

Cómo construir una viga gaviota.

Miguel Fisac: una idea experimental

How to Build a Gull Beam. Miguel Fisac: an Experimental Idea

José Antonio Aguado Benito ^[1], Emilia Benito Roldán ^[1], Josué García Herrero

^[1] Escuela de Arquitectura de Toledo, Universidad de Castilla la Mancha

Traducción [Translation](#) James Lupton

Palabras clave [Keywords](#)

Fisac, vigas gaviota, bóvedas tabicadas, membranas de hormigón, arquitectura española de los 50-60
[Fisac, gull beams, brick vaults, concrete shells, Spanish architecture of the 1950 and 1960s](#)

Resumen

En el anteproyecto de la Iglesia de San Esteban Protomártir Miguel Fisac muestra por vez primera uno de los elementos singulares de su arquitectura: las vigas gaviota. Se propone una revisión de esta solución, enigmática y malograda, a la luz de la documentación inédita de los proyectos del Colegio del Espíritu Santo en Calahorra y la Iglesia para la Ciudad de los Niños en Costa Rica.

Aunque nunca llegan a construirse, las vigas gaviota representan un eslabón imprescindible en la línea evolutiva del grupo de elementos unitarios en hormigón de Fisac, desde los pórticos, marquesinas y pérgolas iniciales a las vigas hueso.

El estudio directo de la documentación original de los proyectos mencionados nos permite establecer una hipótesis razonada sobre la manera en que Fisac pensaba ejecutarlas, incógnita que encontraría respuesta, como en otras ocasiones de su obra, en la tradición constructiva autóctona.

Abstract

In his preliminary designs for the Church of San Esteban Protomártir (in Cuenca, Spain), Miguel Fisac unveiled, for the first time, one of the unique elements of his architecture: the gull beam. This article presents an analysis of this enigmatic and ill-starred proposal, based on unpublished documentation produced for the Espíritu Santo School in Calahorra (La Rioja, Spain) and the church for Ciudad de los Niños in Costa Rica.

Though never used in practice, 'gull beams' represent an essential link in the evolutionary path of Fisac's collection of unitary concrete elements, from the earliest porticos and porches to his later 'bone beams'.

A hypothesis is constructed based on a detailed analysis of these projects, casting light on how Fisac planned to execute his gull beams, a mystery whose solution is found, as in other moments in the evolution of his work, in vernacular building traditions.

San Esteban Protomártir: ilusión y decepción. Al final de la década de los 50 del siglo xx, Miguel Fisac causa sensación en el panorama arquitectónico nacional con su propuesta para la iglesia del complejo parroquial de San Esteban Protomártir en Cuenca (1) en el marco de un concurso donde también participan otros arquitectos de reconocido prestigio como Alejandro de la Sota, José María García de Paredes y Antonio Fernández Alba. (Fig. 1)

Fisac se arriesga con un espacio unitario, una planta que se abre en abanico, cuyo aspecto más novedoso recae en la solución de la cubierta, con membranas de hormigón prefabricado de sección transversal en forma de alas de ave en pleno vuelo y con un desarrollo longitudinal curvo que reproduce una catenaria. (Figs. 2 y 3)

Al situar las vigas en dos niveles, unas líneas de luz ascendentes y convergentes hacia el altar se introducen entre ellas. La diferencia de cota pro-

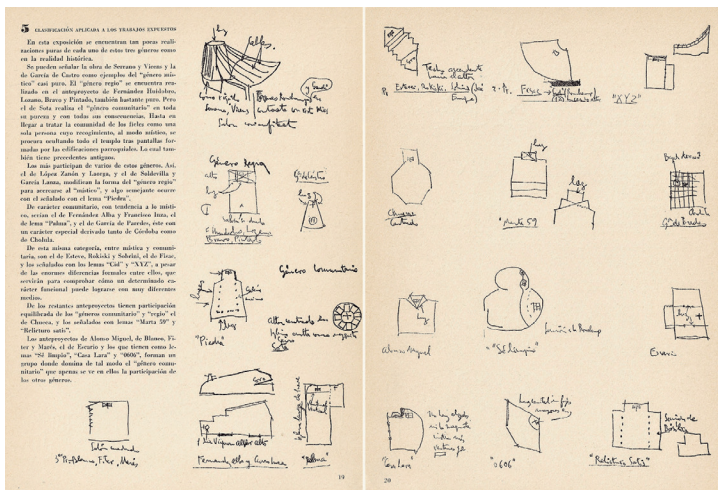


Fig. 1. Moya Blanco, Luis. Comentarios a los proyectos presentados al Concurso de la Iglesia de San Esteban Protomártir, 1961. *Revista Arquitectura*, n. 25, p. 20.

San Esteban Protomártir: Illusion and Deception. In the late 1950s, Miguel Fisac's proposals for the church and parish buildings of San Esteban Protomártir in Cuenca (1) caused a sensation in the Spanish architectural world. His designs were produced in response to a competition in which other prestigious architects such as Alejandro de la Sota, José María García de Paredes and Antonio Fernández Alba also took part. (Fig. 1)

Fisac took the risk of designing a single space that unfolded in the shape of a fan, and whose most innovative feature involved the method he proposed for constructing the roof. It was to be built using prefabricated concrete shells whose transversal cross-section resembled that of a bird in flight, and longitudinally formed a catenary. (Figs. 2 and 6)

Placing the roof beams at two different levels ascending lines of light would converge over the altar. The different levels would have produced an effect that emphasized the directionality of the structural element. Light, geometry, and structure worked together to create the overarching spirit of the project. All is one.

However, Fisac's experience of the competition was painful and disconcerting. In the minutes of their discussions, the members of the jury considered his proposal to be the most interesting in terms of its overall plans for the church and the careful approach to its interior atmosphere, but he was not awarded first prize because of the external aesthetics of the building and the potential difficulties in constructing the roof:

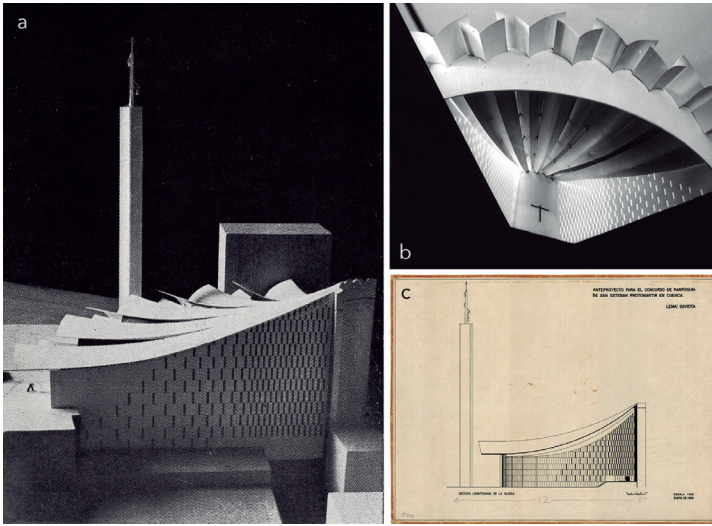


Fig. 2. Fisac Serna, Miguel. [a] [b] Imágenes de la maqueta del Concurso de la Iglesia de San Esteban Protomártir. [c] Sección longitudinal de la iglesia. 1959-1960. Archivo Miguel Fisac.

duce un efecto que potencia la direccionalidad del elemento estructural. Luz, geometría y estructura sintetizan una idea global de proyecto. Todo es uno.

No obstante, la experiencia de Fisac fue dolorosa y desconcertante dado que el jurado en su acta consideró su propuesta la de mayor interés por la idea general del templo y por el cuidadoso estudio del ambiente interior pero no obtuvo el primer premio del concurso por el aspecto estético exterior y la posible dificultad constructiva de la cubierta.

