Realizaciones

Torre Mare Nostrum para Gas Natural en Barcelona

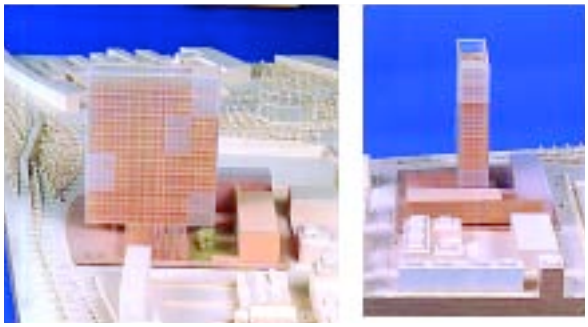
Mare Nostrum tower for the Gas Natural in Barcelona

Julio Martínez Calzón
Dr. Ingeniero de Caminos
Director de MC2 Estudio de Ingeniería

1. ASPECTOS GENERALES

El complejo de Gas Natural se sitúa en la Avenida del Doctor Aiguader del Cinturón litoral en el barrio de la Barceloneta, y en relativa proximidad a los dos edificios de altura: MAPFRE y Hotel Arts, construidos con motivo de las Olimpiadas de 1992.

Esta realización es el resultado final de un concurso arquitectónico restringido convocado en 1999 por dicha empresa, en acuerdo con el Ayuntamiento de Barcelona, para lograr una obra representativa y que ordenara apropiadamente esta zona de carácter parcialmente industrial y algo degradada. En dicho concurso participaron ocho equipos de arquitectos cuyas propuestas, de gran interés, se reflejan en las imágenes siguientes:



Brullet-De Luna



Carles Ferrater



Enric Henry

1. GENERAL ASPECTS

The Gas Natural *complex is set on the Avenida del Doctor Aiguader in the coastal sector of the Barceloneta district and relatively close to two other tall buildings, the MAPFRE building and the Hotel Arts which were both built on the occasion of the 1992 Olympics in Barcelona.*

This building is the final result of an initial and restricted call for architectural proposals made by the company in 1999, on the approval of the Barcelona City Council, with the intention of creating a landmark building and one which would integrate with and suitably organize this partially industrial and somewhat neglected area of the city. In that call eight architects teams participate and furnished a series of interesting proposals which may be seen below.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



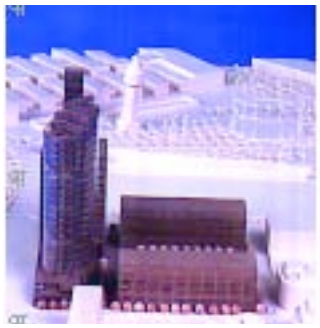

Espinet - Ubach



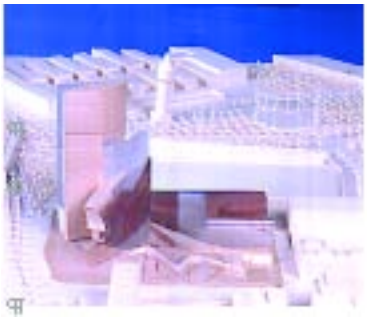

Jospe A. Llinàs




Martínez Lapeña - Torres




Martorel - Bohigas - Mackay




Miralles - Tagliabue

The winning proposal was presented by the EMBT group of architects, formed by Enric Miralles and Benedetta Tagliabue who proposed a solution along the lines of post-modern hybrid deconstruction, a style in which Enric Miralles was perhaps the leading exponent in Spain. Miralles in association with Benedetta Tagliabue were responsible for the design of the prestigious Scottish Parliament building and other works including the extension of the Institute of Architecture in Venice (IUAV), though this latter design may not see the light of day following the last-minute cancellation of the works.

The formal and conceptual process of the Gas Natural complex is based, in the words of its designers, on the reflection of a disorderly group of rocks beside the sea (Figure 1); with a partially amorphous organization of great visual impact and totally opposing any rationalized outline, though one which is very solid. It could be defined as a neo-expressionist proposal with elements of forceful lyricism.

The formal version presented in response to the call for proposals (Figure 2) – which subtly incorporates in the plan layout and the silhouettes of a number of elevations a type of abstract configuration of the butterfly emblem employed by Gas Natural in many of its advertisements – is very similar to the final building, though there are a number of differences between both solutions and essentially that the original layout was clearly more "dramatic" and even more daring and tense.

This first and more dramatic version was toned down at the start of the development of the proposal due to the need to incorporate detailed functional aspects which, as is well known, in build-

El equipo ganador EMBT, compuesto por Enric Miralles y Benedetta Tagliabue, planteó una solución en la línea híbrida deconstuctiva-postmoderna, en la primera de las cuales Enric Miralles representa, tal vez, el ejemplo español más conspicuo de esta tendencia compositiva. Más recientemente, en conjunto con Benedetta Tagliabue, han llevado a cabo el prestigiado Parlamento de Escocia y otras obras, entre las que destacaría la ampliación del Instituto de Arquitectura de Venecia (IUAV), aunque quizá no llegue a verse realizado tras la interrupción de la obra en los albores de la misma.

