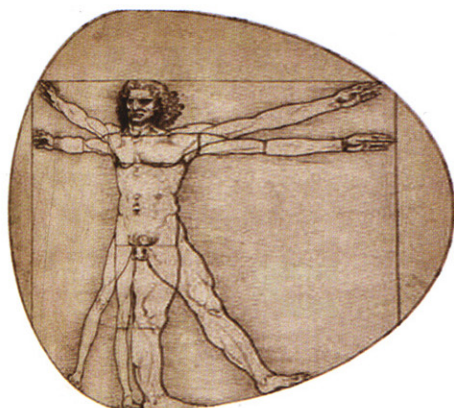




10.01 **SUPERSTICIONES ESTRUCTURALES (I)*** **josé luis de miguél**

El término superstición, que proviene del latín super-stare, se refiere a una regla o convención que en su tiempo puede que obedeciera a una razón que ya se ha olvidado y que como tal regla perdura o sobrevive más allá de su fundamento, sin que en el tiempo presente se comprenda bien, ni se sepa para qué sirve, o cómo se usa correctamente. Al haber cambiado el contexto en que surgió esa regla, es posible que muchas de sus cualidades benéficas no se manifiesten y que incluso tenga ya más inconvenientes que ventajas. Hay supersticiones de los dos tipos: reglas que sobreviven sin sentido en un mundo cambiado, y reglas que se han olvidado por creer que el contexto había variado y que no obstante siguen teniendo plena vigencia. Podría decirse que, en construcción, una mitad de las reglas que se aplican son supersticiones, solo que no sabemos qué mitad es. Cada generación debe esforzarse por localizar algunas y arrumbarlas, sin mucho éxito, porque aparecen incansablemente otras nuevas. Lo que sigue presenta algunas de las, a juicio del autor, supersticiones actuales, con una explicación de cómo racionalizarlas para volverlas a usar en el contexto adecuado, o abandonarlas definitivamente por obsoletas. Una primera versión de algunas de estas supersticiones circuló hacia 1994. La mayoría subsisten como tales. El orden es convencional, el alfabético; otra superstición, pero inofensiva, como la situación de las letras en el teclado del ordenador que el que se ha escrito este texto.



02 **A**bsorber. Antes de existir un modelo cabal del comportamiento estructural, éste se explicaba a menudo con imágenes antropomórficas. Si a ambos lados de un soporte suficientemente rígido hay vigas con diferente luz o carga, el equilibrio de momentos involucra al soporte, que acaba con un momento igual a la diferencia entre los de las vigas a ambos lados del mismo. Expresarlo diciendo que los pilares pueden absorber los momentos desequilibrados de las vigas es una superstición. No absorben nada; no hay nada que desaparezca o se absorba; el soporte se hace cargo de los momentos o equilibra a las vigas; denominar a cosas como esa absorción es una superstición que dificulta la comprensión del fenómeno resistente.

03 **anclajes de espera.** El hormigón parte de que los nudos son espontáneamente rígidos, para lo que parece que las armaduras de las piezas en prolongación deben ser pasantes a través del nudo. Entre vigas perfecto. Entre zapata y soporte, o entre soportes, debe procederse a disponer armaduras en espera. En edificios, los momentos procedentes de vigas o de una acción desestabilizante, tal como la de viento, se traducen por lo general en una leve excentricidad en la posición de la compresión. Durante la construcción con muros de carga, cuando uno de ellos se encuentra exento y desamparado, sin carga, su estabilidad es precaria, y debe apuntalarse provisionalmente. Con soportes de hormigón, enseguida se constató que, con esperas, los soportes sueltos eran suficientemente estables por sí mismos, sin necesidad de apuntalado. Salvo por esa función, que le interesa más al constructor que al propietario de la obra definitiva, las esperas no sirven de casi nada. Aunque con sismo es más probable que haya armaduras de soporte traccionadas, la congestión de armaduras en la zona de espera no es nada beneficiosa. La sencillez constructiva ha hecho que las esperas entre plantas se consigan por prolongación del armado del tramo inferior, y que en el arranque de zapata sean en número igual a las del soporte superior, pero es una superstición: probablemente valdría cualquier otra disposición y sin necesidad de una longitud específica, y menos la de anclaje en tracción. Decidir, con carácter general, que todo soporte debe siempre arrancar de esperas iguales en número y diámetro a su armado, y totalmente ancladas, es una superstición.

STRUCTURAL SUPERSTITIONS (1)

The term superstition, which comes from the Latin *super-stare*, refers to a rule or convention that might have had, in its time, a rational basis that now has been forgotten, and that such rule endures or survives far removed from its origins without being properly understood in the present, neither knowing what it is for nor how it should be used correctly. The context, in which this rule originated having been changed, it is possible that many of its beneficial qualities do not reveal themselves, or even have more disadvantages than advantages now. There are two types of superstitions: rules that survive without sense in a changed world, and rules that have been forgotten because the context changed, yet still have full validity. You could say that, in construction, half of the rules that are applied are superstitions, it's just that we don't know which half. Each generation ought to make the effort to find some and discard them, without much success, because others appear incessantly. What follows presents some of the current superstitions, in the author's judgement, with an explanation of how to rationalise them in order to use them in the right context, or to abandon them completely as obsolete. A first version of some of these was in circulation until 1994. The majority exist as they are. The order is conventional. The alphabet, another superstition, but

inoffensive, like the position of the letters in the keyboard of the computer which this text has been written with.

To absorb. Before the existence of an exact model of structural behaviour, this was often explained with anthropomorphic images. If on both sides of a sufficiently rigid support there are beams with different spans or loads, the balance of the forces involves the support, which ends up with a force equal to the difference between those of the beams on both of its sides. To express this by saying that the pillars can absorb the unequal forces of the beams is a superstition. They don't absorb anything: there is nothing which disappears or is absorbed; the support deals with the forces or balances the beams; to denominate things like this as absorption is a superstition which makes the understanding of resistance phenomenon difficult.

