

TYPES OF STRUCTURAL LIMESTONES LIMESTONE OF LIMESTONES: iass

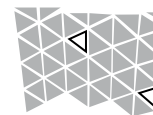
Cassinello, P.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid

All the structural work built throughout History belongs to the cultural weave of the Structural Limestone of Architecture and Engineering, which represent unquestionable and outstanding innovations, as the Abu Simbel Temple, The Agripa Pantheon, The Gothic Cathedral, Eiffel Tower, Crystal Palace, Jena's shell roof, the Salginatobel bridge or the missing Twin Towers of New York amongst others. But there are many other types of Structural Limestone which don't belong to one type of work but to many. There have been revolutionary patents, as the reinforced concrete which was invented by the gardener Monier (1849), or the prestressed concrete patent which was registered by Freyssinet in Paris (1928). These are two outstanding Limestones which, without a doubt have changed the fate of structural form. There are also other Structural Limestones which transgress materials and belong to the restlessness of the thought, and they have been turned into philosophical theories, structural rules, analytic methods, which have been an innovation which have changed the Structural Skeletons.

There are also Limestones of Limestones. As the *Internacional Association of Shell Structures* founded by Eduardo Torroja (1959). An international association born to draw together, to spread, to stimulate, to develop... an innovative limestone of the Structural Limestone's History - The Thin Concrete Shells - which are some of the most admired legacy of the Modern Architecture. An association which is alive today and draws together the knowledge of the new structural limestone on light structures which belong to our vanguard.

Keywords: Limestone, Structural, Architecture, Engineering, Innovation.



TIPOS DE HITOS ESTRUCTURALES HITO DE HITOS: iass

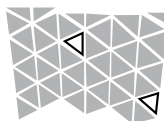
Cassinello, P.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid

Al tejido cultural de Hitos Estructurales de la Arquitectura y la Ingeniería pertenecen todas las obras construidas a lo largo de la Historia que representan indudables y destacadas innovaciones, como lo son, entre muchos otros: El Templo de Abu Simbel, El Panteón de Agripa, la Catedral Gótica, la Torre Eiffel, el Cristal Palace, la cubierta Laminar de Jena, el Salginatobel bridge o las desaparecidas Torres Gemelas de Nueva York. Pero existen otros muchos tipos de Hitos Estructurales. Hitos que no pertenecen a una sola obra. Revolucionarias patentes, como la del hormigón armado, nacido en manos del jardinero Monier (1849), o la del hormigón pretensado, registrada por Freyssinet en Paris (1928). Dos destacados Hitos que sin duda han cambiado el destino de las estructuras. Y también hay otros Hitos Estructurales, que transgrediendo la materia forman parte de la inquietud del pensamiento, y que convertidos en teorías filosóficas, normas, métodos de análisis, ... han marcado un antes y un después para los esqueletos estructurales.

Existen también Hitos de Hitos. Como la *iass Internacional Association for Shell Structures*, creada Eduardo Torroja (1959). Una asociación internacional nacida para aglutinar, difundir, promover, desarrollar, ... un innovador hito de la historia de los tipos estructurales - las estructuras laminares-, que son uno de los más admirados legados de la Arquitectura Moderna. Una asociación que permanece viva, y que hoy en día aglutina el conocimiento de los nuevos hitos de las estructuras ligeras de nuestra actual vanguardia.

Palabras clave: Hito, Estructural, Arquitectura, Ingeniería, Innovación.



THE FRONTÓN RECOLETOS' ROOF NAKED

Lozano-Galant, JA^{1*}, Payà-Zaforteza, I²,

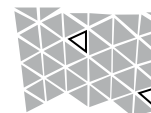
(1) Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil, Ciudad Real, España

(2) ICITECH, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería de la Construcción, Valencia, España

Eduardo Torroja's thin concrete shells stand among the best examples of structural engineering work of the 20th century. At a time when computers did not exist, Torroja's imagination and creativity were not constrained by the limits of the analytical methods available for structural design, and he was able to design and build economically innovative structures of the highest aesthetic quality. One of his major creations was the roof of the Frontón Recoletos, a unique two lobe thin shell that was destroyed during the Spanish Civil War. This paper reviews briefly the history of the Frontón, shows the results of a structural analysis of its roof by several Finite Element (FE) models of different complexity and precision, and compares FE results to those obtained by Torroja [5]. FE results confirm the validity of Torroja's conceptual design. In addition, the paper analyses in detail the influence on the behaviour of the roof from the stiffening ribs that Torroja designed but that never were built. As a result, the paper enables a better understanding of one of the masterpieces of Structural Art, and of simplified and complex shell analysis models, which is useful for the education of engineers as well as for future designs.

Keywords: Thin Concrete Shell, Eduardo Torroja, Finite Element Models, Structural Art, Frontón Recoletos

* joseantonio.lozano@uclm.es



LA CUBIERTA DEL FRONTÓN RECOLETOS AL DESNUDO

Lozano-Galant, JA^{1*}, Payà-Zaforteza, I²,

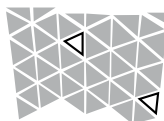
(1) Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil, Ciudad Real, España

(2) ICITECH, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería de la Construcción, Valencia, España

Las láminas de hormigón de Eduardo Torroja son uno de los mejores ejemplos de ingeniería estructural del siglo XX. Proyectadas y construidas en una época en la que los ordenadores no existían, estas estructuras son un claro ejemplo de cómo la inteligencia, creatividad e imaginación de un genio no fueron frenadas por las limitaciones de los métodos de cálculo analíticos existentes en su época y de cómo pueden construirse de forma económica estructuras innovadoras de gran calidad estética. Una de sus obras más destacadas fue la cubierta del Frontón de Recoletos, una espectacular lámina formada por la intersección de dos lóbulos de reducido espesor que fue destruida por la Guerra Civil. Este artículo revisa brevemente la historia del Frontón, sitúa su cubierta en su contexto histórico-técnico y muestra los resultados de un análisis estructural de la cubierta mediante varios modelos de elementos finitos de diferente complejidad y precisión (el análisis incluye el efecto de los anillos de refuerzo que Torroja proyectó pero que no llegaron a construirse). La comparación de los resultados de los modelos numéricos con los proporcionados por Torroja [5] (cálculos manuales y deformaciones medidas en la obra real y en el modelo reducido), permite validar los modelos numéricos empleados y comprender el diseño conceptual y el comportamiento estructural de la lámina. Así, esta investigación permite comprender mejor el funcionamiento estructural de una de las obras maestras del Arte Estructural y de los modelos simplificados empleados en el cálculo de estructuras laminares, lo que resulta de gran utilidad tanto para la educación de ingenieros y arquitectos como para futuros diseños.

Palabras clave: Lámina de hormigón, Eduardo Torroja, Modelos de elementos Finitos, Arte estructural, Frontón Recoletos.

* joseantonio.lozano@uclm.es



THIN CONCRETE SHELL IN THE ARCHITECT'S VISION:
EERO SAARINEN'S KRESGE AUDITORIUM AT MIT

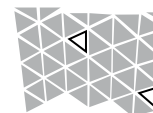
Baglione, C.*

Università Kore di Enna/Politecnico di Milano, Italia

A central figure in the panorama of American architecture in the period after the Second World War, Eero Saarinen produced a number of works in which the relationship of form to structure plays a key role. Works such as the Kresge auditorium at MIT (1950-55), the David S. Ingalls Hockey Rink at Yale (1956-58), the TWA Terminal at New York Airport (1956-62) and the Dulles International Airport at Washington (1958-62) are examples of great spaces based on differing and original structural concepts. Based on an examination of documentation in the Saarinen archives, this contribution focus on the MIT auditorium, analyzing the genesis of the project - engineered by Amman and Whitney - and its construction, and the critical reception of this controversial building, which places itself in the early phase of the 'concrete shells fashion' during the Fifties and the early Sixties. The MIT auditorium is examined as an early example of the architects' interest toward thin concrete shells and as a case-study which raises key issues such as the collaboration between architects and engineering and the growth of interdisciplinary engineering/architectural culture in the Fifties, the role of innovative structural solutions in the research of alternatives to the 'orthodoxy of modern architecture', the reasons of rise and decline of thin concrete shell construction.

Keywords: History of thin concrete shells, Relationship form/structure, Interdisciplinary engineering/architectural culture, Eero Saarinen, MIT auditorium

* chiara.baglione@unikore.it



THIN CONCRETE SHELL EN LA VISIÓN DEL ARQUITECTO:
EL AUDITORIO KRESGE DEL MIT DE EERO SAARINEN

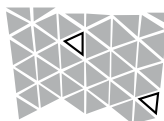
Baglione, C.*

Università Kore di Enna/Politecnico di Milano, Italia

Figura central en el panorama de la arquitectura americana en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial, Eero Saarinen produjo una serie de obras en las cuales la relación forma/estructura juega un papel clave. Obras como el Auditorio Kresge del MIT (1950-55), el David S. Ingalls Hockey Rink a Yale (1956-58), la terminal de TWA en el aeropuerto de Nueva York (1956-62) y el Aeropuerto Internacional de Dulles en Washington (1958-62), son ejemplos de cubiertas de grandes espacios basadas sobre conceptos originales y distintos entre ellos. Esta contribución, basada en el examen de la documentación de los archivos de Saarinen, analiza el Auditorio del MIT, desde la génesis del proyecto - elaborado con la asesoría de los ingenieros Amman & Whitney -, hasta su construcción. Además, aborda la recepción crítica de este controvertido edificio, que se sitúa en la primera fase de la 'moda del cascarón de hormigón', durante los años Cincuenta y principios de los Sesenta. El Auditorio del MIT, considerado entre los primeros ejemplos del interés de los arquitectos hacia las estructuras de cascarón de hormigón, plantea cuestiones clave como la colaboración entre arquitectos e ingenieros y el establecimiento en los años Cincuenta de una cultura interdisciplinaria, el papel de soluciones estructurales innovadoras, como alternativas a la ortodoxia de la arquitectura moderna y, finalmente, las razones del auge y el declive de las construcciones de cascarones de hormigón.

Palabras clave: Historia de los cascarones de hormigón, relación forma/estructura, cultura interdisciplinaria entre arquitectos e ingenieros, Eero Saarinen, MIT Auditorium

* chiara.baglione@unikore.it



FÉLIX CANDELA AND THE MEXICO '68 SPORTS PALACE A LANDMARK OF ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL DESIGN IN MEXICO

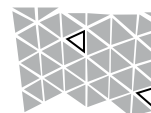
Oliva Salinas, J.G.*, Valdez Olmedo, E.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, Laboratorio de
Estructuras, México

This paper focuses on the Palacio de los Deportes (English: Sports Palace) located in Mexico City and discusses whether it is appropriate to consider it a landmark of architectural and structural design. Firstly, a brief sketch is presented of the events that gave rise to the design of the Sports Palace for the 1968 Olympic Games. This section sets out the various proposals that Mexican architects submitted to the government during those years for the design and construction of one of the most emblematic buildings of the event. Among the projects, an alternative preliminary design by architect Félix Candela, submitted prior to his winning proposal, stands out particularly. Secondly, the design for the construction of the Sports Palace is described, which was awarded to the *Corpore Sano* team, made up of architects Félix Candela, Enrique Castañeda Tamborrel and Antonio Peyri Macía. Details are given of the architectural features of the building, its geometrical development, which is intrinsically linked to its structural behaviour, and the materials used for its construction. Lastly, there is a discussion of the impact of this building, its current use and why it is considered an architectural and structural landmark in Mexico. The purpose of this discussion is to lay the foundations for the establishment of criteria that could be drawn on for other lightweight structures with similar features in terms of concept, design and construction.

Key words: Landmark, Sports Palace, Félix Candela, Olympic Games.

* jgos@unam.mx



FÉLIX CANDELA Y EL PALACIO DE LOS DEPORTES EN MÉXICO 68 Un hito del diseño arquitectónico y estructural en México

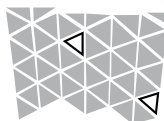
Oliva Salinas, J.G.*, Valdez Olmedo, E.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, Laboratorio de
Estructuras, México

En el presente trabajo, se analiza el Palacio de los Deportes ubicado en la Ciudad de México y se discute la pertinencia de ser considerarlo como un hito en el diseño arquitectónico y estructural. En primera instancia, se relata una breve semblanza sobre los hechos que dieron origen al proyecto del Palacio de los Deportes, en torno a los Juegos Olímpicos de 1968, a través de enunciar las diversas propuestas que los arquitectos mexicanos ofrecieron a la convocatoria del gobierno mexicano en esos años, para el diseño y construcción de uno de los edificios más emblemáticos de dicho evento, destacando un anteproyecto alternativo del arquitecto Félix Candela, previo a su propuesta ganadora. En segundo término se describe el proyecto para la construcción del Palacio de los Deportes otorgado al equipo *Corpore Sano*, conformado por los arquitectos Félix Candela, Enrique Castañeda Tamborrel y Antonio Peyri Macía. Se enuncian sus características arquitectónicas, su desarrollo geométrico asociado intrínsecamente a su comportamiento estructural y los materiales empleados para su construcción. Finalmente se discute sobre la trascendencia de este edificio, sus condiciones actuales de uso y por qué puede ser considerado un hito del diseño arquitectónico y estructural en México, sentando las bases para establecer un criterio que se extrapole a otros edificios con características semejantes, en torno a su concepción, diseño y construcción en el ámbito de las estructuras ligeras.

Palabras clave: Hito, Palacio de los Deportes, Félix Candela, Juegos Olímpicos.

* jgos@unam.mx



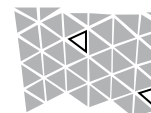
EPHEMERAL ARCHITECTURE AS STRUCTURAL MILESTONE? STUNNING EXHIBITION PAVILIONS IN ITALY IN THE FIFTIES

Savorra, M.*
Università degli studi del Molise, Italy

In the post-war, Italian industry feels the need to identify what has been called a 'cultural policy', while, following U.S. models, it attempts to define an authoritative and recognizable corporate identity. Since the early fifties in some large companies arises the idea of being able to combine the renewal programs of the neo-capitalist theories about public institution with the aesthetic sense of fine artists or cultured engineers. Therefore, in a wide variety of activities, the corporate image is also expressed through spectacular 'advertising architecture'. In particular, the Milan Fair, considered the largest Italian exhibition of postwar, became big business for the main site to show the new facies. Since 1951, communication skills and modern visions of corporate identity are shaped in temporary structures. However, how stunning advertising architectures are designed? How architects and engineers meet customer demands? How does the 'image' of the industry for the general public is built? These works can be considered milestones of structural short lived technology? The contribution aims to answer these questions by analyzing the forms, techniques and decisions taken by the industry in developing large complex systems, temporary facilities, with new pavilions. The contribution also aims to investigate the technical construction of the architecture of Baldessari (Breda, Sidercomit), but also of Bianchetti and Pea (Montecatini, Italcristal), Scoccimarro (Fiat), Zavanella (OM), Bacciocchi (ENI). These architects built stunning pavilions from the technological point of view (no longer existing), which are part of a network composed of words and visual images with a background full of rhetoric and of the 'architectures to communicate'.

Keywords: History of the temporary structures, Ephemeral Pavilions, Advertising Architectures, Technology for Temporary Exhibitions, Relations between architects, engineers and artists.

* massimiliano.savorra@unimol.it



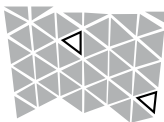
ARQUITECTURA EFÍMERA COMO HITO ESTRUCTURAL? PABELLONES ESPECTACULARES EN ITALIA EN LOS AÑOS CINCUENTA

Savorra, M.*
Università degli studi del Molise, Italy

En la industria italiana de la posguerra se siente la necesidad de identificar una 'política cultural'. Al mismo tiempo, siguiendo los modelos de EE.UU., se quiere individuar una identidad corporativa autoritaria y reconocible. Desde años cincuenta en algunas empresas madura la idea de combinar los programas de innovación neo-capitalista con las teorías americanas sobre las empresas como institución pública y con el sentido de la estética de artistas plásticos e ingenieros cultos. Por lo tanto, en una amplia variedad de actividades de promoción, la imagen corporativa se expresa también a través de la 'arquitectura publicitaria'. En particular, la Feria de Milán, considerada la feria italiana más importante de la posguerra, se convirtió en un gran negocio para mostrar la nueva cara de la industria. Desde 1951, las técnicas de comunicación y las visiones modernas de *corporate identity* toman forma en las estructuras temporales. Pero cómo se han diseñado estas extraordinarias 'arquitecturas de la publicidad'? Como los arquitectos y los ingenieros respondieron a las demandas del cliente? ¿Cómo se construye la 'imagen' de la industria para el público en general? Estas obras pueden ser consideradas hitos de la tecnología efímera estructural? Esta contribución tiene el objetivo de contestar a estas preguntas analizando formas, técnicas y decisiones tomadas por la gran industria en este momento histórico. Además, se investigará sobre la técnica de las arquitecturas de Baldessari (Breda, Sidercomit), sino también de Bianchetti y Pea (Montecatini, Italcristal), Scoccimarro (Fiat), Zavanella (OM), Bacciocchi (ENI). Estos arquitectos construyeron pabellones espectaculares desde el punto de vista tecnológico y formal (que ya no existen), que son parte de una red compuesta de palabras, e imágenes visuales con un contexto visual lleno de retórica y de 'arquitecturas para comunicar'.

Palabras clave: Historia de las estructuras temporales, Pabellones efímeros, Arquitecturas de publicidad, Tecnología para exposiciones, Relaciones entre los arquitectos, ingenieros y artistas.

* massimiliano.savorra@unimol.it



THE WATER TOWER OF THE EXHIBITION OF NIZHNY NOVGOROD FROM 1896

Azpilicueta, E*.

Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura,
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Madrid, Spain

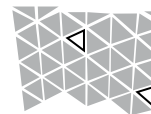
This tower, apparently inspired in the structure of the yurts, was the first of many that were designed, calculated and built by Vladimir Shukhov. Frei Otto considered: "The hyperboloid of Shukhov are generally regarded as the first structures in which the covering membrane and the structure are the same thing."

The main attraction of this structure based on hyperboloids of revolution, ruled surfaces easy to build, is that it is solved with linear pieces of small section. Their arrangement in mesh, thus with very small buckling lengths, makes the linear elements work both in traction and compression. The overall system of stabilization, based on horizontal rings, benefits again from the mesh structure and has the appropriate sections in both compression and traction.

The impact of this structure has been extensive, having influenced great architects and engineers as Torroja, Buckminster Fuller, Schlaich, Frei Otto, Foster, Toyo Ito, Gehry, etc., continuing until today. Its actuality is absolute, as based on minimal use of material. On the other hand this type of structure is particularly suited to be solved with linear pieces of metal, bamboo or composite materials, formed by pultrusion the latter, using in all cases simple attachment systems.

Keywords: Shukhov, Double-curved, Lightweight, Steel, Composite materials

* eazpilicueta@telefonica.net



LA TORRE DE AGUA DE LA EXPOSICIÓN DE NIZHNY NOVGOROD DE 1896

Azpilicueta, E*.

Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura,
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Madrid, España

Esta torre, aparentemente inspirada en la estructura de las yurtas, es la primera de las muchas que proyectó, calculó y construyó Vladimir Shukhov. Tal como dijo Frei Otto: "Los hiperboloides de Shukhov constituyen las primeras estructuras en las cuales la membrana de cobertura y la estructura son la misma cosa".

El mayor atractivo de esta estructura a base de hiperboloides de revolución, superficies regladas de fácil construcción, es que está resuelta con piezas lineales de pequeña sección. Su disposición en malla, por tanto con longitudes de pandeo muy pequeñas, hace que los elementos lineales puedan trabajar tanto en tracción como en compresión.

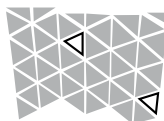
El sistema general de estabilización, a base de anillos horizontales, se beneficia de nuevo de la estructura en malla y tiene las mismas secciones tanto en los de compresión como en los de tracción.

La repercusión de esta estructura es amplia, habiendo influido en grandes arquitectos e ingenieros como Torroja, Buckminster Fuller, Schlaich, Frei Otto, Foster, Toyo Ito, Gehry etc., prolongándose hasta nuestros días.

Su actualidad es total al basarse en mínimo empleo de material. Por otra parte resulta especialmente adecuada para resolverse con piezas lineales metálicas, de bambú o de materiales compuestos, conformados estos últimos por pultrusión, utilizando en todos los casos sistemas de unión sencillos.

Palabras clave: Shukhov, Doble curvatura, Ligereza, Acero, Materiales compuestos.

* eazpilicueta@telefonica.net



GREAT FORMS IN THE GREAT BAROQUE

Compán, V.^{1*}, Cámara, M.¹, Sánchez, J.¹

⁽¹⁾Department of Continuum Mechanics and Structural Analysis, University of Sevilla, Spain.

We introduce the study of the structural behavior of some masonry roofs that rely on a very complex geometry. They are double curvature roofs with warped ribs that were made in the 18th Century, in Central Europe.

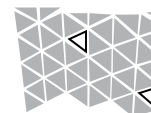
In this context, geometrical definition of this kind of spatial designs presented problems that couldn't be solved until a century later, thanks to Gaspar Monge and the Descriptive Geometry. Until then, in previous treatises, only plane drawings or perspective representation systems were studied, never double curvature surfaces or their intersections.

So, with an insufficient geometrical knowledge to exactly define these complex intersections, building strategies that only got approximate results regarding to the original idea were used.

The most representative examples were made in Germany, in the beginning of the 18th Century, mainly by Dientzenhofer Family and Balthasar Neumann. Thanks to the data extracted in situ from some of these buildings, such as the Chapel of the Residenz in Würzburg or the Vierzehnheiligen Basilica, we have deeply analyzed the building processes and the structural behavior of these masonry roofs.

Keywords: Baroque, double curvature, masonry roof

* compan@us.es



LAS GRANDES FORMAS DEL ALTO BARROCO

Compán, V.^{1*}, Cámara, M.¹, Sánchez, J.¹

⁽¹⁾Departamento de Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, España.

El caso que nos ocupa son la estabilidad de diseños de cubiertas de doble curvatura de gran complejidad geométrica realizadas mediante fábrica de ladrillo en el s. XVIII en Europa Central.

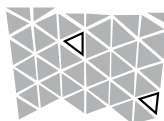
Dar respuesta a la definición geométrica de estos diseños espaciales generaba una problemática que no fue capaz de resolverse hasta un siglo después, una vez sentadas las bases de la Geometría Descriptiva por Gaspar Monge. Anteriormente, los tratados de la época estudiaban los trazados planos o los sistemas de representación en perspectiva, pero en ningún caso la generación de superficies espaciales de doble curvatura y sus intersecciones.

Así, cuando el conocimiento geométrico es insuficiente para definir las complejas intersecciones con exactitud, se recurre a estrategias constructivas que sólo aproximan el resultado final construido al teórico proyectado.

Los ejemplos más representativos se realizaron a principios del siglo XVIII en Alemania, principalmente de la mano de la Familia Dientzenhofer y Balthasar Neumann. La información recabada in situ de algunas de estas iglesias, tales como la Capilla de la Residenz de Würzburg o la Basílica de Vierzehnheiligen, nos ha permitido realizar un análisis más profundo sobre los procesos constructivos y el comportamiento estructural de las mismas.

Palabras clave: Barroco, doble curvatura, fábrica de ladrillo.

* compan@us.es



CONSTRUCTION OF THE BASIN IN CARTAGENA HARBOUR AND THE
FIRST CAREENING DOCKS IN THE MEDITERRANEAN.
A MAJOR MILESTONE IN THE ENLIGHTENMENT
ERA OF THE 18TH CENTURY

Peñalver Martínez, M. J*, Maciá Sánchez, J, Segado Vázquez, F

Technical University of Cartagena, Department of Architecture and
Construction Technology, Cartagena, Spain

The need to erect an arsenal in the city of Cartagena during the 18th century required the construction of an artificial basin in the hidden Mandarache Sea and the creation of an unprecedented infrastructure in the field of hydraulic engineering in the Mediterranean Sea: the careening docks.

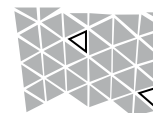
Both projects involved technical struggle against nature requiring the latest expertise for its construction at that time. The study of the designed building solutions, the techniques carried out and the organizational processes performed in these works prove that they are an example on applying the latest know-how at that time by some of the most prominent scientists and technicians in the country.

These works were performed by military engineer Mr. Sebastian Feringán Cortés in cooperation with sailor and scientist Mr Jorge Juan and Santacilia and further consulting with Mr. Antonio de Ulloa.

Such significant underwater works in the Arsenal of Cartagena are stated in the records of the time. Mr Sánchez Taramas (1769) accounts them as unique and considers their study as utterly useful for training future engineers.

Keywords: Maritime engineering, Harbours, Cultural Heritage, Construction, Foundations.

* mjesus.penalver@upct.es



LA CONSTRUCCIÓN DE LA DÁRSENA DEL PUERTO DE CARTAGENA Y
LOS PRIMEROS DIQUES DE CARENA DEL MEDITERRANEO. UN HITO EN
EL CONOCIMIENTO ILUSTRADO DEL SIGLO XVIII

Peñalver Martínez, M. J*, Maciá Sánchez, J, Segado Vázquez, F

Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Arquitectura y
Tecnología de la Edificación, Cartagena, España

La necesidad de erigir un Arsenal en la ciudad de Cartagena durante el siglo XVIII, hizo necesaria la construcción de una dársena artificial en el cegado mar de Mandarache y la creación de una infraestructura sin precedentes en materia de ingeniería hidráulica en el Mediterráneo: los diques de carena.

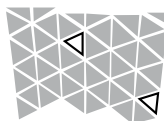
Ambas empresas supusieron la lucha de la técnica contra la naturaleza, y fueron necesarios los más avanzados conocimientos de la época para su materialización. El estudio de las soluciones constructivas diseñadas, las técnicas empleadas y los procesos de organización de estas obras demostrará que son un ejemplo de aplicación del conocimiento más avanzado del momento por parte de algunas de los más relevantes científicos y técnicos del país.

La ejecución de estas obras se realizó de la mano del ingeniero militar Sebastián Feringán Cortés con la colaboración del marino y científico D. Jorge Juan y Santacilia y el asesoramiento de D. Antonio de Ulloa.

De la trascendencia de las obras realizadas bajo el agua en el Arsenal de Cartagena hay constancia en la tratadística de la época. Sánchez Taramas (1769), las juzga de tal singularidad que considera su estudio de gran utilidad para la formación de los jóvenes ingenieros.

Palabras clave: Ingeniería Marítima, Puertos, Patrimonio Cultural, Construcción, Cimentaciones.

* mjesus.penalver@upct.es



ABOUT THE HISTORY OF BRIDGE DESIGN

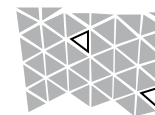
Dicleli, Cengiz*

Institute of Applied Research, Konstanz University of Applied Sciences, Germany

The AEG-Turbine Hall in Huttenstraße in Berlin (1910) marked the beginning of a development, during which architects took over the leadership in the process of planning and designing ambitious industrial buildings in steel-construction. A similar development was under way since quite a time in the field of bridge-building: Whilst in the beginning they only were engaged in pedestrian bridges and those of small span, not later than with the completion of the Erasmus bridge in Rotterdam (architect: Ben van Berkel) architects played an enormous role also in the planning process of wide span bridges. The latest peak of this progress development has been reached in December 2004 with the Viaduct de Millau: While it's British architect Norman Foster was being celebrated as the designer of the bridge, it's structural engineer Michel Virlogeux remained - apart from expert circles - rather unknown to the public.