“[...] en contraposición consideramos que el aspecto exterior del templo, aun con sus indudables valores estéticos, desentona del ambiente de la ciudad, [...] El sistema constructivo propuesto, aunque realizable hoy día, creemos que entrañaría serias dificultades”. (2)

“[...] by contrast, we consider that the external aspect of the church, even while recognising its undoubtedly aesthetic value, is not harmonious with the urban environment [...]. We believe that the proposed system of construction, though achievable today, would lead to serious difficulties”. (2)

As expected, the angry response of Miguel Fisac did not help. (3) He felt particularly proud of what he had produced, not only in spatial terms but also as a response to the earlier criticisms his friend and fellow architect Fernando Casinello had levelled at him, namely that he had failed to address construction and structural challenges in his recent work. (4)

The Unitary Elements of Concrete: Continuous Geometry. In his proposal for the competition, and in a spirit of self-criticism, (5) Fisac returned to an approach in which form, construction and structure were interconnected. He continued, on a larger scale, with his research into the structural and formal elements of the undulating walkways he had designed for the Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) building in Santiago de Compostela (Fig. 4), the Arcas Reales in Valladolid, or the Instituto para la Formación del Profesorado in Madrid. (6) (Fig. 3)

The identity of these elements is defined by shared characteristics:

– The use of a single material, ferroconcrete, that responds simultaneously to structural needs, protection from the sun and the evacuation of water.

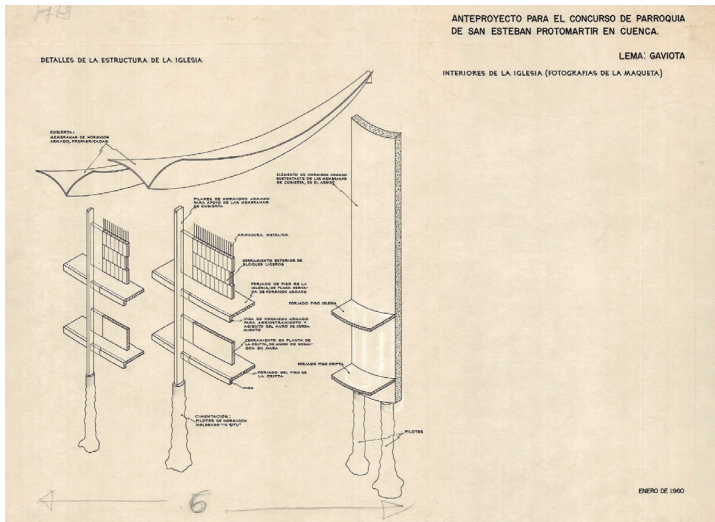


Fig. 3. Fisac Serna, Miguel. Anteproyecto para el concurso de parroquia de San Esteban Protomártir, detalles de la estructura de la Iglesia. Cuenca, 1959-1960. Archivo Miguel Fisac.

Como era de esperar, de nada sirvió la airada respuesta de Miguel Fisac. (3) Él se sentía especialmente orgulloso del resultado al que había llegado, y no solo espacialmente, sino como una repuesta positiva a la objeción que previamente le había hecho su amigo el también arquitecto Fernando Casinello de haber dejado de lado los aspectos constructivos y estructurales en sus últimos trabajos. (4)

Elementos unitarios de hormigón: geometría continua. Con el anteproyecto del concurso y como respuesta autocrítica, (5) Fisac retoma el camino donde forma, construcción y estructura se identifican. Continúa a mayor escala con la investigación constructivo-formal de las pérgolas ondulantes del edificio para el Instituto para la Formación del Profesorado en Madrid, (Fig. 4) el CSIC en Santiago de Compostela, (Fig. 5) o las Arcas Reales de Valladolid. (6)

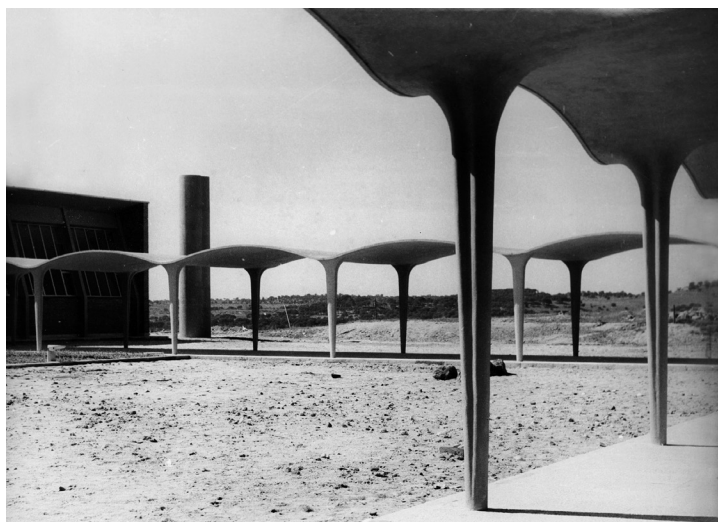


Fig. 4. Fisac Serna, Miguel. Pérgola ondulada en el Instituto de Formación de Profesorado, Madrid, 1953. Archivo Miguel Fisac.

La identidad de estos elementos queda definida por características comunes:

– El empleo de un solo material, el hormigón armado, que resuelve estructura, protección solar y evacuación de aguas.

– La ligereza, tanto en espesores reducidos de las láminas de cubierta como la esbeltez de los pilares, que se logra por el empleo de la geometría, no por el incremento del armado. Forma frente a músculo, geometría frente a fuerza.

– Se unifican los elementos constitutivos de la estructura. Pilares, vigas y losas/láminas pierden sus límites: el conjunto es un elemento unitario de un nivel superior, una estructura híbrida donde la transformación lámina-viga-capitel-pilar se hace de manera gradual.

– Su superficie es continua y responde a la propia plasticidad del hormigón fresco. La base de esa continuidad solo es posible mediante un molde continuo.

– Los elementos creados funcionan como células, tienen sentido en su agrupación y no como elementos aislados. Son capaces de generar tejidos complejos y adaptarse a diversos contextos: adosados a un muro o exentos, formando pórticos de acceso o configurando espacios exteriores. (7) Cada módulo es capaz de funcionar con autonomía tanto estructural –es autoportante– como constructiva, soluciona la evacuación del agua y permite su agrupación de manera flexible.

Con estas características Fisac pone de manifiesto su pensamiento sintético, donde la propia naturaleza del material, el hormigón, y su puesta en obra se impone sobre aspectos de sencillez operativa, de simple cálculo estructural. (8) Pilares, vigas, membranas no están perfectamente delimitados, la especialización de los elementos constructivo-estructurales no encuentra una transposición textual en el proyecto. La geometría del conjunto es continua, no discreta.

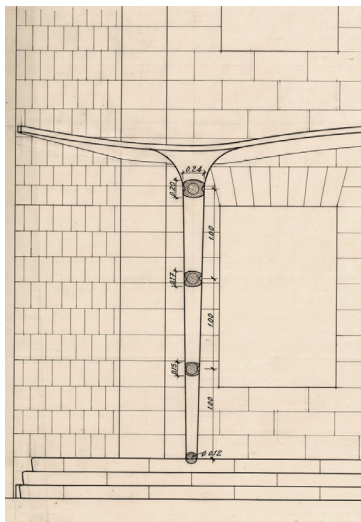


Fig. 5. Fisac Serna, Miguel. Dcha. Imagen del pórtico del edificio para el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Izda. Fragmento del plano n. 15: Detalle de la marquesina de la fachada norte. Santiago de Compostela, 1951. Material inédito. Archivo Miguel Fisac.

Realidad/construcción frente a modelo/cálculo. Fisac trata de comprender profundamente la naturaleza del material y el mecanismo estructural que la forma resultante lleva aparejada y llevarla a la práctica. Su modelo de cálculo es simplificado: Una membrana curvada en una única dirección apoya en una viga y esta en unos pilares. En su definición formal los límites entre estos elementos primarios desaparecen y se funden en uno de nivel superior, un módulo de pérgola, cuyo funcionamiento es imprescindible conocer a nivel global para que la solución sea viable. La realidad construida absorbe las zonas de transición mediante cambios graduales. La membrana solo tiene una curvatura y se realiza fácilmente sobre un encofrado de tablillas. Su apoyo más razonable es continuo: una viga, la cual no es sino un engrosamiento de la losa de la membrana, sin borde, con continuidad de la superficie. Esta viga embebida tiene forma de 'V' para obtener brazo de palanca. Nos alejamos de las vigas de sección rectangular resultado de un cajón de madera como molde.