Waiting anchors. Concrete is based on the knots being spontaneously rigid, for which it seems that the reinforcing bars of the pieces in prolongation must go through the knots; between beams is perfect, between footing and support, or between supports, waiting reinforcement bars must be placed. In buildings, the forces that come from the beams, or from a destabilising action, such as that of the wind, generally result in a slight de-centring of the position of compression. During the construction

of load-bearing walls, when one of them is free-standing and exposed, without load, its stability is precarious, and it should be provisionally braced. With concrete supports, it was quickly realised that, by waiting, free supports were sufficiently stable in themselves, without needing underpinning. Apart from this function, which is more of interest to the constructor than the owner of the actual work, waiting has almost no use. Although there are more likely to be tensioned reinforcement bars for supports with seismic activity, the congestion of reinforcement bars in the zone waiting to dry is not at all beneficial. As a result of constructive simplicity waiting between floors is achieved by the prolongation of the reinforcing bars of the lower section, and also the start of the footings are equal in number to those of the supports above, but it's a superstition: probably any other layout would be as valid without the necessity of having a specific length, even less for the tension anchor. To sum up, as a general rule, that each support should always start with an equal number and equal diameter to its reinforcement bars, and totally anchored, is a superstition.

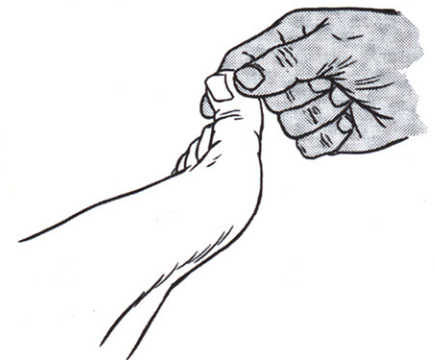
Straight anchorage in footings. Owing to the fact that waiting between supports is necessarily established in vertical lengths, and that the securing of the reinforcements bars of a support does not necessarily mean

04 **anclaje recto en zapatas.** Puesto que las esperas entre soportes se establecen necesariamente en prolongación vertical, y la obtención de las armaduras de un soporte no pasa necesariamente por saber si están comprimidas o traccionadas, se suele operar del lado de la seguridad como lo peor. Pero, supersticiosamente, al llegar a la zapata, se considera que deben anclarse también en vertical. En rigor, si estuvieran traccionadas provendrían de una gran excentricidad del soporte, lo que significa, por equilibrio, que deberían doblarse de nuevo, en horizontal, hasta el plomo de la compresión excéntrica, y si es necesario, anclarse después, en prolongación recta, pero horizontal. Temer que si el canto de la zapata es menor que la longitud de anclaje de las armaduras de espera, debe aumentarse, es una superstición: si falta algo puede ser ancho de la zapata, nunca canto.

05 **ángulos de cara.** El acero se popularizó como material estructural en cuanto se pudieron laminar ángulos, lo que permitió confeccionar secciones complejas, por ejemplo, vigas en forma de doble T. Debido a que sólo existía la posibilidad de unión con roblones, los ángulos se presentaban de cara, para albergar cómodamente los que se necesitaban; era la única solución, a pesar de la excentricidad que generaba en la transmisión de solicitaciones. Con la aparición de la soldadura pasó a ser preferible disponerlos al bias, lo que permitía un enlace al menos simétrico, y la posterior aparición de tubos permitió ya la unión, incluso centrada, de piezas de pequeña sección con rigidez aceptable. En la actualidad, usar ángulos como cordones o triangulaciones de celosía, y sobre todo disponerlos de cara, subsiste como una perfecta superstición.

06 **arriostramiento.** El edificio debe tener una estructura suficientemente resistente y rígida. Al principio ambas cualidades eran intuitivas y sometidas a reglas de buena práctica. Aun tras la aparición del acero, sólo se comprobaba explícitamente la resistencia, ya que la rigidez estaba confiada a muros dimensionados con reglas ancestrales. Al desaparecer los muros como tal, debieron definirse con exactitud las acciones horizontales desestabilizantes, y aun hoy se puede encontrar formulada, equívocamente, la necesidad de arriostramiento como la de resistencia a acciones horizontales. La demanda de rigidez lateral o de suficiente enlace entre las partes no está todavía bien formulada, ni cuantificada. Los elementos que se ocupan de ello, -tales que si no existieran serían necesarios y si existen no se sabe cuánto están solicitados- se denominan arriostramientos, y se deciden y dimensionan todavía con reglas de buena práctica, pero es un tema esquivo. Arriostrar es unir un punto que puede moverse a uno que ya está fijo, pero la inmovilidad completa exige varios arriostramientos por punto. Cuando se piense en poner algo para arriostrar es preciso preguntarse antes si faltaba arriostramiento, cuánto y en qué dirección. Las más de las veces, se habla del arriostramiento en forma supersticiosa.

07 **articulaciones.** Técnicamente una estructura se desmorona cuando se han formado demasiadas articulaciones. Ponerlas explícitas es pues tentar la suerte. En algunos casos, como puentes de gran luz, el estado actual del análisis y la determinación de acciones no son demasiado fiables salvo en el caso del pie forzado que supone la existencia de una articulación, por lo que, muy a su pesar, y sabiendo que es algo inconveniente en sí mismo, el proyectista se ve obligado a disponerlas: sin ellas no sabe calcular la estructura. En el análisis de toda estructura, si se puede apostar de antemano en dónde es nulo el momento, se puede descomponer el conjunto en trozos de mucha menor complejidad y más fácilmente calculables. Pero tales



knowing whether they are compressed or tensioned, it is normal to work on the side of safety in the worse instance. But, superstitiously, in reaching the footing, it is considered necessary to anchor vertically as well. Strictly speaking, if they were tensioned they would bring about a large de-centring of the support, which means, in order to balance, they ought to be bent again, in horizontal, until the exact vertical of the de-centred compression, and then, if necessary, anchor them later in a straight, but horizontal length. The fear that you have to extend it if the edge of the footing is less than the length of the waiting reinforcement bars is a superstition: if anything is necessary it might be the width of the footing, not of the edge.

Angular profile. Steel became popular as structural material in as much as angles could be laminated, making it possible to construct complex sections, for example, double T beams. Owing to the fact that there used only to be the possibility of joining with rivets, the angles were facing, in order to house comfortably what they needed; this was the only solution, despite the de-centring which is generated in the transmission of loads. With the appearance of welding it became preferable to put them on the bias, which at least allowed a symmetrical joint, and the later appearance of tubing then allowed the union, as well as being centred, of pieces of

small section with acceptable rigidity. Nowadays, to use angles as booms or triangles of lattice, and above all, arranging them frontally, continues as a perfect superstition.

