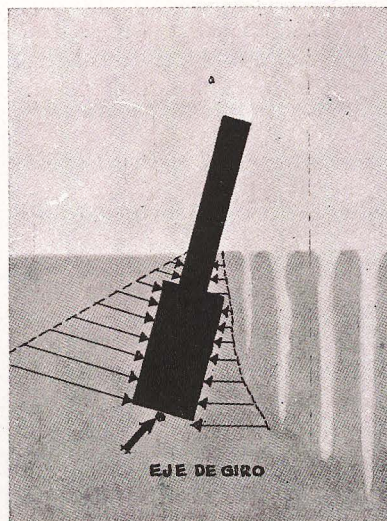


Fig. 4

Una edificación arruinada por el "bujeo".



b) La diferencia de presiones, causa del giro, vence la resistencia derivada de la inercia de la masa

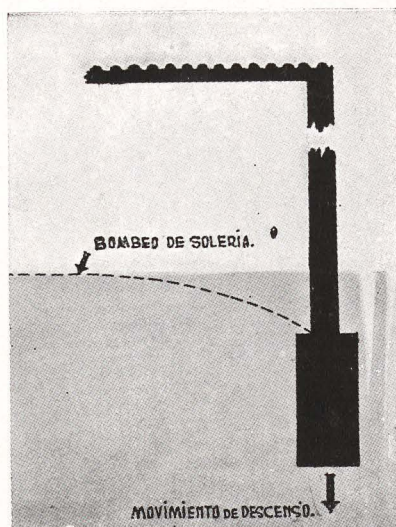


Fig. 5

del muro. Esta es muy pequeña, dada la lentitud del movimiento de una parte, y estado práctico de flotabilidad en que se encuentra de otra, y por ello son suficientes para iniciar el movimiento pequeñas fuerzas, particularmente cuando se trata de muros de poca altura y peso.

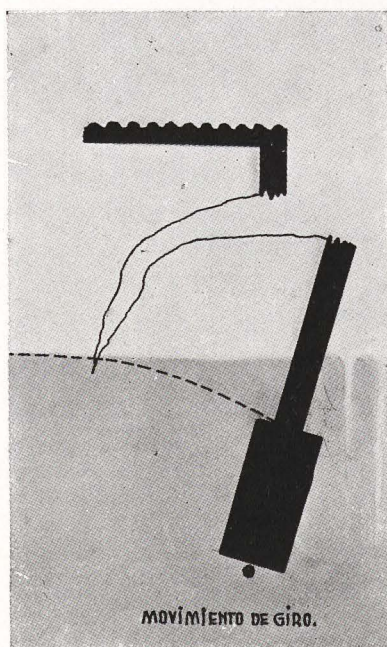


Fig. 6

Considerando ahora el muro en estudio, ligado a otros en una estructura más compleja cimentada en

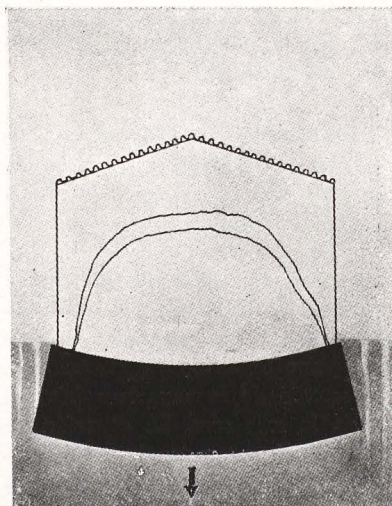


Fig. 7

las condiciones antes establecidas, puede exponerse:

a) Si el movimiento de descenso es desigual entre las partes, se producen tracciones para las cuales el muro no ofrece resistencia alguna. La zona de movimiento vertical descendente más vivo se separa de las restantes (fig. 5), y una vez suelta puede girar libremente como en el

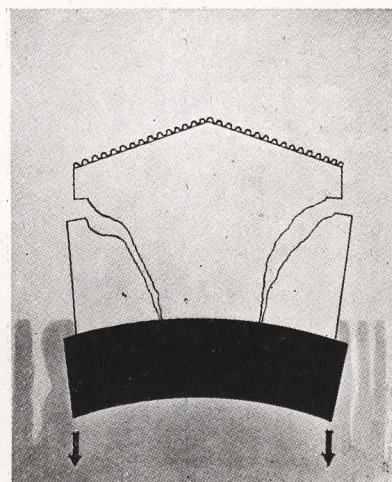


Fig. 8

caso anterior (fig. 6). Por esto las partiduras y bombeos se producen sin esfuerzos importantes, siendo errónea la impresión que ofrecen al espectador de ser originadas por grandes tensiones para las que serían precisas poderosas fuerzas en la realidad inexistentes.

b) Las partiduras se acusan como arcos irregulares, cuyos centros se encuentran en la zona de cimiento

de descenso más rápido (figs. 5, 6, 7, 8).

c) También se producen partiduras rectas verticales por flexión lateral del cimiento (fig. 9).

