

ARQUITECTURA PLEGABLE PARA UNA DÉCADA PRODIGIOSA La obra de Emilio Pérez Piñero y la arquitectura de los años sesenta

FOLDING ARCHITECTURE FOR AN ASTONISHING DECADE Emilio Pérez Piñero and the Architecture of the Sixties

José Calvo López, Juan Pedro Sanz Alarcón

El artículo revisa la obra de Emilio Pérez Piñero, diseñador de estructuras plegables y cúpulas geodésicas, que saltó directamente desde una España empobrecida y aislada a la vanguardia internacional del desarrollo tecnológico, para morir de forma trágica a los pocos años de haber iniciado su carrera. El trabajo describe los aspectos fundamentales de su obra y expone cómo el carácter desmontable y transportable de sus estructuras resuelve algunos de los temas claves de la cultura arquitectónica europea y americana de los años sesenta, anticipándose a las propuestas teóricas de Rayner Banham, Ron Herron o Peter Cook.

Palabras clave: Emilio Pérez Piñero, cúpulas geodésicas, estructuras desplegadas, estructuras transportables, Rayner Banham, Peter Cook, Ron Herron, Archigram

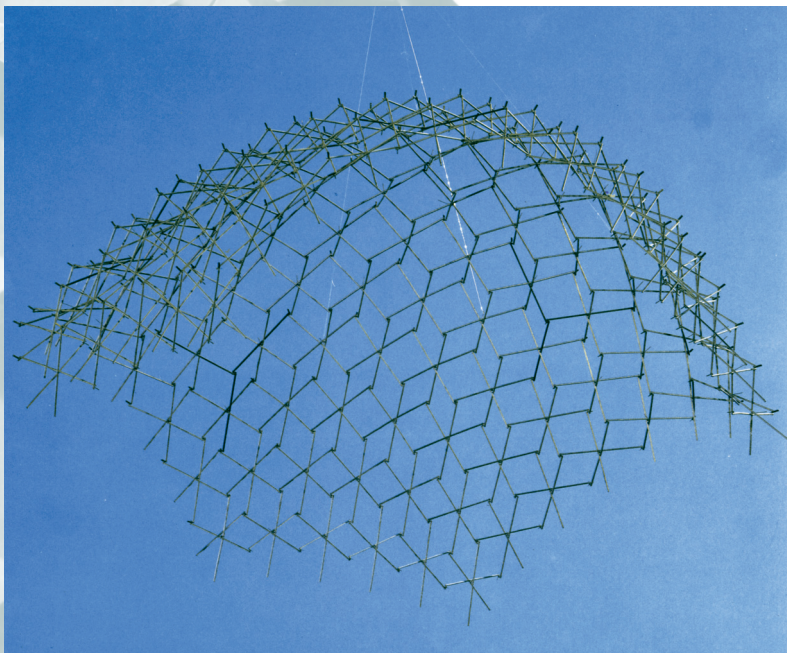
The article reviews the work of Emilio Pérez Piñero, a designer of unfolding structures and geodesic domes, who leaped directly from isolated, impoverished Spain to the international forefront of technological development and died tragically a few years after. The paper describes the main aspects aspects of Piñero's work and explains how his foldable, movable structures embody some key issues of the architecture of the nineteen-sixties, anticipating a number of proposals by Rayner Banham, Ron Herron or Peter Cook.

Keywords: Emilio Pérez Piñero, geodesic domes, unfolding structures, movable structures, Rayner Banham, Peter Cook, Ron Herron, Archigram



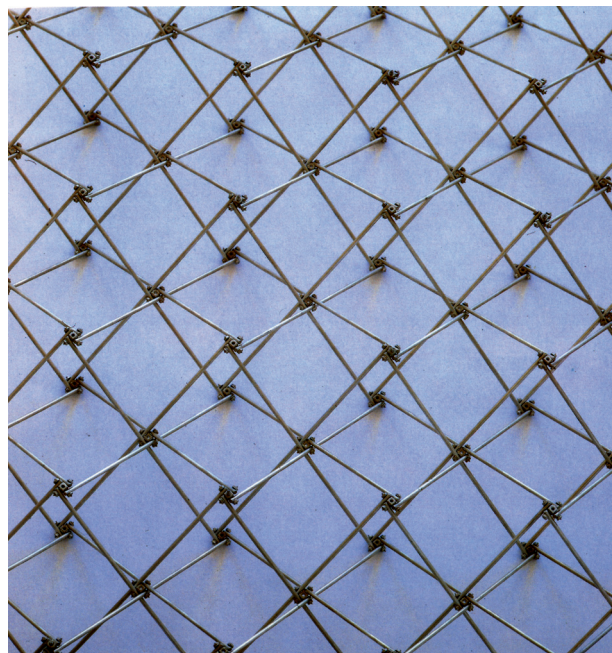
1. Maqueta del teatro ambulante presentado en Londres. 1961. Actualmente en la Fundación Pérez Piñero. Calasparra.

1. Model for a portable theater exhibited in London. 1961. Now in Fundación Pérez Piñero. Calasparra.



2. Maqueta de la cubierta del Pabellón de los Veinticinco Años de Paz. 1964.

2. Model for the roof of the 25 Years of Peace Pavilion. 1964.



La década de los sesenta fue pródiga en mitos fulgurantes, como el de Emilio Pérez Piñero, diseñador de estructuras plegables y cúpulas geodésicas, que saltó directamente desde la España de la miseria y el aislamiento a la vanguardia internacional del desarrollo tecnológico, para morir de forma trágica a los pocos años de haber iniciado su carrera. Los aspectos estructurales de su trabajo han sido estudiados por Puertas (1992), Pérez Valcárcel (1992) y Escrig (1993), pero sólo recientemente Miguel Seguí (2004), Javier Seguí (2004) y José María Churtichaga (2004), centrándose en el proyecto no realizado para el Velódromo de Anoeta y su relación con Félix Candela, han puesto de manifiesto que su trayectoria desborda el marco estrictamente técnico. Por tanto, creemos que puede tener un marcado interés un análisis de su obra en el contexto de la cultura arquitectónica europea y americana de los años sesenta.

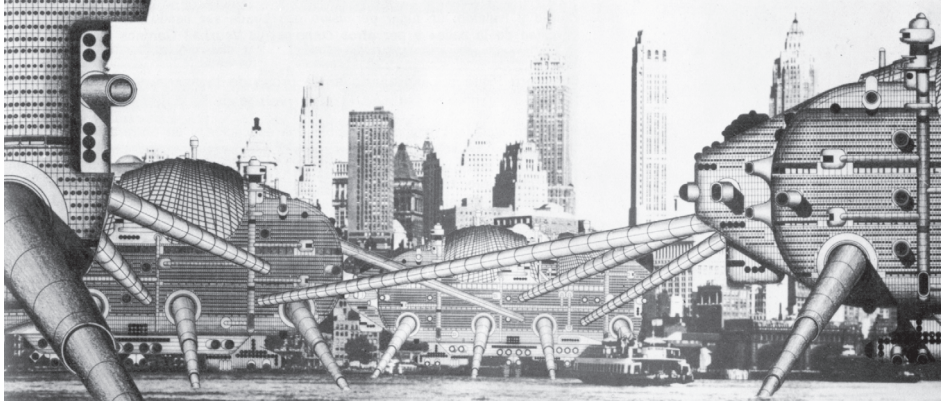
Hijo de un ingeniero militar fiel a la República, Pérez Piñero vivió sus años de infancia en Calasparra, villa arroceira del noroeste murciano, mientras su padre permanecía en prisión. Al terminar el bachillerato, dudaba entre la marina mercante y los estudios de bellas artes, pero su padre le hizo ver que en una escuela de arquitectura podía aprovechar su formación científica y desarrollar sus inquietudes artísticas al mismo tiempo. Cuando estudiaba cuarto curso en Madrid, uno de sus profesores le propuso participar en un concurso de proyectos, en el marco del Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos, que se había de celebrar en Londres en 1961 y tenía como tema un teatro ambulante. Piñero construyó en una pensión de la calle Pérez Galdós, empleando materiales de ferretería de barrio, el prototipo de una estructura espacial, uniendo las barras se unían mediante un ingenioso nudo articulado. No se molestó en dibujarla, en-

The nineteen-sixties brought along a fair number of striking episodes in architecture, such as the career of Emilio Pérez Piñero, a designer of folding structures and geodesic domes, who leaped directly from isolated, impoverished Spain to the international forefront of technological development and died tragically a few years after. The structural issues of his work have been studied by Puertas (1992), Pérez Valcárcel (1992) and Escrig (1993), but only recently Miguel Seguí (2004), Javier Seguí (2004) and José María Churtichaga (2004), have pointed out that his contributions exceed the strictly technical field, focusing on the unbuilt project for the Anoeta velodrome. The son of a military engineer loyal to the Spanish Republic, Pérez Piñero spent his childhood in Calasparra, a rice-growing town in the Spanish southeast, while his father was in jail. When graduating from high school, he was in doubt whether to pursue a career in the Merchant Navy or in the Fine Arts; his father pointed out that in a school of architecture he could put to good use his scientific skills and develop his artistic vocation at the same time. While in fourth year of college, one of his instructors suggested that he could present an entry for an exhibition that was to be held in the venue of the Congress of the International Architects'



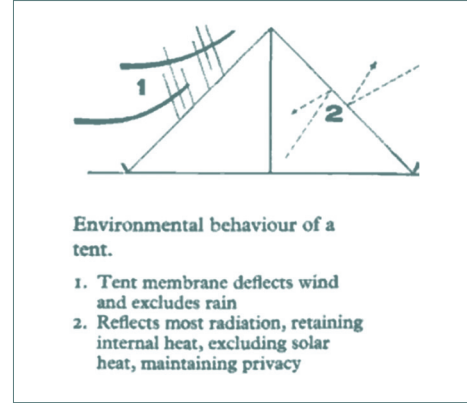
3. Ron Herron, Brian Harvey y Warren Chalk, *Walking city*. 1964.