Keywords: Bridge design, bridge, history of bridge design, Georg Mehlertens, Friedrich Hartmann, Viaduct de Millau

* dicleli@htwg-konstanz.de



LA HISTORIA DEL DISEÑO DEL PUENTE

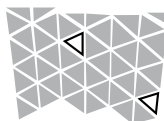
Dicleli, Cengiz*

Institute of Applied Research, Konstanz University of Applied Sciences, Germany

La construcción de la nave de Turbinas de la empresa AEG (en alemán (AEG Turbinenhalle) en 1910. Calle Hutten de Berlín, marcó el inicio de un nuevo desarrollo en el campo de la arquitectura. Arquitectos asumieron la dirección en los procesos de planificación y comenzaron a diseñar y construir ambiciosos edificios industriales de acero. Una evolución parecida se estaba, llevando durante bastante tiempo en el campo de la construcción de puentes. Al principio, los arquitectos se dedican exclusivamente a la construcción de puentes peatonales y a los de pequeño palmo. Sin embargo, cuando el arquitecto Ben Van Berkel, completó el puente de Erasmo en Rotterdam, los arquitectos comenzaron a desempeñar un papel, más importante en el, proceso de planificación de puentes grandes de palmo. Este progreso alcanzó su punto culminante en diciembre de 2004 con el viaducto de Millau. El arquitecto británico, Norman Foster fue celebrado como el diseñador del puente. Pero el ingeniero estructural, Michel Virlogeux quedó-excepto en círculos de expertos-prácticamente desconocido para el público.

Palabras clave: el diseño de los puentes, el puente, la historia del diseño de los puentes, Georg Mehlertens, Friedrich Hartmann, Viaducto de Millau.

* dicleli@htwg-konstanz.de



THE HELICAL PILES. A REVOLUTIONARY FOUNDATION SYSTEM FOR LIGHT METAL STRUCTURES IN XIX CENTURY

Concepción González García de Velasco. Dra. Arquitecta.
Miguel González Vilchez. Dr. Arquitecto.*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas.
Universidad de Sevilla. España.

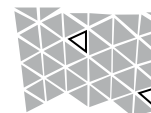
The British engineer Alexander Mitchell in 1834 patented a new foundation system consisting of a metal disk disposed in helical spirals, attached to the end of a pile of wood, to turn it so the pile was inserted easily into the ground to the desired depth. This system of screw piles would reach a wide application in XIX century, when the helical elements, made of cast or wrought iron, were fitted to iron piles.

Most of the iron piers built in the second half of XIX century in the world, were carried out with screw pile foundations. Also in Spain, a big number of piers, bridges and metal structures for lighthouses, were built in cast and wrought iron, inspired by the models designed by Mitchell.

This work studies this foundation system through the authors research in publications in England and Spain. Also the authors discuss some examples of metal structures built in our country with this technology that revolutionized civil engineering in XIX century.

Keywords: Screw piles, Mitchell, Piers, Metal Lighthouses.

* vilchez@us.es



LOS PILOTES ROSCADOS. UN SISTEMA REVOLUCIONARIO EN LAS CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS METÁLICAS LIGERAS EN EL SIGLO XIX.

Concepción González García de Velasco. Dra. Arquitecta.
Miguel González Vilchez. Dr. Arquitecto.*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas.
Universidad de Sevilla. España.

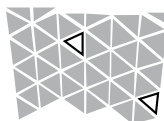
El ingeniero británico Alexander Mitchell patentó en 1834 un nuevo sistema de cimentación consistente en un disco metálico helicoidal, de dos o tres vueltas, de gran saliente que, fijado al extremo de un pilote de madera y al girar éste, hacía que el pilote se introdujera en el terreno con gran facilidad. Este sistema alcanzaría una gran aplicación durante el siglo XIX en los pilotes metálicos, al ejecutarse los elementos helicoidales de fundición o hierro forjado fundidos o roblonados en el propio pilote.

La mayoría de los muelles metálicos que se construyeron en la segunda mitad del siglo XIX en el mundo entero, se ejecutaron con cimentación de pilotes roscados Mitchell. También en nuestro país se construyeron numerosos embarcaderos y puentes, así como faros proyectados con estructuras metálicas ligeras, inspirados en los modelos diseñados por Mitchell.

El presente trabajo estudia este sistema de cimentación a través de las investigaciones llevadas a cabo por los autores en publicaciones técnicas de Inglaterra y España del siglo XIX, y analiza diversos ejemplos de estructuras metálicas cimentadas con esta tecnología que revolucionó la ingeniería civil en su época.

Palabras clave: Pilotes roscados, Mitchell, Embarcaderos, Faros Metálicos.

* vilchez@us.es



RECOVERY OF TRUSSES IN END OF THE 20TH BRIDGES

Bernabeu Larena, Jorge*

(1) ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.
Fundación Miguel Aguiló

Trusses were the great protagonist of the 19th century structures. The appearance of iron was a radical change in the building tradition and the emergence of a new language, typology, processes and new limits in construction. Trusses offered a perfect constructive scheme allowing to form large structures by small pieces and decomposing the problem of bending in tension and compression elements.

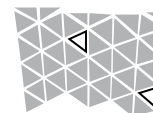
After the Second World War, with the introduction of sheet plates and the improvement of welding bridges began to leave the truss solutions. While the Americans held a higher fidelity, the truss bridges virtually disappeared from Western Europe for over three decades. As the industry developed laminated plates, users had probably an unfavorable visual perception of the truss, like an industrial and more confusing solution.

The communication studies the recovery and development of the truss bridges after the almost total domination of the web plates. We analyze several different approaches to trusses from the 80's are analyzed: the German case, from the achievements of its high-performance rail network, and the French case, as an evolution of prestressed concrete sections. These experiences will result in an update of the type of trusses in bridge decks with a large international development, linked in turn to greater freedom of combination of materials and the conquest of larger spans.

Truss bridges are ideal for testing new cross sections and new formal and expressive possibilities. Today, trusses have taken the place of plate webs as formal and technological resource.

Keywords: Truss, Bridges, Design, Typology, History of construction

* jorge.bernabeu@upm.es



RECUPERACIÓN DE LA CELOSÍA EN LOS PUENTES DE FIN DE SIGLO

Bernabeu Larena, Jorge*

(1) ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.
Fundación Miguel Aguiló

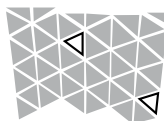
La celosía fue la gran protagonista de las estructuras del XIX. La aparición del hierro supuso un cambio radical de la tradición constructiva y la irrupción de un nuevo lenguaje tipológico, procesos constructivos inéditos y la conquista de nuevos límites. La celosía se impuso como esquema resistente y constructivo perfecto al permitir conformar mediante piezas pequeñas grandes estructuras y descomponer el problema de la flexión en elementos comprimidos y traccionados. Con la introducción de las chapas laminadas y el perfeccionamiento de la soldadura eléctrica, tras la segunda guerra mundial, se comenzaron a abandonar las soluciones en celosía. Aunque los americanos mantuvieron una mayor fidelidad, el puente en celosía desapareció prácticamente de Europa Occidental durante más de tres décadas. A la apuesta de la industria por la chapa laminada se unió probablemente una poco favorable percepción visual de la celosía que se entendía más como una solución industrial y confusa.

La comunicación aborda la recuperación y desarrollo de la celosía en los puentes después del dominio casi total del alma llena. Se analizan varias aproximaciones diferentes al empleo de la celosía a partir de los años 80: el caso alemán, a partir de las realizaciones de su red ferroviaria de altas prestaciones, y el caso francés, como una evolución de las secciones de hormigón pretensado. Estas experiencias redundarán en una actualización de la tipología de celosías en tableros de puentes con un amplio desarrollo internacional, asociado a su vez a una mayor libertad de combinación de materiales y la conquista de grandes luces.

Los puentes en celosía son idóneos para ensayar nuevas secciones transversales y nuevas posibilidades formales y expresivas. En la actualidad, la celosía ha arrebatado al alma llena su protagonismo como recurso formal y tecnológico.

Palabras clave: Celosías, puentes, diseño, tipología, historia de la construcción.

* jorge.bernabeu@upm.es



BRIDGES SOLAR ARCH MADRID: "SAM"

Adell Argilés, JM^{1*} García-Santos, A.²

(1) Catedrático. Universidad Politécnica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAM).
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas (DCTA). Grupo Investigación
Técnicas Innovadoras y Sostenibles de Edificación (TISE-UPM). Madrid, España
(2) Catedrático ETSAM. Director del DCTA-UPM. Director del Grupo TISE-UPM.

The Solar Arch Madrid is developed from the historical need to create a landmark in the capital of Spain. It is projected to be a twisted slender arch 323m high in parabolic shape.

Volumetric Warped Arch: By warping the Arch's geometry, it is possible to get the most out of steel because its spatial inertia is noticeably increased.

A set of similar segments 12x3x3m, rotated 2° from the previous one would be post-tensioned, through which the emergency stairs will run. This will be a unique slender volumetric parabolic arch, with a stainless steel skin that will cause many reflections of the Sun to the city.

Self-leveling lifts: 8 panoramic lifts carrying 30 passengers each will walk through the outside perimeter of the Arch, maintaining the vertical automatically.

Wheel: The underground arch access closes its geometry to create a wheel. All the panoramic elevators move through it from the public access to the highest point.

Turning Restaurant: 300m high, in the key, a 25m wide sphere contains 5 floors including: access, museum, balcony showing city views, services, bar and a revolving restaurant.

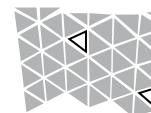
Solar panels all around its skin will provide clean energy to the building and its facilities.

This building will increase the number of visitors to "The gate of Spain", which reinterprets "Puerta del Sol" and the top city view.

Its **building costs**, 60 mill. € investment, is believed to be amortized in 3 years of full capacity services, so it will make big profits in a near future.

Keywords: Arch, key, post-tensioned Steel Structure, Solar Panels, Wheel.

* josepadell@upm.es



MADRID ARCO SOLAR: "MAS"

Adell Argilés, JM^{1*} García-Santos, A.²

(1) Catedrático. Universidad Politécnica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAM).
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas (DCTA). Grupo Investigación
Técnicas Innovadoras y Sostenibles de Edificación (TISE-UPM). Madrid, España
(2) Catedrático ETSAM. Director del DCTA-UPM. Director del Grupo TISE-UPM.

El **Madrid Arco Solar**, basado en la historia, surge ante la necesidad de crear un hito en la capital de España. Sería un arco alabeado de unos 323m de altura y muy esbelto de forma parabólica.

Arco Alabeado Volumétrico: Al albear la geometría del Arco, se obtienen mayores prestaciones del acero al aumentar espacialmente su inercia. Un conjunto de dovelas similares de 12x3x3m y giradas 2° entre sí y postensadas, por donde discurren las escaleras de emergencia, permiten construir un original y esbelto arco con geometría de parábola volumétrica, con acabado de acero inoxidable, para que provoque los múltiples reflejos del sol sobre la ciudad.

Ascensores Autonivelantes: 8 ascensores panorámicos de 30 pasajeros y autonivelantes, recorren exteriormente el perímetro alabeado del Arco, logrando mantener siempre la vertical.

Noria en Arco: Accediendo al Arco por un subterráneo, se cierra su geometría, creándose una noria con el conjunto de ascensores panorámicos para poder subir a la clave del mismo.

Mirador Restaurante Giratorio: A 300m de altura en la clave, una esfera de 25m de diámetro, albergará 5 niveles con acceso, museo, mirador, servicios, cafetería y el restaurante giratorio.

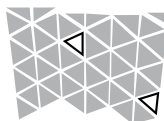
Paneles Solares en su perímetro permiten funcionar al conjunto del Arco y sus instalaciones.

La Puerta del Sol convertida en "Puerta de España", incrementará los visitantes a Madrid.

La **inversión** de 60 millones de euros, se amortiza en 3 años, pasando a dar grandes beneficios.

Palabras clave: Arco; Clave; Estructura Acero Postensada; Paneles Solares; Noria.

* josepadell@upm.es



MASONRY WALLS AND REINFORCED CONCRETE

Muñoz i Soria, G*. Universidad politécnica de Cataluña.
Construcciones arquitectónicas II. Barcelona. España

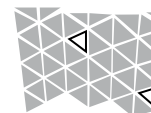
In the 30's, the European construction began to make a change. Countries such as Germany, Switzerland and England, initiated a new path to building production. In contrast, in Spain in the 40's, largely due to the Civil War, the building was still essentially handmade and traditional technologies still used masonry autarkic solutions. So in the late 40's, early 50's, the lack of materials and the concrete boom in Europe led to the union of two types of structural materials: ceramics and concrete.

This communication is about an era, the 50's, which appeared versatile structures based on the mixture between masonry walls and reinforced concrete structure. Because of this reason in Spain emerged a new form of construction, which was based on the placement in specific locations of columns, beams, lintels and concrete joints to stiffen the structure against horizontal actions, producing special construction details out of the ordinary.

The concrete was a change in construction but also improved one of the more traditional techniques of our country. Only then, knowing the techniques of our past, we will know how to conclude new solutions tailored to our times.

Key words: Walls, Reinforced concrete, 50's years, Spain.

* gemma.munoz@upc.edu



LOS MUROS DE CARGA Y EL HORMIGÓN ARMADO

Muñoz i Soria, G*. Universidad politécnica de Cataluña.
Construcciones arquitectónicas II. Barcelona. España

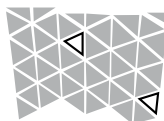
En los años 30, la construcción europea empezaba a realizar un cambio. Países como Alemania, Suiza o Inglaterra, iniciaban un nuevo camino hacia la producción en serie. En cambio, en la España de principios de los 40, en gran parte debido a la Guerra Civil, la construcción seguía siendo fundamentalmente artesanal y se seguían utilizando tecnologías tradicionales de muros de carga de fábrica de ladrillo con soluciones autárquicas. Así pues a finales de los años 40, principios de los 50, la falta de materiales y el auge del hormigón armado en Europa provocaron la unión de dos tipos de materiales estructurales: la cerámica y el hormigón armado.

En esta comunicación se hablará de una época, los años 50, en la que aparecieron estructuras versátiles basadas en la mezcla de muros portantes de cerámica y estructuras porticadas de hormigón armado. De este modo surgió una nueva forma de construcción, que se basaba en la colocación de pilares, vigas, dinteles y uniones de hormigón armado, en lugares específicos para rigidizar la estructura frente a acciones horizontales, produciendo detalles constructivos especiales fuera de lo común.

El hormigón armado no solo produjo un cambio en la construcción sino que mejoró una de las técnicas más tradicionales de nuestro país. Solo así, conociendo las técnicas de nuestro pasado, llegaremos a saber cómo prosperar y podremos concluir soluciones adaptadas a nuestro tiempo actual.

Palabras clave: Muros, Hormigón armado, Años 50, España

* gemma.munoz@upc.edu



LARGE DIMENSION STRUCTURES IN MODERN PROJECTS FOR PUBLIC SPACES

Clemente Magro, Roberto!.*

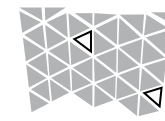
(!) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid,
Departamento de Construcción: España

In order to understand deeply the role that Modern Movement plays inside the Architecture of XXth century, it's crucial to remember the interest paid for Modern Movement's architects to developments in techniques, and to the advances achieved in the field of structures used in buildings. The possibility of using every day recently created materials such as reinforced concrete and certain plastics, joined to the perfect management of steel, constitutes an essential basis to plan new architectural spaces. Thus, the building projected by Mies Van der Rohe on 1953-1954 for the planning council of Chicago's South Side proves to be enormously representative. The master proposes a monumental roof, built with a double family of triangular beams, which reaches great distances (219,40m.) without using supports inside the covered space. The mega-structure of Convention Hall is used for covering a public space that extends at the level of soil, and comes from some structural models planned with steel profiles that were used by the Architect before.

Convention Hall's formal clearness and its powerful structural system had a great influence on the development of famous architects' works all over the world. Francisco Javier Sáenz de Oiza paid deep attention to Convention Hall's project. The result of the apprenticeship aimed by Oiza is showed in the project for a Chapel in Santiago's Path that the architect made with Romani and Oteiza.

Key words: Mies, beams, steel, mega-structure, Oiza.

* estudio.rcm@gmail.com



ESTRUCTURAS DE GRANDES LUCES EN EL PROYECTO MODERNO DEL ESPACIO PÚBLICO

Clemente Magro, Roberto!.*

(!) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid,
Departamento de Construcción: España

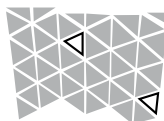
Para comprender en profundidad el papel del Movimiento Moderno en la Arquitectura del siglo XX, resulta crucial recordar el interés que los arquitectos representantes de aquél prestan al desarrollo de la técnica y, en concreto, a los avances conseguidos en el campo de las estructuras de edificación. La posibilidad del empleo habitual de materiales recientemente creados como el hormigón armado y ciertos plásticos, unida al perfecto dominio del acero, constituye un fundamento esencial para plantear nuevos espacios arquitectónicos.

Así, es enormemente representativa la pieza que Mies Van der Rohe proyecta entre 1953 y 1954 para el consejo de planificación del South Side de Chicago. El maestro propone una cubierta monumental conformada por un entramado bidireccional de vigas en celosía salvando grandes luces sin apoyos intermedios (219,40m.). La megaestructura de cubrición, dispuesta sobre un espacio público continuo con la cota +0.00, procede de extrapolar modelos estructurales proyectados con perfiles de acero que el Arquitecto ensayó anteriormente.

La rotundidad formal y el potente sistema estructural del Convention Hall influenciaron el desarrollo de obras de arquitectos de reconocido prestigio por todo el mundo. Es reseñable el profundo seguimiento que de esta obra hace Francisco Javier Sáenz de Oiza. El resultado del aprendizaje conseguido por Oiza se manifiesta en el proyecto de la Capilla del Camino de Santiago, elaborado en coautoría con Romani y Oteiza.

Palabras clave: Mies, vigas, acero, megaestructura, Oiza.

* estudio.rcm@gmail.com



NEW STRESS RIBBON FOOTBRIDGE OVER JUCAR RIVER ABSTRACT

Clemente Ortega, L.R.^{1*}, Rodado López, J.^{2*}

(1) Dirección de Innovación Tecnológica, ACCIONA Infraestructuras, Alcobendas (Madrid), España
(2) División de Estructuras, ACCIONA Ingeniería, Alcobendas (Madrid), España

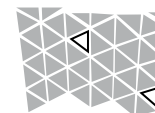
The progress in construction is achieved, among other ways, by using innovative materials in structural elements, highlighting the composites (composite materials of fibre in a polymeric resin matrix) due to its excellent mechanical and durability properties.

ACCIONA has designed and built a stress ribbon pedestrian bridge with three spans 72 m long, resulting a total length of 216 m, to cross Jucar river in Cuenca. The deck consists of reinforced concrete precast segments 3 m wide and only 25 cm deep that are supported by 16 carbon fibre cables anchored at both abutments.

Key words: pedestrian bridge, stress ribbon, Júcar.

* luisrodolfo.clemente.ortega@acciona.es

* juan.rodado.lopez@acciona.es



NUEVA PASARELA BANDA TESA SOBRE EL RÍO JÚCAR

Clemente Ortega, L.R.^{1*}, Rodado López, J.^{2*}

(1) Dirección de Innovación Tecnológica, ACCIONA Infraestructuras, Alcobendas (Madrid), España
(2) División de Estructuras, ACCIONA Ingeniería, Alcobendas (Madrid), España

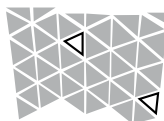
Los avances en la construcción se consiguen, entre otras maneras, con la utilización de materiales innovadores en elementos estructurales, destacando los composites (materiales compuestos de fibra en una matriz de resina polimérica) por sus excelentes prestaciones mecánicas y de durabilidad.

ACCIONA ha diseñado y ejecutado una pasarela peatonal tipo banda tesa con tres vanos de 72 m de longitud cada uno, resultando una longitud total de 216 m, para cruzar el río Júcar en Cuenca. El tablero se compone de dovelas prefabricadas de hormigón armado de 3 m de ancho y apenas 25 cm de espesor que apoyan sobre 16 cables de fibra de carbono anclados a los estribos.

Palabras clave: pasarela, banda tesa, Júcar, composite.

* luisrodolfo.clemente.ortega@acciona.es

* juan.rodado.lopez@acciona.es



ANTISEISMIC ESTRUCTURAL DESIGN INFLUENCE IN THE DISTRIBUTION OF LIGHT IN SPANISH GOTHIC CATHEDRALS

Medina, JM. ^{1*}, Cassinello, P.²

(1) EUATM,UPM. Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Madrid, Esp

(2) ETSAM,UPM. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Madrid, Esp

The history of Gothic cathedral construction is the history of light searching. The massive wall disappears and the light crosses through into the temple as an architectural shaper: this fact defines the transition from Romanic to Gothic and it is considered one of the greatest structural milestones of architectural history.

Spanish cathedrals show two different structural designs: the 'French' and the 'seismic'. These two designs offer different interior shapes and light distribution all over the cathedral.

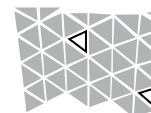
This presentation includes a study and an analysis on how the light spreads around the different areas of the cathedral. It also quantifies the light of two Spanish temples: Toledo's cathedral (French design), and Seville's cathedral (Seismic or 'closed box' design). This is achieved through a three dimension modelling of both cathedrals and its further analysis.

Introducing this new method to analyse and study cathedrals (specifically applied to Gothic cathedrals) will allow us to have a global understanding of Gothic lighting and enhance the appreciation of its singular value.

It also enables us to rehabilitate these special buildings while respecting one of the most important milestones of Gothic architecture: the light.

Key words: Cathedral, Gothic, Light, Structure, Seismically.

* jmmedina@arquired.es



INFLUENCIA DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES ANTISISMICOS DE LAS CATEDRALES GÓTICAS ESPAÑOLAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE SU LUZ INTERIOR.

Medina, JM. ^{1*}, Cassinello, P.²

(1) EUATM,UPM. Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Madrid, Esp

(2) ETSAM,UPM. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Madrid, Esp

La historia de la construcción de las catedrales góticas es la historia de la búsqueda de la luz. La desmaterialización de los muros y la introducción de la luz en los templos como hecho físico modelador del espacio definen la transición del románico al gótico y se considera uno de los grandes hitos estructurales de la historia de la Arquitectura.

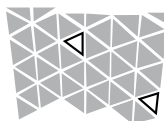
Las catedrales españolas presentan dos tipos estructurales muy diferenciados: el tipo 'francés' y el tipo 'sismico'. Estos dos tipos conllevan configuraciones formales distintas que a su vez derivan en distribuciones luminosas muy singulares.

La presente ponencia estudia como se distribuye, cuantifica y cualifica la luz en dos catedrales españolas de gran singularidad estructural, la Catedral de Toledo, de tipo 'francés' y la Catedral de Sevilla, de tipo 'sismica' o de 'caja cerrada', a través de una recreación en tres dimensiones de las mismas y su posterior análisis cuantitativo.

El novedoso método de estudio que se presenta aplicado a catedrales nos permite alcanzar un conocimiento global la iluminación gótica y que nos aporta un valor añadido al entendimiento de las mismas, capaz de evitar, en muchas ocasiones, intervenciones que adulteren uno de los logros esenciales del gótico: Su luz.

Palabras clave: Catedral, Gótico, Luz, Estructura, Sismico.

* jmmedina@arquired.es



ROOFINGS IN THE SPANISH RAYONNANT GOTHIC STYLE. THE QUEST FOR LIGHT

Noguera, F. ^{1*}, Cassinello, M. J.²

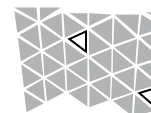
- (1) Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Arte. Cuenca, España.
(2) Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.

The outstanding structural innovations brought in by gothic architecture evolved with the rayonnant style towards a trussing framework enabling glazed walls to exhibit intricate tracery patterns. To achieve such feat, it was necessary to replace the old wooden lean-to roofings, which blocked the passage of light, with new flat, double-pitched or pyramidal roofs, like those used in the León Cathedral, to date the only Spanish cathedral that used any of these solution, enabling to fully clear the nave wall.

This paper presents unpublished documentary evidences and new archaeological findings in the structure of the nave of the Cuenca Cathedral demonstrating that those pyramidal or double-pitched roofs were also built there. These findings -along with other discoveries we have recently published- make it possible to fully reconstruct the original configuration of the nave, which was substantially different from the currently existing layout. In the light of these facts, the Cuenca temple turns out to be closely related to the León Cathedral and the French XIII-Century rayonnant gothic style.

Key words: cathedral, roofings, rayonnant gothic, Cuenca, León

* FranciscoNoguera@uclm.es



LAS CUBIERTAS DEL GÓTICO RADIANTE ESPAÑOL. LA BÚSQUEDA DE LA LUZ

Noguera, F. ^{1*}, Cassinello, M. J.²

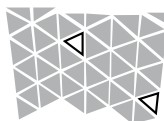
- (1) Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Arte. Cuenca, España.
(2) Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.

Las extraordinarias innovaciones estructurales de la arquitectura gótica evolucionaron con el estilo radiante hasta una armadura donde los muros de cristal podían entregarse a la exhibición de complicadas tracerías. Para alcanzar este logro fue necesario sustituir las cubiertas a un agua de madera, que impedían el paso de la luz, por otras planas, de doble vertiente o piramidales, como las utilizadas en la catedral de León, hasta la fecha la única catedral española donde se ha empleado alguna de estas soluciones, permitiendo el vaciado total del muro de su nave mayor.

El presente trabajo presenta evidencias documentales inéditas y nuevos hallazgos arqueológicos en la estructura de la catedral de Cuenca que demuestran que en su brazo mayor también se construyeron cubiertas de doble vertiente o piramidales. Estos descubrimientos -junto con otros que hemos publicado recientemente- permiten la reconstrucción total de la configuración primitiva del cuerpo de naves, que fue sustancialmente diferente de la actual. A la luz de estos datos, el templo conquense quedaría íntimamente emparentado con la catedral de León y el gótico radiante francés del siglo XIII.

Palabras clave: catedral, cubiertas, gótico radiante, Cuenca, León.

* FranciscoNoguera@uclm.es



THE CONCEPT OF PRESTRESSED APPLIED TO THE BALANCE OF A
GOTHIC ROSE WINDOW. ROSE WINDOW RESTORATION
OF THE MANRESA CATHEDRAL.

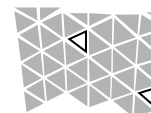
Dr. Brufau Niubó, R.¹*, Martín Sáiz, D.²,

- (1) Doctor Architect, Professor at the Polytechnic University of Catalonia, Department of
Structural Architecture, ETSAV, Sant Cugat del Vallès Barcelona.
Founding member of BOMA, Barcelona.
(2) Architect Managing Partner of BOMA Norte, Getxo, Vizcaya.

Into the resistant behavior of a Gothic rose window there is implicit one of the modern concepts applied in the current structural types: the pre or post-tensioned to compensate tensions due to bending moments. In the medieval construction manuals, such as Villard de Honnecourt, these refer only to formal and geometric issues. However, this concept was applied intuitively by the builders of cathedrals as a fundamental stability mechanism of the plate of the rose window under of the wind load. During the restoration of the rose window at the Cathedral of Manresa, directed by the authors, this method was implemented giving to the analysis a scientific meaning through the Theory of Strength of Materials which was developed five centuries after its construction. This is one of the many structural events that went unnoticed despite of having great importance in the history of architecture.