Fig. 6. Fisac Serna, Miguel. Proyecto para el Instituto de Formación del Profesorado, plano n. 22. Zona de aulas. Estructura de la galería, Madrid, 1953-1954. Material inédito. Archivo Miguel Fisac.

Más adelante, el hormigón de la viga se concentra, se agrupa, esta vez en el elemento tridimensional de los capiteles como elemento de transición a los pilares, con una funcionalidad fluida, que responde a la necesidad de soportar los esfuerzos de punzonado/cortante de la losa/viga. La propia sección del pilar va tomando forma de 'H' lobulada por la necesidad de inercia en la dirección de las vigas. Según desciende continúa afinándose hasta su apoyo con el terreno, hasta casi convertirse en un punto –una articulación– siempre gradualmente, sin saltos, sin discontinuidad. (Fig. 6)

La aproximación es global, holística, como la ley de los gases ideales. No hace falta tener definida la posición de cada partícula de gas ni las colisiones entre ellas para saber el comportamiento del conjunto. Aún con un modelo extremadamente complejo, no es posible aproximarnos, no podemos delimitar exactamente las sollicitaciones en cada punto. Tampoco es necesario.

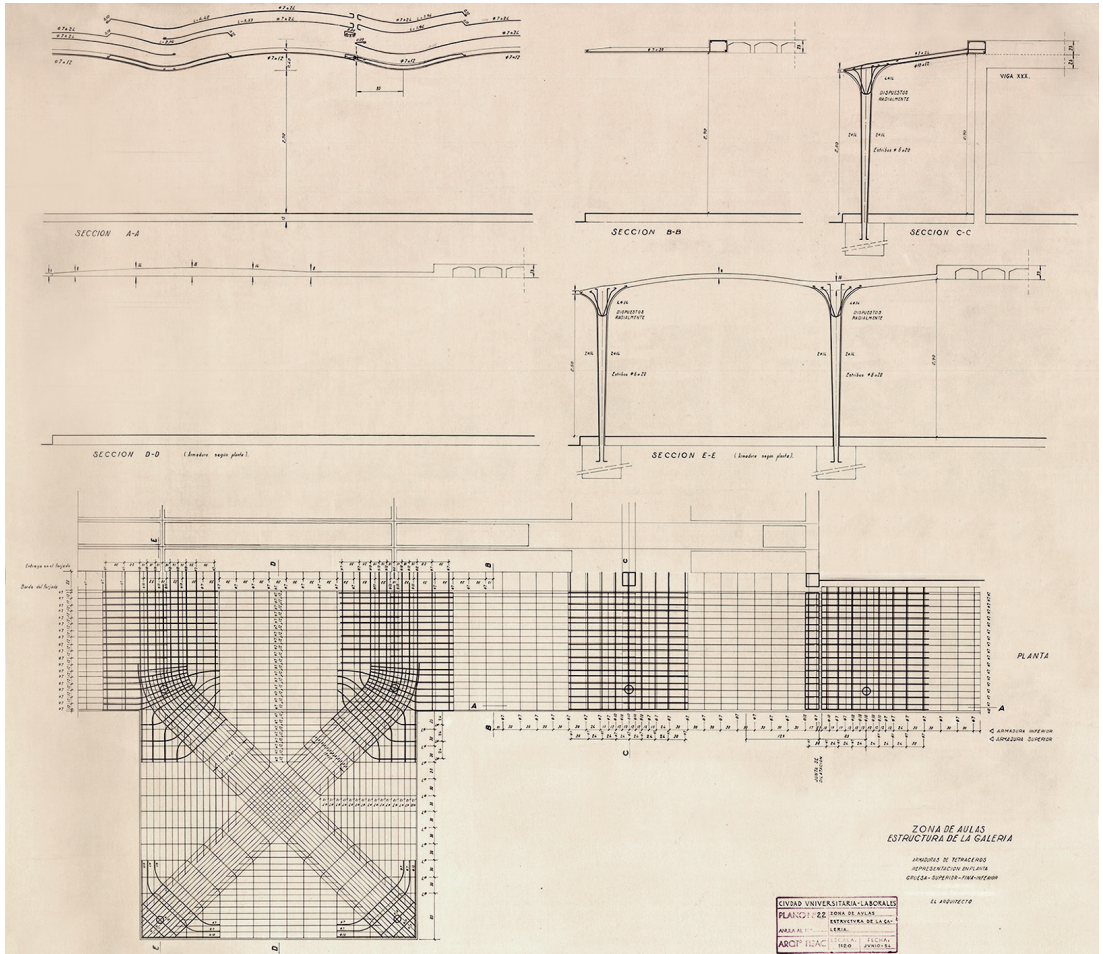
– Lightness, both in terms of the reduced weight of the covering shells and the slenderness of the columns, achieved by the employment of geometry rather than increased reinforcement. Form over muscle; geometry over force.

– The constituent elements of the structure were combined: the whole unifying its parts. Columns, beams, slabs and layers lose their limits: the whole is a unified element of a higher level, a hybrid structure in which the transition slab-beam-capital-pillar occurs gradually.

– Their surface is continuous and responds to the inherent plasticity of freshly poured concrete. This continuity is only possible with a continuous mould.

– The elements created in this way function as cells, which make sense because of the way they are grouped and not as isolated units. They are capable of creating complex tissues in diverse contexts: adjacent to walls or free-standing, creating entrance porticos or exterior spaces. (7) Each module is capable of functioning autonomously, both structurally (it is self-supporting) and in construction terms: it resolves the question of water evacuation and can be grouped in flexible ways.

By employing these characteristics, Fisac demonstrates his synthetic way of thinking, according to which the inherent nature of concrete as a material and the way it is used take precedence over merely operational questions, involving simply struc-



tural calculations. (8) Columns, beams and shells are not perfectly delimited and there is no straightforward correlation between the constructive-structural aspects and the completed project. The overall geometry is continuous, not discrete.

Reality/Construction versus Model/Calculation. Fisac sought to gain a profound understanding of the nature of the material he used, the linked structural mechanism that imbues the resulting form, and to give them practical expression. His calculation model is simple: a curved shell with a single orientation rests on one beam, which in turn is supported by some columns. In their formal definition, the limits between these two principal elements disappear, merging into a higher level –a walkway module– which must be considered as a whole if the solution is to be viable. The constructed reality absorbs the transition zones by way of gradual changes. The shell only has one curvature and is easily made using a wooden form. Its most rational supporting structure is continuous: a beam that is in practice nothing more than a thickening of the thin sheet of the shell, with no edge, unseparated from the surface. This embedded beam is V-shaped and creates the lever arm. Here we are far from rectangular section beams produced using a wooden box-shaped form.

Later, the concrete of the beam becomes concentrated, is grouped, this time in the three-dimensional element of the capitals, forming a transition zone into the columns, with a fluid functionality that responds to the need to support the puncturing/cutting forces of the slab/beam. The cross-section of the column takes on the shape of a lobular H, which responds to the need for inertia in the direction of the beams. Gradually, seamlessly, without interruption, the columns narrow towards the bottom before meeting the ground, almost as points. (Fig. 5)

Todo esto solo es posible porque el material es el hormigón, capaz de tomar los límites del molde y crear una superficie continua, con ductilidad y plasticidad suficientes para trabajar según la disposición del armado. Esta capacidad de adaptación es análoga a la de las plantas, donde no encontramos transiciones bruscas entre raíces, tronco y ramas, donde la especialización de las partes no es sino la acomodación de la materia original a todas ellas a cada necesidad específica. Subyace aquí el concepto naturalista de *urpflanze*, la 'protoplanta', planta originaria de Johann W. von Goethe.

Técnicamente, el interés de estas obras reside en la fusión de elementos estructurales a partir del ingenioso estudio de la disposición de los encofrados, sin curvar la madera. Para Fisac, eminentemente práctico, una poligonal con los suficientes tramos se puede asimilar a una curva. Es cuestión de grado y tamaño, una geometría empírico-física, aproximada, real, con una escala en su aplicación frente a la geometría matemática, exacta, precisa, abstracta, teórica y por ello inexistente en la realidad, aunque fundamental para entenderla y modelarla. Es la aproximación de Fisac al problema de la geometría, a la eficiencia estructural de las superficies curvadas para la solución de cubiertas, que abre el camino a las vigas gaviotas.