3. Ron Herron, Brian Harvey y Warren Chalk, *Walking city*. 1964.



4. Rayner Banham, *The architecture of the well-tempered environment*, 1969.

4. Rayner Banham, *The architecture of the well-tempered environment*, 1969.



Union in London, in 1961, featuring projects for a mobile theatre. Piñero built in his boarding house in Madrid, using warehouse materials, the prototype of a spatial structure, joining bars by means of an ingenious articulated knot. He did not draw the project; rather he limited himself to the model, as he would do in almost all his projects. The invention, placed over a toy truck, opened like a fireworks display, taking the shape of a triangular sail vault; all he needed to materialise the theatre was to drop a canvas over it. The spirit of the times placed Félix Candela, Ove Arup and Richard Buckminster Fuller in the competition panel. Maybe Candela felt sympathy for his countryman; perhaps the centralised construction, favouring the rupture of the stage box, enclosing and interweaving actors and public, considered then an avant-garde trait, aroused a keen interest; it is not unsafe to suppose that Fuller saw in Piñero's invention a perfect complement for his domes, since the immaterial lightness of geodesic structures is joined with the utmost mobility, thanks to the unfolding knot. In fact, the idea solved a number of problems at the same time. In an article published in 1968, Piñero explained a number of systems for the assembly of rigid-knot reticulate structures, using either single bars, as Fuller, or either prefabricated sections of the structure; both methods were limited by the transportation vehicles available in the period and demanded the use of special cranes. He remarked also that a small irregularity in the leaning points of the structure, or in the length of the bars, which must be computed with accuracy in the range of a millimetre, will

tendiendo que la maqueta era suficiente para definir la construcción, como haría en la práctica totalidad de sus proyectos. El artilugio, montado sobre un camión de juguete, se abrió como una palmera de fuegos artificiales, materializando una bóveda vaída triangular; bastaba cubrirla con una lona para poner en pie el espacio dramático pedido por el programa del concurso (Hervás 1982; Casinello 1992).

El espíritu de los tiempos reunió en el jurado a Félix Candela, Ove Arup y Richard Buckminster Fuller. Candela debió sentir simpatía por el compatriota; quizá despertó interés la disposición centralizada de la construcción, que favorecía la ruptura de la caja de escenario a la italiana, envolviendo y entremezclando a los actores con el público, una idea que entonces se entendía como rasgo vanguardista; no es arriesgado suponer que Fuller vio en la invención de Piñero el complemento ideal para sus cúpulas, puesto que a la etérea ligereza de las estructuras geodésicas se unía la movilidad radical, gracias al nudo desplegable.

La idea resolvía de un solo golpe varios problemas. En un artículo publicado en 1968, Piñero expuso los distintos sistemas de montaje de estructu-

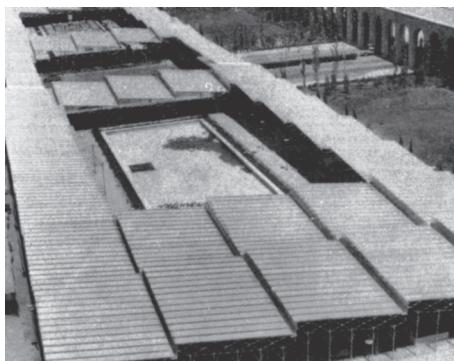
ras reticuladas de nudos rígidos, empleando bien barras aisladas, como Fuller, bien sistemas prefabricados mediante secciones más o menos grandes de la estructura; los dos métodos quedan limitados por la capacidad de los medios de transporte de la época y requieren grúas especiales. También explica el autor cómo una pequeña irregularidad en los apoyos o en la geometría de las barras, que es preciso determinar con precisión milimétrica, puede generar desajustes a la hora de cerrar el entramado en clave, que hay que resolver tensando la estructura. El carácter desplegable de las soluciones de Pérez Piñero simplifica radicalmente estos problemas. Las estructuras pueden ser transportadas en una sola pieza, reduciendo al mínimo las necesidades de vehículos y eliminando el problema de la unión de unas secciones con otras; sólo las muy grandes han de realizarse mediante un número reducido de porciones prefabricadas.

Pero más allá de estas ventajas técnicas, lo que explica el atractivo de la solución de Piñero es el anhelo imposible de la arquitectura ambulante, que ocupó un papel central en la arquitectura de los años sesenta. Desde su cuarto madrileño o desde el taller de Calas-

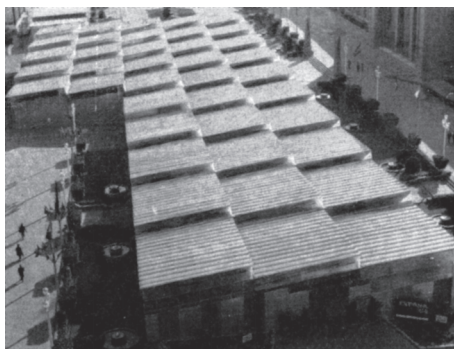


5 y 6. El pabellón de los Veinticinco Años de Paz, con patios, c. 1964.

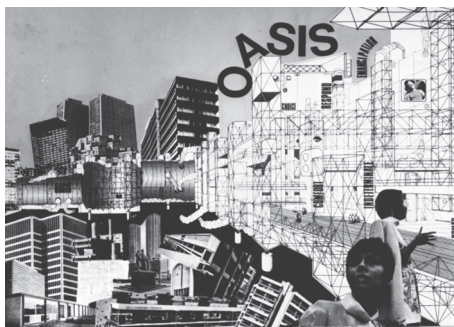
5, 6. The 25 Years of Peace Pavilion, with patios, c. 1964.



5



6



7

7. Ron Herron, *Oasis*, 1968.

7. Ron Herron, *Oasis*, 1968.

parra, Piñero se adelantó a algunos de los avatares de este mito. Son bien conocidas las imágenes de la *Plug-in city* de Peter Cook (1964), posterior en tres años al concurso londinense; enormes grúas trasladan de un punto a otro de la ciudad utópica cápsulas de vivienda, como las secciones de cúpula de Pérez Piñero. Las construcciones de Tange, Kiyutake o Safdie (Banham 1976), apilando ortoedros de hormigón o insertándolos en enormes cilindros a modo de brocheta, harían realidad pocos años después las imágenes de Archigram. Aún más significativa es la obsesión por la movilidad de otros proyectos no tan conocidos del grupo inglés, como la *Walking City* de Ron Herron, Warren Chalk y Brian Harvey (1964), donde una multitud de edificios globulares de veinte plantas, dotados de enormes patas, se pasean por los alrededores de Manhattan.

Todo esto llevó al jurado a conceder una mención extraordinaria al estudiante español, calificando su propuesta como una aportación técnica de primer orden; las fotos lo presentan exponiendo su prototipo en el escenario del congreso o mostrándolo con orgullo a Felipe de Edimburgo. En los dos años siguientes le llovieron los premios, como las medallas de oro de la bienal de Arte, Arquitectura y Teatro de Sao Paulo, en 1961 y la Exposición Internacional de Inventores de Bruselas, en 1962 (Hervás 1983; Casinello 1992). De vuelta a Madrid, mientras Piñero terminaba la carrera, la noticia de su triunfo se fue extendiendo por los Ministerios. En los primeros sesenta, la dictadura había abandonado hacía algunos años la estrategia de la autarquía, del aislamiento voluntario o forzado; la estructura desplegable ofrecía a partes iguales vanguardia artística, modernidad técnica y reconocimiento internacional, tres

cause problems when closing the structure, which must be solved applying tension in place. Piñero's folding structures solve these problems at once, since they can be transported in one piece, making in-place assembly unnecessary and reducing the need for trucks; only large-scale structures must be put together using a small number of prefabricated sections.