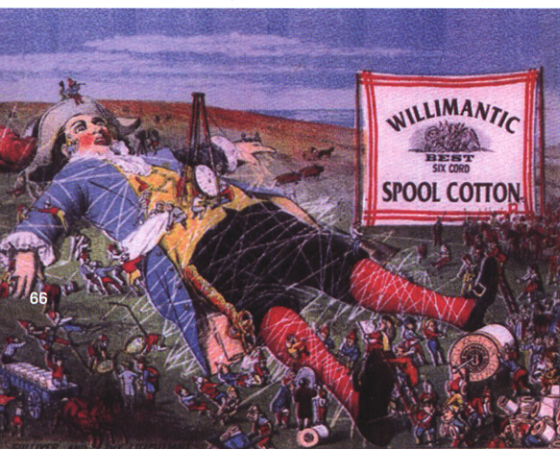
Bridging. The building ought to have a sufficiently resistant and rigid structure. To begin with both qualities were intuitive and subject to the rules of good practice. Even after the appearance of steel, only the resistance was explicitly checked, the rigidity was trusted to walls built to the dimensions of ancestral rules. With the disappearance of such walls, horizontal destabilising movements should have been minutely defined, and even now you can find formulated, wrongly, the need for bridging as the resistance to horizontal forces. The demand for lateral rigidity or for sufficient joining between the parts is not yet well formulated, nor quantified. The elements which relate to it -as much those which if they did not exist would be necessary as those which exist but it is not known how much are required- are called bridging, and they are still measured and decided with the rules of good practice, but it is an elusive matter. Bridging is to unite a point that can move to one which is already fixed, but complete immobility requires several bridging per point. When you are thinking of putting something for bridging it is necessary to ask yourself firstly whether is needed, how much, and in which direction. On the majority of

occasions, bridging is mentioned in a superstitious way.

Joints. Technically a structure collapses when there are too many joints. Putting them in on purpose is then tempting fate. In some cases, as with bridges of wide spans, the actual state of the analysis and the determining of the forces are not very trustworthy except in the case of a forced foot which presupposes the existence of an articulation, in which case, much to his regret, and knowing that it is somewhat inconvenient to him, the designer is obliged to put them in: without them he does not know how to calculate the structure. In the analysis of the whole structure, if you could work out in advance where the force is nil, you could break up the whole into much less complicated bits that are much more easily calculated. But such articulations are only hypothetical entities, and given that they are in different points for each combination of load considered, they should not be translated into real articulations. Building articulations as a formal resource, supposing that the structure gains efficacy because you are dealing with a highly technical element, is a superstition.

Tied. The entire work in the construction of walls used to be detachable, and not much effort was needed to give it entirety and solidity. Because the pavement of the ground floor was laid directly onto the levelled ground, the possibility of the foundations or footing separating did not

articulaciones son sólo entes de razón, y dado que están en puntos diferentes para cada combinación de carga considerada, no deben traducirse en articulaciones reales. Construir articulaciones como recurso formal, suponiendo que, al tratarse de un elemento altamente técnico, la estructura gana en eficacia, es una superstición.



08 **atado.** En la construcción de muros, el conjunto de la obra era desarmable, y había que dedicar no pocos esfuerzos a darle monolitismo o entereza. Puesto que el solado de planta baja se disponía directamente sobre el suelo apisonado, la posibilidad de separación de los cimientos o fundaciones no provocaba respuesta mecánica, y podía arruinar la construcción. Aun en ausencia de muros transversales, se disponían zanjas en marcos cerrados, atando los cimientos. Con la solución de hormigón, los forjados son monolíticos, por lo que sólo cabe el intento de desarmado a nivel del suelo si los soportes lo permiten por flexión, algo improbable si al menos hay dos forjados de planta, y casi imposible si hay solera que los enlaza en sus arranques. Que la construcción deba formar un conjunto bien atado no obliga a que se aten los cimientos y menos entre sí. En las demás unidades, como carpintería o fontanería, no se atan entre sí los elementos del mismo tipo; el monolitismo se confía al recibido en otros elementos, como la albañilería. Los cimientos pueden perfectamente quedar bien enlazados a través de soportes y forjados, y si existe, aún de manera más efectiva, por el forjado o solera de planta baja, dispuesto en sus proximidades. Suponer que los cimientos deben atarse entre sí, sin otra opción, es actuar de manera supersticiosa.

09 **Banqueos.** Cuando no hay más remedio que cimentar a diferentes profundidades, si las zanjas se aparejan con hiladas de fábrica, es lógico disponer banqueos, entre los que la cimentación se ejecuta con hiladas horizontales. Si la cimentación se realiza con hormigón vertido, nada impide que cada zapata se sitúe en un nivel diferente, y que las zanjas o zarpas de muros de sótano se dispongan con un plano inferior inclinado, lo que simplifica mucho la construcción. En edificios, sospechar que un plano inclinado de asiento propende al deslizamiento, es una superstición.

10 **Cambio de sección de soporte.** En estructuras de muros, la lógica constructiva, y la economía para procurar la estabilidad, apunta a ir reduciendo el ancho de los mismos según se pasa de un tramo al superior; la transmisión de compresiones de uno al otro no exige comprobaciones adicionales si el ángulo de derrame es, por ejemplo, menor de 45°. Pero esta propiedad no procede de una orientación peculiar del problema: vale igualmente cabeza abajo, aunque en muros de fábrica no sería factible, sobre todo en puntos entre forjados. Al paso de un forjado de piso no hay mayor inconveniente en que el elemento superior, muro o soporte, sobresalga en planta de la de la traza del inferior. En general si el cambio de tabica en una cara del soporte es menor de la mitad del canto del forjado interpuesto no hay demanda adicional de resistencia respecto de la que pide un análisis que ignore este hecho, pero tanto si es hacia dentro como hacia fuera. En muchos casos hasta un cambio del orden del canto no tiene trascendencia. Creer que la superficie de apoyo de un soporte debe caber en la planta del elemento inferior, pero que al revés no importa, es una superstición sin fundamento.