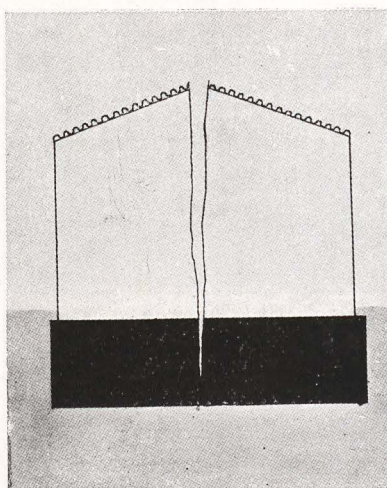


Fig. 9

Cuando el exterior del edificio descende uniformemente no siendo acompañado en su movimiento por las estructuras interiores, éstas dan la sensación incierta de haber sufrido desplazamiento hacia arriba, siendo causa del error de diagnóstico la interpretación incorrecta de los movimientos relativos producidos (figura 5).

Este fenómeno se acusa con mayor claridad en el bombeo de las solerías, producido por el descenso de ellas en las zonas inmediatas a los muros en movimiento. Pudiera admitirse que favorece este efecto la presión ejercida por el muro sobre el fondo del cimiento, la cual puede transmitirse a través de la masa fluida, con igual intensidad en todos sentidos (Principio de Pascal).

REMEDIOS

- 1.º Anulando los movimientos verticales.
- 2.º Suprimiendo los de giro.
- 3.º Evitando los de flexión lateral.
- 4.º Repartiendo las cargas de manera uniforme.
- 5.º Favoreciendo la conservación de un estado de humedad constante.

Para satisfacer la primera condición es necesario llevar el apoyo de la construcción a zonas en las que

la reacción del suelo sea constante o, al menos, permanentemente superior a la ejercida por el material sustentado.

Para la segunda, relacionando con tirantes los lugares afectados por cargas simétricas de sentido contrario e iguales intensidades o satisfaciendo la condición quinta.

Para la tercera, reduciendo las luces de las piezas sujetas a este esfuerzo.

Para la cuarta, calculando en cada lugar la sección correspondiente, y facilitando la transmisión y distribución de pesos, mediante correas armadas colocadas en el asiento de los muros.

Para la quinta, estableciendo la más amplia comunicación posible entre las zonas interiores y exteriores y favoreciendo el equilibrio hídrico que tiende continuamente a formarse por capilaridad con obras exteriores de pavimentaciones y jardinerías.

Teniéndose en cuenta que este estudio se limita particularmente al caso concreto de vivienda rural pequeña y económica, a construir en terreno virgen de "bujeo", las posibles soluciones de cimentación a elegir son limitadas, pues han de satisfacer en primer término la con-