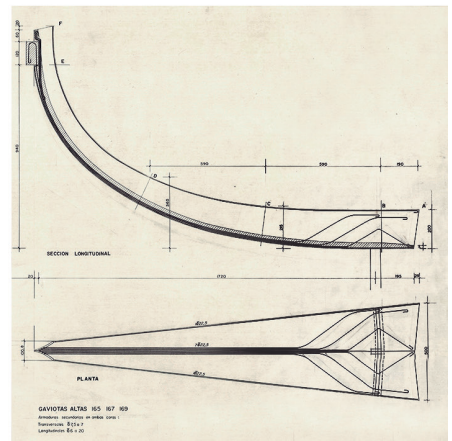
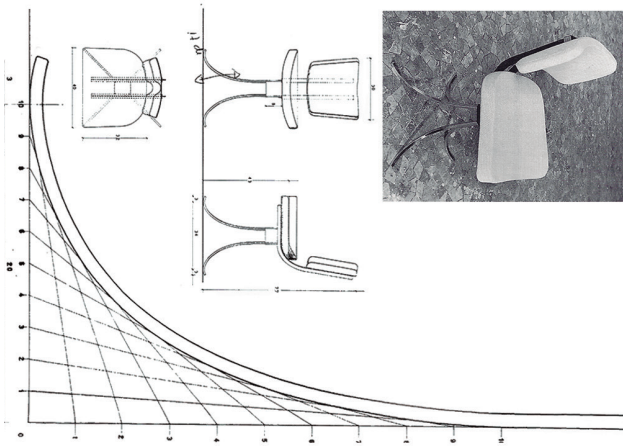
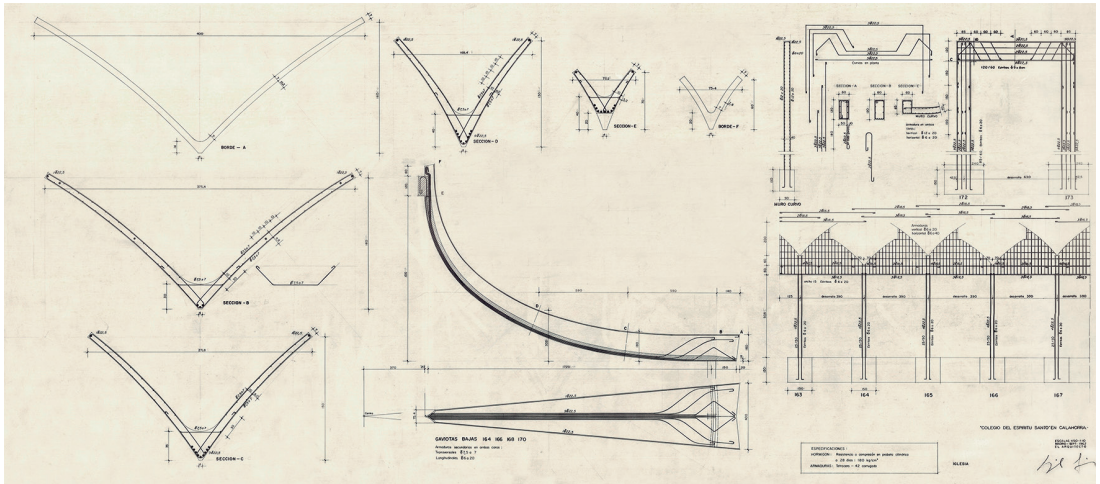
Membranas de doble curvatura. Las vigas gaviota, así las denomina Fisac, proyectadas para la iglesia de San Esteban Protomártir [ver fig. 3] son aún más esbeltas y salvan una luz considerablemente mayor. El salto de escala es tan importante que produce un cambio no solo cuantitativo sino cualitativo. La mayor diferencia consiste en pasar de láminas con simple curvatura a membranas con doble curvatura, condición necesaria, aunque no suficiente, para eliminar flexiones. Y eliminar flexiones equivale a necesitar menos espesor, puesto que una flexión lleva aparejada una zona a tracción y otra a compresión a cierta distancia para tener brazo de palanca. La membrana perfecta solo trabaja a compresión o tracción. Si es a compresión, todo el hormigón se moviliza; si es a tracción, la armadura

Fig. 7. Fisac Serna, Miguel. Analogía de la solución de vigas gaviota con la silla Pata de Gallina. Sup. e inf. Dcha. Plano 6.429.11 del Colegio del Espíritu Santo en Calahorra. Detalle de armado, 1962. Material inédito. Archivo Miguel Fisac. Inf. Izda. Arques Soler, Francisco. Silla Pata de Gallina, 1960.

Fisac's approach is global, holistic, as in the ideal gas law. It is not necessary to know the position of each particle of gas, nor their points of collision to understand their collective behaviour. Even using an extremely complex model it is not possible to outline the exact loads at every point. Nor is it necessary.

All of this is possible only because the material used is concrete, which can reach the corner of the form, to create a continuous surface; it has enough ductility and plasticity to function within the constraints established by its reinforcement bars. This ability to adapt is analogous to that of plants, in which there are no sharp transitions between root, trunk and branch, and where the specialisation of each part is nothing other than the accommodation of the basic material to the requirements of specialization and each specific need. Underpinning this is the naturalistic concept of the *urpflanze*, or 'primal plant', postulated by Johann W. von Goethe.

Technically speaking, the interest of these designs lies in the fusion of structural elements, based on an ingenious study of the possibilities of formwork, without any need for the wood to be bent. For the eminently practical Fisac, if a polygonal form has enough faces it can resemble a curve. This is a question of degree and scale, an empirical-physical geometry, approximate, real, applied at a given scale. It contrasts with an exact, mathematical, precise, abstract, theoretical (and therefore non-existent) geometry, though, of course, the latter is required if the former is to be understood and modelled. This is the nature of Fisac's approach to the problem of geometry and to the structural efficiency of curved surfaces in covering spaces. This is what prepared the path to gull beams.



Double Curvature Shells. The gull beams – as Fisac called them– which were to be used in the Church of San Esteban Protomártir (see Fig. 6) are even more slender, and capable of spanning much wider spaces. This leap in scale is of such importance as it results in both a quantitative and a qualitative change. The principal difference lies in the transition from simple curvature to double curvature shells: a necessary, though insufficient, condition for eliminating flexion, a process that requires less thickness, given that flexion couples a zone of traction with another of compression a certain distance away, thereby creating a lever arm. The perfect shell works only under compression or traction. Under compression, all the concrete is mobilised while under traction the reinforcement can be centred and the minimum thickness of the shell comprises the diameter of the steel reinforcement plus the smallest quantity of concrete required to protect it. (Fig. 7)

Structurally, the shells are extraordinarily efficient. They use little material, which is distributed geometrically, in the exactly appropriate place. The use of steel reinforcement suggests an openness to new formal methodologies that differ from historical approaches focused on vaults, domes and arches and that relied exclusively on compression. In any case, the resulting horizontal forces must be countered, and a much more complex geometry traced than that used in previous solutions involving straight arches –which tended to require the employment of a large number of auxiliary measures, such as frames, scaffolding or props. There is nothing new here, recall Brunelleschi’s labours during the construction of Santa Maria del Fiore in Florence. (9)

The path that led Fisac to double curvature was clear and considered; he developed innovative construction and structural systems, building on those he already knew, had created or employed. The evolution from the undulating walkway to the

puede ir centrada y el espesor mínimo de la membrana es el diámetro del redondo de acero más el recubrimiento mínimo necesario con hormigón para protegerlo. (Fig. 7)

Estructuralmente la solución con membranas es extraordinariamente eficiente. Poco material situado geoméricamente en el lugar preciso. La utilización de armadura de acero a tracción supone una apertura a nuevas investigaciones formales distintas a las soluciones históricas que trabajaban exclusivamente a compresión en bóvedas, cúpulas y arcos. En cualquier caso, hay que contrarrestar los empujes horizontales resultantes, trazar una geometría mucho más compleja que en soluciones adinteladas que habitualmente implica una gran cantidad de medios auxiliares en cimbras, andamios y apeos. Esto no es una novedad, recuérdese el trabajo de Brunelleschi para Santa María dei Fiori en Florencia. (9)

El camino que lleva a Fisac a la doble curvatura es claro y pausado; desarrolla las nuevas especies de sistemas constructivo-estructurales haciendo evolucionar los que ya ha creado, conoce y utiliza. El itinerario desde las pérgolas ondulantes, pasando por las vigas gaviota y continuando con las vigas hueso es fácil de seguir. (10) Cada una proviene de la mutación de una familia constructiva existente, ya sea por un cambio material, por la hibridación de dos ideas independientes o la traslación o cambio de escala de un elemento constructivo formal. Nada aparece por generación espontánea. La evolución se acelera rápidamente en el tiempo una vez aparecida esa mutación, como en la naturaleza. Y más allá de las leyes de la evolución, la imaginación humana es capaz de resolver problemas por analogías.