11 **canto de vigas de hormigón.** Cuando se calcula la armadura necesaria para una sección y momento dados, lógicamente se busca la mínima, es decir, la estricta. El problema de calcular

have a mechanical response, and could destroy the building. Still in the absence of transverse walls, they put trenches in enclosed frames, tying in the foundations. With concrete, the noggings are solid, so it is only possible to detach it at ground level if the supports allowed this by flexion, unlikely if there are at least two noggings per floor, and almost impossible if there is a soleplate which joins them where they start. The fact that the building should form a well tied-in whole does not require the tying in of foundations, even less between itself. In other units, such as in carpentry or plumbing, you do not tie in between elements of the same type; the solidity trusts itself to the receiving of other elements, such as the brickwork. The foundations can be perfectly united through the use of supports and noggings, and if it exists, in a still more effective manner, through the nogging or plinth of the floor below, owing to its closeness. To presuppose that the foundations ought to be tied in themselves, without further options, is to act in a superstitious manner. Terracing. When there is no choice but to lay foundations at different depths, if the trenches join with masonry courses, it is logical to use terracing, between which the laying of foundations is carried out with horizontal courses. If the foundation is done with poured concrete, there's nothing to stop each footing being situated at a different level, and that

the trenches or setoffs of basement walls are laid with the lower inclined plane, which rather simplifies the construction. To suspect that an inclined plane in the seating of a building leads to subsidence is a superstition.

Change of a supporting section. In structures of supporting walls, the logic of construction, and the easiness to produce stability, aims at reducing their width as they pass from one section to the one above; the transmission of compression from one to the other does not require further checks if the angle of spread is, for example, less than 45°. But this property does not derive from a particular way of looking at the problem: it is equally valid facing downwards, although it would not be feasible in prefabricated walls, especially in points between noggings. In a nogging of ground there is no major problem if the upper element, wall or support, overlaps at its base the framework of the lower. In general if the change of riser on one side of the support is less than half of the edge of the interposing nogging there is no additional demand on the resistance regarding that of an analysis which ignores this fact, whether outwards or inwards. In many instances even a change in order of the edge is unimportant. The belief that the area of a supporting section ought fit within that of the lower floor, but that the opposite does not matter, is a superstition without basis.

tion without basis.

Edge of concrete beams. When the necessary reinforcement bars of a section and force are calculated, logically the minimum is wanted, that is to say only what is strictly necessary. The problem of calculating the minimum section of concrete for a precise force apparently has no solution, because with each solution it would be possible to have a strict reinforcement. When two materials intervene, seeking the strict must measure both in a common unity, for example: the cost. However, there is a particular edge, the minimum for not needing compression reinforcement. Because in technical books this is the only term for which on the left side is the symbol for edge, and on the right side are force and characteristics of materials, often it is understood without any basis, in a superstitious way, as the formulae to obtain the edge. But not even that edge, which does not need compression reinforcement, is the edge from which the compression reinforcement bars must be laid. Although it is not necessary, for smaller edges, putting compression reinforcement results in less total reinforcement. This is another superstition.

Edge of the support in the direction of the gantry. The substitution of interior walls by gantries done with buttresses with the edge in the direction of the gantry. When the total structure was like an arcade, with sup-

la sección mínima de hormigón para un momento dado, aparentemente no tiene solución, ya que con cada solución cabría disponer una armadura estricta. Interviniendo dos materiales, la búsqueda de lo estricto debe medir ambos en una unidad común, por ejemplo el coste. Hay, no obstante, un canto peculiar, el mínimo para no necesitar armadura de compresión. Debido a que en los libros técnicos es la única expresión en que a la izquierda está el símbolo del canto, y a la derecha momento y características de materiales, en muchas ocasiones se toma, sin fundamento alguno, de forma supersticiosa, como la fórmula para obtener el canto. Pero ni siquiera ese canto para no necesitar armadura de compresión tampoco es el canto a partir del que se debe disponer armadura de compresión. Aunque no sea necesaria, para cantos menores, poner armadura de compresión conduce a menos armadura total. Se trata de otra superstición al respecto.

12 **canto del soporte en la dirección del pórtico.** La sustitución de los muros interiores por pórticos fue inicialmente hecha con machones, con canto en la dirección del pórtico. Cuando la estructura total era porticada, con soportes y vigas de hormigón o acero, y el modelo plano, para facilitar la descripción, la construcción, y el análisis, frecuentemente se daba un ancho común a varias piezas, distinguiéndolas exclusivamente por el canto, que era necesariamente en la dirección del pórtico. En puentes o en edificios con vigas de canto, las solicitaciones de vigas y el desplome de la estructura resultan ser mucho menores si el canto de los soportes se dispone en la dirección del pórtico. En edificios con forjado plano, lo que se gana en una dirección se pierde en la otra, por lo que es indiferente cómo se disponga cada soporte. En estas soluciones incluso la propia existencia de pórticos pierde sentido; los hay en las dos direcciones, más o menos virtuales -unos con soportes y vigas y otros con soportes y viguetas-. En las estructuras actuales, empeñarse en poner el canto de soportes en la dirección del pórtico es una superstición.

13 **cargaderos.** En la construcción de muros era indispensable la solución de cargaderos para los huecos de paso, que en muchas ocasiones se disponían muy por debajo del nivel de forjado, y, por tanto, con una solución independiente de la de este elemento. En tiempos recientes, sobre todo en las obras de reforma de construcciones de muros, no ha sido infrecuente tener que abrir o ampliar un hueco, debiendo disponer un cargadero. Desde siempre se sabía que, en medio de una superficie continua, como es un muro, independientemente de la altura que hubiera encima, un cargadero debía dimensionarse sólo para la carga que existía dentro del arco de descarga, que, de manera aproximada, es una parábola con una altura poco más de la mitad de la luz del dintel. En la actualidad, con estructuras porticadas de acero u hormigón, se siguen disponiendo paredes con las que hay que calcular los efectos de su existencia, y no es raro encontrarse cálculos que consideran la totalidad de la carga que hay encima, sobre la base de argumentos del tipo de que "las cargas son verticales". Los pesos sí lo son, pero sobre los elementos estructurales no actúan las cargas, sino las reacciones de otros elementos, como las paredes. Las cargas no actúan sobre las estructuras sino sobre los edificios, y sólo un análisis de cómo llegan a cada elemento puede conducirnos a su valor. Concluir que el peso completo de una pared o muro es carga para el dintel o viga que se dispone bajo ella, sin considerar arcos de descarga, es una superstición, aunque sea de sentido inverso al habitual.