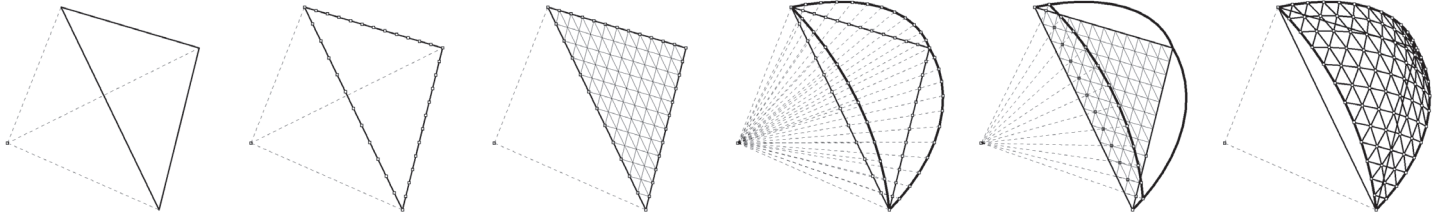
Beyond these technical reasons, the main factor that explains the attraction for Piñero's solutions is the utopian wish for a walking architecture, which played a central role in the culture of the sixties. Conceived in his Madrid room or his Calasparra workshop, Piñero's mobile vaults predate some well-known avatars of this myth. In Peter Cook's *Plug-in City* (1964), three years after the London competition, huge cranes transport house capsules from one end of the city to another, just as Piñero's dome sections. Tange, Kiyutake or Safdie (Banham 1976) were to materialise Cook's vision just a few years after, placing cubes one over the other or inserting them in a gigantic vertical skewer. However, it is more relevant for our purposes the obsession for mobility shown by other not-so-well-known Archigram projects, such as *Walk-in City* by Ron Herron and Brian Harvey (1964), where a host of globular twenty-story buildings, featuring enormous legs, walk around Manhattan.

All this led the jury in the London competition to award an extraordinary mention to the Spanish student, describing his proposal as a first rate technical contribution; photographs show him demonstrating his prototype in the Congress or explaining it to Prince Philip. In the following years, a fair number of distinctions were bestowed upon him, such as the Gold Medals of the Art, Architecture and Theatre Biennial at Sao Paulo and the International Inventors' Exhibition at Brussels (Hervás 1983; Casinello 1992). Back in Madrid, while Piñero was preparing for the final examinations in order to get his architect degree, the news spread around in the Ministries. In the early sixties, Franco's regime had drifted from a strategy of voluntary or forced isolation to a policy of limited exterior aperture; unfolding structures furnished at the same time technical modernity, artistic avant-garde, and international recognition, three valuable assets for the dictatorship.

Gradually, Pérez Piñero got a number of commissions, mainly from the public sector; he faced each new one with a different strategy,

8. Proceso de definición geométrica de un paño de cúpula geodésica. Dibujo de José Calvo.

8. Geometrical definition process for a section of geodesic dome. Drawing by José Calvo.



avoiding carefully the repetition of a preconceived scheme. In 1964, he was entrusted with a pavilion for an exhibition about the 25th anniversary of the regime. In contrast with the London prototype, he used a double-layer flat reticulated structure. A folding knot simplified its transportation; what is more, the pavilion could change not only its location, but also its shape. While in Madrid it featured a number of patios, to take advantage of spring and summer weather, in Barcelona and San Sebastián it adopted a compact layout (Pérez Piñero 1968; Casinello 1992). Once again, Piñero's light and mobile structures predate key issues in the architecture of the sixties; this explains the interest they aroused from London to Sao Paulo or their appearance in *L'Architecture d'aujourd'hui* and *Architectural Design*, quite striking for Spanish architecture of the period. Another Herron (1968) project does not seem at first sight connected with Piñero's work, but can furnish some valuable clues. A huge orthogonal reticulated structure advances against a traditional city; the scene is dominated by the legend OASIS, while the words *choice*, *emancipation*, *indeterminate* or *nomad* creep everywhere in smaller type. Which is the point of these Saharan metaphors? The next year Rayner Banham (1969), the theorist of the movement, put forward the tent of the Bedouin as a new architectural utopia. He explained how the Western cultural elite does not know the spatial experience of nomads, based on a space conception where frontiers are vague, irregular and adaptable to needs. Piñero's pavilion was a perfect *avant la lettre* example of Herron's and Banham's positions, since it could change its place and shape, to adapt to the changing needs of Castilian spring, Bay of Biscay summer or Mediterranean winter.

mercancías de las que el régimen estaba hambriento.

Poco a poco fueron llegando a Pérez Piñero los encargos, en su mayoría oficiales; resulta muy llamativo ver cómo cada obra se aborda con una nueva estrategia, sin caer en ningún momento en la repetición de un esquema preconcebido. En 1964 se le confió un pabellón transportable para celebrar los Veinticinco Años de Paz franquistas. En las antípodas del modelo presentado en Londres, lo resolvió con una estructura plana de doble capa. El nudo articulado facilitaba en gran medida el transporte, pero además el pabellón podía cambiar no sólo de emplazamiento, sino de forma: mientras que en Madrid tenía patios para aprovechar el clima de la primavera y el verano, en San Sebastián y Barcelona presentaba una forma compacta (Pérez Piñero 1968b; Casinello 1992).

Una vez más, las estructuras ligeras, desmontables y transportables de Pérez Piñero se anticipan a temas centrales de la arquitectura de los años sesenta; esto explica el interés que despertaron desde Londres hasta Sao Paulo o la aparición de sus artículos en las páginas de *L'Architecture d'aujourd'hui* y *Architectural Design*, más que llamativa en el panorama de la arquitectura española del período. Otra propuesta de Herron (1968) parece más aleja-

da a primera vista de los trabajos de Pérez Piñero, pero puede ofrecernos una clave valiosa: una enorme estructura reticulada ortogonal, no tan lejana del pabellón de los Veinticinco Años de Paz, avanza sobre una ciudad tradicional, amenazando con destruirla, y por encima de la escena se desliza la palabra OASIS, acompañada en letra más pequeña por *choice*, *emancipation*, *indeterminate* o *nomad*. ¿A qué vienen estas metáforas saharianas? Por aquella época, en *The architecture of the well-tempered environment*, Reyner Banham (1969), el ideólogo del movimiento, el teórico que analizaría a posteriori las megaestructuras de Archigram, planteaba como paradigma de la nueva utopía la tienda del beduino; explicaba cómo la élite cultural de Occidente desconoce las experiencias espaciales de los nómadas, que conciben un espacio de fronteras vagas, irregulares y adaptables a las necesidades. El pabellón de Piñero servía de perfecto ejemplo *avant la lettre* de las propuestas de Banham y Herron, puesto que podía mudar de lugar y disposición, para adaptarse a las necesidades climáticas de la primavera castellana, el verano cantábrico o el invierno mediterráneo.

Dos años después, aquel Ministerio de Información y Turismo que ideó el eslogan *Spain is different* precisaba un teatro transportable para Festivales de



España, la apuesta desesperada del régimen para obtener una migaja de prestigio cultural. Un problema escénico, una solución móvil: el encargo llevaba el nombre de Pérez Piñero. Lejos de caer en la solución fácil de reutilizar la fórmula del teatro londinense, el inventor de Calasparra empleó una pareja de cúpulas geodésicas trianguladas, lo que demuestra cómo había asimilado a esas alturas la lección de Fuller. Ahora bien, merece la pena precisar que estas bóvedas, lejos de ser el descubrimiento de un pionero americano, como algunos creen, nacieron en Alemania y derivan probablemente del expresionismo germánico. El tipo de bóveda geodésica empleado por Fuller reproduce literalmente la cúpula del planetario de Jena, proyectado por Walter Bauersfeld, junto con los ingenieros constructores Franz Dischinger y Ulrich Finsterwalder y abierto al público en 1926. Un año antes la casa Zeiss había obtenido una patente por la invención de la bóveda, pero fue anulada a raíz de la segunda guerra mundial; esto permitió a Fuller reutilizar la idea y patentar el mismo concepto en Estados Unidos. No resulta sencillo discernir si Bauersfeld y sus colaboradores conocían o se inspiraron en las propuestas reales o utópicas de Taut o Finsterlin, como el Pabellón de la Industria del Vidrio de la Exposición de Colonia de 1914; obviamente la llamada *maravilla de Jena* no emplea un perfil apuntado, sino una sección ultrasemicircular, más apropiada para un planetario.