Keywords: Rose Window, Manresa Cathedral, Prestressed, Restoration, Gothic Architecture.

* robert.brufau@boma.es



EL CONCEPTO DE PRETENSADO APLICADO AL EQUILIBRIO DE UN
ROSETÓN GÓTICO.
RESTAURACIÓN DEL ROSETÓN DE LA SEO DE MANRESA

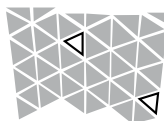
Dr. Brufau Niubó, R.¹*, Martín Sáiz, D.²,

- (1) Doctor Architect, Professor at the Polytechnic University of Catalonia, Department of
Structural Architecture, ETSAV, Sant Cugat del Vallès Barcelona.
Founding member of BOMA, Barcelona.
(2) Architect Managing Partner of BOMA Norte, Getxo, Vizcaya.

Dentro del comportamiento resistente de un rosetón gótico está implícito uno de los conceptos modernos que se aplica en las tipologías estructurales actuales: el pretensado o postensado para compensar las tracciones debidas a la flexión. En los manuales de construcción medievales, como el de Villard de Honnecourt, no se hacía referencia más que a cuestiones formales y geométricas. Sin embargo, este concepto era aplicado intuitivamente por los constructores de catedrales como mecanismo fundamental de estabilidad de la lámina del rosetón frente a las acciones de viento. Durante la restauración del rosetón de la Seo de Manresa, realizado por los autores, se ha puesto en práctica este método de análisis dándole un sentido científico a esa intuición a través de la Teoría de Resistencia de Materiales, desarrollada cinco siglos después de su construcción. Es por lo tanto uno de los muchos hitos estructurales que a pesar de tener gran importancia en la historia de la arquitectura, pasaron desapercibidos en su momento.

Palabras clave: Rosetón, Seo de Manresa, Pretensado, Restauración, Arquitectura gótica.

* robert.brufau@boma.es



SPATIAL ARCH BRIDGES: EVOLUTION AND FUTURE TRENDS.

Jorquera Lucerga, J. J

Civil Engineering Dept. TU Cartagena. Spain.

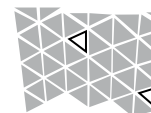
Spatial arch bridges arise firstly as a consequence of new architectural and aesthetic proposals, which tend towards iconic elements in urban environments, within a context dominated by an attitude of absence of formal self-control and over-mastery of structural problems for short and medium-span bridges. They have also arisen to meet functional requirements when arch structures are linked to deck in an unusual way, for example, when an arch supports a horizontally curved deck.

An arch bridge spatial status is mainly due to its geometric configuration, for example, if the deck (or the arch) is curved in plan, when the arch springings and the deck abutments are not at the same location, if the arch is leaning away from the vertical plane, rotated around a vertical (or longitudinal) axis, or placed out of the vertical plane of symmetry of the deck, if the directrix of the arch is a warped curve, etc. In these cases the structural behaviour of an arch bridge extends from the original vertical plane to a three-dimensional configuration.

This paper shows a general overview of the development of the spatial arch bridge, from its predecessors, as Schwandbach Bridge designed by Robert Maillart, to the most recent examples. Some of them are focused on aesthetics, while others, like some outstanding examples of Schlaich or Manterola, unite aesthetic expressivity and orthodox structural behaviour.

Keywords: Arch bridge, spatial, three-dimensional, antifunicular

jorquera1@gmail.com



PUENTES ARCO ESPACIALES: EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS

Jorquera Lucerga, J. J. *

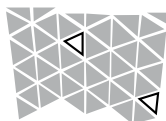
Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Cartagena. España.

Los puentes arco espaciales surgen primeramente como consecuencia de los nuevos planteamientos arquitectónicos y estéticos, tendentes al elemento icónico en entornos urbanos, en un contexto dominado por una actitud de falta de autocontención formal y de sobredominio de los problemas resistentes para los puentes de luces cortas y medias. Asimismo también nacen para satisfacer los requisitos funcionales que aparecen cuando estructuras en arco se vinculan al tablero de maneras no habituales, por ejemplo, en el caso de arcos que sostienen tableros curvos. El carácter espacial de un puente arco viene dado fundamentalmente por su configuración geométrica, como, por ejemplo, cuando el tablero o el arco son de planta curva, si los arranques del arco no coinciden con los estribos del tablero, si el arco está inclinado, girado (bien respecto de un eje longitudinal o vertical) o desplazado lateralmente fuera del eje del tablero, cuando la directriz del arco es una curva alabeada, etc. En estos, y en otros, casos, su comportamiento resistente se extiende del plano vertical original a una configuración espacial tridimensional.

El presente artículo muestra una panorámica general del desarrollo del puente arco espacial, desde sus precursores como el puente de Schwandbach, de Robert Maillart, hasta los ejemplos más recientes, bien con soluciones centradas en la búsqueda formal, bien, como algunas realizaciones de Schlaich o Manterola, buscando aunar expresividad formal y ortodoxia resistente.

Palabras clave: Puente arco, espacial, tridimensional, antifunicular

jorquera1@gmail.com



APPLICATION OF TENSEGRITY GRIDS AS LIGHTWEIGHT STRUCTURES

Gómez-Jáuregui, V.¹*, Otero, C., Arias, R., Manchado, C.

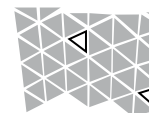
(1) Dpto. Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica, Univ. de Cantabria, España

This paper is divided into four parts: Firstly, as an introduction, the concept of Tensegrity, which manifests the conversion of sculptural landmarks into structural milestones, is explained concisely. Following this, a perspective of the historical proposals for double-layer tensegrity grids (DLTGs) over their relatively short history (60 years) is presented. DLTGs are tensegrity spatial systems containing two parallel networks of members in tension forming the top and bottom chords, whose nodes are linked by vertical and/or inclined web members under compression and tension. In the third part, a new methodology is described mainly in geometrical terms: known as Rot-Umbela Manipulation, it is used for generating DLTGs. Rot-Umbela Manipulations, applied to the upper and/or lower layers of double layer grids (DLGs), either conventional or tensegrity, consist of opening a vertex in the plane for obtaining a certain polygon, which is then rotated by a determined angle. This powerful operation opens an endless catalogue of different types of DLTGs and a very interesting line of research in the field of Tensegrity.

Finally, some applications for these kinds of tensegrity grids are shown, as well as some projects where they have been taken into account. In this way, the most characteristic properties are presented, like lightness, flexibility, efficiency, deployability, capacity of absorbing vibrations, etc.

Keywords: Tensegrity, structures, double-layer, grids, Rot-Umbela

* tensegridad.es@gmail.com



APLICACIÓN DE MALLAS DE TENSEGRIDAD COMO ESTRUCTURAS LIGERAS

Gómez-Jáuregui, V.¹*, Otero, C., Arias, R., Manchado, C.

(1) Dpto. Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica, Univ. de Cantabria, España

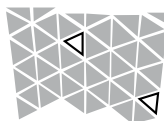
Este trabajo está dividido en cuatro partes. La primera introduce el concepto de Tensegridad, que plasma la conversión del símbolo escultórico al hito estructural. Seguidamente, se presentan las diversas propuestas de mallas tensegríticas de doble capa (MTDC) que se han realizado a lo largo de su corta historia (60 años). Las MTDC son estructuras de Tensegridad que contienen dos mallas tensadas paralelas, conectadas por otra capa intermedia compuesta por elementos comprimidos y traccionados verticales y/o diagonales.

En la tercera parte, se expone una nueva metodología, llamada Manipulación de Rot-Umbela que, de manera eminentemente geométrica, sirve para la generación de nuevas estructuras tensegríticas. Las Manipulaciones de Rot-Umbela, aplicadas a las capas inferior y/o superior de las mallas de doble capa (MDC) convencionales o tensegríticas, consisten en la apertura de cada vértice en un cierto polígono al cual se le aplica una rotación o giro particular. Se consigue así un potente sistema para 'tensegritizar' estructuras espaciales de distintos tipos y abrir una línea de investigación muy interesante en el campo de la Tensegridad.

Finalmente, se muestran algunas aplicaciones para este tipo de mallas tensegríticas, así como proyectos en los que han sido tenidas en cuenta. Se manifiestan de este modo sus propiedades más características, como son la ligereza, flexibilidad, eficiencia, facilidad de plegado, capacidad de absorber vibraciones, etc.

Palabras clave: Tensegridad, estructuras, mallas, doble-capas, Rot-Umbela.

* tensegridad.es@gmail.com



THE RAILROAD BRIDGE OVER THE GOR STREAM (20th CENTURY)

Castillo Martinez, A.¹*

(1) Departamento Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería,
Universidad de Granada, España

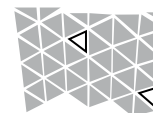
At the beginning of the 20th century, the province of Granada welcomed its late start in the development of large infrastructures for transportation. One of the most important from the technical, economical and communications points of view was the railroad Guadix-Baza, subsequently expanded to connect the Eastern Andalucía with the region of Murcia.

The Bridge over the Gor Stream -built in 1906- was part of the railroad project. It was designed as a metallic cantilever structure, a true structural hit in Spanish public works of that time. A subsequent modification of the railroad project left the structure out of service, and the bridge was dismantled, shortened and moved in 1922 to the village of Dúrcal, where it was rebuilt with some changes over the river with the same name. It served as part of the infrastructure for the tramway lines of the company Tranvías Eléctricos de Granada, with final measures of 188.23 m of length and a maximum height over terrain of 50.83 m.

The objective of this communication is the documentation, study and broadcasting of this bridge, with special attention to the floating screwed structure included in this final version of it in Dúrcal, where the bridge still stands.

Key words: Granada, railroad, heritage, singular structures, bridge

* agustincastillomartinez@gmail.com



EL PUENTE FERROVIARIO SOBRE EL ARROYO DE GOR (S. XX)

Castillo Martinez, A.¹*

(1) Departamento Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería,
Universidad de Granada, España

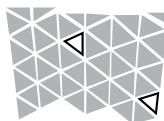
A principios del siglo XX, la provincia de Granada saludaba su tardío comienzo en el desarrollo de las grandes infraestructuras de transporte. Una de las más importantes, por su concepto técnico e impacto económico y de comunicación fue la línea de ferrocarril Guadix-Baza, germen de la que posteriormente uniría el levante andaluz con la región de Murcia.

Como parte del proyecto de esta línea, se construyó en 1906 el Puente sobre el Arroyo de Gor, de estructura metálica en voladizo, auténtico hito estructural en las obras públicas españolas del momento. Una posterior modificación de la línea dejó esta estructura fuera de servicio, y el puente fue desmontado, acortado y trasladado en 1922 a la localidad de Dúrcal, donde se volvió a montar con modificaciones sobre el río del mismo nombre para servir a las líneas tranviarias de la compañía Tranvías Eléctricos de Granada, contando finalmente con 188,23 m de longitud y salvando una altura máxima de 50,83 m.

El objeto de la presente comunicación es la documentación, estudio y difusión de este puente, poniendo especial énfasis en la estructura flotante con bulones que incorpora en esta versión final de Dúrcal, donde aún se conserva.

Palabras clave: Granada, ferrocarril, Patrimonio Histórico, estructuras singulares, puente.

* agustincastillomartinez@gmail.com



VERTICAL MILESTONES as ECONOMY THERMOMETER HIGHRISE versus CRISIS

Pérez, MC¹*

(1) Universidad CEU San Pablo, Dto. de Ingeniería de la Edificación, Madrid, España.

'The desire to reach for the sky runs deep in human psyche'. Towers become MILESTONES, part of the history of technological paradigms.

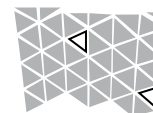
Since the end of the 19th century skyscrapers height stands for the economical power of the country where they are built. As giant thermometers, they measure its wealth.

Which conclusions could we draw comparing skyscrapers versus crisis?

Revealing coincidences are detected if we analyze the relationship between high rises and business cycles: the evolution from the first Chicago skyscrapers to the Empire State and the Depression of 1929; the evolution from postwar towers and the consequent structural rationalism to end up in Petronas and the end of 20th century Asian crisis; the challenging response to the Twin Towers collapse with Taipei 101 and the superb Burj Khalifa finished during the 2008 financial crisis... Overusing the logical building type leads to a crisis; and crisis prevent building high due to the resulting lack of confidence. Crisis force us to rethink the 'how' and 'what for' of skyscrapers, visible icons of an arrogant excess. As an annoying fever protects our body against infections, the uncomfortable crisis prevents society against the squandering of resources. Furthermore, could we predict a crisis realising the beginning of a thoughtless race to be the highest? Is skyscrapers essence evil?

Key words: skyscraper, highrise, milestone, crisis, economy.

* cperezeps@ceu.es



EL HITO VERTICAL COMO TERMÓMETRO DE LA ECONOMÍA RASCACIELOS versus CRISIS

Pérez, MC¹*

(1) Universidad CEU San Pablo, Dto. de Ingeniería de la Edificación, Madrid, España.

El hombre siempre ha anhelado alcanzar el cielo construyendo. Las torres se convierten en HITOS, paradigma de la capacidad tecnológica de su tiempo.

Desde finales del s. XIX hasta hoy la altura de los rascacielos refleja la capacidad económica del país donde se erigen. Como gigantes termómetros, miden dinero.

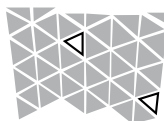
¿Qué lección se extrae de comparar *rascacielos* versus *crisis*?

Si se analiza la relación entre altura alcanzada y coyuntura económica, se detectan reveladoras coincidencias temporales: de los primeros rascacielos de Chicago al Empire State y el crack del 29; de las torres de postguerra racionalizadas por Khan a las Petronas y la crisis asiática de finales del s. XX; de la caída de las Torres Gemelas a la provocación del Burj Khalifa y la crisis financiera de 2008. El agotamiento por abuso del tipo lógico conduce a la crisis que a su vez se vuelve contra la torre por escasez de fondos... La crisis obliga a repensar el 'para qué' y el 'cómo' del rascacielos, convertido en icono visible de la 'pérdida de Norte'. Igual que la molesta fiebre defiende al cuerpo contra infecciones, la incómoda crisis defiende a la sociedad contra el despilfarro.

¿Y viceversa? ¿Podríamos vislumbrar crisis reconociendo el inicio de una pugna irreflexiva por ser el más alto? ¿Es perversa la esencia del rascacielos?

Palabras clave: rascacielos, hito, crisis, economía.

* cperezeps@ceu.es



GEOMETRY, STRUCTURE AND SHAPE. CENTRE GEORGES POMPIDOU

Anaya, J.I.*

(1) Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Madrid, España.

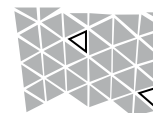
There is no doubt that a great part of the history of architecture and construction engineering of the XX and XXI centuries is linked to the development and evolution of functional surfaces of great structural spans. The introduction of new technologies and construction materials in the second part of the XX century is also contemporary with the demands of applying new programs and with the need of developing new types of high-rise structures, great spans, surfaces of variable technological demands and typological characteristics not experienced until that moment in the fields of engineering and architecture. The engineers and architects have been obliged to face the resolution of those challenges with new scientific and technical knowledge that will be developed in line with the new constructive techniques, hence revolutionizing the production techniques of Architecture.

The George Pompidou Center (1971-1976) made by the architects Richard Rogers, Renzo Piano and the engineers Ted Happold and Peter Rice, opens an innovative vision of the continuous surfaces with great architectural and social impact. Architecture itself becomes the main experimental model with which the most innovative methods of continuous surface design is defined and outlined (flexible space, which can be functionally convertible) calculation and checking of structures (fracture mechanics), like the control and manufacture methods (casting, smelting and precision spin of big and small steel pieces)

This paper tackles the analytic study of the collection of structural and constructive solutions that have been the technical and scientific base for the engineers and architects by the end of the 20th century and at the beginning of the 21st century. They have undertaken a deep change in the production bases of architecture, adding new spatial characterizations with the use of a broad catalog of technical solutions, which will identify and signify those structures as basic conditions and a generating principle of the contemporary architectural shape.

Key Words: Cultural Centers, Great Spans, Steel Structure, Casting, Advanced Technologies.

* jesusanayadiaz@gmail.com



GEOMETRÍA, ESTRUCTURA Y FORMA. CENTRO GEORGE POMPIDOU

Anaya, J.I.*

(1) Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Madrid, España.

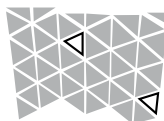
Sin duda gran parte de la historia de la arquitectura y la ingeniería de construcción del s.XX y s.XXI, está ligada con el desarrollo y evolución de las superficies funcionales de grandes luces estructurales. La implantación de nuevas tecnologías y materiales de construcción en la segunda mitad del siglo XX, es también contemporánea, con las exigencias de aplicación de nuevos programas y la necesidad de desarrollar tipos de construcciones en altura, grandes luces, superficies de exigencias tecnológicas variables y características tipológicas no experimentadas hasta ese momento en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura. Los ingenieros y arquitectos se han visto obligados a afrontar la resolución de tales retos, con nuevos conocimientos científicos, técnicos que se desarrollarán paralelamente a la evolución de las nuevas técnicas constructivas, revolucionando así las técnicas de producción de la propia Arquitectura.

El Centro George Pompidou (1971-1976) de los arquitectos Richard Rogers, Renzo Piano y los ingenieros Ted Happold, y Peter Rice, abre una innovadora visión de las superficies continuas de de amplia repercusión arquitectónica y social. La propia arquitectura se convierte en sí misma en el principal modelo experimental para ir definiendo y perfilando los más innovadores métodos de diseño de superficies continuas (Espacio flexible, transformable funcionalmente), cálculo y comprobación de estructuras (Mecánica de rotura), como los métodos de control y fabricación (Moldeo, fundición y centrifugación de precisión de grandes y pequeñas piezas de acero)

Esta ponencia aborda el estudio analítico del conjunto de soluciones estructurales y constructivas que han servido de base técnica y científica a los ingenieros y arquitectos de finales del siglo XX y principios del siglo XXI, que han acometido el profundo cambio de las bases de producción de la arquitectura, incorporando con el uso de un amplio catálogo de soluciones técnicas, nuevas caracterizaciones espaciales, que identificarán y significarán a tales estructuras como condiciones básicas y principio generador de la forma arquitectónica contemporánea.

Palabras clave: Centros Culturales, Grandes Luces, Estructura Acero, Moldeo, Tecnologías Avanzadas

* jesusanayadiaz@gmail.com



DID THERE EXIST A PYTHAGOREAN AT THE FOUNTAINHEAD OF THE "TAULAS" OF MENORCA?

(Monuments of the Talayotic culture dating from V-IV BC.)

Ibáñez Orts, V.*

Sociedad Educación Matemática Comunidad Valenciana Al-Khwarizmi

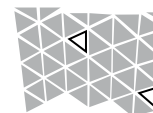
The 'taulas' of Menorca make up a characteristically unique monument of the Talayotic Culture. They consist of two great stone blocks placed one on top of the other in the form of a 'T'. The date of construction is uncertain but could be thought to oscillate between 1500 and 350 BC.

While undertaking this project we have studied these monuments unequivocally and being in possession of ladders, measuring devices and spirit- levels we have measured the principal 'taulas'. As a result we suggest that the dimensions of the capital stone of these 'taulas' follow certain geometric patterns whether they be in arithmetic, geometric or harmonic proportion and therefore those who built it must have belonged to the Pythagorean School. Taking into account the fact that Pythagoras died c. 500 BC., these monuments must have been constructed at a later date.

A variety of rupestrian engravings of a geometric nature are also to be found in Menorcan burial caves which pertain to the Talayotic Culture: these have never been studied from a mathematical point of view. Among these several five-pointed stars are prominent as well as a mysterious triangle which is furrowed with lines and other drawings.

Key words: taulas, Pythagoras, pythagorean school, geometry.

* capblanch@ctves



¿INTERVINO UN PITAGÓRICO EN EL DISEÑO DE LAS TAULAS DE MENORCA? (MONUMENTOS DE LA CULTURA TALAYÓTICA SIGLOS V-IV AC)

Ibáñez Orts, V.*

Sociedad Educación Matemática Comunidad Valenciana Al-Khwarizmi

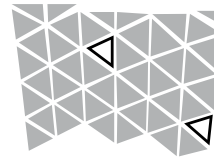
Las taulas de Menorca constituyen un monumento único y característico de la cultura talayótica. Están formados por dos grandes bloques de piedra puestos el uno sobre el otro en forma de 'T'. Su fecha de construcción es incierta, oscilando según los autores entre el año 1500 aC al 350 aC.

En este trabajo hemos estudiado directamente estos monumentos, ya que provistos de escaleras, metros y niveles hemos medido las taulas principales. Como resultado, descubrimos que las dimensiones de su piedra capitel siguen determinadas reglas geométricas, ya sea una proporción aritmética, geométrica o armónica, y por tanto su constructor debió pertenecer a la escuela pitagórica. Como Pitágoras falleció en torno al año 500 aC, se debieron construir en fecha posterior.

También se muestran diversos grabados rupestres de carácter geométrico que aparecen en cuevas de enterramiento menorquinas, que pertenecieron a la cultura talayótica, y a los que nunca se ha prestado atención desde un punto de vista matemático. Entre ellos destacan varias estrellas de cinco puntas, así como un enigmático triángulo surcado de rayas y otros dibujos.

Palabras clave: taulas, Pitágoras, escuela pitagórica, geometría.

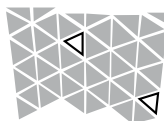
* capblanch@ctves



AREA - B

Diseño Estructural
Structural Desing





ASYMMETRIES, TORSIONS AND ZIG-ZAGS: CONTEXTUAL MUTATIONS OF GENERIC STRUCTURAL MODELS

Arroyo Alba, Pedro Pablo *

Department of Design, School of Architecture, Universidad Europea de Madrid, Spain
Director, CA-Design, Shanghai, China

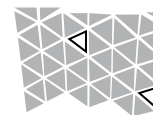
Analysis software tools allow us to simulate, in an almost unlimited way, the geometrical variations of a generic structure. The interest and challenge of contemporary structural design is the customization of structural types due to a specific context, interpreting all sort of local conditions, not only physical, but also cultural, economic, social....

Bridge design, understood as the creation of floating spaces over the waters, more than the solution to a problem of accessibility, is especially interesting for the implementation of this idea, which the author has explored during the development of the works completed in China over the last six years. Among them are the Pucang Road Pedestrian Bridge (finalist in the X Spanish Biennale of Architecture), and the Xidayinggang Bridge (Chinese National Award of Metallic Structures 2010), both located in Qingpu District, Shanghai, China.

The first one is a polyedric tubular truss, with rigid and flexible supports, with a span of fifty meters, deformed in plan and section in order to integrate the visual vectors within the site, as bridges of Chinese classical gardens do. The second is formed by two families of arches that jump over the sides of the deck without intersecting each other, so they create the illusion of an artificial topography of permeable mountains.

Keywords: model, context, simulation, asymmetry, space.

* pedropablo.arroyo@uem.es



ASIMETRÍAS, TORSIONES, ZIG-ZAGS EN DISEÑO DE PUENTES: MUTACIONES CONTEXTUALES DE MODELOS ESTRUCTURALES GENÉRICOS

Arroyo Alba, Pedro Pablo *

Departamento de Proyectos, Escuela de Arquitectura, Universidad Europea de Madrid, España
Director, CA-Design, Shanghai, China

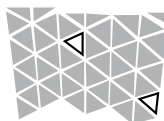
Las herramientas informáticas de análisis nos permiten simular, de manera casi ilimitada, las variaciones geométricas de una estructura genérica. El interés y el reto del diseño de estructuras contemporáneo reside en la customización de esquemas estructurales tipo a un contexto determinado, interpretando todo tipo de condiciones locales, no solo físicas, sino también culturales, económicas, sociales...

El diseño de puentes, entendido como la creación de espacios suspendidos sobre las aguas, más que la solución a un problema de accesibilidad, es especialmente interesante para el desarrollo de esta idea, que el autor ha podido explorar durante las obras completadas en China los seis últimos años. Entre ellos se encuentra el Puente Peatonal de Pucang Road (finalista de la X Bienal de Arquitectura Española), y el Puente Xidayinggang (Premio Nacional Chino de Construcción Metálica 2010), ambos situados en el distrito de Qingpu, en Shanghai, China.

El primero es una celosía tubular poliédrica apoyada-empotrada, de cincuenta metros de largo, deformada en planta y sección para recoger las direcciones visuales del emplazamiento, como los puentes de los jardines clásicos chinos. El segundo está formado por dos familias de arcos que saltan sin cruzarse a un lado y a otro del tablero, de tal manera que se crea la ilusión de una topografía artificial de montañas permeables.

Palabras clave: modelo, contexto, simulación, asimetría, espacio.

* pedropablo.arroyo@uem.es



DESIGN OF THE ST. PATRICK'S BRIDGE IN CALGARY, CANADA

Blassel, J.-F, McDonagh, M.*, Garcia, D., Royer de Vericourt, R.

RFR, Paris, France

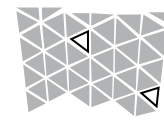
In 2009, the Calgary Municipal Land Corporation held an international design competition for a new pedestrian bridge over the Bow River in downtown Calgary, Canada. RFR SAS, in partnership with an international design team, won the competition with an elegant three-span 180-metre long bridge. The bridge consists of three continuous steel arches, evoking a stone skipping across the river. The two exterior spans feature inclined network arches. The centre span over St. Patrick's Island keeps the arches below the deck, putting the users in closer contact with the surroundings with unobstructed views of downtown. A continuous post-tensioned concrete deck serves as the arch tie.

The design of the bridge has been carried out in an integrated environment, with simultaneous consideration of both architectural and structural concerns, resulting in a project that will be an elegant landmark for Calgary for years to come. The design is now complete and construction will begin in autumn 2011.

The design of the bridge will be discussed, including all the challenges unique to the site, the chosen typology, and the high finish quality. Readers will gain insight into how the design has evolved over time and the reasons behind decisions made, as the design team guided the project from competition entry through to construction.

Key words: Tied arch, Network arch, Architecture, Steel design, Post-tensioned concrete

* michael.mcdonagh@rfr.fr



DISEÑO DEL PUENTE ST. PATRICK'S EN CALGARY, CANADÁ

Blassel, J.-F, McDonagh, M.*, Garcia, D., Royer de Vericourt, R.

RFR, Paris, France

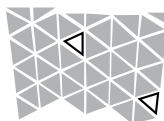
En 2009, "Calgary Municipal Land Corporation" convocó un concurso internacional de diseño para un nuevo puente peatonal sobre el "Bow River" en Calgary, Canadá. RFR, en colaboración con un equipo de diseño internacional, ganó la competición con una elegante estructura de tres tramos de 180 metros. El puente consta de tres arcos continuos de acero, que evocan el rebote de una piedra sobre el río. Los tramos exteriores disponen de arcos inclinados con red de cables que soportan el tablero de hormigón postensado. En el vano central, sobre la isla St. Patrick, los arcos quedan por debajo del tablero, permitiendo a los usuarios un contacto más estrecho con el entorno.

El diseño del puente se ha llevado a cabo teniendo en cuenta tanto la integración de la estructura en su entorno, como su diseño arquitectural y su concepción estructural. Resulta una estructura integrada, elegante y, potencialmente, un futuro emblema para la ciudad. El diseño se ha finalizado y la construcción comenzará en otoño 2011.