14 **cerchas triangulares.** En madera lo complicado son las uniones, por lo que, en las cerchas prima la sencillez de la forma, dando lugar a formas rematadas en punta. En acero debe prestarse más



ports and concrete or steel beams, and the model plane, to make description, construction and analysis easier, often several pieces were given the same width, distinguishing them only by the edge, which was necessarily in the direction of the gantry. In bridges or in buildings with edge beams, the loads of beams and the buttresses of the reinforcement are much less if the edges of the supports are laid in the direction of the gantry. In buildings with plane nogging what is gained in one direction is lost in the other, so it is irrelevant how each support is placed. In these cases even the existence of gantries loses its sense, there are some in both directions, more or less virtual -some with supports and beams and others with supports and joists-. In modern/current structures insisting on putting the edge of the supports in the direction of the gantry is a superstition.

Breastsummers. The use of breastsummers for passage openings used to be indispensable in the building of walls, on many occasions laid a long way below the level of the nogging, and, therefore, with a usage independent of that of that element. In recent times, mainly in improvement works in the construction of walls, it has not been infrequent to have to open up or extend an opening, having to put a breastsummer. It has always been known that in the middle of a continuous surface, like a

wall, independent of the height that there would be above, a breastsummer ought to be measured for the load that exists inside the discharging arch, which, approximately, is a parabola with a height a little more than half of that of the span of the lintel. Nowadays, with arcade structures of steel or concrete, walls are still being made where the effect of its existence has to be calculated, and it is not unusual to find calculations which take into account the totality of the load which is above, using as a basis the types of arguments that 'the load is vertical'. The weight is, but it is not the load that acts on the structural elements, but the forces of other elements, such as the walls. The load does not act on structures, but on buildings, and only an analysis of how it reaches each element can lead us to its value. To conclude that the complete weight of a wall is the load on the lintel or beam that is placed under it, without taking into consideration the discharging arch, is a superstition, although in the inverse sense from the normal.

Triangular trusses. With wood the difficulty is in the joints, so in trusses the simplicity of form is essential, resulting in forms finished in a point. With steel you have to pay more attention to measurement and loads; the triangular shape of the trusses provokes a huge concentration, not very efficient, of loads near the extreme, resulting in a great disparity of its

value along the booms, which decreases the profitability of a constant section, the optimum are from the building point of view. Using steel to design triangular trusses is a superstition.

Foundations. The building of old walls, where the material and organisation were the cheapest possible, required the practice of reaching the ground floor with compression tensions of the same order of magnitude as those admissible on the ground, this experience suggested that it would be possible to construct directly from the ground itself, as long as it was of average quality, with the sole precaution of choosing a clean and horizontal level. Given the natural lack of precision in this phase of the work, opening a trench of a larger width than that of the wall above grade, and sufficiently deep to guarantee sufficient lateral counterweight, which was called the foundation. In the structures of steel or concrete supports, it is not infrequent that these concentrate a load per unit of surface apparently many dozen times greater than that admitted by the ground, which requires a projection of a much greater order, called a footing. Assuming that an old building is in a bad state because it does not have formal footings or foundations is a superstition.

Factor of Safety. With the appearance of highly resistant modern materials, above all, resistant to movement, the safety of structures -to be able

atención al dimensionado y las solicitaciones; la forma triangular para cerchas provoca una enorme concentración, poco eficaz, de solicitaciones en torno al extremo, dando lugar a una gran disparidad de su valor a lo largo de los cordones, lo que quita rentabilidad a sección constante, que es la óptima desde el punto de vista constructivo. En acero, proyectar cerchas triangulares es una superstición.

15 **cimentación.** Las construcciones antiguas, a base de muros, del material u organización más barata posible, obligaban en la práctica a llegar a planta baja con tensiones de compresión de un orden de magnitud comparable a las admisibles del terreno, por lo que la experiencia indicaba que se podían arrancar directamente del mismísimo suelo, en cuanto éste era de mediana calidad, con la sola precaución de elegir un nivel sano y horizontal, a lo sumo, dada la natural falta de precisión en esa fase de obra, partiendo de un ancho de zanja algo mayor que el ancho del muro sobre rasante, y suficientemente profunda para garantizar suficientemente contrapeo lateral, lo que se denominaba fundación. En las estructuras de soportes de acero u hormigón, no es infrecuente que éstos concentren carga por unidad de superficie aparente del orden de varias decenas mayor que las admisibles del suelo, lo que obliga a un saliente de orden muy superior, denominado zapata. Suponer que un edificio antiguo se encuentra en mal estado por no disponer de cimentación o zapatas formales es una superstición.



16 **coeficiente de seguridad.** Al aparecer los materiales modernos, altamente resistentes, y sobre todo, resistentes a tracción, la seguridad estructural -poder concluir que, aun con variaciones sustanciales de la geometría de la estructura y de los valores de las acciones, la estructura sigue en pie- se formuló en forma de coeficiente de seguridad, es decir, que las tensiones de punto deben ser suficientemente seguras. Al aparecer el hormigón, en el que la condición de punto no es relevante, el enunciado de seguridad pasó a expresarse en términos de sección. En las estructuras antiguas, en las que la condición que indica el comienzo del fracaso es la aparición de tracción, el problema puede clasificarse más bien se como de estabilidad, algo que no admite fácilmente garantizarse con un coeficiente de ampliación de (todas) las acciones, sino a través de coeficientes distintos según el papel de cada componente de acción, algo que a veces no es inequívoco. Intentar comprender el problema estructural de un edificio antiguo en forma de coeficiente de mayoración o de seguridad es una superstición.

17 **contrapeado de forjados.** Con estructuras de muros de fábrica, la estabilidad de éstos depende de disponerlos en parecida dotación en ambas direcciones, e incluso de que estén parecidamente cargados, lo que aconseja que haya cambios de dirección del forjado en planta para que todos los paños de muro reciban carga y, por tanto, ganen en estabilidad, o lo que es lo mismo para arristrar los muros; el precio de prescindir de continuidad en las viguetas no había que pagarlo si éstas eran de madera. En las construcciones modernas, con vigas y soportes puntuales de acero u hormigón, la continuidad de viguetas es esencial, y la carga de cada soporte no depende de mantener o no la dirección de las viguetas, por lo que contrapear los paños de forjado es una superstición.