El proceso formal y conceptual del complejo de Gas Natural partió –en palabras de sus autores- de una reflexión sobre un conjunto desordenado de rocas junto al mar (Figura 1); con una estructuración parcialmente amorfa, pero de gran potencia visual, totalmente en oposición a cualquier sistema delineado, ra-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 1. Imagen conceptual.
Figure 1. Conceptual image.

cionalizado, ... etc. pero muy consistente. Podríamos definirla como una propuesta neoexpresionista con una componente de lirismo poemático.

La versión formal presentada al concurso (Figura 2) –que incluye sutilmente, en su disposición en planta y las siluetas de algunos de sus alzados, una especie de configuración abstracta de la mariposa que Gas Natural utiliza en muchos de sus carteles y anuncios– resulta muy semejante a lo construido, aunque no dejan de entreverse algunas diferencias entre ambas soluciones, que fundamentalmente se establecen en que el esquema original resultaba abiertamente más "dramático", y si se quiere, algo más atrevido y tenso.

Dicha primera, y más dramática versión, se suavizó al iniciarse el programa de desarrollo de la idea, al tener que ser incorporados en detalle los aspectos funcionales que, como es bien sabido, en la edificación de cierta altura comportan condicionantes importantes vinculados con las conexiones e instalaciones verticales: ascensores, patios, etc., así como con los aspectos estructurales.

La gama de objetivos del proyecto arquitectónico era muy amplia: trataba de conseguir una imagen atrayente y emblemática, exigida por el concurso, mediante el complejo sistema de formas, proporciones y atrevidas disposiciones de las piezas que lo constituyen; pero, además, el edificio aborda otras ideas, consistentes en lograr una integración articulada y continua con las dos áreas de edificación de la Avenida del Doctor Aiguader que la bordean, haciendo de charnela o vínculo entre las mismas:

– Por una parte, los edificios del arquitecto Luís Pascual, dispuestos con una altura media y alineaciones ligeramente esviadas respecto al eje de la Avenida, determinaron que uno de los cuerpos del conjunto se dispusiera en altura y alineación semejantes, como una suerte de prolongación de carácter continuista (Figura 3). Además, está pieza se situaba volada, con la idea de configurar una especie de puerta o ventana conceptual hacia el barrio de la Barceloneta y hacia el mar.

ings of certain height impose important limitations with regards to connections and vertical installations: lifts, courtyards, etc., as well as in terms of structural aspects.

The architectural project encompassed a broad range of objectives: It attempted to achieve an attractive and emblematic image, as requested in the call for proposals, by means of a complex system of shapes and proportions and the bold arrangement of the component parts; but the building also incorporated other ideas aimed at achieving harmonious and continuous integration with two adjoining built-up areas on the Avenida del Doctor Aiguader and serving as a connection or tie between these two areas:

– *The area formed by the Luis Pascual architect buildings are set at medium height and arranged at a slight angle to the centreline of the Avenue. This was offset by arranging one of the bodies of the tower complex at a similar height and angle in the form of a continuing prolongation (Figure 3). This area is cantilevered out with the idea of forming a type of bridge or conceptual window towards the Barceloneta district and the sea.*

– *The other area is formed by the two high-rise buildings indicated above and set further away. This connection was formed by setting the tower part of the Gas complex at such a height and angle that, when seen from the Plaza de Pau Vila and the*

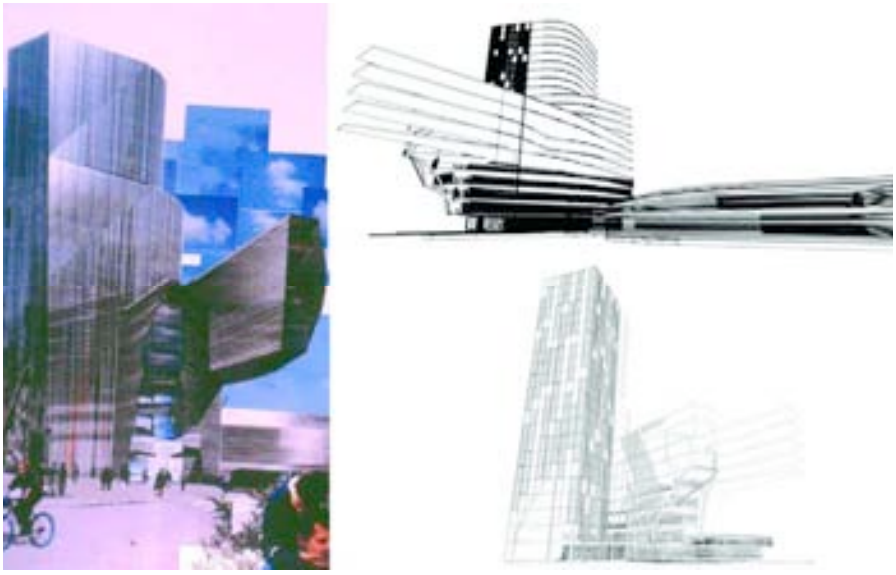


Figura 2. Imágenes presentadas al concurso.
Figure 2. Architectural proposals.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 3. Perspectiva desde la Avenida Dr. Aiguader.
Figure 3. Perspective from the Avenida Dr. Aiguader.