El diseño del puente será explicado, incluyendo los retos específicos del lugar, la tipología estructural, la calidad del diseño, y la atención a los detalles. Podrán apreciar cómo el proyecto ha evolucionado con el tiempo y las razones de las decisiones tomadas, desde las fases preliminares para el concurso hasta su próxima construcción.

Palabras clave: Arco atirantado, Red de cables, Arquitectura, Estructura, Acero, hormigón postensado

* michael.mcdonagh@rfr.fr



FERNANDO BUESA ARENA ENLARGEMENT

Catón, J. L.^{1*}, Martínez, J. I.², Sánchez, R.², Gurutzeaga, M.², Aja, P.².

(1) Diputación Foral de Álava, Servicio de Arquitectura, Vitoria, España.
(2) LKS Ingeniería, Vitoria, España.

Fernando Buesa multipurpose Arena, a building owned by Diputación Foral de Álava (Regional Council), has undertaken a number of transformations over the years. It was conceived as a cattle market 35 years ago and, following its latest refurbishment project, it will be able to accommodate 15,000 basketball fans.

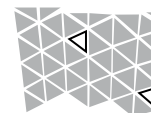
In 1998 J.L. Catón (one of the authors of this synopsis), developed a refurbishment project which achieved a capacity of 9,200 seats by raising the dome 11 m.

The new design includes a new space frame roof structure, with a uniform depth of 2.5 m and a 106 m span, suspended by tensors fixed to new towers that are built with the same rods and joints system. The aim is to increase the height of the internal space, in order to achieve sufficient height for new seating tiers above the existing ones. The new structure is able to meet all the requirements currently expected of a building which may hold large public events. These include large point loads such as scoreboards, sets, speakers, lighting and so on.

The existing dome weighs 1980 kN and was removed from its original setting to its new location by a single manoeuvre of a 13,000 kN Liebherr LR11350 crane. This same crane was then used to raise and place the main body of the new roof structure. This structural element has a 5,500 m² area and weighs 2100 kN.

Key words: Buesa Arena, space frame, heritage

* jlcaton@alava.net



AMPLIACIÓN DEL FERNANDO BUESA ARENA EN VITORIA

Catón, J. L.^{1*}, Martínez, J. I.², Sánchez, R.², Gurutzeaga, M.², Aja, P.².

(1) Diputación Foral de Álava, Servicio de Arquitectura, Vitoria, España.
(2) LKS Ingeniería, Vitoria, España.

El pabellón multiusos Fernando Buesa Arena ha sufrido durante los últimos treinta y cinco años diversas transformaciones desde su origen como mercado municipal de ganado hasta albergar quince mil espectadores.

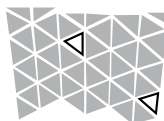
En el año 1998 uno de los autores de la comunicación, J.L. Catón, realizó una reforma del edificio hasta 9,200 espectadores elevando 11 m la cúpula.

Ahora se plantea una nueva estructura de cubierta de tipo espacial con canto constante de 2,40 m y 106 m de luz entre apoyos, suspendida de tensores que se afirman a nuevas torres construidas con el mismo sistema estructural de nudos y barras. Se aumenta la altura interior del espacio consiguiendo un nuevo graderío por encima de los existentes. La nueva estructura es capaz de soportar las solicitaciones que se exigen en estos edificios destinados a grandes acontecimientos públicos que implican la aparición de cargas puntuales significativas como videomarcadores, decorados, altavoces, iluminación, etc.

La cúpula existente, que pesa 1980 kN se ha retirado en una única maniobra mediante una grúa Liebherr LR11350 de 13,000 kN de capacidad y se ha trasladado a un nuevo emplazamiento próximo para cubrir un espacio público. Con esta misma grúa se ha elevado y colocado en posición el elemento principal de la nueva estructura de cubierta que pesa 2100 kN y cubre 5.500 m².

Palabras clave: Buesa, Arena, estructura, espacial, patrimonio.

* jlcaton@alava.net



GALILEO, MAXWELL, MICHELL, AROCA:
MEASURING THE STRUCTURAL EFFICIENCY

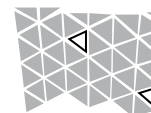
Cervera, J., Vázquez, M.*

Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Estructuras de Edificación, Madrid, España.

What a structural milestone is? From a thermodynamical point of view, the efficiency is the measure that allows to compare solutions for a problem. Galileo was the first to introduce a rule for its measurement, as the ratio of useful weight to the whole supported weight. He foresaw that insurmountable sizes have to exist, those that bound the solution size for each problem and for which the efficiency of optimum solution is zero. A design theory aims to determine the shape for the insurmountable size of each problem and the maximum efficiency for lesser sizes or alternative forms. Only then it is possible to measure the relative merit of any solution and to determine if it is an actual milestone, that is to say, a move toward the maximum efficiency. Later researches by Maxwell, Michell and others enlightened how the optimum shapes could be determined in the case of a unity efficiency (the null self-weight case), but ignoring the general approach of Galileo. Near 1970 Aroca clearly saw the connection between both approaches, defining the properties of the structural form (size, scheme, proportion and thickness) and formulating a new synthesis of the structural design theory. Some examples about how the theory makes the difference between very actual milestones and mere linguistic vanities will be presented. Furthermore, the current shortcomings of the theory will be examined and future research lines will be proposed to address them.

Keywords: design theory, efficiency, structural milestone.

*Mariano.VazquezEsp@UPM.es



GALILEO, MAXWELL, MICHELL, AROCA:
MIDIENDO EL RENDIMIENTO ESTRUCTURAL

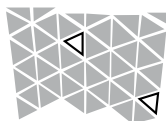
Cervera, J., Vázquez, M.*

Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Estructuras de Edificación, Madrid, España.

¿Qué es un hito estructural? Desde la óptica de la termodinámica, la medida que permite comparar distintas soluciones a un problema es el rendimiento. Galileo fue el primero en introducir una regla para su medida, entendida ésta como razón entre la carga útil soportada y la carga total necesaria, prediciendo la existencia de tamaños insuperables, aquellos que acotan el rango de soluciones a cada problema y para los cuales el rendimiento de la solución óptima es nulo. Una teoría de diseño se plantea, para cada problema, determinar aquellas formas que definen su tamaño insuperable y el máximo rendimiento teórico para tamaños menores o formas alternativas. Así es posible cuantificar el relativo mérito de cualquier solución y determinar si, efectivamente, se trata de un hito, es decir, un avance hacia ese máximo rendimiento. Las investigaciones posteriores de Maxwell, Michell y otros ilustraron cómo determinar las formas óptimas para un rendimiento unidad (peso propio nulo), aunque ignorando el enfoque general de Galileo. Hacia 1970 Aroca vio la conexión entre ambos enfoques, definiendo las propiedades de la forma estructural (tamaño, esquema, proporción y grueso) y formulando una nueva síntesis del diseño de estructuras. Además de ofrecer ejemplos de cómo distinguir entre auténticos hitos y meras vanidades lingüísticas, se examinarán las carencias actuales de la teoría y las líneas de investigación que permitirían subsanarlas.

Palabras clave: hito estructural, rendimiento, diseño.

*Mariano.VazquezEsp@UPM.es



LIGHTWEIGHT TIMBER ROOF STRUCTURE FOR "PALACIO DE DEPORTES DE CARTAGENA"

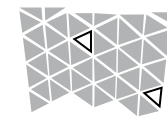
Antón, A.^{1,2*}, Corbal, J.J.¹, González, J.A.^{1,2}

(1) TEMHA SL, A Coruña, España.
(2) Profesor Asociado Universidade da Coruña, España.

The glued laminated timber (glulam) roof structure of the *Palacio de Deportes de Cartagena* covers all the spaces of the building in a single formal solution that comprises all the facilities: sport court, swimming pool, gym, main hall and secondary pavilion. The external geometry of the roof is defined by an irregular surface with variable spatial curvature that adapts to the spaces that get covered underneath. The main structural scheme consists of a set of 17 Glulam trusses arranged in the direction of the minor axis of the building. The geometry of each truss fits to the curved geometry of the surface of the roof, and intermediate supports are placed according to the available spaces determined by the spaces underneath. Each truss is formed by a main central section up to 50m length and maximum height cross-section 1.09m, connected with hinges to the lateral structure and braced with steel ties and timber compression elements. The central section is supported at each end by a glulam cantilever structure. The structure shows the formal capabilities of wood as a structural material. Its advantageous weight-resistance relationship allows the development of long-span roofs, with full industrial production and prefabrication even for complex geometries. Additionally, wood is a very attractive material from the viewpoint of sustainability, because of the lower energy consumption and CO₂ emissions necessary for its manufacture.

Key words: Glued laminated Timber, Spatial Structure, Lightweight Roof, Sport Facility

* anton@temha.com



ESTRUCTURA DE MADERA LAMINADA DE CUBIERTA DEL PALACIO DE DEPORTES DE CARTAGENA

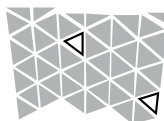
Antón, A.^{1,2*}, Corbal, J.J.¹, González, J.A.^{1,2}

(1) TEMHA SL, A Coruña, España.
(2) Profesor Asociado Universidade da Coruña, España.

La cubierta de madera laminada encolada (MLE) del Palacio de Deportes de Cartagena cubre en una única solución formal los espacios de los que consta la instalación deportiva: piscina, gimnasio, pabellón principal y pabellón secundario. La geometría exterior de la cubierta está definida por una superficie espacial de planta irregular y curvatura variable que se adapta a los elementos que cubre. El esquema estructural principal consiste en un sistema de 17 cerchas de MLE, dispuestas en la dirección del eje menor del edificio. La geometría en alzado de cada cercha se adapta a la geometría y curvatura de la superficie de cubierta y a la posibilidad de disponer puntos de apoyo intermedios en función de los espacios que atraviesa. Cada cercha principal consta de un tramo central biapoyado de hasta 50m de luz y canto máximo 1.09m, atirantado inferiormente con barras de acero y montantes de madera. El tramo central apoya sobre elementos de MLE en voladizo en forma de puntales inclinados. La estructura diseñada muestra las capacidades formales y resistentes de la madera como material estructural. Su relación ventajosa peso-resistencia permite el desarrollo de cubiertas de grandes luces, con una fabricación industrializada y prefabricación completa, incluso para geometrias complejas. Adicionalmente la madera es un material con un gran atractivo desde el punto de vista de la sostenibilidad, por el inferior consumo energético y emisiones de CO₂ necesarias para su fabricación.

Palabras clave: Madera laminada, estructura espacial, cubierta ligera, instalación deportiva

* anton@temha.com



LESLIE E. ROBERTSON, LEARNING FROM EXPERIENCE

Hernando, S¹*, Anaya, J²**.

(1) Assistant at the Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, UPM, Madrid

(2) Associate Professor at the Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas,
UPM, Madrid

The destruction of the World Trade Center Twin Towers in New York has involved countless consequences of all kinds: social, technical and architectural. In architecture it set out a relevant debate on the convenience of constructing high-rise buildings.

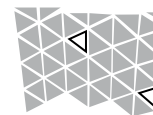
This paper employs the work of the structural engineer Leslie Earl Robertson as a base. It means to be a study of a highly relevant part of Robertson's work, showing the significance of structural design in the architectural outcome of a high-rise building and its evolution from the solutions of light great spans in the framed tubes to the stiffing systems in contemporary solutions, SWFC (Shanghai World Financial Center). With his innovations in structural engineering, Robertson has set new formulations in the design and construction of this building type.

His experience in the structural design of the World Trade Center has been a deciding factor in the type's transformation of the solution of framed tubes and in the constructive application of the materials in high-rise buildings, adding with the use of a broad catalogue of technical solutions, new spatial characterizations that will identify and signify those structures as the generating base of the architectural shape of the contemporary skyscrapers.

Key words: High-rise buildings, Steel Structures, Rigid Frame, Tube-frame structural system, advanced techniques.

* susana.hernando.castro@umpes

** jesuanayadiaz@gmail.com



LESLIE E. ROBERTSON, APRENDIENDO DE LA EXPERIENCIA

Hernando, S¹*, Anaya, J²**

(1) Ayudante Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM, Madrid

(2) Prof. Asociado Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM,
Madrid

La destrucción los edificios de las WTC Twin Towers de New York, ha supuesto innumerables consecuencias de todo tipo, sociales, técnicas y arquitectónicas. En el mundo de la arquitectura planteó una importante discusión la conveniencia de construcción de los edificios de gran altura.

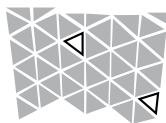
El trabajo del ingeniero estructural Leslie Earl Robertson sirve de base a esta ponencia, un estudio sobre una parte muy relevante de su obra, que muestra la importancia del diseño estructural en el resultado arquitectónico de un edificio de gran altura y su evolución desde las soluciones de grandes luces ligeras en tubos estructurales hasta los sistemas de rigidización en soluciones contemporáneas, SWFC (Shanghai World Financial Center). Con sus innovaciones en la ingeniería estructural, Robertson ha impuesto nuevas formulaciones en el diseño y la construcción de este tipo de edificios.

Su experiencia en el diseño estructural del Trade World Center ha sido determinante en la transformación tipológica de la solución de los tubos estructurales y en la aplicación constructiva de los materiales en los edificios en altura, incorporando con el uso de un amplio catálogo de soluciones técnicas, nuevas caracterizaciones espaciales que identificarán y significarán a tales estructuras como base generadora de la forma arquitectónica de los rascacielos contemporáneos.

Palabras clave: Rascacielos, Estructuras Acero, Estructuras rígidas (Rigid Frame), Tubos estructurales, (Frame Tubes Structure), Técnicas Avanzadas.

* susana.hernando.castro@umpes

** jesuanayadiaz@gmail.com



STRUCTURAL DESIGN. FROM SKETCH TO REALITY

Luis Irisarri*, Josu Goñi, Ivan Uzcudun

(I) LANIK Ingenieros

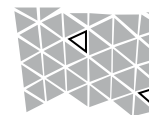
A building borrows of a need. It produces a sketch, an idea of an architect who leads a design. This design needs to meet several criteria: functionality, space, durability, cost, efficiency... To turn that idea into reality is what we call evolution of design. Because it is complex and impossible to summarize we want to focus on the part we know, the structural parts, one of the most complex of the above.

The use of computer tools for design, calculation and manufacturing allows the design process leading to structural solutions of complex shapes without a substantial increment in the cost of these structures. Thus, from LANIK experience in designing lightweight modular structures, we have noted how the development of design and manufacturing technology has been closely linked to the evolution of architectural solutions.

As a last example of this co-evolution, the development of monolayer modular system of manufacturing and assembly, equivalent to the traditional space frame design, has allowed us to reach final monolayer structures at reasonable cost that a few years ago would have been discarded by their high cost. As an example of design processes that end in complex but economically viable solutions we propose the following structures: Mall in the Marineda Plaza shopping center, and the roof structure for Buesa Arena.

Keywords: evolution, transformation, structural solution, single layer structure.

*lirisarri@lanik.com



DISEÑO ESTRUCTURAL. DEL BOCETO A LA REALIDAD

Luis Irisarri*, Josu Goñi, Ivan Uzcudun

(I) LANIK Ingenieros

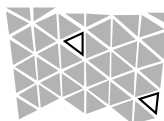
Un edificio nace de una necesidad, que produce un boceto, una idea de un arquitecto que lleva a un diseño. Este diseño necesita ajustarse a muchos criterios: funcionalidad, espacio, durabilidad, coste, eficacia... El convertir esa idea del arquitecto en una realidad es lo que llamamos evolución del diseño. Es un proceso complejo imposible de resumir y por ello nosotros queremos centrarnos en la parte que conocemos, la parte estructural, una de las más complejas de las mencionadas.

El uso de herramientas informáticas de diseño, cálculo y la automatización de la fabricación basada en estas herramientas permite que el proceso de diseño desemboque en soluciones estructurales de formas complejas sin merma notable del coste de dichas estructuras. Así, desde la experiencia de LANIK en el diseño de estructuras modulares ligera, se ha constatado cómo el desarrollo de tecnologías de diseño y fabricación ha ido estrechamente ligada a la evolución de las soluciones arquitectónicas.

Como último ejemplo de esta evolución conjunta, el desarrollo del sistema monocapa modular de fabricación y montaje equivalente a las mallas espaciales tradicionales, ha permitido llegar a diseños definitivos de estructuras monocapa a costes razonables que hace pocos años hubieran sido descartados por su elevado coste. Como ejemplo de procesos de diseño que concluyen en soluciones complejas pero económicamente viables proponemos las siguientes estructuras: Mall del centro comercial Marineda Plaza en la Coruña y estructura de cubierta para el Buesa Arena.

Palabras clave: evolution, transformación, solución estructural, estructura monocapa.

*lirisarri@lanik.com



EVOLUTION AND SUSTAINABILITY OF IN-SITU CONCRETE FLAT SLABS

Liébana O¹*, G. Pulido, MD¹, Gómez Hermoso, J²

(1) Universidad CEU San Pablo, Madrid, Spain

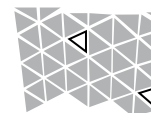
(2) Universidad Politécnica de Madrid, Spain

Use of post-tensioned floors in building structures has been growing in recent years; however, two way solid slabs and one-way precast ribbed floor are still the most used solutions for its simplicity and speed of execution requiring low-skilled people. In many countries the characteristics of this solution make it possible to compete economically with traditional in-situ concrete floor slabs; however, this is not the case in some other countries like Spain. Introduction of sustainability criteria and specialization in construction can allow this system to be introduced in market, which can also mean lower costs, improved performance and focusing on sustainable construction.

Different no standard spans solutions have been studied, in terms of material quantities and it has also been assessed environmental impact using criteria based on CO₂ emission. With these data we can estimate that current situation does not respond to economic reasons, but to a combination of reasons such as lack of technical knowledge of designers or builders, or deficiencies in existing codes. PT slabs will not always be the most suitable and sustainable option, but it should be evaluated as well as other more familiar techniques of construction with updated requirements. Introduction of sustainability criteria in construction must be a necessary evolution.

Key words: sustainability, flat slab, minimum reinforcing ratios, CO₂ emission

* olibana@ceu.es



EVOLUCIÓN Y SOSTENIBILIDAD DE FORJADOS PLANOS IN SITU

Liébana O¹*, G. Pulido, MD¹, Gómez Hermoso, J²

(1) Universidad CEU San Pablo, Madrid, España

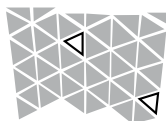
(2) Universidad Politécnica de Madrid, España

La ejecución de forjados postesados en estructuras de edificación ha crecido en los últimos años, sin embargo, las losas macizas para forjados bidireccionales o los forjados unidireccionales de viguetas siguen siendo los más utilizados por su sencillez y rapidez de ejecución, requiriendo baja especialización. En muchos países las características de esta solución hacen posible que compita económicamente con los forjados tradicionales, sin embargo no es el caso en países como España. La introducción de criterios de sostenibilidad y especialización de la construcción puede permitir a este sistema introducirse en el mercado, lo cual se traduciría en menores costes, mejor rendimiento y centrarse en la construcción sostenible.

Se han estudiado diferentes soluciones de luces no singulares, según cuantías, y se ha cuantificado el impacto medioambiental con un criterio basado en las emisiones de CO₂. Con estos datos podemos valorar que el estado actual no responde a razones económicas, sino que responde a una combinación de razones como la falta de conocimientos técnicos de proyectistas y constructores o deficiencias de los códigos en vigor. Los forjados postesados no siempre serán la solución más óptima ni sostenible pero debería evaluarse junto con técnicas más conocidas de la construcción considerando requisitos actualizados. La introducción de criterios de sostenibilidad en construcción debe ser una evolución necesaria.

Palabras clave: sostenibilidad, forjado plano, cuantías mínimas, emisiones de CO₂

* olibana@ceu.es



AEROELASTIC COMPLETE MODEL FOR THE BRIDGE OVER THE ALMONTE RIVER IN HIGH SPEED RAILWAY LINE MADRID - EXTREMADURA.

Meana Martinez I^{*}, Capellán Miguel G², Terrés Nicoli, JM³

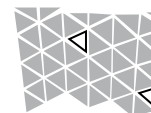
- (1) Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF),
Dirección de Estudios y Proyectos, Madrid, España.
(2) Arenas & Asociados, Ingeniería de Diseño, Santander, España
(3) Oritia y Boreas, Wind Engineering Research Technology

The layout of the High Speed Railway Madrid- Extremadura, crosses the Rio Almonte near Garrovillas de Alconétar (Cáceres, Spain). To skip this orographic barrier, is planned, and currently runs, a concrete arch viaduct type, with ratio span -clearance 1/6 and 384 m of central span. The structure dimensions, the construction process based on successive tightening, the regional wind system and the natural frequencies of the structure, required the analysis of the aeroelastic behavior of the set during different phases.

In fact, the Constructive Project studies the aeroelastic instabilities as flutter, torsional divergency, buffeting or shedding of vortices using a scale, complete and 3D model that was tested in the Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory of the Western Ontario University (Canada), whose methodology and results are presented in this work.

Keywords: aeroelastic model, railway high speed, arch bridge

* imeana@adif.es; Tfno: 647 99 10 00



MODELO AEROELÁSTICO INTEGRAL DEL VIADUCTO SOBRE EL RÍO ALMONTE EN EL EMBALSE DE ALCÁNTARA PARA LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - EXTREMADURA

Meana Martinez I^{*}, Capellán Miguel G², Terrés Nicoli, JM³

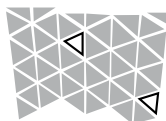
- (1) Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF),
Dirección de Estudios y Proyectos, Madrid, España.
(2) Arenas & Asociados, Ingeniería de Diseño, Santander, España
(3) Oritia y Boreas, Wind Engineering Research Technology

El trazado de la Línea de Alta Velocidad Madrid - Extremadura cruza el Río Almonte en entorno de Garrovillas de Alconétar (Cáceres). Para salvarlo, se ha proyectado, y actualmente se ejecuta, un viaducto tipo arco de hormigón, con relación luz - flecha 1/6 y 384 m de luz central. Las propias dimensiones de la estructura, el procedimiento constructivo previsto, basado en atirantamientos sucesivos, el régimen de vientos del valle en el que se desarrolla la obra y las frecuencias propias de la estructura, exigieron durante el proyecto analizar el comportamiento aeroelástico del conjunto en sus diferentes fases.

En efecto, las inestabilidades por flameo, divergencia torsional, bataneo o desprendimiento de remolinos fueron estudiadas mediante un modelo a escala, integral, tridimensional y ensayado en el Túnel de Viento de Capa Límite de la Universidad de Western Ontario (Canadá), cuya metodología y resultados se exponen en este trabajo.

Palabras clave: modelo aeroelástico, alta velocidad, puente arco de tablero superior

* imeana@adif.es; Tfno: 647 99 10 00



INNOVATION LINES IN THE GENERATION OF STRUCTURAL FORMS: HETERODOX ASWERS TO CLASSIC PROBLEMS

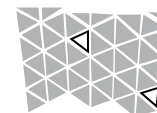
Romo, J*.

MS in Civil Engineering & BA in History, Director FHECOR Ingenieros Consultores SA

The structural types systematically applied in building and bridges are, in general, canonical forms which are selected and adapted to the specific design conditions. This situation could be interpreted as a sign of exhaustion in the generation of structural types. However, there are still lines of exploration that can lead to new structural forms generated when unorthodox structural solutions are applied to conventional functional problems. The structural types systematically applied in building and bridges are, in general, canonical forms which are selected and adapted to the specific design boundaries. One of these lines is the use of alternative resistant systems for the transmission of shear stress, either in full web elements, either in lattices. These solutions are systems with high structural efficiency, in which the stiffeners are eliminated due to the decomposition of a planar web or truss in several sub-panels to brace the elements together. Another possible line of exploring is the use of unorthodox superposed structural systems, surpassing the classicism of the arch-deck, and expanding this idea to other structural configurations. In the field of architecture, the increasing use of facets forms in facades can result in the use of unorthodox resistant systems, with a wide formal range. In roofs, it is possible to generate structural systems with a layout which could follow the main stress directions. Also the use of active cable systems allows a membrane behavior even in the case of arbitrary shapes.

Key words: Innovation, morphology, structural types, active prestress, roof, facade.

* jrm@fhcore.es



LÍNEAS DE INNOVACIÓN EN LA GENERACIÓN DE FORMAS ESTRUTURALES: RESPUESTAS HETERODOXAS A PROBLEMAS CLÁSICOS

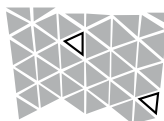
Romo, J*.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Licenciado en Historia. Director FHECOR Ingenieros.

Los tipos estructurales aplicados sistemáticamente en proyectos de puentes y estructuras de edificación son, en general, formas canónicas que se adaptan a la situación de cada obra. Sin embargo, tal y como se verá en la presente comunicación, existen todavía vías de exploración que pueden conducir al alumbramiento de nuevas formas estructurales generadas al dar respuestas heterodoxas a problemas funcionales o resistentes clásicos. Una de estas posibles vías, consiste en el empleo de sistemas resistentes alternativos para la transmisión del esfuerzo cortante, bien en elementos de alma llena, bien en celosías. Se trata de soluciones en las que se eliminan los elementos de rigidización, gracias a la descomposición de un elemento plano en varios sub-paneles que se arriostran entre sí. Otra línea de exploración es la superposición no ortodoxa de sistemas resistentes, sobrepasando el classicismo de la solución arco-tablero. En arquitectura, la creciente facetización de las fachadas, puede tener como consecuencia, el empleo de sistemas resistentes no ortodoxos, con una amplia variedad formal. También es posible la generación de nuevos sistemas estructurales, en cubiertas ligeras, basados en el trazado de la estructura siguiendo las direcciones principales de los esfuerzos de membrana, en combinación con sistemas de cables que permiten el comportamiento anti-funcular incluso conformas arbitrarias.

Palabras clave: Innovación, morfología, tipos estructurales, pretensado activo, cubierta, fachada

* jrm@fhcore.es



METROPOL PARASOL

Sánchez Fernández, Ramón¹, Sánchez de Dios, Ángel¹, Koppitz, Jan-Peter^{2*}, De la Peña, Jose³

(1) Ingeniero de Caminos canales y Puertos. Sacyr

(2) Ingeniero Civil. Arup

(3) Ingeniero de Caminos canales y Puertos. Arup

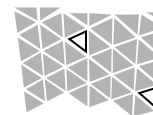
The Project involves the retrofit of a 30000m² plaza in the heart of Seville so as to integrate a traditional market and a museum. The main element of the building is a huge 3D timber structure spanning 50m and rising 25m, called Parasol. Its changing geometry evokes the shape of giant mushrooms that provide shade to the overall plaza. The structure elevates and closes back onto itself allowing the creation of interior spaces to locate a restaurant. A walkway runs on top of the parasol above the city skyline providing superb views.

The timber structure is made out of microlaminated timber beams with variable depths, between 0.80m and 4.50m, arranged in two orthogonal directions 1.5m wide. At every of the 4000 joints there are complex steel pieces that allow for the total connection between one passing beam and the interrupting orthogonal one. An innovative system has been designed for the connections using epoxi based glued-in steel bars. By curing the glued-in bars it is achieved an excellent performance against the high temperatures that are expected to occur at Seville. Timber is protected with a second polyurethane skin to ensure durability.

With this project, architectural new forms, materials innovation and non conventional construction techniques have been pushed to their limits.