En cualquier caso, tanto Bauersfeld como Fuller y Piñero aplican el mismo método geométrico: inscriben un icosaedro en una esfera, dividen cada una de las aristas del poliedro en un mismo número de partes, subdividen la cara en triángulos menores trazando paralelas a los lados por cada uno de

los puntos de división, proyectan cada uno de los puntos resultantes de esta triangulación secundaria desde el centro de la esfera sobre la superficie, lo que les permite obtener los nodos de la cúpula, y finalmente unen los nodos mediante barras.

Todo esto puede sonar a receta de alquimista, pero es necesario para obtener una estructura completamente triangulada y, por tanto, evitar los esfuerzos de flexión en las barras. Hubiera sido en principio más sencillo proyectar directamente cada lado del icosaedro sobre la esfera y dividir la curva resultante, que es un círculo máximo, en partes iguales. Pero haciendo las cosas así, los círculos máximos no se encuentran de tres en tres en los nodos, con lo que la estructura no queda completamente triangulada, se producen esfuerzos de flexión y además el número de nodos y barras es mayor. Esto pone de manifiesto la lógica de la solución de Bauersfeld y sus colaboradores; no parece arriesgado suponer que fue la proyección central de las estrellas del planetario sobre la cúpula lo que sugirió a los ingenieros alemanes el sofisticado método de dividir las aristas del icosaedro antes de proyectarlas sobre la esfera.

La solución requiere un cálculo geométrico bastante laborioso, pues los arcos de círculo máximo resultante no son iguales; en el caso de las cúpulas de Piñero y Fuller, que dividen en doce segmentos cada arista del icosaedro, resultan treinta y dos barras de longitudes diferentes. Un dibujo a escala no resuelve el problema, pues es preciso determinar la longitud de las barras con precisión de milímetros; esto explica porqué Piñero no dibujó ninguno de sus proyectos, con la excepción del teatro ambulante de 1971, al final de su carrera.

Two years later, the idiosyncratic Ministry of Information and Tourism of the dictatorship needed a mobile theatre for Festivales de España, a desperate attempt to get a bit of international cultural prestige. A scenic problem, a portable solution: the commission had Piñero's name written over it. Instead of reusing the design of the London competition, he employed a pair of geodesic domes, putting to good use Fuller's lessons. In any case, it is worthwhile to remark that these vaults, far from being the invention of an American pioneer, were born in Germany and probably stem from expressionist architecture. Fuller's domes resemble almost exactly the vault at Jena Planetarium, designed by Walter Bauersfeld, along with the building engineers Franz Dischinger and Ulrich Finsterwalder. The planetarium was opened in 1926; a year before, the Zeiss company had obtained a patent for the invention, but it was declared void after World War II, as all German patents; this allowed Fuller to reuse the idea and get an American patent for the same concept. It is not easy to tell if Bauersfeld and the engineers knew Taut's and Finsterlin's real or utopian proposals, such as the Glass Industry Pavillion at Cologne's Werkbund Exhibition of 1914; of course, the so called *Wonder of Jena* does not use a pointed profile, but rather a ultrasemicircular cross-section, quite appropriate for a planetarium.

Both Bauersfeld as Fuller and Piñero use the same geometric model: they inscribe an icosahedron in a sphere, divide each of the edges of the polyhedron in the same number of portions, subdivide each face in a number of smaller triangles tracing parallels to the edges, project each point of this secondary triangulation from the centre of the sphere unto its surface, obtaining thus the nodes of the dome, and join adjacent nodes by mean of straight bars.

All this may look as an alchemist recipe, but is necessary in order to get a completely triangulated structure, avoiding bending moments in the bars. At first sight, it may seem simpler to project directly each edge of the icosahedron upon the spherical surface; however, doing things so, bars do not meet at the knots in groups of three; thus, the structure will not be completely triangulated, bending moments will appear and the number of bars and knots will be increased. This shows the logic of Bauersfeld's solution; it is not unsafe to think that the central projection of the stars in the planetarium upon the dome sugges-



ted the engineers the sophisticated method of dividing the icosahedron edges *before* projecting them upon the spherical surface.

This solution demands a painstaking geometrical computation, since the distances between the knots are not equal and thus a number of bars with different lengths must be used. For domes using twelve bars for each edge of the icosahedron, used by Fuller and Piñero, thirty-two different bars are needed. A scale drawing cannot solve the problem, since bar lengths must be determined with accuracy in the millimeter range; this explains why Piñero did not draw any of his projects, with the exception of the portable theater of 1971, at the end of his career.

Fuller's main contribution to reticulate vaults, apart from using a double-layer to avoid bending, was the introduction of the term *geodesic dome*, introducing telluric connotations that proved quite fashionable in the hippie period. Of course, *great circle dome* has not the same appeal, since everybody expects domes to be circular and big. It is quite revealing that Fuller's franchises behaved in practice as an esoteric sect; bar-length tables were guarded as military secrets (Kenner 1976), although their compilation is within the reach of a student of a Spanish architectural or engineering school with a reasonable knowledge of Descriptive Geometry and Trigonometry. In spite of the weak condition of Spanish industry, the mathematical skills of engineers and architects, by influence of the French polytechnic tradition, were outstanding; Piñero had to pass two years of mathematical courses before entering the School of Architecture (Casinello 1992).

This marks the singularity of Spanish architectural instruction against its counterparts in Continental Europe and, even more so, against Anglo-Saxon countries. Far from limiting architectural education to the training of a pure designer, the Academy of Fine Arts of San Fernando in Madrid had adopted as early as the 18th century, the architectural syllabus of the École Polytechnique, opposed to the Beaux-Arts tradition. This is another factor that explains Piñero's international success; as Candela, his work combines artistic inspiration and technical competence, something that is not so common in the English-speaking world; this explains the accolades he got at the same time from art biennials and inventor's meetings. These mathematical skills allowed Piñero to give a new twist to Bauersfeld's and Fuller's solutions

9. El teatro de Festivales de España montado en La Coruña. 1966.

9. The Festivales de España theatre assembled in La Coruña. 1966.



Frente a esto, la aportación principal de Fuller a la ciencia de las bóvedas trianguladas, además de doblarlas para evitar el pandeo, fue introducir el término *geodesic dome*, que aportaba connotaciones telúricas, lo que explica su atractivo en la época *hippie*. Por supuesto *great circle dome* no hubiera tenido el mismo impacto, puesto que al fin y al cabo, la imaginación popular espera que todas las cúpulas sean circulares y grandes. Es significativo comprobar que el grupo de los franquiciados por Fuller se comportaba en la práctica como una secta esotérica; las tablas que permiten calcular la longitud de las barras se guardaban como secretos militares (Kenner 1976), cuando el cómputo, aunque laborioso, está al alcance de cualquier alumno de una escuela técnica española con unos conocimientos razonables de geometría descriptiva y trigonometría. A pesar de la precaria situación de la industria española, la preparación matemática de los estudiantes de las escuelas técnicas, derivada de la tradición politécnica fran-

cesa, era enormemente exigente; Piñero hubo de superar dos años de Ciencias Exactas antes de ingresar en la escuela de arquitectura (Casinello 1992).

Precisamente este rasgo diferencia al sistema español de la Europa continental y, más aún, de los países anglosajones. Lejos de reducir la educación del arquitecto a la formación como diseñador puro, ya en el siglo XVIII la Academia de San Fernando había adoptado la orientación de la École Polytechnique, opuesta a la de Beaux-Arts. Este es otro de los factores que explica el éxito internacional de Piñero: como Candela, era capaz de ofrecer al mismo tiempo sensibilidad formal y competencia técnica, algo que no es frecuente en el mundo angloparlante. De ahí que recibiera al mismo tiempo el reconocimiento de las bienales artísticas y las reuniones de inventores.

Este dominio de la geometría de las estructuras reticuladas permitió a Piñero reelaborar con virtuosismo las soluciones de Bauersfeld y Fuller, disponiendo dos cúpulas rebajadas cortadas



10. Interior del teatro de Festivales de España. 1966.

10. Interior of the Festivales de España theatre. 1966.

por un plano horizontal que pasa por cinco vértices del icosaedro y haciéndolas encontrarse en un plano vertical, dispuesto de tal forma que los extremos del perímetro de cada una de las dos bóvedas subtienden un ángulo de 120° desde el centro de la planta de cada una de las bóvedas. Todo esto plantea complicaciones adicionales, pues al intersecar cada esfera por dos círculos menores, la mayoría de las barras que encuentran el plano secante quedan cortadas, lo que añade dificultad a los cálculos y lleva a Pérez Piñero a ocultar estas uniones mediante la lona, las butacas o una batería de focos.