Paseo de Juan de Borbón, the places of maximum transit in the area, this would appear to be the same height as the other buildings though, in all reality, it is barely over half the height of the same as it is possible to see in the above mention Figure 3). In all events, the effect of a medium height tower largely contributes to the modulation and continuous transition between these two areas.

– *These two buildings or bodies are complemented by other elements of the complex to form: a sculptural materialization of the initial idea of a scattering of rocks (and serve to hide the existing and somewhat ugly Gas Natural building which had to be respected and integrated within the complex) providing movement and a wealth of perspectives and creating a form of inner avenue connecting up the different areas of the plaza on which the complex is set.*

– *Smaller elements, such as a raised connection point in the form of a bridge, or a small lower leaf-shaped block, with the characteristic profiles of many of EMBT's works, complete the series of buildings set above ground level.*

The entire complex (Figure 4) is completed by a three-storey basement extending over the entire area of the site and covered by a large, open garden area at street level which is open to the public. This garden area opens out and gives an idea of space to the entire complex which is set in the corner furthest removed from the existing buildings in the area.

The arrangement is not arbitrary and, instead, provides an intense conceptual configuration, yet forming just part of the entire synthesis which is yet further enhanced by the relation with other architectural aspects which do not require analysis here.

On account of its expressive originality, the building is clearly open to generic criticism regarding the mannerism observed in modern architecture, but which may also be incorporated within this interesting expressionist line explored and developed by Behrens, Berg, F.L. Wright, Mendelsohn, E. Saarinen and Gehry and which continues to this day.

If Miralles had been able to continue the design and the building work, the final solution would have undoubtedly been very different, as may be witnessed by many other of his works. While it is evidently more complicated to make changes in complex high-rise buildings, many aspects would have been adapted to obtain closer adherence to the original concept which arranged the shapes and areas in a far more daring manner than the semi-rationalism of the building shown in the tender stage and one which Benedetta Tagliabue and her collaborator Elena Rocci maintained in spirit and largely adhering to the ideal accepted by Enric up to the time of his death.

– Por otra, los dos citados edificios de altura, situados a mayor distancia, llevaron a disponer la pieza alta del conjunto del Gas con una altura y alineación tales que, contemplada desde la plaza de Pau Vila y el Paseo de Juan de Borbón, lugares de máxima aglomeración de la zona, se percibiera idealmente alineada en altura con aquellos, aunque realmente apenas sobrepasara la mitad de las mismas, tal como se aprecia en la misma figura 3 anterior. En cualquier caso, el efecto de una Torre de altura intermedia, significaba en gran medida una suerte de modulación y transición continua entre las dos áreas citadas.

– Complementando a estos dos edificios o cuerpos, las restantes piezas citadas del complejo componen: por una parte, la visión escultórica de la antes comentada acumulación de rocas ideales (conjunto que ocultaba además, el vulgar edificio existente de Gas Natural que había de ser integrado en el complejo) le proporcionan ritmo y riqueza de perspectivas, creándose entre las mismas, una especie de calle interior que conecta las diversas áreas de la plaza en la que se sitúa el complejo.

– Finalmente, elementos de menor entidad como una pieza de conexión en altura en forma de puente, o un pequeño bloque inferior en forma de hoja arbórea, con los perfiles característicos de muchas obras de EMBT, integran el programa de edificios sobre rasante.

Todo el conjunto antedicho (Figura 4) se completa con un zócalo de tres sótanos, que ocupa la totalidad del solar, dejando libre en planta baja, al nivel de calle, una gran plaza de carácter público, ajardinada, que libera y da amplia espacialidad a todo el complejo, el cual está dispuesto en la esquina más alejada de las edificaciones próximas ya construidas en la zona.

La disposición, por tanto, no es en absoluto gratuita, sino que conforma un fuerte programa conceptual, cuya síntesis aquí planteada resulta parcial y que se enriquece notablemente en relación con otros aspectos arquitectónicos que no resultan de interés detallar aquí.

Indudablemente, el edificio por su expresiva originalidad queda sometido a la

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

crítica genérica acerca del manierismo que se observa en la arquitectura de nuestro tiempo, pero podría ser también incorporado a esa interesante línea expresionista que, en su día Behrens, Berg, F. LL. Wright, Mendelsohn, E. Saarinen, Gehry recorrieron o continúan haciéndolo.

Es indudable que si Miralles hubiera podido continuar en el proyecto y en la ejecución de la obra, la solución final hubiera sido diferente, como lo atestiguan muchas otras de sus obras; y aunque, evidentemente, en los edificios de altura complejos, los cambios resultan menos fáciles, muchas cosas hubieran sido adaptadas para lograr un mayor acercamiento a los postulados de la deconstrucción, que dispone las formas y espacios de una manera mucho más compleja que el semirracionalismo del edificio proyectado en su fase de concurso y que Benedetta Tagliabue y su colaboradora Elena Rocci mantuvieron en espíritu, con gran ajuste, al ideal aceptado por Enric hasta el momento de su muerte.