Key words: timber, connections, polyurethane, durability, organic.

* Jan-Peter.Koppitz@arup.com



METROPOL PARASOL

Sánchez Fernández, Ramón¹, Sánchez de Dios, Ángel¹, Koppitz, Jan-Peter^{2*}, De la Peña, Jose³

(1) Ingeniero de Caminos canales y Puertos. Sacyr

(2) Ingeniero Civil. Arup

(3) Ingeniero de Caminos canales y Puertos. Arup

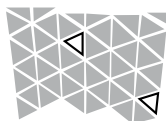
El proyecto consiste en la reordenación y cubrición de una plaza cuya huella se extiende en una superficie de unos 30000 m². La pieza principal está constituida por unos parasoles fungiformes de unos 25 m de altura con luces máximas de 50 m, cuya forma tridimensional permite albergar en su interior un restaurante y un mirador que se prolonga por encima de la cubierta mediante una pasarela que la recorre.

La estructura principal está formada por vigas de madera micro-laminada en una retícula hiperstática y ortogonal de 150m por 150m. Las vigas tienen un canto entre 0.80m y 4.50m, según la geometría arquitectónica. En cada nudo (en número aproximado de 4000), de dicha retícula, hay una conexión de un elemento continuo y dos elementos discontinuos unidos con un innovador sistema de barras encoladas con resina epoxi. Mediante un proceso de postcurado se garantiza el comportamiento de la conexión para las altas temperaturas esperables durante el estío. La estructura se protege mediante una piel de poliuretano que garantiza la durabilidad de la madera.

La singularidad del proyecto se refleja en todos los elementos constructivos. Cada uno de los detalles supone un reto a nivel de exigencias formales y mecánicas de los materiales que los constituyen.

Palabras clave: madera, uniones, durabilidad, poliuretano, orgánica

* Jan-Peter.Koppitz@arup.com



RETRACTABLE STRUCTURES. THE VERSATILITY IN STRUCTURES.

Jon Urien, Juan Letona, José Luis Azkue

(1) Lanik Ingenieros

In the last decade, many multipurpose buildings are designed and built. In order to improve efficiency and rentability, the promoters have ordered installations flexible in its use. In many cases, the versatility of the buildings has been resolved with a transformable architecture. For example: movable roofs and facades.

There are plenty of buildings with large capacity and large dimensions: they actually used some days a year, with low profitability. With these solutions have become multipurpose areas that are covered in all kinds of events (bull, sports, culture, exhibitions, holidays,...)

The retractable structures certainly have the ultimate expression of this versatility that convert an open and exposed site in a covered and protected build in minutes, multiplying the possibilities of use of those buildings.

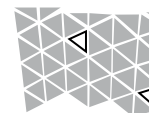
The technological challenge is the controlled movement of large volumes and masses.

We want to explain various structural solutions that allow this in large buildings. The advantages of the structural behavior of the membranes and various geometries that improve building performance.

In addition, we intend to influence the load transfer from the mobile structure to the fixed, how to solve construction problems that occur between them (load transfer, different deformations, types of support ...) and how have all this in mind in the design and manufacturing.

Keywords: retractable, versatility, geometry, load transfer.

jlazkue@lanik.com



ESTRUCTURAS RETRACTILES. LA VERSATILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS.

Jon Urien, Juan Letona, José Luis Azkue *

(1) Lanik Ingenieros

En la última década, se han proyectado y construido muchos edificios polivalentes. En aras a mejorar la Eficiencia y Rentabilidad, los promotores han encargado instalaciones flexibles en cuanto a su uso.

En muchos casos, esta Polivalencia de los edificios ha sido resuelta con una Arquitectura transformable. Por ejemplo: Cubiertas y fachadas desplazables.

Existen abundantes recintos con gran aforo y grandes dimensiones, que en realidad se utilizaban varios días al año, con una escasa rentabilidad. Con estas soluciones han pasado a ser Recintos Polivalentes en los que tienen cabida todo tipo de actos (taurinos, deportivos, culturales, exposiciones, festivos,...)

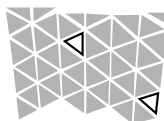
La máxima expresión de esta versatilidad la tienen sin duda las estructuras retractiles, capaces de convertir un espacio abierto y expuesto en una zona cubierta y protegida en minutos multiplicando las posibilidades de uso de los edificios.

El desafío tecnológico es el desplazamiento controlado de grandes volúmenes y grandes masas. Queremos explicar diversas soluciones estructurales que permiten esto en grandes construcciones. Las ventajas del comportamiento estructural de las membranas y las diversas geometrías que mejoran el comportamiento del edificio.

Además, pretendemos incidir en la transmisión de cargas de la parte móvil a la fija, como resolver los problemas constructivos que se producen entre ambas (transmisión de cargas, distintas deformaciones, tipos de apoyos,...) y como tener en cuenta todo esto a la hora de su diseño y fabricación.

Palabras clave: Retractiles, Versatilidad, geometrías, transmisión de cargas.

jlazkue@lanik.com



WIND LOAD EFFECTS OUTSIDE OF THE CODE

Terrés-Nicoli, JM.^{1,2} *, Mans, C.¹, King, P.³.

(1) Oritia & Boreas, Granada, España

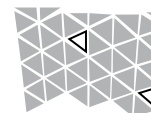
(2) Universidad de Granada, España

(3) AGD Wind Engineering Group, The University of Western Ontario, Canadá

A significant evolution in the structural types and architectural shapes of buildings and bridges has been observed over the last few years, presenting enhanced flexibility, dimensions and energy efficiency. In many cases this results in increased vulnerability to wind action and less capability of the current national standards to properly estimate such effects. Reliable analysis methodologies must consider the proper definition of the wind structure in both time and space. This implies that such studies need to correctly model the atmospheric turbulence characteristics and the atmospheric boundary layer observed in nature. Analysis of the dynamic response to wind loading becomes necessary in many of those cases where wind governs structural design. This paper will present current updated methodologies for estimating equivalent static loads, load combinations, and structural accelerations and how they compare with current European and American standards and recommendations. A number of recent experiences by O&B and the AGD Group will be used as examples, such as the four CTBA towers in Madrid, Torre CajaSol (Sevilla), Ágora (Valencia), the high-speed rail bridge over the Almonte River, Third Millenium Bridge for the 2008 World Expo (Zaragoza) or the America's Cup hub building Veles e Vents (Valencia).

Keywords: wind, wind tunnel, atmospheric boundary layer, atmospheric turbulence, dynamic response.

*terresnicoli@oritaiyboreas.com



ACCIONES DE VIENTO FUERA DE LA NORMATIVA

Terrés-Nicoli, JM.^{1,2} *, Mans, C.¹, King, P.³.

(1) Oritia & Boreas, Granada, España

(2) Universidad de Granada, España

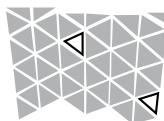
(3) AGD Wind Engineering Group, The University of Western Ontario, Canadá

En los últimos años se ha producido en España una evolución significativa de tipologías estructurales y formas arquitectónicas marcadas por la ligereza, flexibilidad, singularidad, envergadura y la eficiencia energética. En muchos casos, el marco normativo actual es incapaz de contemplar adecuadamente los diversos efectos derivados de la acción del viento: el viento se convierte en la carga dominante de diseño y el estudio de la respuesta dinámica estructural es imprescindible. La única metodología aceptable pasa por la adecuada simulación de la capa límite atmosférica: el perfil de velocidad media y la estructura de la turbulencia atmosférica. Se presentan las técnicas actuales para el análisis fundamentadas en las distintas tipologías de ensayo en capa límite atmosférica y en comparación con la normativa. Se discutirá la necesidad de estudio en capa límite que proporciona una adecuada valorización de la respuesta dinámica, combinaciones de carga equivalente, aceleración y desplazamiento así como velocidades para el confort humano y carga en fachadas ligeras.

Se hará uso de ejemplos de estudios efectuados por O&B - AGD como las cuatro torres de la CTBA (Madrid), Torre CajaSol (Sevilla), Ágora (Valencia), Puente AVE sobre el río Almonte, Puente del Tercer Milenio de Zaragoza o el Veles e Vents (Valencia).

Palabras clave: viento, túnel de viento, capa límite atmosférica, turbulencia atmosférica, respuesta dinámica.

*terresnicoli@oritaiyboreas.com



THE DISAPPEARANCE OF THE STRUCTURAL ANALYSIS BARRIER IN THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL PROJECTS

Rey Rey, J.^{1*}, Fernández Cabo, J.L.²

(1) Mecanismo Ingeniería, Madrid, España.

(2) Universidad Politécnica de Madrid, ETSAM, Dep. de Estructuras, Madrid, España.

Throughout history, many times creator's imagination has gone beyond the technical possibilities of each moment. Many of these new ideas have required long periods of time to materialize until technological and industrial development has reached sufficient development.

These technical limitations have been narrowing up to the current situation when any formal approach can be analyzed from a structural point of view, therefore concluding that the barrier of the structural analysis in the development of an architectural project has disappeared.

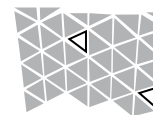
This paper explores how the formulation of the finite element method in the 1950's and the subsequent spread of personal computers, together with drawing (CAD) and structural analysis' (FEM) software in architecture and engineering offices in the 1980's, made the development of any formal proposal for a building possible.

This has caused a revolution at a formal level in architecture, especially in the field of iconic buildings.

This process is studied through the following case studies: Frontón Recoletos, Seagram Building, Habitat '67, Sydney Opera House, Guggenheim Bilbao, Victoria & Albert Museum, Gifu's Crematorium and Beijing CCTV.

Key words: Structural engineering, iconic buildings.

* juan.rey@mecanismo.es



LA DESAPARICIÓN DE LA BARRERA DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN LOS PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS

Rey Rey, J.^{1*}, Fernández Cabo, J.L.²

(1) Mecanismo Ingeniería, Madrid, España.

(2) Universidad Politécnica de Madrid, ETSAM, Dep. de Estructuras, Madrid, España.

A lo largo de la historia en numerosas ocasiones la imaginación de los creadores ha ido por delante de las posibilidades técnicas de cada momento. Muchas de estas nuevas ideas han requerido largos periodos de tiempo para materializarse como realidad construida, hasta que el desarrollo tecnológico e industrial ha alcanzado un desarrollo suficiente.

Estas limitaciones técnicas se han acotado paulatinamente desembocando en la situación actual en la que cualquier planteamiento formal puede ser representado y analizado desde un punto de vista estructural, concluyéndose por tanto que ha desaparecido la barrera del análisis y de la representación gráfica en lo que al desarrollo de los proyectos arquitectónicos se refiere.

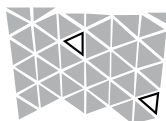
A lo largo del artículo se analiza cómo la formulación del método de los elementos finitos en la década de los 50 y la posterior generalización de los ordenadores personales y de los paquetes de software de dibujo (CAD) y análisis estructural (FEM) en los estudios de arquitectura e ingeniería en la década de los 80 del siglo pasado, posibilitó el desarrollo de cualquier propuesta arquitectónica por compleja que ésta sea.

Esto ha provocado una verdadera revolución a nivel formal en el mundo de la arquitectura, especialmente en el campo de la edificación singular o icónica.

Se estudia este proceso a través de los siguientes casos de estudio: Frontón de Recoletos, Edificio Seagram, Habitat '67, Ópera de Sydney, Guggenheim Bilbao, Victoria & Albert Museum, Crematorio en Gifu y CCTV en Pekin.

Palabras clave: Ingeniería estructural, edificación singular.

* juan.rey@mecanismo.es



SINGULARITIES IN TALL BUILDINGS ANALYSIS AND DESIGN A CASE STUDY: TORRE ESPACIO BUILDING

Serrano Corral, A.^{1*}, Ladrón de Guevara Méndez, G.¹, Castañón Jiménez, C.¹, Martínez Calzón, J.¹

⁽¹⁾ MCZ Estudio de Ingeniería, S.L. Madrid, Spain

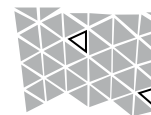
The mankind's aspiration to build higher and higher buildings has involved reaching every time to analysis, design and construction known limits, being this limits continuously broken, progressing from the 213 m high Met Life Tower building, built in 1909, to Burj Khalifa building finished in 2010 with a height of 828 m: all this just in 100 years.

This increase in height requires a continuous improvement in analysis and design of the conditions that governs this kind of building's projects and its works: for example: the effect of wind at high rise, not only from a static point of view, but dynamic too: the deformational and rheologic processes in vertical supports elements in the building during construction and initial service life, users' comfort dynamic conditions, etc.

In this communication, a brief historic evolution of analysis and design of tall buildings is presented, including the milestones that have marked its development. It is also presented the actual techniques practical application to Torre Espacio building's project. Torre Espacio with a height of 219 m above ground level was the first of the skyscrapers built in Madrid beginning the XXI century.

Key words: Tall building, skyscraper, analysis&design, construction process.

* alvaro.serrano@mcz.es



SINGULARIDADES EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICIOS EN ALTURA. EL CASO PARTICULAR DE TORRE ESPACIO.

Serrano Corral, A.^{1*}, Ladrón de Guevara Méndez, G.¹, Castañón Jiménez, C.¹, Martínez Calzón, J.¹

⁽¹⁾ MCZ Estudio de Ingeniería, S.L. Madrid, Spain

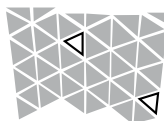
La aspiración del hombre de construir edificios cada vez más altos, le ha llevado a acercarse continuamente a los límites de las técnicas de análisis, diseño y construcción conocidas, superando sucesivamente estos límites para progresar desde los 213 m de altura del edificio *Met Life Tower* de Nueva York, construido en 1909, hasta los 828 m del *Burj Khalifa* en Dubai, terminado en el año 2010, en apenas 100 años.

Esta escalada en altura exige un conocimiento cada vez mejor de las condiciones de análisis y diseño que rigen el proyecto y construcción de este tipo de edificios, como por ejemplo el efecto del viento en altura, no sólo desde el punto de vista estático, sino también dinámico: los procesos deformacionales y reológicos de los elementos de soporte vertical del edificio durante la construcción y los primeros años de servicio: las condiciones dinámicas de confort de los usuarios, etc.

En la presente comunicación se exponen una breve evolución histórica del análisis y diseño de la edificación en altura con los hitos que han marcado su desarrollo, y la aplicación de las técnicas actuales de diseño al edificio Torre Espacio, que con sus 219 m sobre rasante fue el primero de los rascacielos que se han construido a principio del siglo XXI en Madrid.

Palabras clave: Edificio en altura, rascacielos, análisis y diseño, proceso constructivo.

* alvaro.serrano@mcz.es



CABLE STAYED BRIDGE OF TALAVERA DE LA REINA

Sánchez de León R¹

(1) ESTUDIO AIA, Departamento de Obra Civil, Toledo, España.

The new Cable-Stayed Bridge of Talavera de la Reina provides a route over the river with a singular bridge which becomes a landmark structure for the city and the country.

The main span of the cable-stayed bridge is 318 m long, with a width of 36 m and depth of 2.70 m. It carries two traffic lanes and two footways, and also incorporates a central reservation. The deck is suspended of 38 pairs of stays which are anchored to a single inclined tower. The pylon is 192 m high. It is designed back-span stays which are anchored in two underground, mass concrete elements.

A total of 152 stays make up the cable system. It is formed of steel strands with an ultimate strength of 1860 Mpa. The longest stay of the bridge is 411 m long.

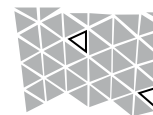
The deck is formed of a concrete hollow section with 4 gaps. The concrete is white along the entire span and the highest characteristic strength is 80 MPa. To transmit the forces from the deck to the stays, transverse trusses are created by the use of post-tensioning steel tubes inside the deck and transverse prestressing in the bottom slab.

The single tower of the bridge is made of white concrete of strength 70MPa. The tower has a cross-section which reduces progressively along the height. In the upper 140m of the tower is a steel box section which is formed of S-355 steel with a 3 m-square cross-section. This steel box contains the anchors for the cables.

A curved concrete viaduct which is 408m will carry the road across the rest of the river width.

Main words: Stay, Concrete, Pylon, Steel-box.

* rsanchezdeleon@estudioaia.com



PUENTE ATIRANTADO DE TALAVERA DE LA REINA

Sánchez de León R¹

(1) ESTUDIO AIA, Departamento de Obra Civil, Toledo, España.

El nuevo Puente Atirantado sobre el río Tajo de la Ronda Sur de Talavera de la Reina cruza el brazo principal del río con una estructura singular que sirve de referente a la ciudad.

Se diseña un puente atirantado con una luz del vano principal de 318 m con un pylon, ancho de tablero de 36 m para acoger 2 calzadas con mediana y aceras, y canto 2.70 m. El tablero se sustenta de 38 parejas de tirantes dispuestos en dos planos que se anclan a un pylon único inclinado de altura 192 m. Se proyectan dos planos de tirantes de retenida anclados a sendos muertos de anclaje de hormigón pretensado y enterrados.

La estructura cuenta con 152 tirantes de acero Y-1860-S7, con 411 m de longitud el más largo.

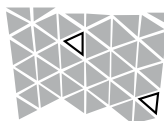
El tablero es de sección cajón con 4 módulos y ejecutado íntegramente en hormigón blanco con resistencias de hasta 80 MPa. Se diseñan diagonales pretensadas interiores y pretensados transversales para transmitir las cargas hasta los anclajes de los tirantes.

El pylon es de hormigón blanco de resistencia 70 MPa, disponiendo de sección variable y una célula metálica de acero S-355. En el interior de la célula se sitúan los anclajes de los tirantes.

El resto de cauce se cruza mediante un viaducto curvo de hormigón pretensado de longitud 408 m.

Palabras clave: Tirante, Hormigón, Pylon, Célula.

* rsanchezdeleon@estudioaia.com



PRESENT ARCHITECTURE-STRUCTURE: PRISONERS OF FREE FORMS

Castañón, C.¹*, Ladrón de Guevara, G.¹, Serrano, A.¹, Martínez-Calzón, J.¹

⁽¹⁾ MC2 Estudio de Ingeniería S.L., Madrid, Spain

Landmark buildings with special features, which are technically challenging, have at all times relied on innovative structures which require new structural types, new analytic procedures, new materials, or the conception and execution of unusual construction processes.

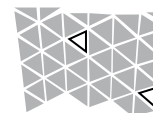
While this is still true nowadays, the omnipresence of computers in all stages of the life-cycle of a building -from design to construction- and more precisely the development of very versatile design software applications, have triggered an outburst of architectures with unthinkable free forms which were only accessible to a select group of architects only a few years ago.

Contemporary engineering has to deal with these new designs, which often aren't realizable unless they have a previously conceived bearing structural scheme embedded in their form. The Spanish Pavilion for the Shanghai Expo is definitely an example of such design.

The engineering of a free form requires an open minded approach in order to establish the most suitable archetypal structural system -or combination of systems- which best merges into its geometry, making use of its own form. This approach is only possible through a deep understanding of the inherent structural behavior a shape may give rise to, a process greatly aided through the use of flexible computer software.

Keywords: free forms, computers, architecture-structure.

* carlos.castanon@mc2.es



ARQUITECTURA-ESTRUCTURA ACTUAL: PRISIONEROS DE LAS FORMAS LIBRES

Castañón, C.¹*, Ladrón de Guevara, G.¹, Serrano, A.¹, Martínez-Calzón, J.¹

⁽¹⁾ MC2 Estudio de Ingeniería S.L., Madrid, Spain

En todas las épocas, ciertos edificios singulares, de especiales características o dificultad técnica, han requerido una estructura innovadora para hacerlos realidad, necesitando incorporar nuevas tipologías estructurales, nuevos procedimientos analíticos, nuevos materiales, o la concepción y ejecución de procesos constructivos inusuales.

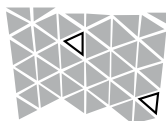
En la actualidad esto sigue siendo cierto, si bien la omnipresencia de los ordenadores en todas las etapas de la vida del proyecto de un edificio -desde su concepción hasta su construcción-, y en especial, el desarrollo de programas informáticos de diseño muy versátiles, ha propiciado una explosión de arquitecturas con formas libres impensables, que hace pocos años estaban reservadas a un grupo exclusivo de arquitectos.

La ingeniería actual ha de hacer frente a estas nuevas concepciones, que muchas veces no son resolubles a no ser que lleven intrínseca en su forma un esquema resistente previamente ideado. El Pabellón de España para la Expo de Shanghai es un ejemplo de este proceder.

La búsqueda de la estructura que resuelva una forma libre requiere un planteamiento abierto a la hora de abordar su diseño, tratando de encontrar la tipología estructural más conveniente que mejor se adapte a dicha forma, haciendo el mejor uso de la misma. Esta manera de abordar la estructura requiere un conocimiento profundo del comportamiento estructural inherente a la forma, un proceso que el empleo de herramientas informáticas flexibles facilita.

Palabras clave: formas libres, ordenadores, arquitectura-estructura.

* carlos.castanon@mc2.es



SANTA CATERINA MARKET ROOF IN BARCELONA.
ENGINEERING AND ARCHITECTURE INTERTWINED.

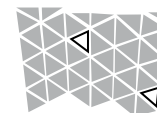
Velasco-Rivas, JM¹

(1) Amatria Ingenieria, Barcelona, Spain

Architecture and engineering are the same on the roof of the Santa Caterina Market in Barcelona. The roof consists of a set of wooden vaults which are supported by steel beams. The whole structure is a wood-steel composite structure. The forms are out of any geometric rules, without two equal pieces. Structure and form, shape and design, calculation and process, and the time during the design mix and join to form a single unit. The materials and structural forms are themselves the ideas. The desire of the architect, Enric Miralles, using traditional materials, wood, steel, concrete, ceramic turn out in a structure in which each is presented in its truth. Timber speaks of preparation, measure and cut hands-eyed master work process. The steel is supplied in tubes and plates, as technology developed. Concrete asks simplicity and hands to give any form. Also, there is cables and hangers. Without two equal parts throughout the structure and time, which is the channel of the process. Without two equal parts throughout the structure. The article presents the origin of cover, how it appears, how it was resolved, how the process itself is beauty and how intertwined architecture and engineering to achieve the final structure.

Key words: Vaults, Timber, Steel, Miralles, Tagliabue.

*velasco@amatria.com



CUBIERTA DEL MERCADO DE SANTA CATERINA EN BARCELONA.
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ENTRELAZADAS

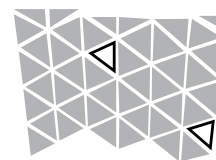
Velasco-Rivas, JM¹

(1) Amatria Ingenieria, Barcelona, Spain

Arquitectura e ingeniería son lo mismo en la cubierta del Mercado de Santa Caterina en Barcelona. La cubierta está formada por un conjunto de bóvedas de madera que se sustentan en vigas de acero. La estructura en su conjunto es una estructura mixta madera-acero. Las formas quedan fuera de cualquier regla. Estructura y forma, forma y diseño, cálculo y proceso, y el paso del tiempo durante el diseño se mezclan y unen formando una única unidad. Los materiales y las formas estructurales son en sí las ideas. El deseo del arquitecto, Enric Miralles, de utilizar materiales tradicionales, madera, acero, hormigón, cerámica se concreta en una estructura en que cada uno de ellos se presenta en su verdad. La madera habla de elaboración, de manos que miden y cortan de mirada de maestro de obra, de proceso. El acero se presenta en tubos y planchas, como tecnología elaborada. El hormigón pide sencillez y manos de encofrador para dar cualquier forma. A todo ello se unen cables y péndolas sin haber dos piezas iguales en toda la estructura; y el tiempo, que es el cauce del proceso. En el artículo se trata de presentar el origen de la cubierta, cómo aparece, cómo fue resuelta, cómo el proceso en sí mismo es belleza y cómo arquitectura e ingeniería se entrelazaron para conseguir la estructura final.

Palabras clave: Bóvedas, Madera, Acero, Miralles, Tagliabue.

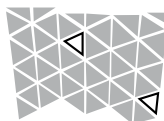
*velasco@amatria.com



AREA - C

Análisis Estructural
Structural Analysis





SEISMIC VULNERABILITY OF NO REINFORCED MASONRY IN
BARCELONA'S 'EIXAMPLE'.
COMPARISON ANALYSIS MODELS: EQUIVALENT FRAME AND
CLOSED BOX MODEL

Ramón Gonzalez-Drigo^{1,*}, Jorge Avila-Haro¹, Giuseppe Gugliotta^{2,3,*}, Magly R. Terronez⁴

(1) Departamento de Resistencia de materiales y estructuras en la ingeniería. EUETIB, UPC.
Barcelona, Spain

(2) Estudios y Cálculos Pi Group - Estudio de Ingeniería, Barcelona, Spain

(3) Università della Calabria, Rende, Italy

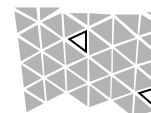
(4) Politecnico di Bari, Bari, Italy

Most masonry buildings constructed without seismic criteria, currently represent the subject of studies to assess seismic vulnerability. Despite the large number of models of masonry analysis structures, most of them verified and tested, the models used to obtain engineering results are essentially two: the model of equivalent frames which models resistant elements, vertical and horizontal, forming a latticed space of frames; the 'closed box' model, which models the walls of a building in the manner in which the movements of a wall are directly related to the connecting walls and floor, according to the kinematics of the 'closed box', in which the cover, which represents the behavior of the floor, links the side walls to move together. Using these two models, a no reinforced masonry building, constructed in 1930 and located in Barcelona's 'Eixample' neighborhood, was studied. A dynamic analysis and push-over were carried out, constructing displacement capacity curves and the displacement available, or alternatively, the fragility curves. The overview of the curves indicates the critical directions, i.e. the most vulnerable ones.

Keywords: masonry, structural model, seismic vulnerability, fragility curve.

* jose.ramon.gonzalez@upc.edu

* giuseppe@pigroupes



VULNERABILIDAD SISMICA DE UN EDIFICIO DE MAMPOSTERIA NO
REFORZADA DE 'L'EIXAMPLE' DE BARCELONA: COMPARCIÓN DE
MODELO DE PORTICOS EQUIVALENTES Y MODELO DE CAJA CERRADA

Ramón Gonzalez-Drigo^{1,*}, Jorge Avila-Haro¹, Giuseppe Gugliotta^{2,3,*}, Magly R. Terronez⁴

(1) Departamento de Resistencia de materiales y estructuras en la ingeniería. EUETIB, UPC.
Barcelona, Spain

(2) Estudios y Cálculos Pi Group - Estudio de Ingeniería, Barcelona, Spain

(3) Università della Calabria, Rende, Italy

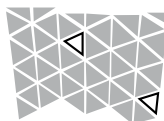
(4) Politecnico di Bari, Bari, Italy

La mayoría de edificios de mampostería, construidos sin criterios antisísmicos, representan actualmente objeto de estudio para evaluar la vulnerabilidad sísmica. No obstante la gran propuestas de modelos de cálculo para elementos de fábrica refinados y testados, los modelos usados para la obtención de resultados prácticos son esencialmente dos: el modelo de pórticos equivalentes, que modela los elementos resistentes, verticales y horizontales, formando un entramado espacial de pórticos; el modelo de 'caja cerrada' que modela las paredes del edificio de manera que los desplazamientos de una pared son relacionados a las paredes conectadas directamente y a nivel de forjado según la cinemática de la 'caja cerrada', donde la tapa, que representa el comportamiento del forjado, vincula las paredes laterales a moverse en conjunto. Con estos dos modelos se estudia un edificio del 1930, realizando análisis dinámicas y push-over, construyendo curvas de capacidad de desplazamiento y desplazamiento disponible o, en modo alternativo, las curvas de fragilidad. La visión de conjunto de las curvas individua las direcciones críticas de mayor vulnerabilidad.