Por otra parte, contrasta el aspecto futurista, casi onírico, de la sofisticada estructura metálica, frente a la vieja lona y el precario toldo de entrada, propios de un circo ambulante. No hay mejor imagen de la España de los años sesenta, a medio camino entre una penuria de siglos agravada por el aislamiento internacional, y el sueño vanguardista de una tecnocracia a la que la historia reservó el papel de dirigir los

estertores del sistema franquista. Pérez Piñero encargaba los cálculos de sus estructuras a su hermano José María, que los materializaba en interminables tablas de cosenos directores rellenas a mano, y después las hacía construir por el herrero de Calasparra. Esto le llevó a asumir el papel de contratista, como por otra parte hacía Candela en México, y justifica su abandono del dibujo, pues prácticamente montaba los prototipos con sus propias manos.

La misma oposición entre penuria industrial e inventiva hispánica encontramos en las fotos del interior de la carpeta de Festivales de España, donde la imagen insólita de la bóveda geodésica sobrevuela una platea cuajada de incómodas sillas de director de cine, muy lejos de las salas de conciertos europeas con las que el ministerio de Fraga trataba de rivalizar. Por supuesto, el tipo de asiento venía obligado por la necesidad de montar y desmontar rápidamente tan singular palacio de las artes. Piñero encontró de nuevo una solución, brillante y artesanal al mismo tiempo,

in the theater for Festivales de España. In a display of virtuosity, he used not one, but two surbased domes cut by the horizontal plane that passes through five vertices of the icosahedron, making the domes meet in a vertical plane placed in such a way that the edges of the perimeter of each dome subtend an angle of 120° from the center of the plan of each vault. All this causes additional difficulties, since intersecting each sphere with the vertical plane of a lesser circle causes most bars meeting the section plane to be cut; this requires more complex computations and led Piñero to hide these unions by means of the canvas, the chairs or a row of lights.

The futurist image of the structure contrasts with the old canvas and the shabby canopy at the entrance, fit for a travelling circus; there is no better metaphor of Spain in the sixties, half way between a secular poverty aggravated by international isolation and the bold modernistic dreams of a technocracy that was to manage the extinction of Franco's regime. Piñero entrusted the calculations of his structures to his brother José María, who filled by hand endless tables of sines and cosines, building them afterwards in the workshop of a Calasparra ironsmith. This led him to adopt the role of a contractor, as Candela did in Mexico and explains his disdain for drawing, since he built his vaults almost with his own hands.

The same contrast between industrial penury and Hispanic inventive can be found in the interior photographs of the Festivales de España theatre; the striking image of the geodesic dome spans a floor packed with uncomfortable director chairs, quite far from the Continental concert halls the Ministry of Information and Tourism was trying to emulate. Of course, the election of such seating was dependent on the need to pack or unpack such theatre at short notice. Piñero found a solution for this problem, both brilliant and economic: he prepared sets of chairs that could unfold or fold jointly, drastically reducing the time and effort needed to deploy the chairs. In this period, the latest cinematographic revolution was Cinerama, a system based in three cameras, three projectors and a cylindrical screen. In this moment only two Cinerama movies were available in Spain, two documentary films without plot or actors; building a special theatre in each medium-sized city would not have been profitable. The original Cinerama logo plays with a contraposition of planes, as some façades of the period, suggesting a wide unfolding billboard.

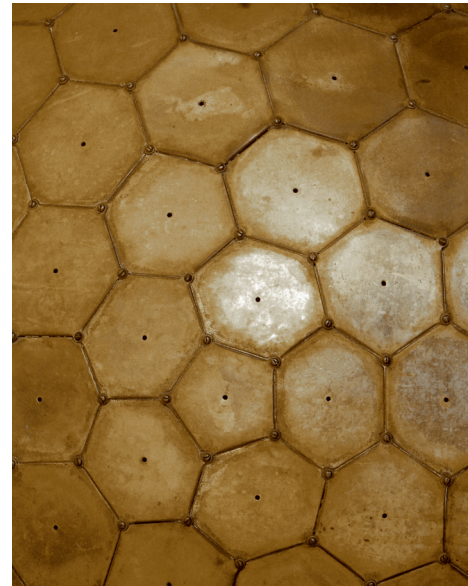
11. Sillas para el pabellón de Cinerama. 1967.
Fundación Pérez Piñero.

11. Chairs for the Cinerama pavilion. 1967.
Fundación Pérez Piñero.



12. Detalle de la maqueta para Cinerama. 1967.
Fundación Pérez Piñero.

12. Model for the Cinerama pavilion. Detail. 1967.
Fundación Pérez Piñero.



Once more, it was written on the wall that Piñero was to design the theater meant to bring this new system throughout Spain. He could have repeated the solution for Festivales de España, but instead he used a single geodesic dome, divided in pentagonal and hexagonal sections, which offers a different interior image from the triangles of his earlier solutions. He resumed his work with chair sets, increasing the number of chairs by block; as in other projects, this solution combines neatly the mastery of articulated unions and the influence of geometric abstraction, which played a central role in Spanish art scene in the period.

These ties with the artistic avant-garde are even more evident in the project of the Anoeta velodrome, in San Sebastián; maybe for this reason, this work has aroused some interest in recent years. The cells of this structure are covered by folded rhombuses, creating a play of light and shadow, akin to some compositions by Palazuelo or Sempere. However, as suggested by Churtichaga (2004) this brilliant design is brought about by the solution to a technical problem: the geometry of geodesic domes, although apparently simple, is really quite complex, as we have seen, in particular if the designer means to equalize the length of the bars, in order to simplify prefabrication. This led Piñero to skip Fuller's and Bauersfeld's geometries in this project, in

uniendo conjuntos de sillas para acelerar la apertura de la sala.

En aquella época se presentaba como la última revolución cinematográfica el Cinerama, un sistema que empleaba tres cámaras, tres proyectores y una pantalla curva para obtener una sensación envolvente. Los empresarios de turno se plantearon llevarlo por toda España, pero en aquel momento solo estaban disponibles en España dos películas en este formato, dos documentales sin argumento ni actores, y no hubiera sido rentable construir una sala especial para el nuevo sistema en cada capital de provincia. El logotipo del Cinerama juega con una contraposición de planos, como las fachadas dentadas de la época, sugiriendo un cartel desplegable de gran anchura; una vez más, estaba escrito que había de ser Pérez Piñero el encargado de diseñar el cine portátil que había de exhibir la nueva atracción por todo el suelo ibérico. Hubiera sido fácil repetir sin más la solución de los Festivales de España, pero el autor no

cayó en esta trampa; recurrió a una sola cúpula geodésica triangulada, pero dividida en secciones pentagonales y hexagonales, cubiertas por placas continuas que ofrecen una imagen anterior muy diferente de los triángulos de sus propuestas anteriores. También siguió trabajando en los conjuntos de sillas, ampliando y corrigiendo el prototipo de anterior; como en otras ocasiones, se conjugan en este diseño el dominio técnico de los nudos articulados y la influencia de la abstracción geométrica, que ocupaba un lugar de relevancia en la producción plástica de la época.

Estos vínculos con la vanguardia artística son aún más evidentes en el proyecto del velódromo de Anoeta; quizá por esta razón este trabajo es el que ha despertado mayor interés en los últimos años. La estructura se cubre con rombos doblados, que acaban en vértices agudos, dando lugar a un potente juego de luces y sombras, que recuerda a algunas propuestas de Palazuelo o Sempere. Ahora bien, como explica



13. Estructura del pabellón para Cinerama. 1967.

13. Structure of the Cinerama pavilion. 1967.



14. Montaje del pabellón para Cinerama. 1967.

14. Assembly of the Cinerama pavilion. 1967.



Churtichaga (2004) la brillante solución formal surge como respuesta a un problema técnico: la geometría de las cúpulas geodésicas, aparentemente sencilla, es en realidad verdaderamente endiablada, sobre todo cuando el diseñador aspira a igualar las longitudes de las barras para facilitar la prefabricación. Esto les llevó a apartarse de la geometrías de Fuller, o mejor dicho Bauersfeld, para ir a una solución donde las curvas geodésicas no se encuentran tres a tres en los vértices, lo que evita falsear las longitudes de las barras, pero deja pequeños triángulos que tienen por vértice los puntos de encuentro entre dos tornapuntas. A su vez, esto exige para su cubrición una solución diferente de los hexágonos de la cúpula del Cinerama, lo que llevó a Piñero a emplear los paraboloides hiperbólicos cortados en ángulo agudo que había usado Candela en obras mexicanas como el restaurante Los Mantiales de Xochimilco.