En cualquier caso, la imagen final resume muy tensionadamente una idea compleja, incluyendo incluso la propuesta de fachada con vidrios de reflejo deformante y coloración variada, planteada por Enric a la vista de los edificios vistos por el mismo en su última visita a U.S.A., poco antes de su defunción.

En este proceso, el capítulo estructural sólo tuvo un protagonismo apreciable en el ámbito del edificio volado, para el cual, y en base a las conversaciones y condicionantes definidos con EMBT se plantearon diversas propuestas a decidir por ellos. La elegida y ejecutada fue la primera y más lógica y eficiente, tanto en los aspectos resistentes como en los constructivos. Otras consideraciones menores se relacionaron con la tipología y forma de las barras del conjunto en algunos puntos específicos de cada edificio.

Puede decirse, en resumen, que la colaboración ingeniería estructural-arquitectura tuvo un carácter ejemplar y coherente y, en la medida de lo posible, fueron alcanzados, en forma muy armoniosa, todos y cada uno de los objetivos previstos.

2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DE LA ESTRUCTURA

La doble configuración:

– esbelta y compleja de la edificación sobre rasante

– compacta y relativamente simple en la situada bajo rasante

condujo claramente a un desdoblamiento lógico de sus estructuras: de carácter me-

In all events, the final image provides a very distended summary of a complex idea, even down to the façade proposal using reflecting, deforming and variable coloured glass. This type of façade being considered by Enric after visiting several buildings during his last trip to the USA shortly before his death.

In this process, the structural work only took on particular protagonism in the construction of the cantilevered building, and in accordance with the conversations and conditions defined with EMBT, various different proposals were formed for selection by the same. The solution that was selected and employed was the first and more logical and efficient of the solutions in terms of both strength and construction. Additional minor considerations were related to the type and form of the members of the assembly in certain specific points of each building.

The collaboration between structural engineering and architecture was seen to be exemplary and coherent in this case and, as far as possible, each and every one of the planned objectives was reached in a very harmonious manner.

2. BUILDING DESCRIPTION AND CONCEPTUAL ARRANGEMENT OF THE STRUCTURE

Double configuration:

– *slender and complex configuration of the building above ground level*

– *compact and relatively simple configuration of the building below ground level.*

This leads to a logical overlapping of the structures with steel and composite structures dominating in all the buildings above ground level and concrete prevailing in the areas below ground level and where three quarters of the depth of the same was set below the ground water table. However, it was also necessary to establish a clear interaction between the entire assembly to ensure continuity and an optimum structural arrangement. This being essentially achieved by the placing of reinforced concrete shafts interconnecting both systems.



Figura 4. Vista general del complejo de edificios.
Figure 4. General view of the building complex.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 5. Planta general del complejo.
Figure 5. General plan of the complex.

In their *entirety, the complex of buildings and their common lower basement may be said to determine an interesting range of both structural and construction solutions which actively and harmoniously collaborate to allow complete integration and provide the intense formal and architectural image demanded by the building.*

There follows an individual description of the main conceptual aspects of both areas of the complex. This then providing a clearer understanding of the adopted structural solutions which are, in turn, described in detail further on.

2.1. Building below ground level

Various alternative construction methods were considered at the outset such as up-and-down construction or the partial execution of the structures to take advantage of their horizontal bracing possibilities. However, the number of underground floor levels – three levels -, the large surface area and the irregularity of the vertical forces in the different parts of the floor plan on account of the varying heights and positions of the buildings above ground level, all made it far more favourable to construct outer retaining walls for the entire area of the site down to the total depth required for the foundations. This was performed by means of a medium thickness retaining screen wall braced by provisional anchors to the soil. Following the construction of the said retaining walls, the ground was then excavated, the anchorages prestressed and the established foundation slab laid. The remainder of the complex was then simultaneously raised from the foundations in a conventional manner.

2.2. Buildings above ground level

The complex is formed by a series of merging or interpenetrating buildings, with intense visual and structural collaboration, in order to create the powerful formal image and expression referred to above. The above ground complex is formed by the following buildings which have been referred to by readily recognizable and descriptive names to help identify and locate the same (Figure 5):

• *"TOWER". A conventional tower though subdivided into two areas of dif-*

tálico-mixto dominante en todos los edificios exentos; y de hormigón para las zonas bajo rasante que, además debían situarse por debajo del nivel freático en tres cuartas partes de su profundidad. Por otra parte, sin embargo debía establecerse para el conjunto una clara interactividad, de manera de conseguir una continuidad y disposición estructural óptima, fundamentalmente a través de la disposición de los núcleos de hormigón armado que relacionan ambos sistemas.

En mi opinión considero que, en conjunto, el complejo de los edificios y su zócalo o basamento inferior común, determinan una interesante gama de soluciones estructurales y también constructivas, que colaboran activa y armónicamente para integrarse profundamente y facilitar la intensa imagen formal y arquitectónica que el edificio reclamaba.

A continuación se exponen en forma separada los principales aspectos conceptuales de ambas zonas del complejo, que permitirán, posteriormente, comprender en profundidad las soluciones estructurales adoptadas y realizadas que más adelante se describen detalladamente.