Palabras clave: Mampostería, Modelo estructural, Vulnerabilidad sísmica, Curva de fragilidad.

* jose.ramon.gonzalez@upc.edu

* giuseppe@pigroupes



MODELATION FROM TESTS OF THE ELASTO-PLASTIC BEHAVIOUR OF
THE SLO NODE FOR THE CALCULATION IN A SECOND PLANE OF THE
SECURITY FACTOR AGAINST A GLOBAL BUCKLING
IN THE SINGLE LAYER ESTRUCTURES

Goñi, J.*; Irisarri, L.¹

(1) LANIK I, S.A. San Sebastián, Spain

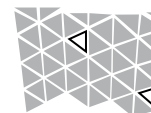
In order to assure the stability of a single layer structure against global buckling, second order methods are needed to be used to take into account the geometrical non linear behaviour of the structure. For these structures, the traditional linear methods based on small deformations hypothesis are not applicable anymore.

For most single layer meshes, the main opponent against global buckling is the geometry itself, mostly if there is double curvature. However, the stiffness against bending has a very relevant roll (comparable to the gyration radius of a compressed straight beam). For this reason, the real bending stiffness of the nodes must be correctly taken into account for a right simulation of the behaviour of a single layer mesh against global buckling.

The process to obtain the load-deformation curves of the SLO node by means of laboratory tests, the implementation of the results of those test in the calculation software as bilinear springs (including the plastic deformation stage) and the application of this simulation to the real case of the Palacio de Comunicaciones of Madrid are exposed in this communication.

Key words: SLO, stiffness, node, buckling, single-layer

* jgoni@lanik.com



MODELIZACIÓN A PARTIR DE ENSAYOS DEL COMPORTAMIENTO
ELASTO-PLÁSTICO DEL NUDO SLO PARA EL CÁLCULO EN SEGUNDO
ORDEN DEL FACTOR DE SEGURIDAD FRENTE A PANDEO GLOBAL
EN ESTRUCTURAS MONOCAPA

Goñi, J.*; Irisarri, L.¹

(1) LANIK I, S.A. San Sebastián, Spain

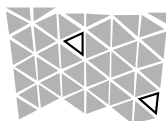
Para asegurar la estabilidad frente a pandeo global de estructuras monocapa es necesario emplear métodos de cálculo de segundo orden que contemplen la no linealidad geométrica de la estructura. Los métodos de cálculo lineales tradicionales basados en la hipótesis de pequeñas deformaciones dejan de ser válidos para este tipo de estructuras.

En una monocapa reticular, en general, la principal oposición al pandeo global viene dada por la propia geometría de la lámina, sobre todo si existe doble curvatura. Sin embargo, la rigidez a flexión juega también un papel muy relevante (semejante al radio de inercia de una viga recta a compresión). Por este motivo, para una correcta simulación del comportamiento real de una estructura reticular monocapa frente al pandeo global es necesario considerar de alguna forma la rigidez a flexión real de los elementos de unión.

Se explica el proceso de obtención de las curvas de carga-deformación a flexión para el nudo SLO mediante ensayos de carga, la implementación de los resultados de dichos ensayos en el programa de cálculo como uniones caracterizadas tipo muelle bilineal (incluyendo la etapa de deformación plástica) y la aplicación de esta caracterización al caso práctico de la cubierta del patio del Palacio de Comunicaciones de Madrid.

Palabras clave: SLO, rigidez, nudo, pandeo, monocapa

* jgoni@lanik.com



DESIGN AND CALCULATION OF EXTERNALLY BONDED COMPOSITE MATERIALS REINFORCEMENT FOR REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Herraiz, B*, Ripa, T

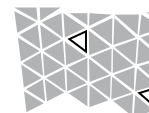
LCA Consultoria Infraestructuras, Madrid, España

Strengthening reinforced concrete structures by means of composite materials is a widely contrasted technique, used for tackling structural needs in a very efficient manner. As a consequence, this technique is widespread used in the civil engineer scope nowadays. Equally, the different material compositions and its structural possibilities, its advantages and disadvantages as well as its specific in situ application requirements are usually well-known by the technicians.

Nevertheless, the structural behaviour and response as well as the mathematical description for this new technique calculation are not so widespread known. Is therefore the main objective of this paper, to try to clarify the steps to be followed when the calculation and sizing of the reinforcements is carried on and equally identify every single material special features and verifications that must be considered. The specific reinforcement calculation process for shear and flexural strengthening, as well as for column confinement will be shown, with special concern and deep analysis about debonding failure modes and anchorage failure modes. Additionally, real numerical examples will be presented, thus the increment of resistance provided to the structure by the composite materials reinforcement could be quantitatively valued.

Keywords: reinforcement, composite materials, calculation, debonding.

* borjaherraiz@lcaingenieria.es



DISEÑO Y CÁLCULO DE REFUERZOS EXTERNOS DE MATERIALES COMPUESTOS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

Herraiz, B*, Ripa, T

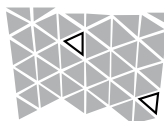
LCA Consultoria Infraestructuras, Madrid, España

El refuerzo de estructuras de hormigón armado mediante materiales compuestos es una técnica cuya validez ha sido extensamente contrastada y que da respuesta a necesidades estructurales de una manera muy satisfactoria. Como consecuencia de esto, su utilización actualmente resulta cada vez más generalizada en el ámbito de la ingeniería civil. Las diferentes composiciones del material y sus posibilidades estructurales, sus ventajas y desventajas, así como sus requerimientos específicos de aplicación en obra suelen ser de igual forma, comúnmente conocidos por los técnicos.

No obstante, el comportamiento y respuesta estructural así como la caracterización atemática para el cálculo de esta nueva técnica no resulta tan ampliamente conocida. Es pues el objeto de esta comunicación, tratar de clarificar el procedimiento a seguir a la hora de efectuar el cálculo y dimensionamiento de los refuerzos e igualmente identificar todas aquellas particularidades del material y comprobaciones que deben de considerarse. Se presentará el proceso de cálculo específico de refuerzos a cortante y flexión, así como para el confinamiento de columnas, con especial atención y análisis en los fallos de unión y anclaje entre el hormigón y el material compuesto. Adicionalmente se expondrán ejemplos numéricos reales, para de esta forma poder apreciar cuantitativamente el incremento resistente que proporcionan a la estructura estos refuerzos de materiales compuestos.

Palabras clave: refuerzos, material compuesto, cálculo, unión.

* borjaherraiz@lcaingenieria.es



STUDY WITH THE ELEMENT FINITE METHOD OF THE "CELLER COOPERATIVO" OF "ROCAFORT DE QUERALT"

Calderón Valdiviezo, L^{1*}, Maristany Carreras, J²,

(1) (2) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Departamento de
Estructuras en la Arquitectura UPC, Barcelona, España

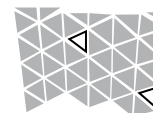
In the present research work analyses the existent pathology in the building the "*Celler Cooperativo*" of "*Rocafort de Queralt*", included in the list of *National Patrimony in Cataluña* and it's work of the Arc. *César Martinell*. This study is based in the Element Finite Method (MEF) in state "*lineal elastic*".

The purpose is to determine cracking patterns in the affected areas of the structure. It should be indicated that it is not intended to ever present a tool to determine the characteristics of the masonry or for maximum force break both compression and traction, but these data are essential for the method can be applied.

The proposed method is quite right, because the cracking pattern coming to obtain at the end of the study is almost equal to the real fissures has scanned area.

Key words: masonry, crack, arc, deformation, stress.

* lucrecia.calderon@upc.edu



ESTUDIO POR MEDIO DE LOS ELEMENTOS FINITOS DEL EDIFICIO HISTÓRICO DEL "CELLER COOPERATIVO" DE "ROCAFORT DE QUERALT"

Calderón Valdiviezo, L^{1*}, Maristany Carreras, J²,

(1) (2) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Departamento de
Estructuras en la Arquitectura UPC, Barcelona, España

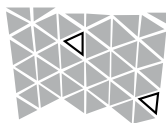
En el presente trabajo se analizan las patologías existentes en el edificio del "*Celler Cooperativo*" de "*Rocafort de Queralt*", incluido dentro del catálogo del Patrimonio Nacional de Cataluña y obra del Arq. *César Martinell*. Para ello se utiliza una metodología basada en el método de los elementos finitos (MEF), en régimen "*elástico lineal*".

La finalidad es llegar a determinar los patrones de fisuración de las zonas afectadas de la estructura. Cabe indicar que no se pretende en ningún momento presentar una herramienta para determinar las características de la fábrica ni para obtener su máxima fuerza de rotura, tanto a compresión como a tracción. Por el contrario, todos estos datos son imprescindibles para la aplicación del proceso.

Como se demuestra, el método propuesto resulta acertado, ya que el patrón de fisuración coincide sensiblemente con las fisuras reales que presenta la zona analizada.

Palabras claves: mampostería, fisura, arco, deformación, tensión.

* lucrecia.calderon@upc.edu



A SIMPLE, DIRECT AND EXACT METHOD FOR STRUCTURAL ANALYSIS WITHOUT SOLVING EQUATION SYSTEMS

Lacort, A. G*

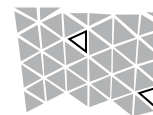
Universidad del Pais Vasco, Departamento de Arquitectura, San Sebastian-Donostia, España

Considering the manual calculation hypotheses, we have previously presented a methodology of equilibrium (1) that analysed in an exact manner certain building frames. The unknown deflection was decomposed into partial deflections of immediate calculation that were subject to certain load conditions. The study proposed an iterative procedure that provided these load conditions accurately without solving equation systems. This study describes a modification that provides the same objective but through other iterations and with both fewer operations and mnemonic rules. The procedure does not distinguish the unknown rotations from the unknown displacements and all the calculations are represented in a diagram that is simple to execute manually and that is governed by a single mnemonic rule that is easy to implement in a computer application. With the purpose of finding the most direct path to the solution, different alternatives are studied. The study is completed with the analysis of a three-dimensional figure that is made up of few elements considering its extensions. The results indicate that it is possible to reduce the number of operations required by matrix algebra to analyse the building frames in an exact manner and within a first-order theory.

Key words: Structural analysis, iterative methods, three-dimensional frames, equilibrium methods

(1) A. Lacort: "Análisis manual aproximado y exacto de pórticos espaciales mediante cargas descompuestas": Inf. Tecnol. Vol. 22(2), 2011

*agustinlacort@euskalnet.net



UN MÉTODO SIMPLE, DIRECTO Y EXACTO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL SIN RESOLVER SISTEMAS DE ECUACIONES

Lacort, A. G*

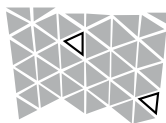
Universidad del Pais Vasco, Departamento de Arquitectura, San Sebastian-Donostia, España

Considerando las hipótesis del cálculo manual, previamente se propuso una metodología de equilibrio (1) que analizaba de manera exacta determinados pórticos de edificación. La deformada incógnita se descomponía en deformadas parciales inmediatas de calcular sujetas a determinadas condiciones de carga. El trabajo proponía un procedimiento iterativo que conseguía estas cargas sin resolver sistemas de ecuaciones. En este trabajo se describe una modificación con la que se consigue el mismo objetivo realizando otras iteraciones y reduciendo tanto el número de operaciones como el de reglas nemotécnicas. El procedimiento no diferencia las incógnitas giro de los desplazamientos y todos los cálculos se representan en un diagrama sencillo de realizar manualmente, gobernado con una única regla nemotécnica fácil de ser implementada en una aplicación informática. Con la intención de encontrar el camino más directo a la solución, se analizan diferentes alternativas posibles. El estudio se completa con el análisis de una figura espacial formada con pocos elementos contemplando sus alargamientos. Los resultados indican que es posible simplificar el número de operaciones requerido por el álgebra matricial para analizar de manera exacta y en Teoría de primer orden pórticos de edificación.

Palabras clave: Análisis estructural, métodos iterativos, pórticos espaciales, métodos de equilibrio

(1) A. Lacort: "Análisis manual aproximado y exacto de pórticos espaciales mediante cargas descompuestas": Inf Tecnol. Vol. 22(2), 2011

*agustinlacort@euskalnet.net



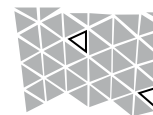
LOADS ON BUILDING FAÇADES

Dávila Sánchez-Toscano, S^{1,2*}; Hoogendoorn, PP¹; Álvarez Cabal, R.^{1,2}

(1) Instituto Técnico de Materiales y Construcciones
(2) Universidad Politécnica de Madrid

The generally used building façade systems can result insufficient for the extreme loads they are subjected to, as highlighted by the recent earthquake in Lorca (Murcia, Spain). This study attempts to compare the earthquake and wind-induced forces that act on some of the most significant façade elements, determine the governing loads and compare them with the corresponding member capacities. The objective is to determine whether the generalised failure observed in some façade elements is simply due to inadequate member dimensions or, on the contrary, caused by a more serious problem related to the actual façade system.

Keywords: earthquake loads, wind loads, building façades.



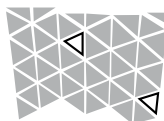
ACCIONES EN FACHADAS

Dávila Sánchez-Toscano, S^{1,2*}; Hoogendoorn, PP¹; Álvarez Cabal, R.^{1,2}

(1) Instituto Técnico de Materiales y Construcciones
(2) Universidad Politécnica de Madrid

Tal y como ha puesto de relieve el reciente terremoto de Lorca, los sistemas constructivos habitualmente utilizados en las fachadas pueden resultar insuficientes frente a las acciones de carácter extremo a las que llegan a verse sometidos. El presente trabajo trata de establecer una comparación entre los esfuerzos que sobre algunos de los elementos más significativos de las fachadas imponen las acciones de viento y sismo, tratando de identificar las solicitaciones determinantes y compararlas con las capacidades correspondientes. Es objetivo último es comprobar si el fallo generalizado observado en algunos elementos de fachada responde a un simple problema de dimensionamiento inadecuado o, por el contrario, se trata de un problema más grave, relativo al propio sistema.

Palabras clave: sismo, viento, fachadas.



BEAMS STRUCTURES. FROM CROSS METHOD UNTIL TODAY

López-Rey, J.

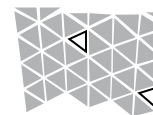
ETS.Arquitectura de Barcelona

Since the beginning of the last century, the theoretical analysis of beams structures were clearly established. The technical problem in the absence of computers, was the inability to resolve operating-manual very large systems of equilibrium equations. This issue was resolved in a practical approach for several systems. The most famous system was the proposed by Hardy Cross. It is based in the relationship between a bending moment applied at a node and the adjacents induced. The informatical software allowed to resolve the problem using very big systems of linear equations. Mathematicians had already solved the problem. The application of this idea involves the "package", using stiffness matrixes, from the relation between strengthes and strains in the whole beam. Currently, the reference tool in the structure analysis is the beam instead of the node. The reference method is the package in a general equilibrium matrix: the same number of stiffness matrixes as beams contains the structures.

In conclusion, the problem has a "fractal" interpretation: the relationship between a strain and one strength is an equation with only one variable. Simillary, the relationship between the two tops of the beam is a six range matrix. The matrix of the whole beams of a structure could be of an astronomic range. The extrapolation of this ideology get us to the new analysis of Finite Elements Method (FEM).

Key words: structural analysis; stiffness; matrix package.

*Javierlopez-rey@upc.edu



ESTRUCTURAS DE BARRAS. DESDE EL MÉTODO DE CROSS HASTA HOY

López-Rey, J.

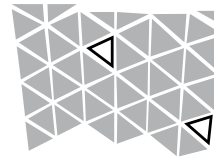
ETS. Arquitectura de Barcelona.

Desde principios del siglo pasado, las bases teóricas del análisis de estructuras de barras quedaron claramente establecidas. El problema técnico, en ausencia de ordenadores, era la imposibilidad operativo-manual de resolver sistemas muy grandes de ecuaciones de equilibrio. Esta cuestión fue resuelta de manera práctica por varios sistemas de aproximación. El más famoso fue propuesto por el ingeniero Hardy Cross. Se basa en la relación entre un momento flector aplicado en un nudo y el inducido en los colindantes. La informática permitió la resolución directa de imponentes sistemas de ecuaciones lineales. Los matemáticos habían resuelto ya el problema. La aplicación de esta idea comportaba el "encapsulado", mediante matrices, de las relaciones de rigidez entre esfuerzos y deformaciones en el conjunto de una barra. Actualmente, se toma como protagonista del análisis de la estructura, la BARRA en vez del NUDO. El ensamblaje en una matriz general de equilibrio de tantas matrices como barras hay en la estructura, es el método actual.

La conclusión es que el problema tiene una lectura "fractal": la relación entre un esfuerzo y una determinada deformación es una ecuación de un término: la similar de los extremos de una barra es una matriz de rango seis. La matriz del conjunto de barras de una estructura puede ser, de rango astronómico. La extrapolación de esta filosofía lleva al moderno análisis por Elementos Finitos.

Palabras claves: Análisis estructural; rigidez; ensamblaje de matrices.

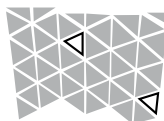
*javierlopez-rey@upc.edu



AREA - D

Técnicas y Procesos de Construcción
Construction Techniques and Processes





THE CONSTRUCTION OF THE HIGHEST BUILDINGS MADE IN SPAIN WITH PRECAST WALL PANELS

del Águila, A^{1*}, Hernando, S^{2**}.

- (1) Catedrático Emérito del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM, Madrid.
(2) Ayudante del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM, Madrid.

This communication concerns an analytical research work performed within the 'SEMINAR INDUSTRIALIZATION OF CONSTRUCTION', whose director is Professor Alfonso del Águila for the Doctoral Program of Dept. in 'CONSTRUCTION AND ARCHITECTURAL TECHNOLOGY', at School of Architecture of the UPM.

As the full research work is very broad, we have focused here mainly on structural aspects, both from the peculiarities of calculation, as in the special way of working, from the constructive point of view.

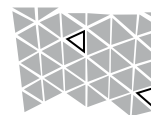
This is a set of 484 houses made with precast load-bearing concrete panels in 2009. Two of the buildings have 24 floors (4 in basement and 20 on ground).

The work shows that there are new applications for these systems, these might seem at first obsolete, and show their innovative evolutionary possibilities.

Keywords: residential building, industrialization, precast, precast wall panel, precast RC load bearing wall panel, architectural precast concrete panel

* alfonso.delaguila@upm.es

** susana.hernando.castro@upm.es



LA CONSTRUCCIÓN DE LOS EDIFICIOS MÁS ALTOS DE ESPAÑA REALIZADO CON PANELES PREFABRICADOS

del Águila, A^{1*}, Hernando, S^{2**}.

- (1) Catedrático Emérito del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM, Madrid.
(2) Ayudante del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM, Madrid.

Esta Ponencia se refiere a un trabajo de investigación analítica realizado dentro del 'SEMINARIO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN', cuyo director es el Catedrático Alfonso del Águila, correspondiente al Programa de Doctorado del Dpto. de 'CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS', en la Escuela T. S. de Arquitectura de la UPM.

Como la investigación total es bastante amplia, nos hemos centrado aquí principalmente, en los aspectos estructurales, tanto desde las peculiaridades de cálculo, como en la especial forma de trabajar, desde el punto de vista constructivo.

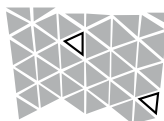
Se trata de un conjunto de 484 viviendas realizadas con paneles prefabricados portantes de hormigón en el año 2009. Una parte de los edificios tiene 24 plantas (4 en sótanos y 20 sobre rasante).

Gracias a realización de este trabajo se han podido analizar nuevas aplicaciones innovadoras de estos sistemas, que alguien pudiera pensar que están obsoletos.

Palabras clave: Vivienda; Industrialización; Prefabricación; Paneles Prefabricados; Paneles Portantes; hormigón arquitectónico

* alfonso.delaguila@upm.es

** susana.hernando.castro@upm.es



INDUSTRIALIZATION OF STRUCTURAL ELEMENTS IN BUILDING

José Luis Azkue, Jon Urien*, Josu Goñi
(1) Lanik Engineers

Until recently, construction was one of the sectors with a very low level of industrialization. In our view, industrialization must help develop the activity.

In our case, we have seen how automation and industrialization in the design, logistics, manufacturing and assembly gives to this sector some very important characteristics: quality, speed, security and economy. Actually improve efficiency. As a result, has achieved greater technical and economic feasibility in complex architectural buildings.

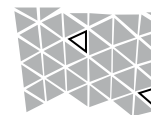
In the world of structures, LANIK has developed several systems that allow a high level of automation. But as well, in the case of hiperstatic structures, has had to resolve the requirement for high precision manufacturing of components. The lack of precision would produce parasites efforts decreasing the structure's strength capacity. With this, we got the theoretical tensions calculated by software similar to those that actually exist.

As about quality, pre-fabrication shop simplifies process control and product compared with work on site. Especially if we work in less developed countries.

The assembly procedure is basically reduced to a union of elements by screwing, without welding.

Keywords: Industrialization, Efficiency, Quality, Lanik.

*jurien@lanik.com



INDUSTRIALIZACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN LA CONSTRUCCION

José Luis Azkue, Jon Urien*, Pedro Cavia, Josu Goñi

(1) Lanik Ingenieros

Hasta hace pocos años, la construcción era uno de los sectores con un nivel muy escaso de industrialización. A nuestro modo de ver, la industrialización debe ayudar al desarrollo de la actividad.

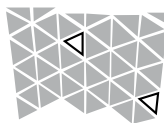
En nuestro caso, hemos podido comprobar cómo la automatización y la industrialización en el diseño, la logística, la fabricación y el montaje confieren a este sector características muy importantes: calidad, rapidez, seguridad y economía. En definitiva ha aportado eficiencia. Gracias a ello, se ha conseguido una mayor viabilidad técnica económica en edificios de complejos diseños arquitectónicos.

Dentro del mundo de las estructuras, LANIK ha desarrollado varios sistemas que permiten un alto nivel de automatización. Pero a su vez, y en el caso de las estructuras hiperestáticas, se ha debido resolver la exigencia de una alta precisión en la fabricación de los componentes. La falta de precisión provocaría unos esfuerzos parásitos en la estructura que disminuirían su capacidad resistente. Con ello, conseguimos que las tensiones teóricas calculadas por software sean similares a las que realmente existirán.

En cuanto a la calidad, la prefabricación en taller simplifica el control del proceso y de los productos comparativamente con el trabajo en obra. Máxime si se trata de obras en países no desarrollados. El procedimiento de montaje se reduce básicamente a una unión de elementos por atornillado, sin necesidad de soldadura.

Palabras clave: Industrialización, Eficiencia, Calidad, Lanik.

*jurien@lanik.com



THE EVOLUTION OF REPLACEABLE PANEL ENCLOSURES THROUGH 20th CENTURY

Suárez Fernández-Coronado, I ¹., González Bravo, R²., del Águila García, A³.

(1) Arquitecta doctoranda en la ETSAM-UPM (Dep. Construcción y Tecnología Arquitectónicas)

(2) Arquitecto, Profesor asociado de la Universidad Camilo José Cela (Dep. Arquitectura)

(3) Dr. Arquitecto, Catedrático de la UPM

In the later years, the tendency towards the optimization of the building process, looking for an open and sustainable architecture, flexibility concept has become essential. Open Building means the competence of the architecture to transform and adapt, when new requirements arise.

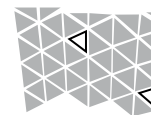
Within this flexibility concept, Enclosure plays an essential role, as it is not only the visible face of the building, which gives its character. Enclosure is partially in charge of the achievement of optimal environmental conditions of the liveable spaces. When environmental conditions required to a building evolve and change, cladding must be suitable to adapt to those new circumstances.

The struggle to reach adaptable and flexible buildings is not something new. This concept has been developed through many built examples since the early 20th century.

The aim of this paper is doing a reflection, from an historical perspective, on the evolution of architectural flexible skins, analyzing some pioneer case studies and reflecting the development of a concept that remains along the years, adapting and taking advantage of the possibilities that industrial technology allowed.

Keywords: flexibility, enclosure, panels, industrialization.

* insuarezcoronado@gmail.com



EVOLUCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS DE PANELES INTERCAMBIABLES A LO LARGO DEL SIGLO XX

Suárez Fernández-Coronado, I ¹., González Bravo, R²., del Águila García, A³.

(1) Arquitecta doctoranda en la ETSAM-UPM (Dep. Construcción y Tecnología Arquitectónicas)

(2) Arquitecto, Profesor asociado de la Universidad Camilo José Cela (Dep. Arquitectura)

(3) Dr. Arquitecto, Catedrático de la UPM

En los últimos años, la tendencia hacia la optimización del proceso constructivo, buscando una arquitectura abierta y sostenible, ha hecho que el concepto de la flexibilidad se convierta en esencial. *Arquitectura Abierta* significa la capacidad que tiene la arquitectura de adaptarse y transformarse cuando surgen nuevos requerimientos.

En este concepto de flexibilidad, el cerramiento no sólo es la cara visible del edificio, también es responsable de dotar a los espacios habitables de unas óptimas condiciones ambientales.

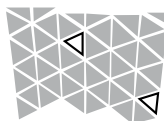
El esfuerzo por conseguir pieles flexibles y adaptables no es algo nuevo, sino un concepto que lleva desarrollándose desde principios del SXX.

La intención de esta comunicación es hacer una reflexión de la evolución de las envolventes flexibles analizando algunos casos pioneros, y reflejando la evolución de un concepto que permanece a lo largo de los años, adaptándose a los tiempos y aprovechando las posibilidades y avances que la industria ofrece cada momento.

Esta investigación se va a centrar en el análisis de seis edificios no residenciales de algunos de los diseñadores más influyentes de los últimos tiempos. Los edificios analizados siguen una secuencia cronológica que abarca desde 1930 hasta finales del SXX. Todos son iconos de la arquitectura moderna industrializada y persiguen una misma meta: una piel flexible.

Palabras clave: flexibilidad, fachada, paneles, industrialización.

*insuarezcoronado@gmail.com



TORRE ESPACIO BUILDING

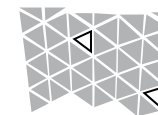
Description of the structure constructive process

Aguirre G., Mauricio (*) y Ayuso G., Pedro
Dirección Técnica de OHL, Madrid - España

High rise building construction poses a radical change in habitual techniques of standard building that begins with a correct design of worksite location, technology and efficient use of auxiliary lifting resources, use of the latest generation materials and systematic application of different and singular techniques of execution whose essential objective is to obtain the most productive performance, of the highest quality at the least possible cost. All these aspects, were fundamental during the construction of the TORRE ESPACIO building, of which a condensed description of the process is found below that marks the rate of construction and determining key to its success.

Key words: torre espacio, tall buildings construction, high strength concrete, post-tensioned foundations, production cycles.