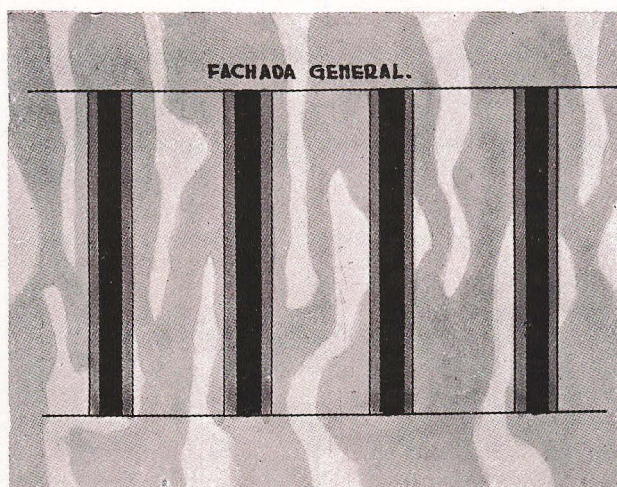


Fig. 10

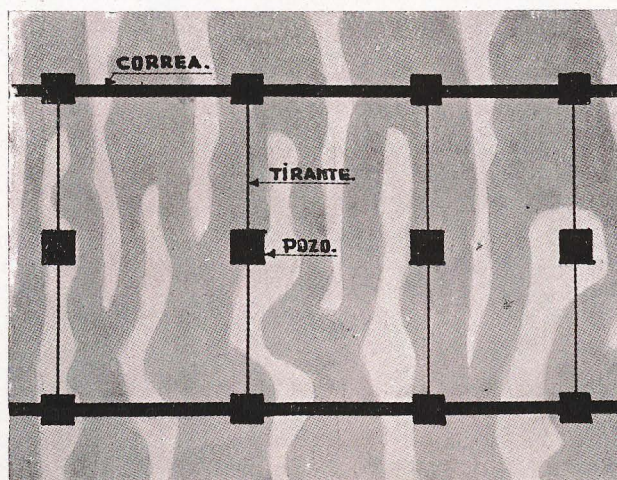
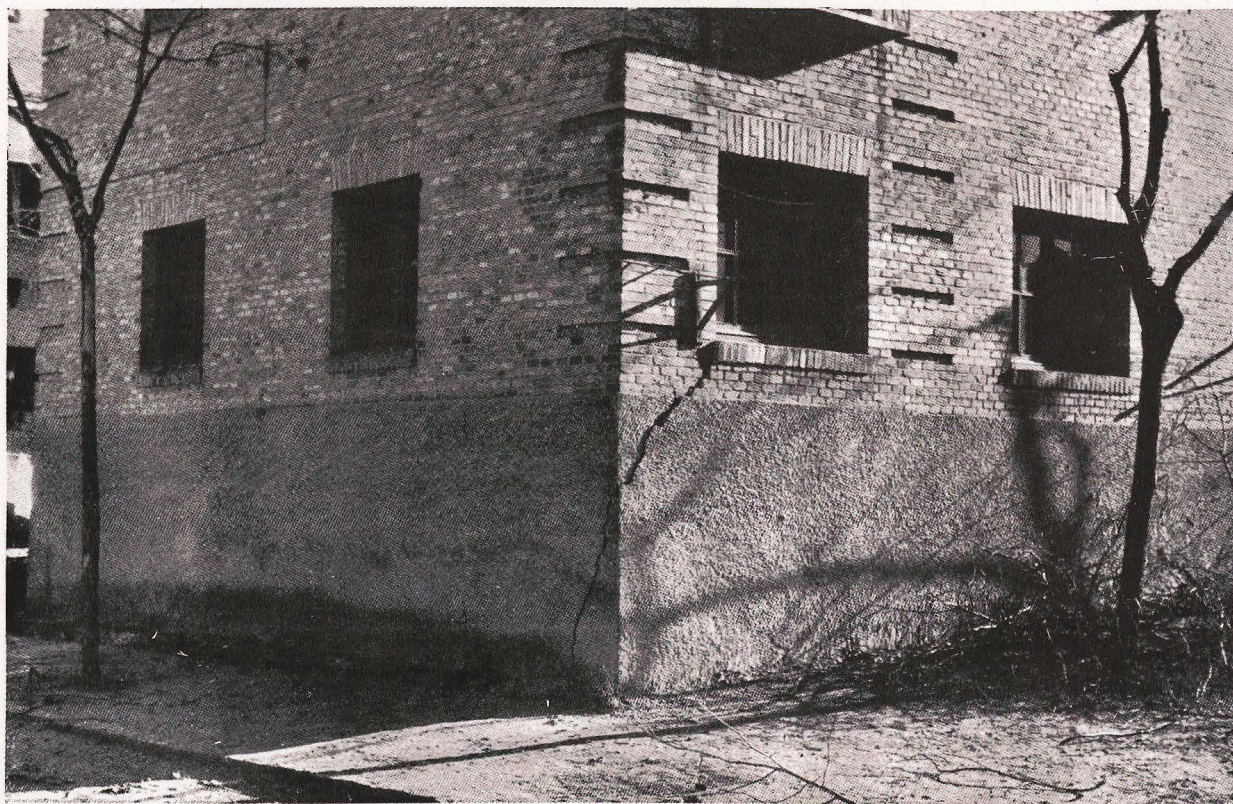


Fig. 11



dición de que su valor ha de estar armónicamente relacionado con el del conjunto de la construcción, y en segundo lugar, que sean sencillas de realizar con los medios industriales disponibles en la región.