2.1. Edificación bajo rasante

Aunque en principio fueron considerados métodos alternativos de realización, tales como los ascendente-descendente o los de ejecución parcial de las estructuras para aprovechamiento de sus posibilidades de arriostramiento horizontal, el número de sótanos previstos –3 niveles–, la gran extensión en superficie y la irregularidad de las acciones verticales en las diversas zonas en planta, motivada por la heterogeneidad en altura y la posición de los edificios sobre rasante, determinaron como mucho más favorable el procedimiento de llevar a cabo el recinto de contención perimetral de la totalidad del terreno, en la profundidad total requerida para la cimentación, mediante una pantalla de espesor medio arriostrada mediante anclajes provisionales al terreno; para, tras la ejecución de las citadas pantallas, llevar a cabo el vaciado de tierras, el sucesivo tesado de los anclajes y la losa de cimentación prevista, y efectuar entonces y simultáneamente, desde la misma, la realización convencional de la totalidad del complejo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

2.2. Edificios en altura

El conjunto está compuesto por una serie de edificios maclados o interpenetrados, con una intensa colaboración visual y estructural, destinada a conseguir la potencia formal y expresiva señalada anteriormente. Dichos edificios, a los que se les ha denominado mediante términos fácilmente comprensibles y descriptivos de su forma, para ayudar a la localización, son los siguientes (Figura 5):

• "TORRE". De carácter convencional, aunque subdividido en dos zonas de diferentes alturas: una, frontal, de 22 plantas; y la segunda, dorsal, de 12, que se macla en su parte inferior con uno de los extremos del edificio descrito seguidamente.

• "PORTAAVIONES". Potente cuerpo alargado de cinco plantas, una de cuyas mitades longitudinales sobresale horizontalmente en voladizo respecto al resto, con una luz de 40 m, y queda situado a 20 m de altura sobre la plaza inferior sobre la que se sitúa el complejo.

• "CAPITEL". Por su parecido a la forma con que se remata una columna corintia, al presentar en su frente exterior una serie de volutas en forma de superficies curvadas o poliédricas, que van sobresaliendo en voladizos crecientes con la altura. En su extremo dorsal se une con el edificio Torre.

• "CASCADA". Bloque de 4 plantas muy compacto, cuya fachada dorsal se une parcialmente en planta con un edificio existente y con el cual forma también un patio semiinterior. En su fachada frontal hacia la plaza, las plantas se disponen sucesivamente retranqueadas desde la primera hacia arriba, creándose la especie de cascada que origina su nombre.

• "PUENTE". Pequeño cuerpo de cinco plantas de altura situado entre los niveles 8 y 13 y situado sobre la calle interior que separa los edificios Torre y Portaaviones a los que se une, formando la especie de pieza que su nombre indica.

• "PÉTALO". Pequeño cuerpo inferior de 4 plantas, ubicado bajo el Portaaviones y en parte unido al mismo; con su vértice frontal dispuesto bajo la zona volada. Horizontalmente deja una amplia zona abierta entre su remate superior y el fondo del portaaviones.

La disposición interconectada de todos estos edificios, con sus especiales ideas y formas arquitectónicas proponían un gran reto en relación a una resolución armónica y regulada, no sólo en lo referente a las formas y dimensiones de los elementos a integrar, sino en sus aspectos tipológicos, resistentes y constructivos.

Las estructuras elegidas para hacer frente a todos estos condicionantes se basaron preferentemente en soluciones metálicas y mixtas, tratando en todos los casos especiales de establecer **megaestructuras**; es decir, sistemas estructurales capaces de aprovechar las máximas dimensiones externas de las formas arquitectónicas requeridas, para lograr, disponiendo las piezas más ligeras posibles –y por consiguiente, más económicas– respuestas deformacionales de gran rigidez y máxima funcionalidad, aprovechando los grandes cantos de tales conjuntos. Pero, además, esta disposición también da lugar a conseguir procesos constructivos muy favorables, que aprovechan la capacidad autoevolutiva de estas tipologías, de manera de evitar el empleo de grandes cimbras o sistemas auxiliares provisionales importantes.

3. DESCRIPCIÓN Y CRITERIOS DE ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS

3.1. Zonas bajo rasante

La contención del terreno se planteó mediante una pantalla continua de 60 cm de espesor, arriostrada con dos filas de anclajes provisionales al terreno, capaz de mantener la altura de tierras de 11,80 m, hasta el plano inferior de la losa de cimentación.

La única incidencia específica consistió en la necesidad de adoptar una inclinación de 45º en los anclajes de una parte de uno de los lados del recinto, motivada por la presencia de una construcción próxima que no concedió permiso a la inclusión de anclajes en su dominio, debiendo limitarse a utilizar únicamente la estrecha zona de la calle adyacente.

La profundidad de las pantallas, a partir del citado borde inferior de la losa, debía atender no sólo a las consideferent heights: a front 22 storey area and a rear 12 storey area which merge at their inner part with the end of the following building.