* maguirre@ohl.es, ayuso@ohl.es



EDIFICIO TORRE ESPACIO

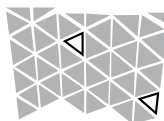
Descripción del proceso constructivo de la estructura

Aguirre G., Mauricio (*) y Ayuso G., Pedro
Dirección Técnica de OHL, Madrid - España

La construcción de grandes edificios en altura, plantea un cambio radical de las técnicas constructivas habituales en la edificación estándar, que comienza con un acertado diseño de la implantación en Obra, la tecnología y uso eficiente de los medios auxiliares, la utilización de materiales de última generación y la aplicación sistemática de diferentes y singulares técnicas de ejecución, cuyo objetivo esencial es el de obtener el mayor rendimiento productivo, con un alto nivel de calidad al menor coste posible. Todos estos aspectos, resultaron fundamentales durante la construcción del edificio TORRE ESPACIO, de la cual se presenta una descripción sintetizada pero muy ilustrativa de los procesos que marcaron el ritmo constructivo y que en definitiva determinaron la clave del éxito.

Palabras clave: torre espacio, construcción de rascacielos, hormigón de alta resistencia, cimentaciones postensadas, ciclos de producción.

* maguirre@ohl.es, ayuso@ohl.es



INDUSTRY CONTRIBUTION TO THE EVOLUTION OF METALLIC GRID SHELLS

González Bravo, R.*1 y Cassinello Plaza, P2

(1) Arquitecto. Profesor Asociado de la Universidad Camilo José Cela, Departamento de Arquitectura, Villanueva de la Cañada, España.

(2) Arquitecta. Profesora Titular de la Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica, Madrid, España.

The contribution of the technical and technological advances to the evolution of the constructional systems and procedures and, definitely, to the Architecture, is an obvious fact which can be observed in all periods throughout the human History.

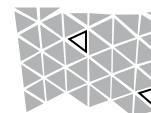
Focusing on the case of laminar structures, amongst the second half of the 20th century this structural typology has been strongly developed, especially about the evolution from the thin reinforced concrete shells towards its realization by steel grids.

Advances in the analysis and dimensioning procedures made possible this evolution, as they allowed to predict precisely its behaviour, but this advances could not lead only by themselves to this great development, as its technical and economical viability was also essential.

Throughout the milestones shown in this paper: the domes of *Z Pavilion* in Brno, by F.Lederer; the Grandval power station, by S. du Chateau; in Mojave desert, by D. Richter and, finally, the recent roof for the new Milan Trade Fair, by M. Fuksas, can be observed how the new possibilities offered by the industry are thoughtfully used to advance in the evolution of this structural typology.

keywords: structures, shells, metallic, industry, components.

*rbravo@ucjc.edu



LA CONTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA A LA EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS LAMINARES METÁLICAS

González Bravo, R.*1 y Cassinello Plaza, P2

(1) Arquitecto. Profesor Asociado de la Universidad Camilo José Cela, Departamento de Arquitectura, Villanueva de la Cañada, España.

(2) Arquitecta. Profesora Titular de la Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica, Madrid, España.

La contribución de los avances técnicos y tecnológicos a la evolución de los sistemas y procedimientos constructivos y, en definitiva, a la Arquitectura, es un hecho indiscutible que puede constatar en todos los periodos de la historia de la humanidad.

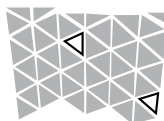
Analizando el caso de estructuras laminares, durante la mitad del siglo XX esta tipología estructural se ha desarrollado notablemente, especialmente a lo que se refiere a su evolución desde las cáscaras continuas de hormigón armado hacia su materialización mediante entramados reticulares de componentes metálicos.

Esta evolución ha sido posible gracias a los avances en los procedimientos de análisis y dimensionado, pero estos avances por sí solos no hubiesen conducido a este gran desarrollo, ya que era necesario, además, que su materialización fuese técnica y económicamente viable.

En los hitos estudiados en este trabajo: las cúpulas del *Pabellón Z* en Brno, de F.Lederer; para la central eléctrica de Grandval, de S. du Chateau; en el desierto de Mojave, de D. Richter y, finalmente, la cubierta central de los nuevos recintos feriales de Milán, de M. Fuksas, podemos apreciar cómo las nuevas posibilidades que ofrece la industria son aprovechadas para avanzar en la evolución de este tipo estructural.

palabras clave: estructuras, laminares, metálicas, industrialización, componentes.

*rbravo@ucjc.edu



RUNWAY ON JUCAR RIVER EXECUTION - CUENCA

Cordero, M^{1*}; Hernández, M²

(1) MeKano4, S.A., Engineering Department, Barcelona, Spain

(2) Acciona Infraestructuras, Technological Innovation Department, Madrid, Spain

In this work a runway on Jucar river execution is presented. This river is in Cuenca country. The runway is a continuous slab, with a length of 216 meters between abutments and 3 meters of width. The runway has 3 spans with a length of 72 meters, has 2 piles with a height of 21.65 meters and 16.98 meters finished in capitals.

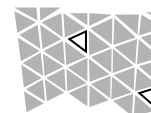
The solution adopted was a stress ribbon structure formed by 16 stay cables of carbon fiber and epoxy resin, supported on the tops of the piles and anchored with 16 anchor bars with high yield limit to the abutments. All the contact zones between the structure and fiber stay cables are topped with semitoroidal fiberglass thin plates.

This structure is special for the materials adopted. The carbon fiber is usually used as structural reinforcement or as secondary structures but not as structural elements like in this case.

Another peculiarity is its execution, combining the use of a flexible material such as fiber-resin compound with a rigid one as high-strength steel bars. For prestressing of these stay cables, some special tools had to be designed. Jacks in both ends of the stay cables and continuous measuring have been applied to ensure that the elongation and stress were the same in both ends.

Key words: carbon fiber, prestressing, high-strength steel bars, execution

* mcordero@mekano4.com



EJECUCIÓN PASARELA SOBRE RÍO JUCAR - CUENCA

Cordero, M^{1*}; Hernández, M²

(1) MeKano4, S.A., Departamento de Ingeniería, Barcelona, España

(2) Acciona Infraestructuras, Departamento de Innovación Tecnológica, Madrid, España

En este trabajo se presenta la ejecución de un paso peatonal sobre el río Júcar, en la provincia de Cuenca. Se trata de una pasarela de losa continua, de 216 m de longitud entre estribos y anchura de 3 m. Está compuesta por 3 vanos iguales de 72 m, y dos pilas con alturas de 21.65 m y 16.98 m culminadas con capiteles.

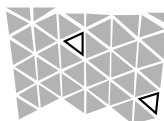
La solución adoptada fue una estructura tipo banda tesa formada por 16 tirantes de fibra de carbono y resina epoxi, apoyados en los capiteles de las pilas y anclados en los estribos mediante 16 anclajes de barras de alto límite elástico. Todas las zonas de contacto entre estructura y cables de fibra están rematadas con láminas semitoroidales de fibra de vidrio.

Una de las singularidades de esta obra radica en la utilización de un material innovador como la fibra de carbono como elemento estructural principal ya que, dentro del sector de la construcción, estos materiales sólo suelen emplearse como elementos de refuerzo estructural o como estructuras secundarias.

Otra particularidad ha sido su ejecución, combinando el uso de un material tan flexible como es el compuesto fibra-resina con uno tan rígido como el acero de alta resistencia. La técnica utilizada para el tesado de dichos tirantes ha requerido el diseño de elementos especiales para su ejecución, gatos en ambos extremos tesando en simultáneo y una instrumentación con lectura continua para asegurar que las deformaciones y tensiones en ambos extremos eran las mismas.

Palabras clave: fibra de carbono, tesado, barras de alta resistencia, ejecución

* mcordero@mekano4.com



NEW LAUNCHING BRIDGES PROCEDURE BASED ON A DOUBLE DECK SYSTEM

Del Coz J^{*}, Navarro-Manso A.², Alonso M.², Castro-Fresno D.²

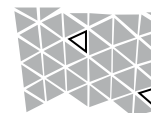
(1) Universidad de Oviedo, E. P. S. I. G., Departamento de Construcción e Ingeniería
de Fabricación, Gijón, España

(2) Universidad de Cantabria, E. T. S. I. C. y P., GITECO, Santander, España

In this work a new launching procedure for steel bridges is shown. It is based on a double deck system, taking advantage of the bridge's own structure and avoiding erecting devices and associated temporary works and it is usable up to spans of 150 meters. A special structural configuration in the two first spans is adopted, joining the last lateral span to the main deck through pretension bolts. With this special structural configuration the most critical section is able to support the bending, shear and torsion global forces. A system to disconnect the two main parts of the structure is also designed. The present erecting method can be used in several kinds of bridges such as railway or road traffic, straight or curve plants regardless of the launching system. In consequence, this new launching bridge procedure is a highly efficient erection system minimizing construction durations and achieving optimal productivity.

Key words: Launching, Patch Loading, Steel Bridge, Finite Elements, Nonlinear Analysis.

* delcoz@uniovi.es



NUEVO SISTEMA DE LANZAMIENTO DE PUENTES BASADO EN DOBLE CAJÓN COLABORANTE

Del Coz J^{*}, Navarro-Manso A.², Alonso M.², Castro-Fresno D.²

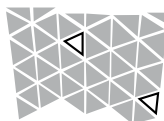
(1) Universidad de Oviedo, E. P. S. I. G., Departamento de Construcción e Ingeniería
de Fabricación, Gijón, España

(2) Universidad de Cantabria, E. T. S. I. C. y P., GITECO, Santander, España

En este trabajo se muestra un nuevo método constructivo que permite realizar el empuje de puentes metálicos o mixtos con luces de hasta 150 m., sin necesidad de medios auxiliares y aprovechando la propia estructura del puente. Para conseguirlo, se plantea una configuración especial de los dos primeros vanos de avance, constituidos por el puente propiamente dicho, sobre el que se conecta el último vano lateral del mismo por medio de tornillos de alta resistencia. De este modo, en la zona más solicitada durante el empuje, se consigue una sección resistente capaz de soportar los esfuerzos globales de flexión, cortante y torsión. El sistema se complementa con un dispositivo para desconexión de ambas secciones y montaje del último vano lateral. El método es aplicable a estructuras metálicas con geometrías rectas o curvas en planta y alzado, para uso carretero o ferroviario, realizando el empuje del puente mediante los métodos actualmente en práctica. De esta manera, el material es aprovechado al máximo y no precisa de operaciones intermedias durante la fase de lanzamiento, por lo que el plazo de ejecución y el coste se reducen de forma significativa.

Palabras clave: Empuje, Patch Loading, Estructura Metálica, Elementos Finitos, Análisis No Lineal.

* delcoz@uniovi.es



SUPPORT EXCAVATION OF BUILDING BARCELÓ (Madrid)

Henche, J (*)

Ingeniero de Caminos GRAHEN INGENIEROS SL., Madrid, España. Profesor Departamento de Tecnología de la Edificación. Escuela Arquitectura UEM

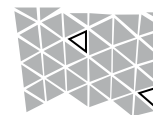
The multi-purpose building Barceló is an important and remarkable work of 5,900 m² of floor, with over 16 m digging depth, located between the streets Barceló, Mejía Lequerica, and Beneficencia in center town of Madrid. The building has four underground levels with concrete slab of various thicknesses. Retaining wall is a sheet of piles Φ 650/1, 0 m. The own underground floors slabs are the struts, but only for the external edge. The first phase is bearing on preliminary piles, builds downward: the inner area, which coincides with the main building, is supporting by a raft foundation and built upwards. The environmental conditions prevent employ temporary anchors: steel struts provide low stiffness and high construction complexities. Diaphragm walls supported through preliminary slabs frameworks has interesting constructive advantages:

- Dig system is similar to a usual construction, not to an underground work.
- The concrete slab made on the ground is already a definitive work. Do not introduce temporary struts systems.
- The economic impact of the preliminary piles is low. Only supports loads of slabs to ground level.

This generates a complex interaction system between slabs struts and diaphragm wall. It has been analyzed with a specific method, in which soil stresses and strut stiffness are linked.

Key words: Barceló, Contención, Forjado arriostrante.

* javierhenche@grahen.es



EXCAVACIÓN Y CONTENCIÓN DEL EDIFICIO POLIVANTE BARCELÓ (MADRID)

Henche, J (*)

Ingeniero de Caminos GRAHEN INGENIEROS SL., Madrid, España. Profesor Departamento de Tecnología de la Edificación. Escuela Arquitectura UEM

El edificio polivalente de la calle Barceló es una obra importante y singular de 5,900 m² de superficie de parcela, con profundidad de excavación superior a los 16 m, situado en la manzana comprendida entre las calles Barceló, Mejía Lequerica y Beneficencia. El edificio posee cuatro sótanos con tipología de losa maciza de diversos espesores. La contención es una pantalla de pilotes de Φ 650/1,0m. Los propios forjados de las plantas subterráneas son la contención, pero solo en su parte perimetral. La primera fase soportada en pilas pilote, se construye descendientemente: el área interior, que coincide con el edificio sobre rasante se cimenta mediante losa y se construye ascendentemente. Las condiciones del entorno impiden emplear anclajes provisionales: los arriostramientos metálicos proporcionan escasa rigidez y elevadas complejidades constructivas.

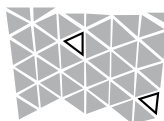
La contención de pantallas mediante marcos de forjados posee interesantes ventajas constructivas:

- El sistema de vaciado es similar a una construcción a cielo abierto, no a una obra subterránea.
- Los forjados perimetrales ejecutados sobre el terreno son ya obra definitiva. No se introducen sistemas de contención provisionales.
- La repercusión económica de la cimentación profunda es baja. En general solo soporta cargas de losas hasta planta de calle.

Ello genera un complejo sistema de interacción entre la contención y la pantalla. Ha sido estudiado con un método específico de interacción que estima los empujes en función de la rigidez.

Palabras clave: Barceló, Contención, Forjado arriostrante.

* javierhenche@grahen.es



CONSTRUCTION VERSATILITY OF MOVING BRIDGES

Ladrón de Guevara, G.¹*, Martínez-Calzón, J.¹ Serrano, A.¹, Castañón, C.¹

(1) MCZ Estudio de Ingeniería S.L., Madrid, Spain

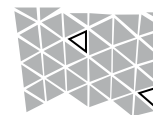
The design and construction of moving bridges is part of an exceptional activity offering a large range of construction possibilities that add great versatility to the design processes. The choice of the construction type and process of moving bridges is an essential part of their conception and design: not only with respect to the technical and analytical aspects but also, and because of their overall emblematic character, in regards with their form and aesthetics. As from the very beginning, the construction process and its interaction with the chosen materials, the particular conditions and location of the machinery enclosures, and the construction-site environment must be looked at.

The methods expound in this article focus on the maximum exploitation of the available resources: those of the structure itself as well as those of auxiliary means that can be integrated in potential procedures. They also centre on the utilization of the possibilities of the work site and its environment which could be especially significant and favourable in certain cases.

The construction processes of the three moving bridges presented in this article have all worth mentioning innovative aspects.

Key words: Bascule Bridge, Swing Bridge, special construction processes, steel structures, composite structures, machinery enclosures

* gines@mc2.es



VERSATILIDAD CONSTRUCTIVA EN PUENTES MÓVILES

Ladrón de Guevara, G.¹*, Martínez-Calzón, J.¹ Serrano, A.¹, Castañón, C.¹

(1) MCZ Estudio de Ingeniería S.L., Madrid, Spain

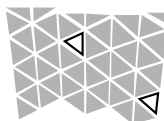
El proyecto y construcción de puentes móviles se enmarca dentro de una actividad de carácter singular que ofrece un amplio abanico de posibilidades constructivas las cuales incorporan una gran versatilidad a los procesos de diseño. La elección de la tipología y del proceso constructivo es un componente esencial en la concepción y diseño de los mismos, no solamente en relación a los aspectos técnicos y analíticos, sino también, por su carácter generalmente emblemático, en los planteamientos formales y estéticos de la obra. El estudio del proceso constructivo, su interacción con los materiales involucrados y las condiciones particulares de los recintos para la maquinaria y su ubicación, así como el entorno de la obra, deben ser contemplados desde las fases preliminares del proyecto.

Los planteamientos desarrollados en el presente artículo se basan en el máximo aprovechamiento de los recursos, tanto de los de la propia estructura como de los medios auxiliares que puedan incorporarse a los posibles procedimientos, así como en la utilización de las posibilidades que ofrece el lugar de la obra y su entorno, las cuales pueden ser especialmente relevantes y favorables en determinados casos.

Como ejemplos de la construcción de puentes móviles se presentan en este artículo tres obras cuyos procesos de ejecución poseen aspectos innovadores que merecen ser mencionados.

Palabras clave: puente basculante, puente rotatorio, procesos constructivos singulares, estructuras metálicas, estructuras mixtas, recintos de maquinaria

* gines@mc2.es



CADAGUA VIADUCT (SPAIN). FIRST INSTALLATION LIKE THIS IN THE WORLD.

Martínez Gutiérrez, J. M.*

VSL Heavy Lifting Manager, Madrid, Spain.

VSL designed a new installation method for this viaduct, first time ever used in the world as far as we know. Following a detailed study about the jobsite conditions, VSL achieved a solution different from the projected one avoiding several of their problems, saving structural steel and reducing the execution time.

The viaduct, right in between two tunnels, had a very short room for its construction. In the original project the four bridges were launched at a time, which meant several problems due to the short available room and the variable distance among them.

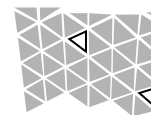
VSL launched the main bridges with their lateral side bridges on them. Later, the side bridges were turned, shifted and lowered to their final position.

All the bridges are composite ones, with a transversal box section. The main bridges have a length of 364 meters divided in four spans from 80 to 102 meters. The four bridges are curved in top view with different radius. To increase the fabrication area, VSL supplied temporary steel towers between the abutment and the first pier. The maximum front deflection to be recovered arriving at a pier was 3.6 meters.

Only the steel boxes were launched up hill. The weights of them were 3.25 tons/meter for the lateral side bridges and 4.1 tons/meter for the main ones. In total, more than 4,000 Tons.

Key words: Launching, shifting, turning, lowering.

* jmmartinez@vslsp.com



VIADUCTO DE CADAGUA (ESPAÑA). PRIMER MONTAJE MUNDIAL DE ESTE TIPO

Martínez Gutiérrez, J. M. *

VSL director de Heavy Lifting, Madrid, España.

VSL ideó un nuevo método de montaje para este viaducto, único hasta la fecha que tengamos referencias. Después de un estudio detallado adaptado a las necesidades de la obra, se obtuvo una solución distinta a la de proyecto que evitaba muchos de sus problemas, que ahorra acero constructivo y tiempo global de ejecución.

El viaducto, encajonado entre dos túneles, tenía muy poco espacio para su construcción. El proyecto original consistía en lanzar en paralelo y a la vez los cuatro puentes, lo que suponía varios problemas debidos al poco espacio y a su distancia variable en planta.

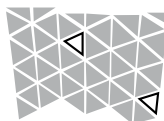
VSL lanzó los puentes principales con sus puentes laterales montados temporalmente en su parte superior que, posteriormente, fueron girados, ripados y descendidos a su posición definitiva.

Los puentes son mixtos con sección de cajón. Los puentes principales tienen una longitud de 364 m dividida en cuatro vanos de 80 a 102 m. Los cuatro puentes son curvos en planta con radios diferentes. Para aumentar la zona de fabricación, VSL suministró 4 torres temporales entre la primera pila y el estribo. La flecha máxima delantera a recuperar en pila fueron 3.6 m.

Los puentes principales se lanzaron cuesta arriba. Se empujaron solo los cajones metálicos de peso entre 3.25 t/m para los puentes laterales a 4.1 t/m para los principales. En total, VSL montó más de 4,000 T.

Palabras clave: Lanzamiento, ripado, giro, descenso.

* jmmartinez@vslsp.com



TRAPAGARAN VIADUCT CONSTRUCTION

Pico, R.I., Montoya, M.I.

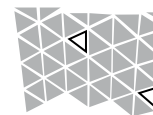
(I) Oficina Técnica de OHL, Madrid, España

The viaduct is divided into two stretches: access viaduct and main viaduct. The last is 67.0m long and 35.60 m wide. It is sectioned in six spans 90.5 + 125 + 125 + 125 + 80 m. The deck is a continuous prestressed box girder, 5.90 m deep. The central core is 19 m on top completed with lateral cantilevers supported by inclined steel struts.

The bridge has a segmental deck built following the balance cantilever method using form travel. The segment sequence of construction is from the piers to mid-span. It was a priority not to interfere the heavy traffic of the roads below the viaduct.

It is a remarkable construction due to the large width of the deck as well as its longitudinal slope and cant. The specific solutions for every problem or complication arisen during the construction, makes this viaduct a very special and interesting construction system.

Keywords: Cantilever bridge, segments, steel struts.



CONSTRUCCIÓN VIADUCTO DE TRAPAGARAN

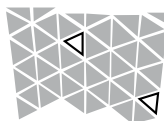
Pico, R.I., Montoya, M.I.

(I) Oficina Técnica de OHL, Madrid, España

El viaducto se divide en dos partes: viaducto de acceso - bifurcación del viaducto principal en su integración con el enlace de Trapagarán- y viaducto principal. Éste tiene 67.0m de longitud y 35.60 m de ancho. Se divide en seis vanos de 90.5 + 125 + 125 + 125 + 80 m. El tablero es una viga continua de 5.90m de canto con forma de cajón de hormigón pretensado. La sección se compone de un núcleo central de 19m de ancho superior que se completan con voladizos laterales apoyados en jabalcones metálicos transversales. Los jabalcones exteriores tienen una continuidad dentro de la sección con una triangulación formada por tubos metálicos para permitir resolver todo el ancho con un sólo cajón.

El sistema constructivo es el de construcción por avance en voladizos sucesivos desde las distintas pilas mediante dovelas de hormigón pretensado ejecutadas in situ. La no afección al intenso tráfico de las vías que cruza el viaducto ha sido fundamental en el diseño de la solución. Se trata de una construcción singular tanto por la gran anchura del tablero, como por su peralte y pendiente longitudinal. Las soluciones a los problemas concretos que han ido surgiendo durante la construcción hacen de esta obra un proceso constructivo de especial interés.

Palabras clave: Voladizos sucesivos, dovelas, jabalcones.



OVERHEAD MOVABLE SCAFFOLDING FOR THE RIBÓN VIADUCT, ASTURIAS, SPAIN

Navarro-Manso A^{1*}, Navamuel B², Castro-Fresno D², Del Coz J J³

(1) Universidad de Cantabria, E. T. S. I. C. y P., GITECO, Santander, España

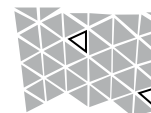
(2) ULMA, Vitoria, España

(3) Universidad de Oviedo, E. P. S. I. G., Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Gijón, España

This study shows the construction of a viaduct by adapting a overhead movable scaffolding system to a special geometric conditions: longitudinal slope upward of 3%, radius of curvature of 436 m, presence of a parallel viaduct 2 m offset and a previously executed tunnel separated 14 m from the abutment 2. The three spans (42+50+42 m) main beam is a prestressed concrete box, supported by piers 35 m height. Micro-piles was used for the foundation of the piers in a very deep valley. For the construction of the bridge a movable scaffolding was used, formed by a 6.5 m height tubular steel girder, from which the formwork was hanged and moved. The assembly of the formwork was held horizontally, then we proceeded to a 15 m elevation over the rear frame by means of hydraulic jacks placing the beam under the casting position. The pushing of the girder was made upward slope using a McAlloy bar. The kinematics of the process was influenced by the eccentricity on the supports due to the plant curvature of the bridge and the need for progressive removal of the launching nose during the erection of the last span. This system allowed the construction of the viaduct with the constraints mentioned in a very tight deadline, without affecting the valley.

Keywords: Prestressed Concrete, Movable Scaffolding, Tubular Steel Structure, Hydraulic Jacks.

* antonio@constru.uniovi.es



CIMBRA AUTOLANZABLE DEL VIADUCTO DE RIBÓN

Navarro-Manso A^{1*}, Navamuel B², Castro-Fresno D², Del Coz J J³

(1) Universidad de Cantabria, E. T. S. I. C. y P., GITECO, Santander, España

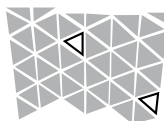
(2) ULMA, Vitoria, España

(3) Universidad de Oviedo, E. P. S. I. G., Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Gijón, España

En este estudio se presenta la ejecución de un viaducto mediante la adaptación de una cimbra autolanzable a unas condiciones geométricas particulares: pendiente longitudinal ascendente del 3%, radio de curvatura de 436 m, existencia de un viaducto paralelo a 2 m y presencia del emboquille de un túnel previamente ejecutado a 14 m de la junta del estribo 2. La viga cajón es de hormigón pretensado, con tres vanos de 42+50+42 m, altura de pilas de 35 m, cimentadas mediante micropilotes en un valle de difícil acceso. Para la construcción se empleó una viga de lanzamiento superior, formada por una celosía metálica de 6.5 m de canto, que trasladaba y soportaba el encofrado. El montaje de la cimbra se realizó en posición horizontal, procediéndose posteriormente a un gateo de 15 m sobre el pórtico de salida, para situar la viga en posición de hormigonado. El tiro de la misma se realizó en contrapendiente, mediante barra McAlloy. La cinemática del proceso estuvo condicionada por la excentricidad en apoyos debido a la curvatura y la necesidad de desmontaje progresivo de la nariz de avance durante la ejecución del último vano. Este sistema permitió la construcción del viaducto con los condicionantes mencionados en un plazo muy ajustado, sin afectar al valle.

Palabras clave: Hormigón pretensado, Cimbra autolanzable, Celosía metálica, Gatos Hidráulicos.

* antonio@constru.uniovi.es



ION-CHLORIDE PENETRATION ANALYSIS IN SELF COMPACTING CONCRETE USING FUZZY LOGIC RULES

Parra, C.*; Miñano, I.²; Valcuende, M.²; Martínez-Conesa, E.J.¹; Garrido, A.¹

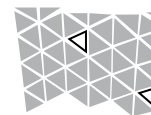
(1) Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación, Cartagena, España

(2) Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España

Durability and more specifically chloride penetration, is of major importance for reinforced concrete structures (Audenaert et al., 2005). Changes to mix design or placing can lead to modifications of the pore structure and invalidate the few models that can predict the penetration of chloride ions. In fact, some authors (Vu and Stewart, 2000) use models based on Ficks Laws, but others (Halamicova et al. 1995; Nugue et al., 2004) argue that Ficks Second Law of considered the diffusion coefficient as constant, and this is not accurate due to variation in the degree of cement hydration, temperature and pH. Several models like Fuzzy Logic Rules, Chaos Theory or Fractals are studied today. This paper applies Fuzzy Logic Models to estimate the apparent diffusion coefficient of chloride ion penetration in concrete based on normative data and experimental results.

Keywords: Durability, Chloride ion penetration, Self-Compacted Concrete, Logic Fuzzy Rules

* carlos.parra@upct.es



ANÁLISIS DE LA PENETRACIÓN DEL IÓN CLORURO EN HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES EMPLEANDO MODELOS DE LÓGICA DIFUSA

Parra, C.*; Miñano, I.²; Valcuende, M.²; Martínez-Conesa, E.J.¹; Garrido, A.¹

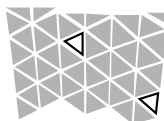
(1) Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación, Cartagena, España

(2) Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España

La preocupación por la durabilidad de las estructuras de hormigón es cada vez mayor especialmente en ambientes agresivos debido a la penetración de cloruros (Audenaert et al. 2005). Cambios en la dosificación o en el proceso de puesta en obra, como los que afectan a los hormigones especiales pueden dar lugar a modificaciones en la estructura porosa e invalidar los escasos modelos que sirven para predecir la penetración de iones de cloruro. En este sentido, algunos autores (Vu e Stewart, 2000) utilizan modelos basados en las Leyes de Ficks, sin embargo otros (Halamicova et al., 1995; Nugue et al., 2004) sostienen que la segunda Ley de Ficks considera el coeficiente de difusión constante, y esto no es exacto debido a su variación en función del grado de hidratación del cemento, la temperatura y el pH. Actualmente se trabaja en modelos de aproximación usando lógica difusa, Teoría del Caos o Fractales. El presente trabajo, aplica modelos de lógica difusa para estimar el coeficiente de difusión aparente en base a datos normativos y resultados experimentales.