Resulta significativo comprobar que en el artículo publicado en *Arquitectu-*

ra en 1968 en el que presenta su obra y la teoría que la sustenta, Piñero no cita el promotor ni el destino de ninguna de las estructuras. Es más, se presentan como simples prototipos o maquetas reducidas de construcciones mayores, como si sus trabajos para el régimen franquista no fueran más que ensayos de futuras realizaciones en otros ámbitos. Pronto le llegaría esta oportunidad, a través de la Armada norteamericana, que pretendía montar una base en la Antártida. Candela propuso a los oficiales encargados del proyecto emplear una de las bóvedas de Piñero, que estaba estudiando en aquel momento la posibilidad de transportar sus estructuras desplegables mediante un helicóptero. Esto permitiría prescindir de grúas de cualquier tipo, como las diseñadas para montar el Cinerama. De nuevo se hacía realidad, gracias al ingenio de Pérez Piñero, otro mito de los sesenta, la posibilidad de construir en cualquier lugar; como es bien conocido, la idea pasó a la contracultura, con propuestas

order to arrive to a different solution. The new method equals bar lengths, but leaves small triangles between the nodes and demands a different solution for the filling material; thus, Piñero resorted to the hyperbolic paraboloids cut in acute angles used by Candela at the Los Mantiales restaurant in Xochimilco.

Quite significantly, in the 1968 article published in *Arquitectura* that presents his work, Piñero does not quote neither the client nor the use of his projects. Rather, he describes these constructions as models or prototypes of larger structures; it can be surmised that he conceived commissions from the Franco regime as experiments to be later developed in other locations. This opportunity came through the American Navy, that was looking for a structure to house a base in Antarctica. Candela proposed the officials in charge of the project to use a Piñero dome; at this moment, he was studying the possibility of using a helicopter to transport and place one of his folding vaults. This made any kind of cranes, such as the special ones used to assemble the Cinerama dome, completely unnecessary. Once again, Piñero's ingenuity led him to materialise another myth of the sixties, allowing him to build his vaults in any conceivable location; of course the idea was typical in the counterculture of the period, fostering such proposals as *Drop-in City*. In any case, military censorship retained letters

15. Cubierta del proyecto del velódromo de Anoeta. 1972.

15. Roof for the Anoeta velodrome. 1972.

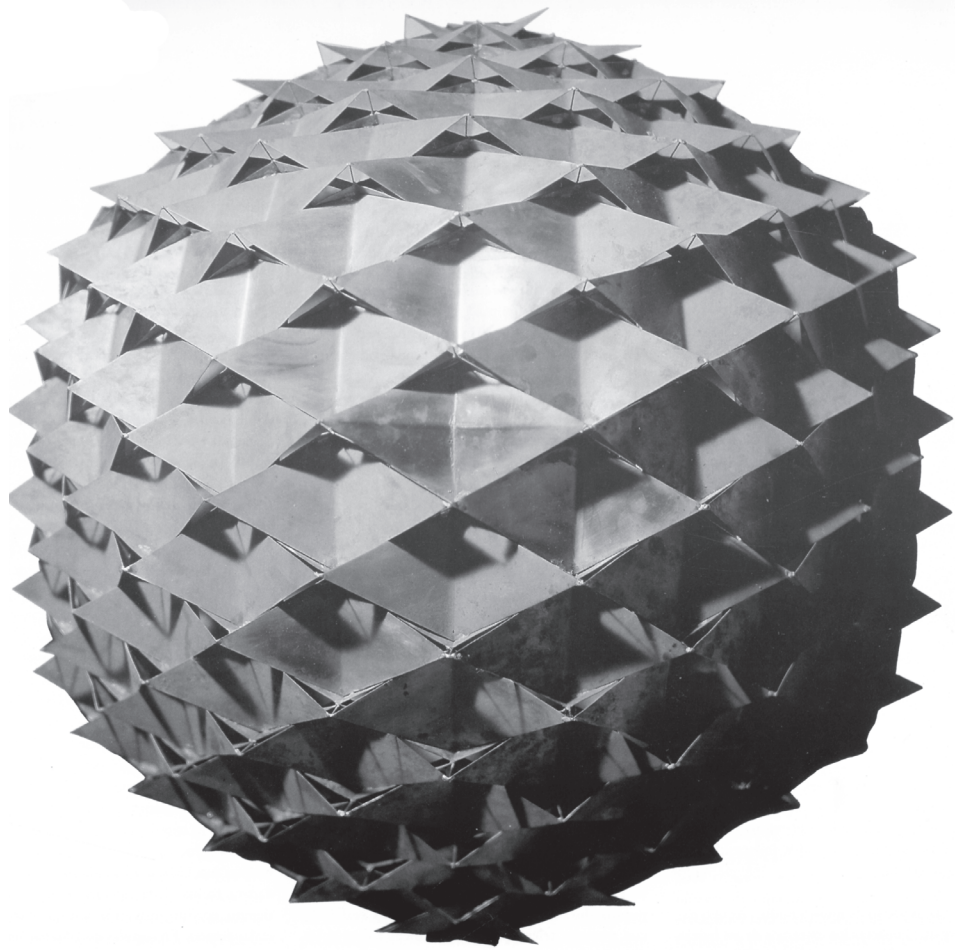
124



to the Navy; when they reached their destination, the project had been rejected before. Candela brought again Piñero in contact with a number of NASA specialists, who were contemplating the impossible dream of a greenhouse on the Moon, in order to analyse the fertility of lunar soil. As always, Piñero was not taken back by the difficulties of the project and prepared the model of an unfolding vault that was meant to cross space closed as an umbrella, in the nose of the lunar module, to open automatically when reaching our satellite, adopting the shape and function of a conservatory. The project was unfortunately rejected, skipping an exceptional opportunity for legend: the first spatial structure, in both senses of the word, could have been fabricated in a small ironsmith workshop in Calasparra, as Candela remarked.

Piñero's last work was the only one to put him into contact with artistic circles. However, it does not relate at first sight with geometric abstraction, but rather with a movement that seems quite distant from his trajectory. In this period, while summer of 67 and May of 68 were exploding in San Francisco and Paris, the dictatorship was trying to put together one of these strange operations meant to give it a bit of cultural respectability through artistic avant-garde. The General Directorate of Architecture was building the Dalí Museum at Figueras. The painter had heard about Fuller domes and wanted one of them to span the main hall of the Municipal Theatre, which was being reused as museum. Antonio Cámara, an architect from the Directorate, explained him that he could find an architect in Calasparra that built "better vaults than Fuller".

The encounter with Dalí led Piñero to build a well-known double-layer geodesic dome, covered with transparent plastic; however, he could not see it finished. Also, both Dalí and Piñero conceived an amazing unfolding stained-plastic window; at least Piñero's work entered the realm of geometric abstraction, although by a quite indirect way. The Figueras dome led him to death; when coming back to Calasparra in his Ferrari, he was involved in an accident that ended his life. He could not attend the UIA Congress of 1972, that was to award the Auguste Perret prize to technical innovation in architecture, previously granted to Candela, Jean Prouvé, Hans Scharoun or Frei Otto. A few years later, his contributions fell in oblivion, as so many proposals from the sixties, and he was only remembered

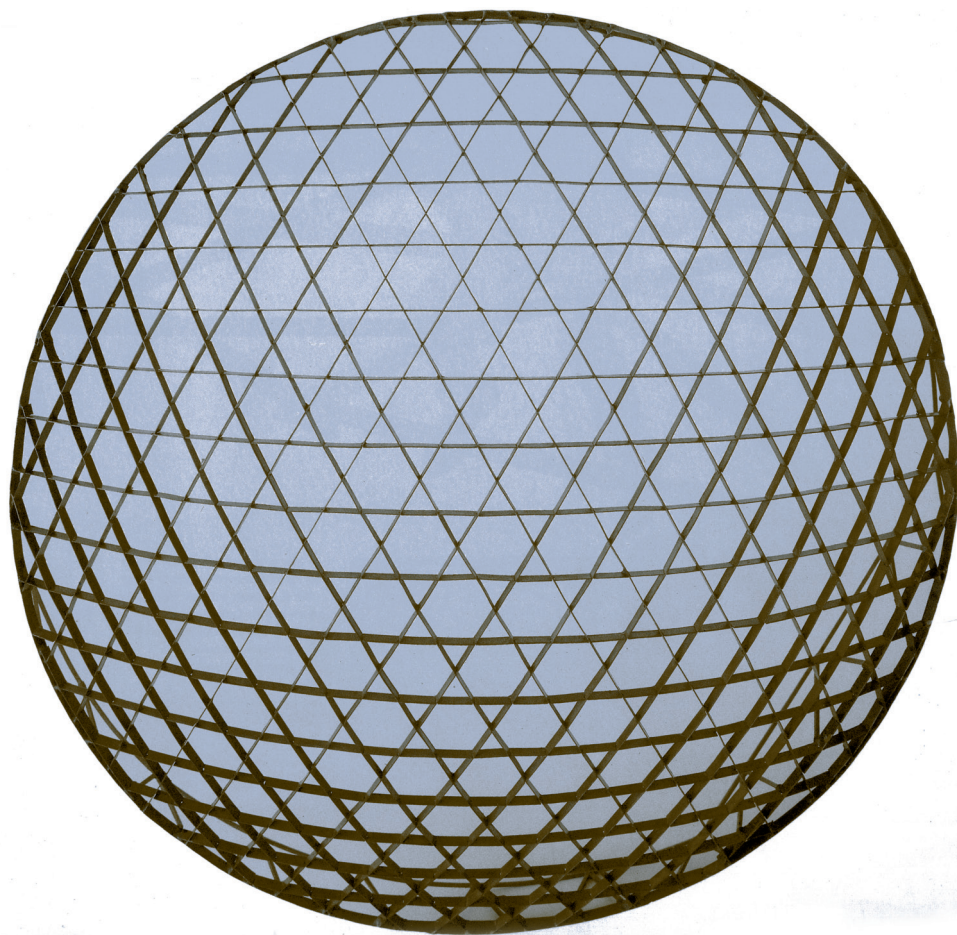


como *Drop City*, que entonces nos parecía fascinante y hoy vemos como lo que es, un asentamiento marginal.