• *"AIRCRAFT CARRIER": Forceful, elongated five-storey building with half its length projecting 40 metres horizontally out from the rest of the building 20 m above the plaza.*

• *"CAPITAL": So named on account of its similarity to the head of a Corinthian column, with a series of volutes or scrolls on its outer face in the form of curved or polyhedral salient surfaces which increasingly project out throughout the height of the "capital". The rear of this building is connected to the Tower building.*

• *"CASCADE". Very compact four-storey block, the rear façade of which partially connecting throughout one storey to an existing building and with which it forms a semi-interior courtyard. On the façade to the main plaza, the floors are successively setback from the preceding floor to create a cascade effect and hence its name.*

• *"BRIDGE". Small five-storey building set between floors 8 and 13 and rising above the inner avenue separating the Tower and Aircraft-carrier buildings and forming a bridge between the same.*

• *"PETAL". Small lower 4-storey building set below the Aircraft-carrier building and partly connected to the same; with its front vertex set below the projecting area. The building leaves a wide open horizontal area between its roof and the base of the cantilevered structure.*

The harmonious and regulated interconnecting arrangement of all these buildings, each with their own particular architectural form and design, posed a great challenge both in terms of the shapes and dimensions of the merging elements and with regards to their types of construction and resistant capacities.

The structures selected to overcome all these conditioning factors were based preferably on steel and composite solutions and attempting in all particular cases to form megastructures, that is, structural systems capable of employing the maximum external dimen-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

sions of the required architectural forms and through the arrangement of the lightest, and subsequently most economic, members possible, obtain very rigid and highly reliable stress responses, using the large heights of these components. This arrangement also permitted very favourable construction processes which took advantage of the self-supporting capacity of these types and avoiding the need for large shoring systems or provisional support systems.

3. DESCRIPTION AND CRITERIA OF THE STRUCTURAL ANALYSIS

3.1. Underground areas.

The soil retaining method during the groundworks was initially established in the form of a continuous 60 cm thick retaining wall braced with two rows of provisional anchors to the soil and capable of maintaining an excavated height of 11.80 m down to the base of the foundation slab.

The only specific requirement consisted of the need to slope the anchors 45º in an area on one side of the site due to the presence of a nearby construction, and where the owners rejected the projection of the anchors into their property. In this area the anchorage was purely restricted to the narrow area of the adjacent street.

The depth of the retaining walls down to the lower edge of the foundation slab, not only had to take into account the restraint bending, the axial load transfer caused by the basement and ground slabs on the retaining walls as well as the loads of the subsequent steel supports acting on their top, but had also to guarantee that at the point of maximum excavation and under the worse height conditions in terms of the ground water table, this would not lead to the siphoning of the sands within the site nor lead to the sudden failure of the excavation base on account of the difference between the uplift and the weight of the soil confined between the retaining walls. This condition required a minimum embedment of 11m below the maximum excavation level.

The foundations were considered in the form of a 1.80 m deep reinforced concrete slab supplemented by prefabricated tensile loaded piles which, together with the deadweight loads of the underground system, would be capable of compensating the uplift in the open areas of the plaza unoccupied by buildings.

The allowable stress was 4.5 kp/cm2 in the state of minimum uplift and the ballast coefficient considered to analyse the soil-structure interaction was 2.5 kp/cm² ≡ 2,500 t/m³. The foundation slab was to remain perforated, acting the drainage system up to the completion of the deadweight loading required in the different areas.

The system was completed with a cellular type upraised floor set over the foundation slab and drainage channels at the sides of the floors below the ground water table level to collect possible leaks from the slab and retaining walls and to drain these out to sumps. The waterproofing of the slab was carried out after these systems had been installed in order to allow for the incidence their dead weight.

The slab was laid without expansion joints and incorporating the said sumps and the lift wells which were duly arranged with respect to the uplift at their base and set at a pitch of 1% to allow the runoff of water to the sumps.

The floors below ground level and the ground floor slab were formed by 28 cm and 35 cm thick solid concrete slabs respectively hinged at their connection with the outer retaining walls and with just one expansion joint between the area of the overground buildings and the open plaza area.

The TERRATEST company awarded the contract for the construction of the retaining walls, the groundworks and the foundation slab, and intelligently proposed an alternative solution with a thinner 80 cm slab supplemented by 0.60, 0.80 and 1.20 m thick wall modules below the very loaded columns and shafts and where the vertical actions could not be supported by the slab alone. The reduced slab thickness similarly reduced the excavation and the acting uplift and allowed the use of just one row of anchors for the outer retaining wall (Figure 6). This together with the reduction in slab thickness, offset the presence of the said cut-off

raciones de empotramiento a flexión y transferencia de axiles provocados por las losas de sótanos y planta baja en dichas pantallas y las cargas de los eventuales soportes metálicos actuando en su coronación, sino al hecho de garantizar que en la fase de máxima excavación y con las peores condiciones de altura de la capa freática, no se produjera ni el sifonamiento de las arenas en el interior del recinto, ni la rotura brusca del fondo de la excavación (“taponazo”), producida por el desequilibrio entre la subpresión y el peso del terreno confinado entre pantallas. Esta condición resultó dimensionante, exigiendo un empotramiento mínimo de 11 m bajo la cota de máxima excavación.