18 **Descentramiento de soportes.** Con las soluciones de muros de carga, las acciones horizontales se intentan canalizar hacia paños en la dirección de la acción, de manera que los muros resulten con poca o ninguna excentricidad en su grueso, a lo que son sumamente sensibles. En esa solución, el desplazamiento de un tramo respecto al superior significa siem-

pre una desventaja. Con soluciones de soporte, por ejemplo de hormigón, las acciones horizontales se resisten por efecto pórtico, quedando los soportes sometidos a momentos, y, por tanto, a excentricidades en su canto, con máximos habitualmente en los extremos de tramo. Traduciendo los momentos a excentricidades, puede comprobarse que la trayectoria de carga dentro del soporte es oblicua. Un soporte de hormigón es pues, geométricamente, un sólido ortoédrico vertical que aloja en su interior un soporte mecánico en diagonal, que puede cambiar de orientación o disposición al variar las acciones. Los soportes mecánicos están pues siempre desplomados, y puesto que la trayectoria de carga tiene la misma inclinación en tramos sucesivos, el centro de ese soporte mecánico cambia a la cara o vértice opuesto al pasar por un forjado, lo que significa que también están descentrados. Es por eso que el descentramiento aparente del soporte geométrico no tiene que significar un problema. Si se proyecta explícitamente un descentramiento en una dirección, puede mejorarse el comportamiento estructural, y los soportes se alivian. Si en obra se comete un error de posición de un soporte respecto al inferior, eso no tiene porqué ser malo; en una dirección mejora y en la opuesta empeora. Considera que cualquier descentramiento de un tramo de soporte respecto al de debajo es perjudicial, sea cual sea la dirección en que se produzca, es una superstición.

19 **desplome.** En la construcción de muros, en muchos casos, la estabilidad dependía del desplome de cada elemento por separado, ante el cual los demás poco podían hacer. Cuando la inestabilidad es cosa de desplome, se trata de un problema de crecimiento progresivo acelerado; una vez que se pone en marcha, crece cada vez a más velocidad, resultando imparable, por lo que resulta vital detectar y corregir el problema cuando sólo presenta indicios. En las estructuras modernas, con soportes de acero u hormigón, rígidamente unidos a los forjados de piso, un desplome local es inofensivo, compensado por los demás soportes de la planta. El valor relevante de desplome es el promedio de todos; si estadísticamente, cada soporte está desplomado hacia un lado diferente, es como si no hubiera ninguno. Lo mismo sucede con los pilotes; estando enlazados entre sí, aunque sólo sea a través de la solera, que cada pilote esté inclinado al azar en una dirección diferente no sólo no es un inconveniente, sino que puede ser una ventaja. Dedicar esfuerzo a controlar, medir, o corregir los desplomes de soportes o pilotes es una superstición.

20 **dos pilotes por pilar.** Los pilotes no son sino pilares profundos hundidos en el terreno que se usan para cimentar. Sea cual sea el sistema usado es casi imposible garantizar que se implantan exactamente donde se preveían. Cuando encima acometen directamente soportes aislados, como es el caso de pilas de puente, cualquier descentramiento o desvío de inclinación tiene consecuencias aparatosas, carísimas de corregir. Es por eso que resulta sumamente recomendable disponer dos, o mejor aún, tres pilotes por punto. Con dos pilotes, una dirección todavía resulta sumamente sensible a los errores citados, y debe complementarse con algún tipo de viga centradora. En edificios, en los que los soportes se encuentran enlazados a varios niveles y generalmente también al nivel del suelo, aunque sólo sea por una solera, los efectos citados se corrigen casi espontáneamente, por lo que la regla un sólo pilote por pilar pasa de ser algo a evitar a lo más recomendable. Si las cargas de cada soporte son pequeñas, como sucede en edificios de menos de dos o tres plantas, puede resultar incluso rentable disponer una estructura de transición, descargando la compresión de varios de ellos en un punto, resultando un pilote para varios pilares. Cuando desde el principio, como en el caso de paredes de



to conclude that even with substantial variations in its geometry and in the value of its forces, the structure stays upright- was formulated in the form of a factor of safety, that is, that the points of tension should be sufficiently secure. With the appearance of concrete, where the condition of the point is not relevant, the stating of safety changed to be expressed in terms of sections. In old structures, where the condition which shows the beginning of failure is the appearance of movement, the problem can be better stated as one of stability, something that does not easily allow the guaranteeing with a coefficient of the widening of (all) forces, but rather through separate coefficients dealing with the role of each component of the force, something that is not often without error. To attempt to understand the structural problem of an old building through a global or a safety coefficient is a superstition.

Alternating of nogging. With structures of prefabricated walls their stability depends on putting them in similar proportion in both directions, and also that they are similarly loaded, which entails changes in the direction of floor nogging so all the lengths of wall receive some load and, therefore, gain stability, or what is the same -bridging the walls; the price of ignoring continuity in joists did not have to be paid if they were of wood. In modern building, with beams and precise supports of steel or con-

crete, the continuity in joists is essential, and the load of each support does not depend on maintaining or not the direction of the joists, so alternating the lengths of nogging is a superstition.

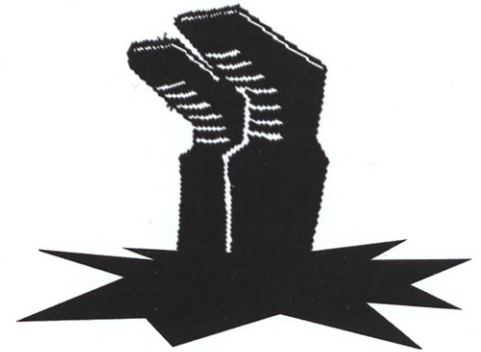
De-centring of supports. In the working out of load walls, we try to channel the horizontal forces towards lengths in the direction of the force, so that the walls end up with little or no deviation in their thickness, to which they are extremely susceptible. In this solution, the displacement of a section with respect to that above is always a disadvantage. In the working out of supports, of concrete, for example, the horizontal forces withdraw because of the portico effect, leaving the supports subject to forces, and, by the way, to eccentricities in their edge, the maximum being usually at their extremes. In translating the forces to the de-centring, it can be shown that the trajectory of the load within the support is oblique. A concrete support is, then, geometrically speaking, a solid vertical orthohedron that has lodged inside a diagonal mechanical support, which can change the direction or disposition with the variation in force. The mechanical supports are always battered, and because the direction of load has the same inclination in successive stretches, the centre of this mechanical support changes to the opposite face or crown when it goes through a nogging, which means that they also are de-centred. That

is why the apparent de-centring of the geometrical support does not have to become a problem. If a de-centring in one direction is designed explicitly, the structural behaviour can be improved, and the supports are relieved. If a mistake in the position of a support, in respect to the lower one, is made during work, it is not necessarily bad. It is better in one direction and worse in the opposite. To consider that any de-centring of a stretch of support in respect to the lower one is detrimental, whatever the direction it goes, is a superstition.