En cualquier caso, la censura retuvo las cartas cruzadas con la marina estadounidense; cuando llegaron a su destino, el proyecto había sido desestimado. Candela lo puso nuevamente en contacto con algunos especialistas de la NASA, que albergaban el sueño disparatado de levantar un invernadero en la Luna, para analizar la fertilidad del suelo lunar. Como siempre, Piñero no se arredró y preparó el modelo de una cúpula desplegable que había de cruzar el espacio cerrada como un paraguas, en el morro del módulo lunar, y abrirse automáticamente al alcanzar el satélite para dar forma al invernáculo. En cualquier caso, el proyecto fue abandonado; perdimos así una oportunidad inigualable para la leyenda, que hubiera conjugado de manera única el ingenio

ibérico y la tecnología punta de la década prodigiosa: faltó poco para que la primera estructura verdaderamente espacial, en los dos sentidos del término, se fabricara en Calasparra, como vino a decir en su momento Félix Candela.

La última obra de Pérez Piñero fue la única que lo puso en contacto directo con los ambientes artísticos, pero no con la abstracción geométrica que parece estar más próxima a su obra, sino con una corriente que en principio parece opuesta. En aquel momento, en plena efervescencia del verano del 68, se estaba realizando otra de las peregrinas operaciones con las que el régimen intentaba ganar legitimidad cultural a través de la vanguardia artística: la Dirección General de Arquitectura, la heredera de Regiones Devastadas, construía en Figueras el Museo Dalí. El pintor había oído hablar de las cúpulas de Fuller y quería cubrir con



16. Maqueta de la estructura de cubierta del velódromo de Anoeta. 1972. Fundación Pérez Piñero.

16. Model for the roof structure of the Anoeta velodrome. 1972. Fundación Pérez Piñero.

una de ellas la sala del antiguo Teatro Municipal de la capital del Ampurdán. Antonio Cámara, arquitecto del ministerio, le explicó que en Calasparra había un arquitecto que construía cúpulas “mejores que las de Fuller”. El encuentro entre Dalí y Piñero llevó a la construcción de su obra más conocida, una cúpula geodésica de doble capa, cubierta con plástico transparente, que no pudo ver terminada. También realizaron juntos una insólita vidriera desplegable, presentada por ambos bajo la estructura reticulada de la torre Eiffel; por fin el trabajo de Piñero entraba en el terreno artístico de la abstracción geométrica, pero lo hacía por un camino muy indirecto. Sería esta obra la que le llevaría a la muerte: el 8 de Julio de 1972, volviendo de Figueras a Calasparra en su Ferrari, sufriría un accidente en Torrelblanca que acabó al instante con su vida. No pudo asistir al Congreso de

la UIA de 1972 a recoger el premio Auguste Perret a la innovación tecnológica, que en años anteriores habían recibido Félix Candela, Jean Prouvé, Hans Scharoun o Frei Otto, y que en aquella ocasión recogería su viuda. Pocos años después, su obra cayó en el olvido, como tantas otras propuestas de los años sesenta, del que sólo salió para pasar al círculo de los especialistas en estructuras. Curiosamente, la materialidad de su trabajo ha sobrevivido por algún tiempo: en 1992, la estructura de los Festivales de España estaba en manos del Ayuntamiento de Hospitalet de Llobregat y la del Cinerama, en uso por el Circo de los Muchachos, mientras que las maquetas y los escasos planos se conservan en la Fundación Pérez Piñero de Calasparra. Pero en cualquier caso, como decía Javier Seguí (2004), el sueño de las estructuras móviles ha continuado vivo en la ima-

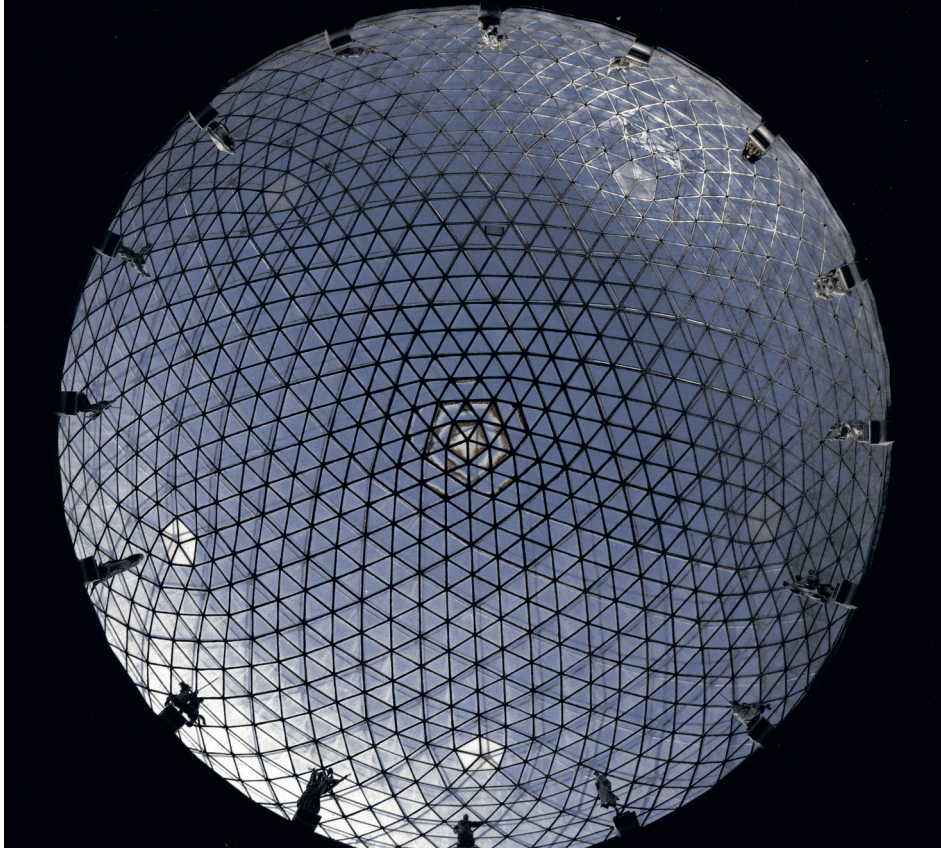
by structural specialists. However, his material work did survive for some years: in 1992, the Festivales de España structure was in the hands of the Hospitalet de Llobregat Town Hall and the one for Cinerama was used by a charity that operated a circus run by teenagers, while the models and the scant drawings are kept at the Pérez Piñero Foundation in Calasparra. But in any case, as Javier Seguí has said (2004), the dream of mobile structures has been kept alive in the imagination of a few visionaries. Maybe in this moment, as the fortieth anniversary of his death is approaching and the utopian proposals of the sixties can be seen with enough distance, the moment for an objective and documented survey of his work has arrived. ■