Construcción por analogías. Descubrimos por analogía la similitud de los pilares de sección lobulada ya descritos con los Muebles 'serie estructural' (11) donde la madera traccionada se va estrechando hacia el centro, pero no lo hace en los puntos constructivamente críticos: las uniones. Una columna vertebral y las vigas-hueso que Fisac desarrolla en los años 60 tiene unan afinidad buscada.

gull beam and on to the bone beam is easy to follow. (10) Each emerged from the mutation of an existing family of construction elements and resulted from a change in materials, the hybridisation of two independent ideas, or the translation or alteration the scale of a formal construction element. Nothing emerged as a result of spontaneous generation. The process of evolution accelerated rapidly once the mutation had occurred, as in nature. And beyond the laws of evolution, the human imagination can solve problems by analogy.

Construction by Analogy. We became aware of the similarity between the lobular sectioned columns described above and the furniture of Fisac's 'structural series', (11) in which the wood under traction thins towards the centre but not at the structurally critical points, namely the joints. There is a conscious affinity between a vertebral column and the bone beams that Fisac developed in the 1960s.

*More analogies. The fusion between structure and geometry in the legs of the *pata de gallina*, or chicken-foot chair, creates a parabola and ensures equilibrium just as in the longitudinal section of the gull beams in the roof for San Esteban. (Fig. 7) There is no room for interpretation in the case of the chair: it is explicitly drawn as a parabola. This geography is natural and not platonic. Physics and mathematics again: the tension between the geometry of the original and the revised drawing are different aspects of the same thing. Parabolas change shape yet remain parabolas. Circles don't. Parabolas are adaptable. Another starting point: conical curves, or textile architecture, the deformation of a canvas. A sketch for the re-modelling of the town square of Daimiel (Castilla la Mancha, Spain) includes a little gazebo for music, with a fan-shaped space in*

Más analogías. La fusión estructura-geometría en la pata de la silla ‘pata de gallina’ en una parábola para permitir el balanceo es la sección longitudinal de la viga gaviota de la cubierta de San Esteban: nos vamos acercando a la forma. [ver fig. 7] En la silla no hay interpretación posible, está dibujada así explícitamente como una parábola, geometría natural y no platónica. Otra vez física/matemáticas, la tensión entre la geometría del dibujo y la geometría del replanteo: matices distintos. La parábola se deforma y sigue siendo parábola. El círculo no. La parábola es adaptable.

Una hipótesis más, otro punto de partida con curvas cónicas. La arquitectura textil, la deformación de una lona. En un esbozo para la reforma de la plaza del ayuntamiento de Daimiel aparece un pequeño templete de música. Una ordenación sencilla con una planta en abanico donde unos triángulos de tela cuelgan de un mismo vértice en el centro. Al descolgar se crea la parábola/catenaria. (12) La tela está tensa, toda ella traccionada. También es el modelo que Fisac sigue en la Iglesia de San Esteban gracias a su capacidad de observación: posibilidad de adaptación de la parábola, elementos a tracción, membranas. Y la mutación: para lograr que funcione como cubierta permanente de un espacio cerrado es necesario solidificar ese elemento, ahí aparece el hormigón armado.

La construcción de las vigas gaviota: bóvedas tabicadas. Fisac es consciente de que el elemento de viga gaviota debe ser prefabricado, necesita amortizar el encofrado de doble curvatura. Las membranas se construyen a pie de obra, en el suelo, y se elevan hasta su situación definitiva. Intenta sacar partido de los elementos prefabricados, lo que había visto en Checoslovaquia y Rusia, que no eran más que traslación de planos, que no aprovechan la prefabricación, –mamotretos, según sus palabras–. (13) Estaba intentando abrir un nuevo frente de investigación constructivo-formal. Desgraciadamente, en el anteproyecto del concurso no indica el sistema de construir ese encofrado. Pero sa-

which some fabric triangles hang from a single point in the centre. When these are released, they create a parabola/catenary. (12) The fabric is stiff, fully under traction. Fisac also followed this model in the Church of San Esteban, thanks to his observational powers: the parabola's potential for adaptation, elements under traction, concrete shells. And mutation: if it is to work as a permanent cover for a closed space, this element must be made solid. And then is where ferroconcrete comes in.

The Construction of Gull Beams: Brick Vaults. Fisac was aware that the gull beams would have to be prefabricated to amortize the double curvature formwork. The shells were built on-site, on the ground, before being raised to their final resting places. Fisac sought to take advantage of the prefabricated elements, improving what he had seen in Czechoslovakia and Russia where he considered the building process to be a slavish transposition of the original plans, with no advantage being taken from the nature of the prefabricated elements themselves (*mamotretos*, or huge lumps, he called them). (13) He was trying to establish a new area of formal structural research. Unfortunately, in the documents he prepared for the competition he did not specify the system that would be used to construct the formwork. We know that, for reasons of geometry, slipform could not be used. (14) Wooden formwork with a double curvature of this scale implies unsustainable costs. What solution, then, might be found?

Two years after the competition, in 1961, Fisac had the opportunity to advance a similar proposal in his designs for the chapel of the Colegio Apostólico del Espíritu Santo in Calahorra. (Figs. 8 and 9) But this, too, was never built:

bemos que, por cuestiones geométricas, este encofrado no puede ser deslizando. (14) Un encofrado de madera con doble curvatura de ese tamaño implica unos costes inasumibles. ¿Cuál es, entonces, la solución posible?

Dos años después del concurso, en 1961, Fisac tiene la oportunidad de volver a proponer una solución similar en la capilla del Colegio Apostólico del Espíritu Santo en Calahorra (Figs. 8 y 9), pero tampoco se ejecutó:

“No se llegó a terminar, pues la propiedad decidió no instalarse en aquel lugar. Creo que después fue adquirido por el estado para Instituto de Segunda Enseñanza. De la capilla prevista solo llegó a realizarse la cimentación”. (15)

No obstante, los planos de estructura del proyecto de ejecución definen con precisión la geometría y armados de las vigas gaviota. Una directriz parabólica sobre la que desliza un arco de círculo, siempre con la misma curvatura. Entonces, ¿cómo plantea Fisac, arquitecto eminentemente empírico, el encofrado? La memoria del proyecto nos da pistas, aunque es bastante escueta:

“La iglesia es un cuadrante circular cubierto por unas piezas prefabricadas de hormigón pretensado de membrana ligera que se apoya periféricamente en unos pies derechos también de hormigón armado, y en el ábside por un anillo en forma de viga curva también de sector circular. La iluminación general de la iglesia se hace por ventanales lineales que enlazan cada una de las piezas de membrana y el ábside fuertemente iluminado por el hueco que deja esta viga curva.