Batter. When building walls, in many cases, stability depended on the batter of each separate element, before which there was little the rest could do. When instability is related to batter, then it is a problem of accelerated progressive growth. Once started, it grows quicker and quicker, becoming unstoppable; so it is vital to detect and correct the problem when there are only hints. In modern structures, with steel or concrete supports, rigidly linked to floor nogging, a local batter is harmless, compensated by the rest of the supports of the ground plan. The relevant value of batter is the average of all. Statistically, if each support is battered towards a different side, it is like having none. The same happens with the piles; being connected to each other, though only through the sole, that each pile is inclined by chance towards a different direction

sótano, ya existe ese elemento, nada obliga a disponer ni un pilote por pilar, ni siquiera en su misma posición. En otros casos, los soportes que llegan a cimentarse son distintos o están en distinta posición que otros de plantas superiores, y no es infrecuente que se tenga que pilotar un forjado extenso de planta baja, disponiendo pilotes donde no hay pilares. En edificios, suponer que si hay que acudir a pilotes, deben disponerse al menos dos por soporte es una superstición.

21 Empotramiento de zapatas. En la formulación general de la capacidad resistente de una zapata interviene el rozamiento y la cohesión del terreno que hay debajo, y el que hay alrededor que hace de contrapeso para contrarrestar su hundimiento. Con objeto de llegar a un valor de presión admisible, se suele partir de una suposición de la profundidad del plano de asiento de los cimientos. Como la citada formulación suele representar el peso de lo que hay alrededor de la zapata por la densidad y altura de terreno, se interpreta supersticiosamente que la zapata debe enterrarse una cierta cantidad, que en realidad es arbitraria. En rigor, en esa carga de contrapeso entraría la del encache, solera, y solado que se dispusiera sobre el terreno original, de manera que ni siquiera es una altura. Como quiera que la existencia de la solera ya confina y protege el terreno de su eliminación o meteorización, ni siquiera hay que temer por ese lado. Aunque en la expresión de la presión admisible entra el peso de lo que hay en derredor, nada se opone a que la zapata se disponga a ras de excavación, o incluso sobre ese nivel, con tal de tomar el valor correcto de ese sumando. Suponer que las zapatas deben empotrarse ineludiblemente en el terreno una cantidad predeterminada es una superstición.



22 estribos de cuelgue en vigas planas. Los estribos de una viga de hormigón se calculan para el esfuerzo cortante, cuyo diagrama canónico proviene de una situación ideal, como si la carga entrara en la mismísima directriz de la viga. Naturalmente si la carga entra físicamente por encima de ese punto, se traslada por compresión del alma hasta su centro, aliviando la necesidad de tracción hasta ese punto, cosa que no resta necesidad de estribos, que, por lo que respecta a la mitad inferior de la viga, deben seguir siendo los mismos. En sentido inverso, si la carga entra físicamente por debajo, es preciso soportar tracción adicional desde ese punto hasta el centro de la viga, es decir, estribos adicionales, denominados de cuelgue. En la práctica, en las vigas de edificios, la carga procedente del forjado entra a medias por bielas a compresión y a medias a tracción. La diferencia entre que la carga acometa al centro de la viga y lo haga por la cara inferior es, a 45°, medio canto, de manera que en el segundo caso los estribos necesarios por cuelgue añaden tanto como desplazar el diagrama de cortante medio canto en el sentido desfavorable. Debido a la pequeña repercusión de este efecto, las vigas se arman con carácter sistemático disponiendo estribos medio canto más allá de donde son imprescindibles, lo que significa que todas se arman incluyendo el efecto de cuelgue. Creer que las vigas planas los necesitan adicionalmente es una actitud supersticiosa.

23 estructura de hormigón. Las construcciones clásicas tienen en cada punto y para cada función el material más adecuado; en muchas ocasiones, son estructuras híbridas, resueltas con muchos materiales o agrupaciones de materiales diferentes, por ejemplo con viguetas de madera y muros de fábrica. El acero comenzó por solucionar vigas y viguetas, pero consiguió finalmente servir para soportes. El hormigón armado surgió para competir con el acero, y, en efecto, con él es posible hacer también tanto vigas como soportes, pudiéndose plantear la

not only is not an inconvenience, it could even be an advantage. Making an effort to control, measure or correct the batters of supports or piles is a superstition.

Two piles per pillar. Piles are nothing but deep pillars buried in the ground, which are used for foundations. Whatever the system used it is almost impossible to guarantee that they are exactly placed where planned. When they undertake directly isolated supports, as in the case of bridge pillars, any de-centring or deviation in inclination has dramatic consequences, very expensive to correct. That is why it is highly recommendable to put two, or even better, three piles per point. With two piles, one direction is still very sensitive to the mentioned errors, and must be complemented with some kind of centring beam. In buildings, where supports are linked at several levels and also generally at ground level, although only by a soleplate, the mentioned effects are corrected almost spontaneously, so the rule: one pile per pillar, goes from being something to avoid to becoming the most recommendable. If the loads of each support are small, as happens in buildings with three floors, or less, it can even be profitable to lay a transition structure, discharging the compression of several of them in one point, resulting in one pile for several pil-

lars. When that element exists from the beginning, like in the case of basement walls, nothing obliges us to put even one pile per pillar, not even in its own position. In other cases the supports that are foundations are different or are in a different position to those in the higher floors, and it is not infrequent to have to pile a nogging at ground floor, putting piles where there are not pillars. In buildings, supposing that if piles are needed there must be at least two per support is a superstition.

Housing of footing. In the general formulae of the resistance capacity of a footing friction is relevant and so is cohesion of the ground below and the ground around, which is a counterweight to counteract its sinking. With the aim of coming to an admissible level of pressure, we usually start by supposing the depth of the seating plane of the foundations. As the mentioned formulae normally represents the weight of what is around the footing by the density and height of the ground, it is superstitiously assumed that the footing must be buried a certain amount, which is arbitrary. Strictly, in that load of counterweight housing would be included, sole and pavement that would be laid on the original ground, so it is not even one floor. As the existence of sole confines and protects the ground from disappearing or meteorisation, there is no fear on that matter.