References

- Banham, R 1969, *The architecture of the well-tempered environment*, Architectural Press, London.
- Banham, R 1976, *Megastructure. Urban futures of the recent past*, Thames and Hudson, London.
- Banham, R 1994, *The visions of Ron Herron*, Academy Editions, London.
- Candela, F 1972, ‘Emilio Pérez Piñero’, *Arquitectura*, nº 163-164, p. 9-13.
- Casinello Martínez, F et al. 1992, *Estructuras desplegables de Emilio Pérez Piñero*, Comunidad Autónoma, Murcia.
- Churtichaga, JM 2004, ‘La estructura veloz’, in Miguel Seguí, Félix Candela y Emilio Pérez Piñero. *Un diálogo imaginario. Proyecto para el Concurso del Velódromo de Anoeta. 1972*, Rueda, Madrid, p. 127-171.
- Cook, P, 1964, ‘Plug-in city’, *Archigram*, nº 4, p. 17.
- Escrig, F 1993, ‘Las estructuras de Emilio Pérez Piñero’, in *Arquitectura transformable*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, Sevilla.
- Herron, R, W Chalk y F B Harvey 1964, ‘Walking city’, reproduced in Banham 1976.
- Herron, R 1968, ‘Oasis’, *Archigram*, nº 8, s. n.
- Hervás Avilés, JM 1982, *Cincuenta años de arquitectura en Murcia. La arquitectura, los arquitectos y su organización colegial, 1931-1982*, Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia, Murcia.
- [Pérez] Valcárcel, JB & F Escrig 1992, ‘La obra arquitectónica de Emilio Pérez Piñero’, *Boletín Académico. Escola Técnica Superior de Arquitectura de la Coruña*, nº 16, p. 3-12.
- Pérez Piñero, E 1961a, ‘Project for a mobile theatre’, *AD: The Architectural Design*, vol. 31, nº 12, p. 570.
- Pérez Piñero, E 1961b, ‘A reticular movable theatre’, *Architects’ journal*, vol. 134, p. 299.
- Pérez Piñero, E 1962a, ‘Estructura espacial reticular’, *Progressive Architecture*, p. 154-155.
- Pérez Piñero, E 1962b, ‘Material, estructura y forma’, *Hogar y Arquitectura*, nº 40, p. 25-23.
- Pérez Piñero, E 1964, ‘Notas sobre las estructuras’, *Arquitectura*, vol. 6, nº 66, p. 22-25.
- Pérez Piñero, E 1968a, ‘Structures reticulées’, *Architecture d’aujourd’hui*, vol. 40, nº 141, p. 76-81.
- Pérez Piñero, E 1968b, ‘Estructuras reticulares’, *Arquitectura*, nº 110, p. 54-55.

17. Cúpula geodésica en el Museo Dalí de Figueras. 1969.

17. Geodesic dome for the Dalí Museum in Figueras. 1969.



- Pérez Piñero, E 1970a, 'Cúpula desplegable integral', *Nueva Forma*, nº 53, p. 58-59.
- Pérez Piñero, E 1970b, 'Cúpula reticular parabólica desplegable para grandes luces', *Hogar y Arquitectura*, nº 89, p. 84-89.
- Pérez Piñero, E 1972a, 'Cubierta en el Museo Paleocristiano de Tarragona', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 20-21.
- Pérez Piñero, E 1972b, 'Cúpula para el Museo Dalí (Figueras)', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 22.
- Pérez Piñero, E 1972c, 'Vidriera hipercúbica desplegable', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 23-24.
- Pérez Piñero, E 1972d, 'Cubiertas de grandes espacios', *Hogar y Arquitectura*, nº 101, p. 82-85.
- Puertas del Río, L 1992, 'Las estructuras de Emilio Pérez Piñero', in *I Encuentro Internacional sobre Estructuras Ligeras para Grandes Luces*, Sevilla, p. 29-48.
- Seguí, J 2004, 'Candela-Pérez Piñero. Un diálogo imaginario', in Seguí, M, *Félix Candela y Emilio Pérez Piñero... 1972*, Rueda, Madrid, p. 116-125.
- Seguí, M 2004, 'Aproximación a la 'arquitectura ausente' de Félix Candela', in Seguí, M, *Félix Candela y Emilio Pérez Piñero... 1972*, Rueda, Madrid, p. 25-45.
- Urgoiti, R & E Pérez Piñero 1961, 'Teatro ambulante: dos proyectos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid al VI Congreso de la U. I. A. en Londres', *Arquitectura*, nº 30, p. 27-33.

ginación de unos pocos. Quizá en este momento, cuando está cercano el cuarenta aniversario de su muerte y podemos ver las propuestas utópicas de los sesenta con la frialdad que da la distancia, haya llegado el momento para una revisión rigurosa y documentada de la obra de Pérez Piñero. ■

Referencias

- Banham, R 1969, *The architecture of the well-tempered environment*, Architectural Press, London.
- Banham, R 1976, *Megastructure. Urban futures of the recent past*, Thames and Hudson, London.
- Banham, R 1994, *The visions of Ron Herron*, Academy Editions, London.
- Candela, F 1972, 'Emilio Pérez Piñero', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 9-13.
- Casinello Martínez, F et al. 1992, *Estructuras desplegables de Emilio Pérez Piñero*, Comunidad Autónoma, Murcia.

- Churtichaga, JM 2004, 'La estructura veloz', en Miguel Seguí, *Félix Candela y Emilio Pérez Piñero. Un diálogo imaginario. Proyecto para el Concurso del Velódromo de Aneta. 1972*, Rueda, Madrid, p. 127-171.
- Cook, P, 1964, 'Plug-in city', en *Archigram*, nº 4, p. 17.
- Escrig, F 1993, 'Las estructuras de Emilio Pérez Piñero', en *Arquitectura transformable*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, Sevilla.
- Herron, R, W Chalk y F B Harvey 1964, 'Walking city', reproducido en Banham 1976.
- Herron, R 1968, 'Oasis', en *Archigram*, nº 8, s. p.
- Hervás Avilés, JM 1982, *Cincuenta años de arquitectura en Murcia. La arquitectura, los arquitectos y su organización colegial, 1931-1982*, Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia, Murcia.
- [Pérez] Valcárcel, JB & F Escrig 1992, 'La obra arquitectónica de Emilio Pérez Piñero', *Boletín Académico. Escuela Técnica Superior de Arquitectura da Coruña*, nº 16, p. 3-12.
- Pérez Piñero, E 1961a, 'Project for a mobile theatre', *AD: The Architectural Design*, vol. 31, nº 12, p. 570.
- Pérez Piñero, E 1961b, 'A reticular movable theatre', *Architects' journal*, vol. 134, p. 299.
- Pérez Piñero, E 1962a, 'Estructura espacial reticular', *Progressive Architecture*, p. 154-155.
- Pérez Piñero, E 1962b, 'Material, estructura y forma', *Hogar y Arquitectura*, nº 40, p. 25-23.
- Pérez Piñero, E 1964, 'Notas sobre las estructuras', *Arquitectura*, vol. 6, nº 66, p. 22-25.
- Pérez Piñero, E 1968a, 'Structures reticuleés', *Architecture d'aujourd'hui*, vol. 40, nº 141, p. 76-81.
- Pérez Piñero, E 1968b, 'Estructuras reticulares', *Arquitectura*, nº 110, p. 54-55.
- Pérez Piñero, E 1970a, 'Cúpula desplegable integral', *Nueva Forma*, nº 53, p. 58-59.
- Pérez Piñero, E 1970b, 'Cúpula reticular parabólica desplegable para grandes luces', *Hogar y Arquitectura*, nº 89, p. 84-89.
- Pérez Piñero, E 1972a, 'Cubierta en el Museo Paleocristiano de Tarragona', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 20-21.
- Pérez Piñero, E 1972b, 'Cúpula para el Museo Dalí (Figueras)', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 22.
- Pérez Piñero, E 1972c, 'Vidriera hipercúbica desplegable', *Arquitectura*, nº 163-164, p. 23-24.
- Pérez Piñero, E 1972d, 'Cubiertas de grandes espacios', *Hogar y Arquitectura*, nº 101, p. 82-85.
- Puertas del Río, L 1992, 'Las estructuras de Emilio Pérez Piñero', en *I Encuentro Internacional sobre Estructuras Ligeras para Grandes Luces*, Sevilla, p. 29-48.
- Seguí, J 2004, 'Candela-Pérez Piñero. Un diálogo imaginario', en Seguí, M, *Félix Candela y Emilio Pérez Piñero... 1972*, Rueda, Madrid, p. 116-125.
- Seguí, M 2004, 'Aproximación a la 'arquitectura ausente' de Félix Candela', en Seguí, M, *Félix Candela y Emilio Pérez Piñero... 1972*, Rueda, Madrid, p. 25-45.
- Urgoiti, R & E Pérez Piñero 1961, 'Teatro ambulante: dos proyectos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid al VI Congreso de la U. I. A. en Londres', *Arquitectura*, nº 30, p. 27-33.

18. Vidriera desplegable. Salvador Dalí y Emilio Pérez Piñero. 1969.

18. Unfolding stained-glass window. Salvador Dalí and Emilio Pérez Piñero. 1969.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ignacio González-Varas y a Emilio Pérez Belda sus comentarios, aclaraciones y sugerencias.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Ignacio González-Varas and Emilio Pérez Belda for their kind answers, commentaries and suggestions.