La cimentación se planteó mediante una losa de 1,80 m de canto de hormigón armado, complementada mediante pilotes hincados prefabricados trabajando en tracción, capaces de –junto con las cargas de peso propio del sistema bajo rasante– compensar la subpresión en las zonas de plaza sin edificios sobre la misma.

La tensión admisible era 4,5 kp/cm², en la situación de mínima subpresión. El coeficiente de balasto considerado fue de 2,5 kp/cm³ ≡ 2.500 t/m³ para el reparto de acciones. La losa de cimentación se mantuvo perforada, actuando los sistemas de agotamiento hasta que se completaron las cargas de peso propio requeridas en las diversas zonas.

El sistema se completaba con un suelo sanitario de tipo celular situado sobre la losa de cimentación y cámaras bufas en los laterales de las plantas bajo el agua, para recoger las posibles filtraciones de la losa y de las pantallas y llevarlas hasta los pozos de bombeo. La estanquidad de la losa se realizó al término de la colocación de estos sistemas, con el fin de contar con la incidencia de su peso en dicho momento.

La losa se realizó sin juntas de dilatación, incluyéndose en la misma los referidos pozos de bombeo y los fosos de ascensores debidamente configurados respecto a la subpresión en su fondo; disponiéndose pendenteados del orden del 1% para conducir las eventuales filtraciones hasta los pozos de bombeo.

Los forjados bajo rasante y de planta baja consistían en losas macizas de hormigón de 28 y 35 cm de espesor, res-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 6. Ejecución de pantallas ancladas y losa de fondo.
Figure 6. Construction of anchored retaining walls and foundation slab.

pectivamente, articuladas en su conexión con las pantallas perimetrales y con una única junta de dilatación entre la zona con edificios de altura y la zona básicamente de plaza en la planta baja.

Inteligentemente, la empresa TERRATEST, ganadora del concurso convocado por la propiedad para la realización de las pantallas de cimentación, la excavación del terreno y la losa de cimentación, planteó una solución variante con losa de menor espesor, 80 cm, complementada por módulos de pantalla de 0,60, 0,80 y 1,20 m de espesor bajo los núcleos y soportes muy cargados, en los que las acciones verticales no podían ser asumidas por dicha losa en solitario. La reducción de los 1,00 m de canto de losa redujeron la excavación y la subpresión actuante permitiendo la realización de una sola fila de anclajes para la pantalla perimetral (Figura 6); lo que junto con la reducción de espesor de la losa compensaban la presencia de los antedichos módulos de pantalla en soportes y el ligero incremento de los pilotes en tracción necesarios, realizados del tipo rotatorio, en las zonas de plaza.

El proceso fue realizado en total ajuste a los aspectos previstos y como valores obtenidos por la monitorización dispuesta pueden citarse:

– Los desplazamientos máximos horizontales de las pantallas, controladas mediante inclinómetros por INTEMAC fueron: 21 mm en la coronación de las mismas y 31 mm en la zona intermedia entre anclajes y máxima excavación.

– Caudal de agotamiento máximo en el total de la superficie para un rebajamiento muy estable de 10 m del nivel freático: 30 l/seg.

3.2. Edificios en altura

El análisis general del conjunto de las estructuras sobre rasante se llevó a cabo –con la idea de alcanzar la máxima efectividad y adecuación– en dos líneas complementarias, pero bien diferenciadas, que reflejaban claramente las tipologías establecidas en cada una de las mismas:

Estudio particular de cada cuerpo o edificio para determinar las características estructurales básicas a establecer, de manera de aprovechar en forma idónea todos sus elementos resistentes, tanto convencionales como especiales, frente a las solicitaciones de tipo vertical o gravitatorio.

Análisis global del conjunto de elementos específicos que determinan la

walls under the supports and the slight increase of the tensile loaded piles required, of the drilled type, in the plaza areas.

The process was performed entirely in accordance with the previsions and the following results were recorded during the monitoring of the same:

– The maximum horizontal shift of the retaining walls, controlled by inclinometers by the INTEMAC company were: 21 mm at the capping and 31 mm at the intermediate area between the anchors and the maximum point of excavation.

– Maximum drainage flow throughout the total surface for a very stable undercut 10 m from the groundwater table: 30 l/s.

3.2. Above ground buildings

The general analysis of the group of buildings above ground level was conducted –for purposes of maximum effectiveness and adjustment –in accordance with two complementary, yet very different, lines which clearly reflected the system types established for each of the buildings:

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

1) *Individual study of each block or building to determine the basic structural characteristics to be established in order to take full and appropriate advantage of all their resistant elements, whether conventional or particular, against actions of vertical or gravitational nature.*

2) Overall analysis of the combination of specific members to establish the real and interactive connection between all the components serving to withstand horizontal actions and attempting to obtain the most favourable distribution possible of loadings caused not only by wind and earthquake but also the horizontal deviation forces caused by the presence of numerous sloping members within the system assembly.

Both groups of results were then matched and it was generally noted that there was little interaction between them with the exception of the system of vertical reinforced concrete shafts and the special structures of the two large cantilevered constructions.