Although the expression of admissible pressure includes the weight of what is around, nothing gets in the way of laying the footing at the level of digging, or even above this level, as long as the correct value of that addend is taken. To suppose that the footings must be housed inevitably in the ground at a pre-determined depth is a superstition.

Piers in flat beams. The piers of a concrete beam are calculated for the cutting force/effort, whose canonical diagram comes from an ideal situation, as if the load would go into the directrix of the beam. Naturally if the load goes in physically above this point, it transfers by compression to its centre, alleviating the need of traction to that point, which does not diminish the need of beam hangers that, in respect to the lower half of the beam, must still be the same. In the opposite sense, if the load goes in physically below this point, it is necessary to put additional traction from that point to the centre of the beam; that is to say, additional piers called beam hangers. In practice, in the beams of buildings, the load coming from the nogging comes in half through compression connecting rods and half through traction. The difference between the load charging the centre of the beam or charging the lower face is, in 45°, half edge, so in the second case the piers needed per hanging add as much as mov-

ing the diagram of cutting half edge in the unfavourable direction. Due to the small repercussion of this effect, the beams are reinforced systematically placing the piers half an edge further from where they are essential, which means that all are reinforced including the effect of hanging. To believe that flat beams need additional piers additionally is a superstitious attitude.

Concrete structure. Classical buildings have in every point and for every function the most adequate material. In many occasions they are hybrid structures, done with many materials or groups of different materials, for example: with wooden joists and prefabricated walls. Steel started solving beam and joists, but it finally worked for supports. Reinforced concrete came to rival steel and, of course, it is also possible to make beams or supports with it, so the superstition about whether the structure should be concrete or not came about. It is a false dilemma. Whether it is possible to make it all in concrete or steel does not mean that it has to be necessarily so, as before each piece or element must use the most adequate material, without superstitions.

Facade separated from the structure. Initially walls were the structure. At the present the resistant structure is differentiated, and the finishing of

the facade seems to rest and depend on the structure. This is not totally true. The facade is, necessarily, a very rigid element, and even though it does not seem to have a resistant structure role, the rigidity and stability of the whole depend greatly on it. Equally when the structure took the role of walls, it was calculated for new forces, the ones of wind, if the facade is totally separated from the structure, it should be measured to have a lot more rigidity than usual, because its failure will not have the facade to support it correctly. It is convenient not to forget that structure is not what one wishes it to be, but the most rigid thing among the materials that compete to be so, and facade and carpentry generally are that. To separate the facade from the structure is an almost impossible antinomy: a great deal of the structural behaviour is always in the facade.

Wanting to separate facade from structure is a superstition.

Exposed concrete. In days gone by the recipe to make concrete and the way to specify it was through dosage, always having a high concentration of Portland cement, whose presence conferred an important passive protection for steel. Nowadays concrete is asked for and received by resistance, having already found recipes with a high resistance almost without cement and with a very shrunk protection capacity. The rule by which

resistance is an indirect sign of other desirable qualities of concrete does not work anymore: concrete might be resistant but not lasting. The compromise solution agreed is asking for more resistance than is convenient to guarantee that concrete lasts long enough. In general, it is better to think that reinforced concrete exposed to the weather must be painted and protected like almost any other material, and paint it again once in a while. Structurally exposed reinforced concrete is becoming a superstition.

Stairwell. In buildings with walls the stairs were built with other rules and materials, unconnected with floor levels, supported on walls around what, at some point during work, was the stairwell. Nowadays the stair is set with the rest of the floor, in continuity with it, and there is no discontinuity between the part of landing at floor level and the rest of it while making the structure, putting later the closing between the stairs and the premises of the floor. Representing the structure drawing a stairwell instead of the stairs is a superstition.

superstición de si la estructura debe ser de hormigón o no; es un falso dilema; que sea posible hacerlo todo en hormigón o en acero no quiere decir que tenga necesariamente que ser así: como antes, cada pieza parte o elemento deber ser del material más adecuado, sin supersticiones.

24 **Fachada separada de la estructura.** Inicialmente los muros eran la estructura. En la actualidad, la estructura resistente está diferenciada, y el cerramiento de fachada parece que se sustenta y depende de la estructura. No es totalmente cierto. La fachada es, necesariamente un elemento muy rígido, y aunque no parezca desempeñar papel estructural resistente, de ella depende en buena medida la rigidez y estabilidad del conjunto. Al igual que cuando la estructura suplantó el papel de los muros, hubo de calcularse para acciones nuevas, las de viento, si la fachada se separa completamente de la estructura, ésta debe ser dimensionada para poseer mucha mayor rigidez que lo habitual, ya que su fracaso no contará con la fachada para suplirla correctamente. Conviene no olvidar que estructura no es lo que uno desea que sea, sino lo más rígido de entre lo que compita para serlo, y la fachada y las carpinterías lo son generalmente. Separar la fachada de la estructura es una antinomia casi imposible: buena parte del comportamiento estructural está siempre en la fachada. Querer separar la fachada de la estructura es una superstición.

25 **Hormigón visto.** Antaño la receta de fabricar hormigón y la forma de especificarlo era por dosificación, teniendo siempre una elevada concentración de componente Portland, cuya presencia confería una importante protección pasiva para el acero. En la actualidad el hormigón se pide y recibe por resistencia, habiéndose ya encontrado recetas con una elevada resistencia sin casi cemento y con una muy menguada capacidad de protección. La regla por la que la resistencia es un indicador indirecto de otras cualidades deseables del hormigón ya no funciona: el hormigón puede ser resistente pero no duradero. La solución de compromiso últimamente establecida es pedir más resistencia de la conveniente para garantizar que el hormigón es suficientemente durable. En general más vale pensar que los hormigones armados a la intemperie deben pintarse y protegerse superficialmente como casi cualquier otro material, y repasarse la pintura de tarde en tarde. El hormigón armado visto estructural está pasando a ser una superstición.

26 **hueco de escalera.** En los edificios de muros, la escalera se construía con otras reglas y materiales, sin engarce con las plantas, sustentada en muros en derredor de lo que, en una fase determinada de la obra, era el hueco de la escalera. En la actualidad la escalera se forja como el resto de la planta, en continuidad con ella, y, durante la ejecución de la estructura, no hay discontinuidad alguna entre la parte de meseta a nivel de planta y el resto de ella, disponiéndose posteriormente el cerramiento entre escalera y locales de planta. Representar la estructura dibujando un hueco en lugar de la escalera es una superstición.