Las construcciones de estos elementos de cubierta se prevén a pie de obra sobre unos moldes invertidos, hechos de fábrica, con superficie de cemento bruñido”. (16)

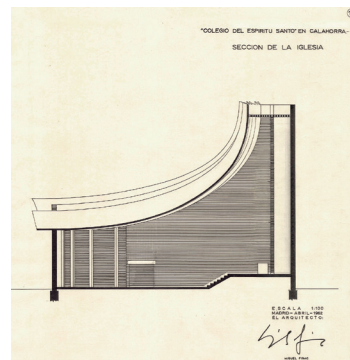
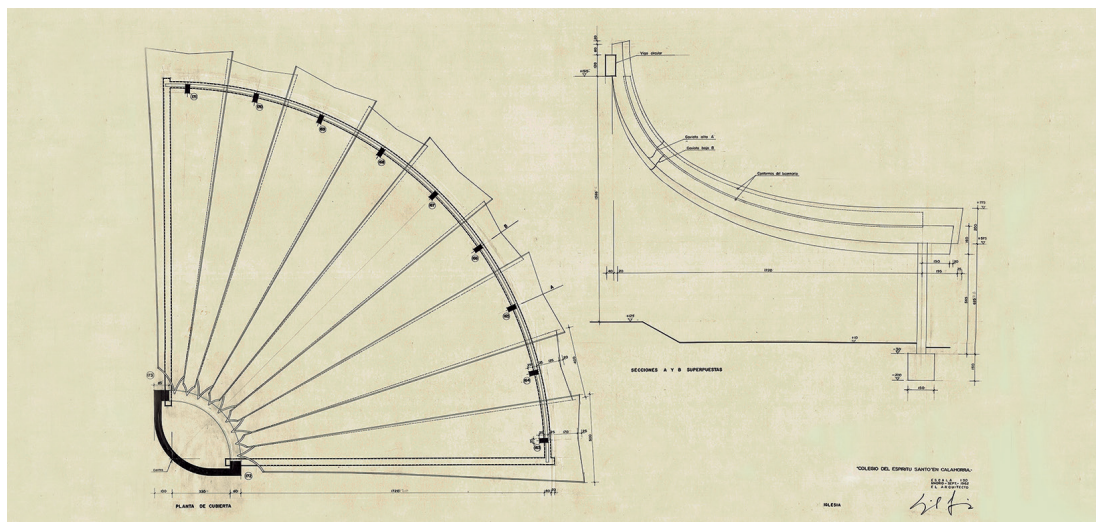


Fig. 8. Fisac Serna, Miguel. Sección de la Iglesia. Plano n. 14 del proyecto de Colegio del Espíritu Santo, Calahorra, 1962. Material inédito. Archivo Miguel Fisac.

Fig. 9. Fisac Serna, Miguel. Plano 6.429.09 del Colegio del Espíritu Santo en Calahorra. Planta de la cubierta y secciones superpuestas, Colegio del Espíritu Santo, Calahorra, 1962. Material inédito. Archivo Miguel Fisac.



En primer lugar, sorprende el error de calificar el hormigón como pretensado: los planos no reflejan esa solución y, además, no es lógica con la geometría longitudinal en catenaria. Pero la verdadera sorpresa, la auténtica innovación fruto del afán experimental de Fisac consiste en esos “moldes invertidos, hechos de fábrica, con superficie de cemento bruñido”. Este sería el planteamiento:

– Se replantean tres muros de fábrica concurrentes cuya coronación tiene la geometría de las tres parábolas/catenarias de las aristas de la viga gaviota. Para replantear cada una basta con colgar una cadena de dos postes y con una longitud definida de antemano. El trazado es directo, sin necesidad de ir calculando puntos. (Fig. 10a)

– Esos muros se arriostran entre sí, ya sea mediante puntales o mediante contrafuertes para que puedan soportar empujes horizontales. (Fig. 10b)

– Sobre esas fábricas se construyen bóvedas tabicadas con doble o triple tablero de rasilla con sección transversal circular y directriz parabólica. Aquí está la solución para conseguir la doble curvatura. Echando mano de la construcción autóctona tradicional. (Fig. 10c)

– Para lograr replantear con precisión las bóvedas tabicadas se emplea un artefacto ya utilizado en la construcción histórica consistente en una forma de madera con dos tablas curvas con una hendidura y dos pasadores. Puede abrirse y cerrarse creando arcos de distinta longitud y misma curvatura. Basta con apoyar la herramienta sobre el borde de los muros para obtener la curvatura. (Fig. 10d)

– El conjunto se bruñe con cemento para servir de molde. Es necesario plantear algún elemento liso que facilite el desencofrado. Ya tenemos listo el encofrado recuperable a pie de obra. (Fig. 10e)

“It was not finished because it was decided not to build on that site. I think it was later bought by the state for a secondary school. Of the planned chapel, only the foundations were completed”. (15)

However, the structural plans for the building define the geometry and reinforcement of the gull beams in precise detail. A parabolic directrix provides the base, formed by the arc of a circle, of the same curvature. So, how did the eminently empirical architect Fisac propose to create the formwork required? The project records provide some clues, though they are decidedly brief:

“The church is a circular quadrant covered in pre-fabricated pieces of pre-tensioned thin shell concrete that are supported peripherally on straight platforms made of ferroconcrete and, in the apse, on a ring-form beam, also the sector of a circle. The overall lighting of the church is provided by large linear windows, which connect every part of the shell, while light pours into the apse through the gap left by the curved beam.

These roofing elements will be constructed on-site using inverted, brick-built moulds with polished surfaces”. (16)

In the first place, it is a surprise to see the concrete wrongly described as pre-tensioned: the plans do not reflect this, and it is not logical in the context of the longitudinal catenary geometry. But the real surprise, the real innovation born of Fisac’s passion for experiment consists of these “inverted, brick-built moulds with polished surfaces”. He presented his idea as follows:

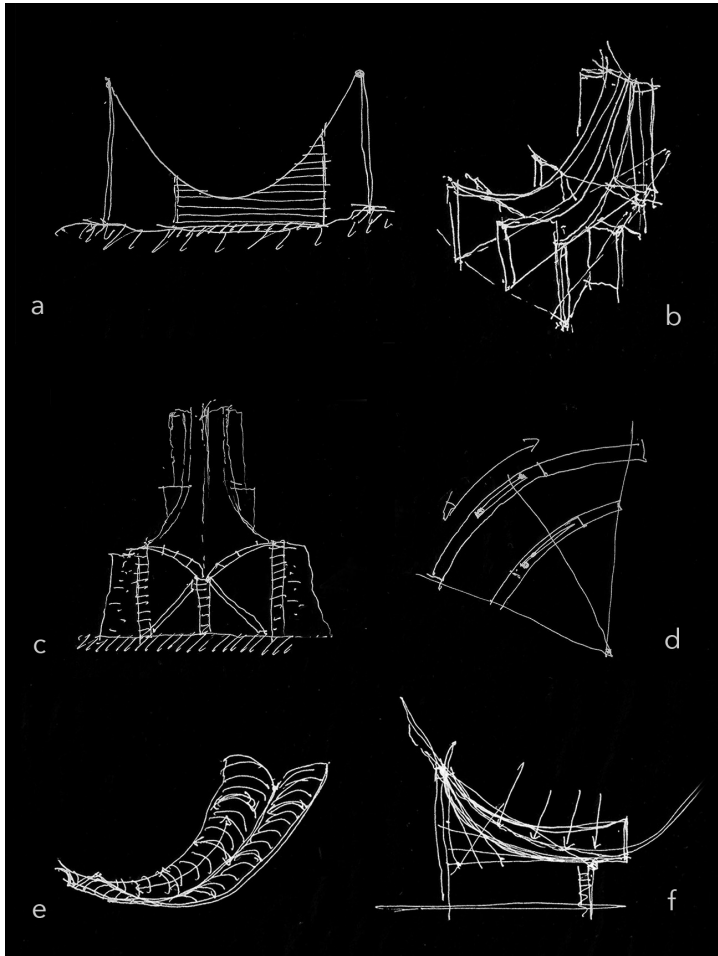


Fig. 10. Aguado Benito, José A. Esquemas de estudio de la construcción de una viga gaviota. Material inédito.