Palabras clave: Durabilidad, Penetración de Ion-Cloruro, Hormigón Autocompactante, Lógica difusa

* carlos.parra@upct.es



THE GEOMETRY CORRECTION APPLICATE TO THE STRUCTURAL STABILITY IN THE WAYS OF RECONSTRUCTION. VÉZELAY 1840

Rueda Márquez de la Plata, A*

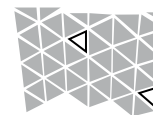
Universidad Politécnica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, department of
Construcción y Tecnología arquitectónicas, Madrid, Spain

In the 19th Century the structural ways of calculation, after the general development of science applied to architecture, were making progress so rapidly and the application of this technical advantages about historical buildings were, obviously, immediate, even from a very new thoughts. Faced with a reconstruction problem in this kind of buildings, new solutions were taking place, under these new techniques, based, especially, in a global understanding of the structural problems. The geometry, was presented as a method to optimize in a new aim way the structural elements that were failed before, then, taking advantages of the urgency of reconstruction, big innovations were suggested to change elements that are seem superseded like flying buttresses, vaults and voussours archs, some of this elements are redrawing trying to promote the perfect shape.

A perfect example of this theory is the reconstruction of the nave of Vézelay for Viollet Le Duc in 1840. The structural form was modificate clearly without changes in the material appearance, this sort of changes were making thanks to the geometry corrections that was applicate in the curve of the arch to achieve a better behaviour in a structural way.

Key words: geometry, technology, Vézelay, reconstruction, shape.

* adela_rueda@hotmail.com



LA CORRECCIÓN GEOMÉTRICA APLICADA A LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL EN LOS MÉTODOS DE RECONSTRUCCIÓN. VÉZELAY 1840

Rueda Márquez de la Plata, A*

Universidad Politécnica, ETSAM, departamento de Construcción y Tecnología arquitectónicas,
Madrid, España

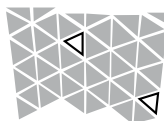
En el siglo XIX las técnicas de cálculo estructural, arrastradas por el desarrollo general de las ciencias aplicadas, avanzan a gran velocidad y la aplicación de estos avances técnicos sobre los edificios históricos es, como no podía ser de otra manera, inmediata, si bien desde una reflexión completamente nueva.

Frente al problema de reconstrucción en este tipo de edificios, se desarrollan, a la luz de estas nuevas técnicas, nuevas soluciones de intervención basadas, sobre todo, en la comprensión global del problema estructural. La geometría se presenta como un método lógico, no sólo para el nuevo cálculo, sino para la optimización objetiva de los elementos estructurales que habían fallado anteriormente, de este modo, aprovechando la necesidad de reconstruir, se plantean grandes innovaciones en elementos que parecían ya superados, arbotantes, bóvedas y arcos fajones se redibujan potenciando su forma.

Un claro ejemplo de esto es la nave de la Abadía de Vézelay, cuya silueta, desde un punto de vista estructural, varía ostensiblemente después de la reconstrucción que Viollet Le Duc lleva a cabo a partir de 1840, donde cada uno de estos elementos modifica su forma sin variar su apariencia material, este cambio viene dado exclusivamente por la corrección geométrica que se aplica a la curva del arco para conseguir su mejora estructural.

Palabras clave: geometría, técnica, Vézelay, reconstrucción, forma.

* adela_rueda@hotmail.com



TORRE SYV. CONSTRUCTION OF STRUCTURE.

Rodríguez Ortiz, B.; Sánchez Fernández, R.¹

(1) Sacyr, S.A.U., Central Engineering Office. Structural Department, Madrid, Spain.

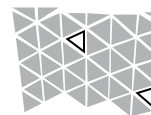
Construction of CTBA has been a milestone for construction industry in Spain because of its height, so it has in Europe, where there are not a number of these kind of buildings. Evolution and improvement of knowledge about wind action, analysis methods, and construction techniques have allowed that this buildings located at small plots which require a careful and well-organized resources planning, with non conventional both foundation and vertical structures, and a very great floor surface up in height, can be accomplished without conceptual variations from conventional building systems.

With regards to construction techniques, it is mandatory to pay special attention to the design of the elevation systems (self-climbing formworks, concrete pumps, cranes, hoists) together with logistics (supplies, unloading and ordering, technical planning) to best help the site works.

The paper below describes the construction of SyV Tower structure, high-rise building (by it's end, highest mixed use building in Europe) of the kind of concrete core with stiffness belt in roof levels (controlling wind induced accelerations). It is remarked the construction techniques (focusing in singular elements) which has made possible the completion of the structure (from foundations to roof) in the 26 months scheduled site, also construction planning and organization.

Key Words: Self-climbing formwork, outside protection, tower cranes, hoists, composite columns, concrete core, thermocouples, off-site reinforcement, high-rise buildings.

* rsfernandez@gruposyv.com



TORRE SYV. EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Rodríguez Ortiz, B.; Sánchez Fernández, R.^{1*}

(1) Sacyr, S.A.U., Oficina Técnica Central. Estructuras, Madrid, España.

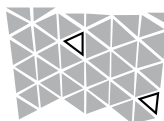
La construcción del CTBA ha marcado un claro hito en la construcción de edificios en España (al ser techo de altura alcanzada), y puede considerarse que en Europa, donde no existe excesiva multiplicidad en este tipo de edificios.

La evolución y mejora del conocimiento de la acción del viento, los métodos de análisis y las técnicas constructivas, ha permitido que estos edificios, generalmente situados en parcelas pequeñas que requieren una cuidada organización y planificación de recursos, con soluciones no convencionales en cimentación y estructura vertical, y muchos metros cuadrados de forjado a gran altura, puedan ejecutarse sin desvíos conceptuales respecto a una edificación convencional. Dentro de las técnicas constructivas, resulta obligada una especial atención al diseño de los medios de elevación (trepas, bombas, grúas, montacargas) y al planteamiento logístico (suministro, acopio, planificación técnica) de la ejecución de las diferentes unidades de obra.

En el presente artículo se describe la ejecución de la estructura de la Torre SyV, edificio de gran altura (a su finalización, edificio de uso mixto más alto de Europa) del tipo núcleo central con cinturón de rigidez (para limitación de aceleraciones por viento) a nivel de cubierta. Se resaltan las técnicas constructivas (particularmente en elementos singulares) que han posibilitado la finalización de la estructura del edificio en 26 meses (desde cimentación hasta coronación), así como la organización de la obra.

Palabras clave: Encofrado autotrepante, protección perimetral, grúas torre, montacargas, soportes mixtos.

* rsfernandez@gruposyv.com



DESIGN AND CONSTRUCTION OF COKE DRUMS SUPPORTING STRUCTURE

Martin, D.*

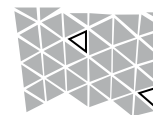
(1) Técnicas Reunidas, S.A., Madrid, España

The design of structures that are used to support the coke drums has some peculiarities arising from the intrinsic characteristics of the coking process. Coker drums have diameters above 10m and lengths over 40m, empty weights of 400t and operation weights over 3500t. The height in which these drums are located is about 25m above ground and around them it has to be built a steel structure that reaches 120 m above ground.

The construction also has a number of constraints because of the constructive method, which is summarized in the execution of the concrete structure: after positioning the coke drums, steel substructures are hoisted and anchored to their final positions. The cranes that are used to perform these operations have loading capacities over 1500t and heights over 150 m, and also determine the phases and space required for carrying out the work.

Key words: Coke, drum, crane, chute, pit.

* dmgil@trsa.es
diegomg72@gmail.com



DISEÑO Y EJECUCION DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DE CAMARAS DE COQUE

Martin, D.*

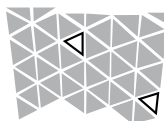
(1) Técnicas Reunidas, S.A., Madrid, España

El diseño de las estructuras que se utilizan para albergar las cámaras de coque posee unas particularidades derivadas de las características intrínsecas del proceso de coquizado. Las cámaras de coque tienen diámetros de más de 10m y longitudes de más de 40m, pesos en vacío de unas 400t y en operación de más de 3500t. La altura a la que suelen estar colocadas es de unos 25 m sobre el suelo y alrededor y sobre las mismas se ha de construir una estructura metálica que llega a los 120m de altura sobre el suelo.

La construcción tiene también una serie de condicionantes a causa del método constructivo, que se resume en la ejecución de la estructura de hormigón inferior; una vez posicionadas las cámaras de coque se procede al izado y anclado de subestructuras metálicas a sus posiciones definitivas. Las grúas necesarias para realizar esas operaciones, de más de 1500t de capacidad de carga y alturas que superan los 150m, también determinan las fases y espacios necesarios para desarrollar los trabajos.

Palabras clave: Coque, cámara, grúa, chute, pit.

* dmgil@trsa.es
diegomg72@gmail.com



GEOMETRICAL ANALYSIS OF WELDED JOINTS ALUMINUM STRUCTURE

Martínez-Conesa, E.J.^{(1)*}; Segura, F.⁽¹⁾; Parra, C.⁽¹⁾; Abellán, E.⁽¹⁾; Valcuende, M.⁽²⁾; Garrido, A.⁽¹⁾.

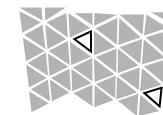
(1) Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación, Cartagena, España

(2) Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España

In the welding of aluminum, there are different parameters affecting the quality of welded joints, productivity and cost of welded steel structure. For the optimization of these terms using the response surface methodology (MSR) which enables to optimize a response function subject to different independent variables. The purpose of these techniques is to design an experiment to provide reasonable values of the response variable, and then determine the mathematical model that best fits the data. Ultimately, the goal is that by the methodology of response surface models obtained behavior of the variables of penetration, bead width, thickness to cord and wetting angle as a function of welding speed, the separation between the parts, the speed and voltage electrode welding. The models obtained will be analyzed to conclude what will be the variables and obtain an optimum weld.

Keywords: Welding, Optimization, Aluminum, Response Surface Methodology (RSM), GMAW

* eusebiomartinez@upct.es



ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE UNA UNIÓN SOLDADA EN UNA ESTRUCTURA DE ALUMINIO

Martínez-Conesa, E.J.^{(1)*}; Segura, F.⁽¹⁾; Parra, C.⁽¹⁾; Abellán, E.⁽¹⁾; Valcuende, M.⁽²⁾; Garrido, A.⁽¹⁾.

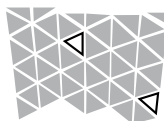
(1) Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación, Cartagena, España

(2) Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Valencia, España

En la soldadura del aluminio, existen diferentes parámetros que afectan a la calidad de la unión, a la productividad y al coste de la estructura metálica soldada. Para la optimización de estos términos se utiliza el método de superficie de respuesta (MSR) que permite optimizar una función de respuesta sujeta a diferentes variables independientes. El propósito de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo es que mediante la metodología de la superficie de respuesta obtener los modelos de comportamiento de las variables de penetración, ancho de cordón, sobreespesor y ángulos del cordón como función de la velocidad de soldadura, la separación entre las piezas, la velocidad del electrodo y la tensión de soldeo. Los modelos obtenidos serán objeto de análisis para concluir cuáles serán las variables y obtener un cordón de soldadura óptimo.

Palabras clave: Soldadura, Optimización, Aluminio, Metodología de superficie de respuesta (MSR), GMAW.

* eusebiomartinez@upct.es



BEHAVIOR OF CONCRETE BEAMS REINFORCED FOR SHEAR LOADS WITH CARBON OR BASALT FIBERS

Picazo, A^{*}, Cobo, A¹

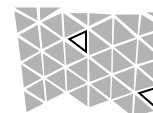
(1) Universidad Politécnica, E.U. Arquitectura Técnica, Departamento Tecnología de Edificación,
Grupo de Investigación UPM, Patología de Estructuras, Protecciones Colectivas y Medios
Auxiliares de Edificación, Madrid, España.

The main goal of this research consists on studying the response of concrete beams reinforced for shear loads with carbon or basalt fibers, glued by means of epoxy resin. Two partial goals have been set in this analysis: (i) cracks and displacements monitoring along the beams, and (ii) the mechanical behavior of the reinforcement system under study.

The methodology established for this study was based on experimentation, with field tests performed on carbon fiber-reinforced concrete beams. The reinforcement chosen was made of carbon/basalt fibers for improving shear strength. Test results have been compared to analytic calculations using state-of-the-art computational models. The results of this study show that fiber-reinforced beams show a greater strength compared to non-reinforced beams in terms of both limit loads and plastic deformability. Furthermore the forecast for stiffness evolution until cracking is better off than the one measured on the field tests. As a conclusion we can state that the additive formulation proposed in *Fib Bulletin 14* is not good enough in this case and that the formulae used in most norms currently applied for these calculations seem to be mostly conservative in this respect.

Keywords: Concrete, shear, reinforced, FRP, *Fib Bulletin 14*.

* a.picazo@upm.es



COMPORTAMIENTO DE VIGAS DE HORMIGÓN REFORZADAS A CORTANTE CON TEJIDOS DE FIBRAS DE CARBONO O BASALTO

Picazo, A^{*}, Cobo, A¹

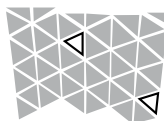
(1) Universidad Politécnica, E.U. Arquitectura Técnica, Departamento Tecnología de Edificación,
Grupo de Investigación UPM, Patología de Estructuras, Protecciones Colectivas y Medios
Auxiliares de Edificación, Madrid, España.

El objetivo principal ha sido estudiar el comportamiento de vigas de hormigón reforzadas a cortante con tejidos de fibra de carbono o basalto pegados con resinas epoxi. Se han planteado objetivos parciales como el análisis de la fisuración y de los movimientos en las vigas y la comparación del comportamiento mecánico de los sistemas de refuerzo estudiados.

La metodología empleada ha sido experimental, realizándose vigas de hormigón en masa reforzadas inferiormente con tejido de fibra de carbono. Las vigas se han reforzado a cortante con tejidos de fibra de carbono o basalto. Se han comparado los resultados experimentales con los teóricos, obtenidos mediante la formulación analítica existente. Los resultados demuestran que las vigas reforzadas ofrecen un comportamiento significativamente superior al de las vigas sin refuerzo, tanto en el valor de las cargas últimas como en la ductilidad de las piezas. Además la rigidez prevista hasta fisuración es superior a la obtenida experimentalmente. Los resultados obtenidos nos permiten concluir que de la formulación aditiva propuesta por el *Fib Bulletin 14* no se obtienen buenos resultados y que la formulación existente en diversas normativas vigentes para el cálculo de la resistencia a cortante del hormigón resulta conservadora.

Palabras clave: Hormigón, cortante, refuerzo, FRP, *Fib Bulletin 14*.

* a.picazo@upm.es



GROUT INJECTION APPLIED TO STRUCTURES: THE REHABILITATION OF THE PARISH CHURCH OF SAN DIONISIO IN JEREZ DE LA FRONTERA

Rodríguez-Mayorga, E*, Yanes, E., Sáez, A.

Universidad de Sevilla, Departamento de Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno, Sevilla, España

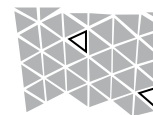
The Parish Church of San Dionisio in the city of Jerez de la Frontera is a temple with three naves. Its construction began in the 13th century following mainly the Mudéjar style. Its approximated dimensions are 25 x 38 m. in plan and 18 m. of maximum height.

At the beginning of the 21st century, the pillars of the church began to show symptoms of being damaged by the effect of the compressive stresses. These symptoms were mainly cracks and crushes covering the lower part of the columns. A wide research gave the key to identify the causes of the damage, that were the different stiffness of the soil layers that supported the foundations and the low resistance of the masonry. The solution was the consolidation of the soil and of the structure. The used consolidation technique was grout injection with the tube à manchette. This method solved urgently the problems of the church in a more economical way than other possible solutions.

The goal of this paper is the description and analysis of the consolidation of the structure. It begins with the initial research but it focuses on the masonry grout injection and its results.

Key words: Rehabilitation, Historic Masonry, Non-destructive Techniques, Grout injection, Tube à manchette.

* espe@us.es



LA INYECCIÓN APLICADA A ESTRUCTURAS: LA REHABILITACIÓN DE LA PARROQUIA DE SAN DIONISIO DE JEREZ DE LA FRONTERA.

Rodríguez-Mayorga, E*, Yanes, E., Sáez, A.

Universidad de Sevilla, Departamento de Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno, Sevilla, España

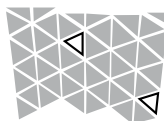
La Parroquia de San Dionisio de Jerez de la Frontera es un templo de tres naves, que se comenzó a construir en el siglo XIII siguiendo principalmente el estilo mudéjar. Sus dimensiones aproximadas son 25 x 38 m. en planta y 18 m. de altura máxima.

A principios del siglo XXI los soportes de la iglesia comenzaron a presentar signos de agotamiento a compresión, principalmente grietas y desprendimientos en su zona inferior. Tras una labor de investigación que abarcaba distintos campos, se concluyó que la causa estos daños no era única, pero que podía resumirse básicamente en dos factores: distintas rigideces en los estratos de apoyo de las zapatas y baja resistencia de la fábrica de los pilares. La solución aportada al problema fue la consolidación del firme de cimentación y de la estructura mediante la inyección de lechadas con tubo-manguito. Este método dio respuesta urgente a las necesidades que la estructura presentaba de un modo económicamente eficaz.

El objetivo de este artículo es la exposición y análisis del proceso completo de rehabilitación de la estructura, centrándose principalmente en la inyección de la fábrica y en el análisis de los resultados obtenidos.

Palabras clave: Rehabilitación, Fábrica histórica, Técnicas no destructivas, Inyección de lechadas, Tubo Manguito.

* espe@us.es



COLUMNS REINFORCEMENT WITH C.F.

Alcaraz, V.^{1*}, Mas, M.², García, E., Luizaga, A.¹

(1) Departamento de Ing. Civil: Servicios Urbanos, EUITOP, UPM, Madrid, España

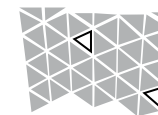
(2) Departamento de Ing. Civil: Tecnología de la Construcción, EUITOP, UPM, Madrid, España

Columns are a structure's most sensitive element, and thus they are very often reinforced. In this paper, a test campaign of reduced model columns was carried out. Batches were prepared with square and circular columns, reinforced and unreinforced. The tests were conducted on GEOCISA's facilities.

The work includes a theoretical and experimental study on the mechanical behaviour of concrete columns reinforced by confinement, subjected to an axial load. The reinforcements were done adding to the columns surface carbon fibre fabrics. A comparison of failure modes across batches is provided, in order to finally achieve a number of conclusions and recommendations.

Key Words: Columns, Structure, Reinforcement, Materials, C.F.

* vicente.alcaraz@upm.es



REFUERZO DE PILARES CON TEJIDOS DE FC.

Alcaraz, V.^{1*}, Mas, M.², García, E., Luizaga, A.¹

(1) Departamento de Ing. Civil: Servicios Urbanos, EUITOP, UPM, Madrid, España

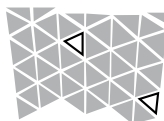
(2) Departamento de Ing. Civil: Tecnología de la Construcción, EUITOP, UPM, Madrid, España

Los pilares son los elementos estructurales más sensibles de una estructura, por lo que resulta muy frecuente su refuerzo. En el presente trabajo se realiza una campaña de ensayos de pilares en modelo reducido, para este fin. Se construyeron 30 pilares en modelo reducido, 15 de ellos de sección cuadrada y 15 de sección circular. En cada caso se formaron 3 lotes, 5 pilares sin refuerzo (pilares testigo), 5 pilares con una capa de refuerzo y 5 pilares con dos capas de refuerzo. Los ensayos se realizaron en las instalaciones de GEOCISA.

El trabajo comprende un estudio teórico-experimental del comportamiento mecánico de pilares de hormigón armado reforzados por confinamiento mediante la técnica de adhesión de tejidos de fibra de carbono, sometidos a una carga axial. Se describen los modos de fallo de forma comparativa entre los distintos lotes, para plantear finalmente una serie de conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: Pilar, Estructura, Refuerzo, Material, Fibra de carbono.

* vicente.alcaraz@upm.es



DESIGN OF EXPANSIVE SELF-COMPACTING MICRO-CONCRETE.
EFFICIENCY OF STRENGTHENING CONCRETE CYLINDRICAL
PILLARS WITH FRP EXTERIOR JACKETS

Carballosa P^{*}, Gutiérrez, J P¹, Revuelta D², Echevarria L¹

(1) Departamento de Construcción, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
(IETcc-CSIC), Madrid, España.

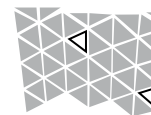
(2) Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de la Construcción (LOEMCO),
Madrid, España.

This work presents a technique for strengthening concrete cylindrical columns using a confinement system consisting on a FRP exterior jacket and an expansive self-compacting micro-concrete placed between the column and the FRP jacketing, so the solution becomes an active reinforcement enclosure that also works for the acting loads at the time of reinforcement. The design of the micro-concrete is done by using first specific tests to determine the characteristics of self-compacting, and secondly, determining the dosage of expander additive that compensates the retractions. To verify that the expansion is greater than the retractions, the expansion is evaluated on linear prismatic specimens, according to ASTM C878, while the radial expansion is assessed in a device designed at IETcc that simulates the proposed solution.

Once the dose of the additive is fixed in the 15%, a series of columns are prepared to measure the expansion and their compressive strength with three different configurations: without external casing, with casing type wrapping and casing Shell Wrapping. The results indicate that the technique is suitable to improve strength and ductility of the elements, as the pressure of the containment can ensure the capacity of columns badly damaged.

Key words: Concrete, self-compacting, Expansive, confinement, FRP jacket

* carballosa@ietcc.csic.es



DISEÑO DE MICRO-HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES EXPANSIVOS.
EFICACIA EN EL REFUERZO DE PILARES CILÍNDRICOS DE
HORMIGÓN MEDIANTE ENCAMISADOS FRP

Carballosa P^{*}, Gutiérrez, J P¹, Revuelta D², Echevarria L¹

(1) Departamento de Construcción, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
(IETcc-CSIC), Madrid, España.

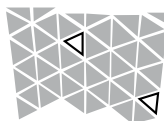
(2) Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de la Construcción (LOEMCO),
Madrid, España.

Este trabajo presenta una técnica de refuerzo de pilares cilíndricos de hormigón mediante un sistema de confinamiento consistente en un encamisado exterior de FRP y un micro-hormigón autocompactante de carácter expansivo, vertido entre el pilar y el encamisado, de manera que se obtenga un refuerzo activo que también trabaje para las cargas actuantes durante el refuerzo. El diseño del micro-hormigón se realiza determinando primero las características de autocompactabilidad mediante ensayos específicos, y después la dosis de aditivo expansor que compense las retracciones. Para comprobar que las expansiones superan las retracciones se evalúa la expansión lineal en probetas prismáticas, según la ASTM C878, y la expansión radial en un dispositivo diseñado en el IETcc que simula la solución propuesta.

Fijada la dosis de aditivo en el 15%, se elaboran diversos pilares sobre los que se mide la expansión y se ensayan a compresión 3 configuraciones: sin refuerzo, con encamisado tipo wrapping y con encamisado Shell Wrapping. Los resultados indican que la técnica es adecuada para aumentar la resistencia y ductilidad de los elementos, ya que se cuenta con una presión de confinamiento que aumenta la capacidad de los soportes.

Palabras clave: hormigón, autocompactante, expansivo, confinamiento, camisas FRP.

* carballosa@ietcc.csic.es



CONSTRUCTION OF THE ST PIUS X CHURCH OF BARCELONA ¹

Paricio, A^{*}, Rosselló, M²

(1) Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. UPC. Barcelona. España

(2) Departamento de Composición Arquitectónica. UPC. Barcelona. España

This paper deals with the construction process used to build the Saint Pius X Church in the Viviendas del Congreso Eucarístico neighbourhood of Barcelona. The church was designed by the architect José Soteras Mauri in 1960 and featured a ribbed concrete structure. Concrete arches transverse to the axis of the nave were placed not orthogonally but at an oblique angle, with their bases two pillar from the axis on each side, thus creating a triangular lattice. The lattice was covered with precast triangular panels following the curvature of the arch.

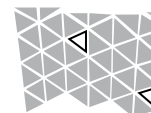
We wished to study the construction process, which combined in situ concrete with prefabricated components. The bases of the arches were made of in situ reinforced concrete and the rest was made using prefabricated arch sections connected by rebars, with each node being concreted at the appropriate level. This construction process is very similar to that of the reinforced concrete structures created by the engineer Pier Luigi Nervi.

The paper thus presents a construction process that is unique and innovative in terms of the approach and the means used at a difficult time for engineering in our country.

Keywords: process, construction, prefabricated, arch, concrete.

¹Esta comunicación de inscribe en el proyecto de investigación La arquitectura de la vivienda en Barcelona entre la autarquía y el desarrollismo, 1939-1976 (HAR 2010-19160) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

* antoni.paricio@upc.edu



PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA IGLESIA SAN PÍO X DE BARCELONA ¹

Paricio, A^{*}, Rosselló, M²

(1) Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. UPC. Barcelona. España

(2) Departamento de Composición Arquitectónica. UPC. Barcelona. España

La propuesta que se presenta, se refiere al proceso de ejecución que se utilizó en la construcción de la Iglesia de San Pío X del barrio de las Viviendas del Congreso Eucarístico de Barcelona.

Dicha Iglesia la proyectó el arquitecto José Soteras en 1960 a partir de una estructura nervada de hormigón. Es una estructura a base de arcos de hormigón transversales al eje de la nave con la particularidad de que dichos arcos no son ortogonales al eje de la misma sino dispuestos oblicuamente, desplazados dos pilares por cada lado respecto al eje, creando así un entramado triangular de cubierta. Ésta se cubrió con unas placas de cerramiento triangulares prefabricadas siguiendo la curvatura de los arcos.

Nuestro interés radica en el proceso de ejecución que combinó la construcción de hormigón 'in situ' con la de piezas prefabricadas. Los arranques de los arcos son de hormigón armado realizado en obra y el resto se concretó con tramos de arcos prefabricados y unidos a través de esperas hormigonando cada nudo en la cota correspondiente. Dicho proceso de ejecución presenta muchas coincidencias con las estructuras realizadas por el ingeniero Pier Luigi Nervi.

En definitiva, la comunicación muestra un proceso de ejecución innovador tanto desde el planteamiento como desde los medios utilizados en una época difícil para la técnica en nuestro país.

Palabras clave: proceso, ejecución, prefabricado, arco, hormigón

¹Esta comunicación de inscribe en el proyecto de investigación La arquitectura de la vivienda en Barcelona entre la autarquía y el desarrollismo, 1939-1976 (HAR 2010-19160) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

* antoni.paricio@upc.edu