Elegimos dos: que exponemos como ejemplo en el caso de edificación de un número importante de viviendas alineadas en serie.

a) Cuando es posible encontrar una buena distribución al programa de las viviendas con crujiás transversales, puede emplearse la zanja corrida. Siendo entonces la función de los muros exteriores de simple cerramiento, pueden hacerse con dobles tabiques apoyados en arcos del mismo material que el empleado en el relleno del cimiento (fig. 10).

b) En el caso corriente de crujiás desarrolladas en el sentido de mayor longitud de la construcción (figura 11), pueden conseguirse económicas cimentaciones a base de pozos, correas y tirantes, con las que siempre pueden resolverse todos los casos particulares que ofrezcan soluciones distintas de agrupación de viviendas, con la ventaja, además, sobre el anterior de que, a igualdad de superficie de fondo de cimiento, es mayor la de contacto lateral, y, por tanto, mayor la resistencia al rozamiento, circunstancia muy digna de ser tenida en cuenta en casos de capas freáticas profundas. No debe olvidarse, además, que el peso propio del cimiento puede llegar a

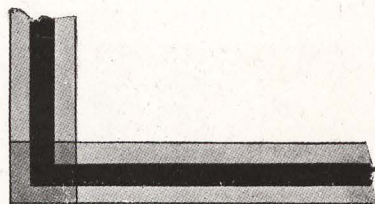


Fig. 12



Fig. 13

ser prohibitivo en el caso de zanja corrida excesivamente profunda.

En las condiciones antedichas, como los empujes laterales en ambos casos son realmente pequeños o están compensados, bastan para el atirantado secciones reducidas de hierro, que pueden ser situadas en el firme de las solerías (lugar más alejado del eje del posible giro, situado como se indicó en el fondo del cimiento).

La colocación de los tirantes a cortas distancias facilita el trabajo de las correas, las cuales, calculadas por razones de economía para cumplir una función de asiento de muros solamente, no tienen generalmente capacidad para resistir esfuerzos de flexión lateral.

Debe recordarse también que en lugares de encuentros de muros, las influencias de ambos sobre el firme se suman, traduciéndose este efecto en un aumento de presión que puede apreciarse fácilmente en las partiduras de esquina, originadas por un mayor descenso del muro en dicho punto (fig. 12).



Estas edificaciones, de reciente construcción, están sometidas a tremendos esfuerzos por contracción de las arcillas del suelo.

Por último, pueden evitarse con éxito y de manera económica las deformaciones de los firmes de solerías construyendo éstos sobre una cama de tierra poco apisonada con perfil bombeado que permita, cuando el hormigón fragüe, que éste trabaje como bóveda y como material comprimido sin posibilidad de fisuras (fig. 13).

CONCLUSIÓN

El conocimiento previo de la naturaleza del suelo es siempre posible de adquirir mediante la observación del estado de construcciones realizadas con anterioridad, y en el caso de terrenos vírgenes de edificación, con sencillos análisis al alcance siempre del profesional normalmente preparado. Sólo así pueden establecerse las características más convenientes de las estructuras sustentantes, de acuerdo con el trabajo mecánico a que, por la acción del medio circundante, han de ser sometidas.

Esta necesaria investigación, a veces no se realiza por falta material de tiempo; también por un exceso de confianza en aquellos que, por suerte, no tocaron problemas de esta naturaleza, y por esto, insensiblemente, tendieron a una actuación rutinaria exenta de contratiempos.

El problema de las tierras de "bujeo" es, en cierto modo, inédito, por presentarse a la atención del técnico, con carácter inquietante, solamente en la construcción de nueva planta de valiosos pueblos, hecho normal en la actualidad, pero de los que apenas hay otros antecedentes en tiempos relativamente cercanos que aquellos pertenecientes a la creación de pueblos en Sierra Morena por Carlos III (La Luisiana, La Carolina, etcétera), habiendo de remontarse el recuerdo a los gloriosos tiempos de la Colonización Americana, para encontrar datos de los que deducir ahora conclusiones prácticas. Por esto, a nuestro juicio, a la Escuela Superior de Arquitectura, con los medios de investigación con que cuenta, en material y profesorado, es a quien compete prestar atención a este importante aspecto de la profesión, ilustrando con las conclusiones que adquiera en este orden a las nuevas generaciones de arquitectos, para que en el futuro no se produzcan fracasos, para los que no podrían encontrarse entonces disculpas aceptables.