- The proposal posits the idea of three block-built walls that converge in a crown whose geometry is defined by the three parabolas/catenaries formed by the edges of the gull beams. In order to describe each beam, it is enough simply to hang a chain of predefined length between two posts. The line to be traced derives directly from this, with no need for the points to be calculated. (Fig. 10a)
- The walls support each other; posts or buttresses being used to absorb the horizontal forces. (Fig. 10b)
- Brick vaults, with a parabolic directrix, circular cross-section and double or triple courses of bricks are built on top of these blocks. In this way, the double curvature is achieved. The whole process is inspired by traditional vernacular architecture. (Fig. 10c)
- In order to describe the brick vaults with precision, a tool used in traditional architecture was employed: a device made of two slotted, curved pieces of wood, with two fasteners to lock the device when the desired curve is achieved. This can be opened or closed to form arcs of different length but the same curvature. It is enough to place the tool against the walls to obtain the desired curve. (Fig. 10d)
- The whole assemblage is lined with polished cement to make a mould. Some kind of smooth material is required so the beam could be afterwards demoulded. Once these stages are completed, the re-usable formwork is ready to be used on site. (Fig. 10e)

– Finalmente se izan las vigas y se apoyan en un pilar inferior y una viga curva superior. La catenaria solidificada con hormigón ya está en pie. (Fig. 10f)

Las bóvedas tabicadas, sistema constructivo que ya utilizó Fisac en su primera obra –la Iglesia del Espíritu Santo– son el molde. La forma más sencilla de lograr esa doble curvatura es la utilización de ladrillos que, gracias a su pequeño tamaño, llevan en su naturaleza la capacidad de aproximarse a superficies curvas. El hormigón toma esa geometría cuando está fluido con naturalidad, con la ventaja de que al desmoldarse es capaz de funcionar de otra manera. Ya no es necesario que esté apoyado de manera continua es sus aristas. Es autoportante si se soporta sólo en sus extremos. Funciona como una viga. La viga gaviota.

Epílogo. En 1962 Fisac recibe el encargo del proyecto de una Iglesia para la Ciudad de los Niños en Costa Rica. Cambia las cartelas de la iglesia del colegio en Calahorra y envía el mismo proyecto.

Pero esta última oportunidad de construir las vigas gaviota se presenta de nuevo cargada de problemas; la construcción no se realiza hasta 1998 y se muestra completamente desfigurada: las vigas gaviota han sido sustituidas por losas quebradas. Por ello y a pesar de aproximarse a una construcción real, suponen un ideal frustrado dentro de su trayectoria experimental.

Las vigas gaviota parecen abocadas a permanecer en las páginas del libro de arquitecturas no construidas.

– Finally, the beams are raised and supported on a low column and a higher curved beam. The catenary, solidified by concrete, is now standing. (Fig. 10f)

The brick vault, a construction system already used by Fisac in his first project, the Church of Espíritu Santo, constitute the mould. The simplest way to achieve double curvature is by using bricks, which –thanks to their small size– are by nature able to form a curve. The concrete takes on this form naturally when in its fluid state, with the added advantage that once removed from the mould it works in a different way. It no longer needs to be supported continuously along its edges. It is self-sustaining when supported only at either end. It functions as a beam. A gull beam.

Epilogue. In 1962 Fisac was invited to build a church for the Ciudad de los Niños in Costa Rica. He altered the design of the labels he had prepared for the Calahorra school chapel but apart from that, he presented the same proposal.

Once again, however, this final opportunity to create gull beams was plagued with problems; construction did not start until 1998 and the idea was completely distorted: the gull beams were replaced by broken-line slabs. For this reason, though almost incorporated in a real building, the gull beam ended up once again a frustrated ideal along Fisac's experimental path.

It seems that the destiny of the gull beam remains that of adorning the pages of the book of never-built architecture.

NOTAS

1. El anteproyecto de Fisac está fechado en 1959. El fallo del concurso es de mayo de 1960. La revista *Arquitectura* publica un extenso reportaje en enero de 1961 donde en un artículo, Luis Moya analiza los proyectos presentados calificándolos como “la tendencia de la arquitectura religiosa de nuestro país en ese momento”. El primer premio recae sobre el lema SER de los arquitectos Esteve y Rokiski, el segundo premio, lema GAVIOTA, para Fisac y el tercer premio, lema SONSOLES, para Blanco, Fiter y Marés. El proyecto de Fisac es encasillado como un género entre “místico y comunitario”. MOYA BLANCO, L. ‘Iglesia Parroquial de San Esteban’. *Arquitectura*, n. 25, pp. 17-22.
2. Fallo del jurado concurso. *Ibidem*, p. 14.
3. “Califico aquel concurso como triste recuerdo –no quiero ponerle adjetivo calificativo pues todos los que me fluyen a la pluma son demasiado duros, porque el jurado consideró que mi proposición era la mejor– y de ahí proviene mi indignación, aunque lo enjuiciaron como demasiado audaz [...] y por eso se lo dieron al compinche de uno de los miembros del jurado”. FISAC SERNA, M. *Carta a mis sobrinos (estudiantes de arquitectura)*, p. 35.
4. “Me di al fin cuenta de esos olvidos y deficiencias y un cariñoso reproche, en 1958, de mi amigo y compañero Fernando Casinello, sobre mi despreocupación por la investigación estructural en mis proyectos, me hizo reconsiderar la cuestión y, en la primera ocasión que se me presentó, en el Concurso Nacional para la construcción de la Parroquia de San Esteban en Cuenca, realicé un estudio de estructura de cubierta con piezas de membrana de hormigón de doble curvatura, que aunque no era de una gran novedad técnica, sí era adecuada para mi propósito”. FISAC SERNA, M. *Documentos de Arquitectura*, n. 10, p. 28. Sobre el mismo tema, con términos muy similares, ver: FISAC SERNA, M. *Carta a mis sobrinos (estudiantes de arquitectura)*, p. 35.
5. “He de confesar que en aquella época –mediados de los años cincuenta– estaba tan obsesionado con la importancia del espacio interior y la veracidad de la calidad expresiva de los materiales, que dejé bastante olvidado el aspecto exterior de los edificios, la valoración de los volúmenes exteriores, y también los medios estructurales con los que se conseguían esos espacios”. FISAC SERNA, M. *Documentos de Arquitectura*, n. 10, p. 24.
6. “Todas estas preocupaciones que más o menos vagamente he sentido desde hace mucho tiempo y que ya había apuntado en las partes de hormigón de los edificios para el Colegio Apostólico de los PP. Dominicos de Valladolid, en 1952, y para el Centro de Formación del Profesorado de Enseñanza Laboral en la Ciudad Universitaria de Madrid, en 1953, se han centrado desde el año 1958 en una busca sistemática de soluciones en todos los proyectos que he realizado desde entonces y que presentaban alguna posibilidad de hacerlas”. FISAC SERNA, M. ‘Breves reflexiones’. En: FISAC SERNA, M.; ARQUES SOLER F. *Miguel Fisac*, p. 140.
7. En el edificio del CSIC de Santiago de Compostela aparece como un simple pórtico de acceso; en el Teologado de Valladolid se adapta a diversidad de situaciones, desde adosarse a un muro hasta elementos en corredor exentos; en la escuela de Formación del profesorado logra total autonomía.
8. El desarrollo de los métodos de cálculo de las estructuras ha llevado a una clasificación de los elementos estructurales según su sollicitación predominante (compresión, tracción, flexión) y su dimensionalidad (unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales). Habitualmente esto se traduce en elementos estructurales claramente diferenciados: elementos que trabajan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados, losas), compresión (pilares, muros), tracción (cables) etc. La evidente necesidad de planos horizontales como soporte de las actividades humanas favorece una división neta entre estructura horizontal a predominantemente a flexión y estructura sustentante predominantemente a compresión. Las cubiertas son, obviamente, una excepción.
9. Filippo Brunelleschi propone una construcción con anillos sucesivos que permiten eliminar la cimbra.
10. Las vigas hueso, el elemento constructivo más conocido de Fisac, no es sino una viga gaviota aligerada donde se sustituye la doble curvatura por el postesado para eliminar las tracciones.

NOTES

1. Fisac’s proposal was dated 1959. The decision of the jury was announced in May 1960. The journal *Arquitectura* published an extensive report in January 1961 in which one article, by Luis Moya, examined the entries, describing them as “representing current trends in religious architecture in our country”. First prize went to the Project known as SER (to be) by the architects Esteve and Rokiski, the second prize, known as GAVIOTA (seagull), to Fisac and the third, SONSOLES (the patron saint of Ávila), to Blanco, Fiter and Marés. Fisac’s proposal was categorised as hovering between the “mystical and the communitarian”. MOYA BLANCO, Luis. ‘Iglesia Parroquial de San Esteban’. *Arquitectura*, n. 25, pp. 17-22.
2. Decision of the jury. *Ibidem*, p. 14.
3. “I consider that competition a sad memory –I don’t want to use an adjective to describe it, because all of those that flow to my pen are too harsh, because the jury thought my proposal was the best– and this is the root of my indignation, though they judged it too audacious... which explains why they gave it to a crony of one of the members of the jury”; in: FISAC SERNA, Miguel. *Carta a mis sobrinos (estudiantes de arquitectura)*, p. 35.
4. “I finally took notice of these failures of memory and deficiencies, and a loving reproach, in 1958, from my friend and companion concerning my lack of concern for structural research in my projects, made me reconsider the matter, and at the first opportunity that presented itself –the Concurso Nacional para la construcción de la Parroquia de San Esteban in Cuenca– I researched into the construction of a roof using double curvature concrete shells, which, though not of great technical novelty, responded adequately to my task”; in: FISAC SERNA, Miguel. *Documentos de Arquitectura*, n. 10, p. 28. On the same matter, and in very similar terms, see: FISAC SERNA, Miguel. *Carta a mis sobrinos (estudiantes de arquitectura)*, p. 35.
5. “I must confess that at that time –in the mid-1950s– I was so obsessed with the importance of interior space and the truthfulness of the expressive quality of the materials, that to a great extent I ignored the external look of my buildings, an appreciation of their external volumes, and also the structural methods used to make them”; in: FISAC SERNA, Miguel. *Documentos de Arquitectura*, n. 10, p. 24.
6. “All of these concerns that had been on my mind, more or less vaguely, for a long while and that I had touched on in the concrete parts of the buildings [I designed] for the Dominican Fathers’ Colegio Apostólico in Valladolid, in 1952, and for the Centro de Formación del Profesorado de Enseñanza Laboral at Madrid’s Ciudad Universitaria, in 1953, have, since 1958, focused on a systematic search for solutions in all the projects I have carried out since then, and that provided some opportunity to do so”. FISAC SERNA, Miguel. “Breves reflexiones”. In FISAC SERNA, Miguel; ARQUES SOLER, Francisco. *Miguel Fisac*, p. 140.
7. In the CSIC building in Santiago de Compostela these take the form of simple access porches; in the Teologado de Valladolid they are adapted to a variety of situations, from being placed against a wall to forming a part of a free-standing walkway. In the Centro de Formación del Profesorado they assume full autonomy.
8. The development of methods for calculating structures led to the development of a classification system for the structural elements, organised according to their loading (compression, traction, flexion) and their dimensionality (unidimensional, bi-dimensional and three-dimensional). These are generally translated into clearly differentiated structural elements that work, fundamentally, under flexion (beams, joists, slabs), compression (columns, walls), traction (cables) etc. The evident need for horizontal planes as a support for human activity favours a clear distinction between horizontal structures, principally under flexion and a supporting structure that is predominantly under compression. The roofs, of course, are an exception.
9. Filippo Brunelleschi proposed a construction process using successive rings that worked to eliminate vibration.
10. Bone beams, Fisac’s best known construction element is nothing other than a lighter gull beam in which double curvature is replaced by a post-tensioned concrete in order to eliminate traction.
11. See FISAC SERNA, Miguel; ARQUES SOLER, Francisco. *Miguel Fisac*, pp. 50-51.

11. Ver FISAC SERNA, M.; ARQUES SOLER, F. *Miguel Fisac*, pp. 50-51.
12. En la práctica constructiva, catenaria y parábola son similares. Resulta fácil dibujar una parábola en papel. Replantear una catenaria es tan sencillo como descolgar una cadena de dos puntos.
13. FISAC SERNA, M. *Miguel Fisac: Premio Nacional de Arquitectura*, 2002, p. 208.
14. Ver: ASENSIO WANDOSELL, C. 'Proyecto de Construcción. Modelo de la cubierta de San Esteban Protomártir'. En: *Miguel Fisac: Ensamblaje con vacíos = assembly with voids, 1959-68. Arquitecturas ausentes del siglo xx*, n. 7, pp. 88-96. Además de probar la imposibilidad de un encofrado deslizante, en este capítulo se propone la aproximación geométrica de un ala de la viga gaviota como sección de una superficie tórica cortado por dos planos secantes.
15. FISAC SERNA, M.; ARQUES SOLER, F. *Miguel Fisac*, pp. 166-167.
16. Memoria del proyecto de edificio para escuela apostólica de misioneros del espíritu Santo en Calahorra (Logroño). Archivo Miguel Fisac.

REFERENCIAS

- ASENSIO WANDOSELL, Carlos. 'Miguel Fisac: Ensamblaje con vacíos, 1959-68'. En: *Arquitecturas ausentes del siglo xx*, n. 7. Madrid: Rueda, 2004.
- FISAC SERNA, Miguel. *Documentos de Arquitectura*, n. 10. Almería: Colegio de Arquitectos de Almería, 1989.
- FISAC SERNA, Miguel; ARQUES SOLER, Francisco. *Miguel Fisac*. Madrid: Ediciones Pronaos, D.L, 1996.
- FISAC SERNA, Miguel. *Carta a mis sobrinos (estudiantes de arquitectura)*. Ciudad Real: Fundación Miguel Fisac, 2007.
- FISAC SERNA, Miguel. *Miguel Fisac: Premio Nacional de Arquitectura*, 2002. Madrid: Ministerio de la Vivienda, Secretaría General Técnica, Servicio de Publicaciones, 2009.
- MOYA BLANCO, Luis. 'Iglesia Parroquial de San Esteban'. *Arquitectura*, n. 25. 1961.

12. In the practice of construction, catenary and parabolic mean similar things. It is easy to draw a parabola on paper and to re-establish a catenary is as easy as unhooking a chain from two hooks.
13. FISAC SERNA, Miguel. *Miguel Fisac: Premio Nacional de Arquitectura*, 2002, p. 208.
14. See: ASENSIO WANDOSELL, Carlos. 'Proyecto de Construcción. Modelo de la cubierta de San Esteban Protomártir'. In: *Miguel Fisac: Ensamblaje con vacíos (assembly with voids), 1959-68. Arquitecturas ausentes del siglo xx*, n. 7, pp. 88-96. As well as proving the impossibility of using continuous poured formwork, this chapter also suggests a geometric approach using a single wing of a gull beam as a section of lens-shaped surface, bisected by two cutting planes.
15. FISAC SERNA, Miguel; ARQUES SOLER, Francisco. *Miguel Fisac*. pp. 166-167.
16. Memoria del proyecto de edificio para escuela apostólica de misioneros del espíritu Santo en Calahorra (Logroño). Miguel Fisac Archive.

REFERENCES

- ASENSIO WANDOSELL, Carlos. 'Miguel Fisac: Ensamblaje con vacíos, 1959-68'. In: *Arquitecturas ausentes del siglo xx*, n. 7. Madrid: Rueda, 2004.
- FISAC SERNA, Miguel. *Documentos de Arquitectura*, n. 10. Almería: Colegio de Arquitectos de Almería, 1989.
- FISAC SERNA, Miguel; ARQUES SOLER, Francisco. *Miguel Fisac*. Madrid: Ediciones Pronaos, D.L, 1996.
- FISAC SERNA, Miguel. *Carta a mis sobrinos (estudiantes de arquitectura)*. Ciudad Real: Fundación Miguel Fisac, 2007.
- FISAC SERNA, Miguel. *Miguel Fisac: Premio Nacional de Arquitectura*, 2002. Madrid: Ministerio de la Vivienda, Secretaría General Técnica, Servicio de Publicaciones, 2009.
- MOYA BLANCO, Luis. 'Iglesia Parroquial de San Esteban'. *Arquitectura*, n. 25, 1961.