There follows a description of the basic arrangement of these two groups that combine in the buildings.

3.2.1. Vertical resistant structures

With the exception of the Cascade building, the base structure of all the buildings was established in accordance with the following criteria:

• *Steel columns purely supporting vertical loads.*

All the horizontal loads are transferred to the concrete shafts though the floor slabs.

S275R and S355J2G3 steels have been employed with external cross-section dimensions restricted to around 30 x 30 cm, though where necessary additional plates have been incorporated slightly recessed between the flanges in order to retain an "H" shape throughout the height of the column and allow the application of the indicated architectural finishings in an arrangement which does not appear to be excessively compact.

• *Composite slabs with profiled steel sheeting, together with suitable reinforcement bars to resist the corresponding actions in the case of fire without the collaboration of the said sheet and subsequently eliminating the need for a fire-resistant lining to the same.*

In those areas of large transfers of horizontal forces induced by the deviation of the sloping members, the total depth of the slab was packed up.

• *Steel joists between the main beams, with a maximum spacing of 2.40 m, and connected by semi-automatic shear connectors set through the profiled steel sheeting in order to obtain composite members and keep the deflection within suitable limits.*

• *Main steel beams with maximum depths of 60 cm and fitted with circular openings in the area of midspans and special brackets at the ends by the columns, to allow the passage of installations through the same vertical space occupied by the steel beams.*

• *Special steel transfer girders to support the upper columns removed in the lower floors and trim the large beams in the area of voids or openings.*

The complex plan arrangement of the buildings, with their merging forms and interconnections, gave rise to certain intersections between alignments, modulations and sections which could not be resolved by just one vertical arrangement of columns and frequently required the interruption of these elements or their displacement by appreciable distances.

Furthermore, the presence of sizeable voids, recesses and adaptations within the façades also made it necessary to employ this type of members, whether as supported or cantilevered, straight, polygonal or curved beams, in order to maintain the necessary structural continuity of the system.

• *Solid concrete slabs, 28 cm thick, in the Cascade building due to the need to connect the structure of this building to an existing building which had to be retained and with which it was to form a functional unit.*

Composite transfer beams were embedded within the thickness of the slab to support a number of the columns to the façade where there were large recesses caused by the displacement of

vinculación real e interactiva entre todos los elementos que participan en la resistencia a las acciones horizontales, tratando de conseguir el reparto más favorable posible de los esfuerzos provocados, no sólo por el viento y el sismo, sino también por las componentes horizontales de desvío provocadas por la presencia de numerosas barras inclinadas en el conjunto del sistema.

Posteriormente, se llevó a cabo la superposición de ambos grupos de resultados que, en general, no son excesivamente interactuantes entre sí, a excepción del sistema de núcleos verticales de hormigón armado y las estructuras especiales de los dos grandes cuerpos volados.

Seguidamente se exponen los esquemas básicos de los dos grupos tipológicos citados que se combinan en los edificios.

3.2.1. Estructuras resistentes verticales tipo

Salvo el edificio Cascada, la estructura base de la totalidad de los edificios se planteó de acuerdo con los siguientes criterios:

• *Soportes metálicos* resistentes a las acciones verticales, exclusivamente.

La totalidad de las acciones horizontales se transfieren a los núcleos de hormigón a través de los forjados de las plantas.

Se han utilizado aceros S275JR y S355J2G3, limitando las dimensiones en planta a valores aproximados de 30 x 30 cm, incorporando en los casos necesarios refuerzos adicionales de chapa, dispuestos ligeramente rehundidos entre las alas, de manera de mantener en toda su altura una presencia en forma de H y aplicar el revestimiento arquitectónico sugerido, que refleja una disposición no excesivamente compacta.

• *Forjados mixtos* de chapa plegada colaborante, reforzados mediante armaduras apropiadas para resistir en caso de incendio las acciones correspondientes prescindiendo de la colaboración de dicha chapa y, por tanto, sin necesidad de efectuar un revestimiento ignífugo de la misma.

En las zonas con fuertes transferencias de fuerzas horizontales, provinien-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

tes de los desvíos de las piezas inclinadas, se llevó a cabo el macizado del canto total del forjado.

• *Viguetas metálicas* entre vigas principales, con separación máxima de 2,40 m, conectadas mediante pernos semiautomáticos colocados atravesando las chapas plegadas, para conseguir piezas mixtas y mantener las flechas en valores adecuados.

• *Vigas metálicas principales* con cantos máximos de 60 cm, dotados de alveolos circulares en las zonas de vanos y acartabonamientos especiales en los extremos, junto a los soportes, para permitir el paso de las instalaciones en el mismo espacio vertical ocupado por las vigas.

• *Cargaderos metálicos especiales* para apeo de soportes superiores y embrochalamiento de grandes vigas en las zonas de huecos o aperturas necesarias.

La compleja disposición en planta de los edificios, con su maclado e interconexión, genera unas intersecciones de alineaciones, modulaciones y tramas entre sectores, que no pueden ser resueltas con una única disposición vertical de soportes, requiriéndose en muchas ocasiones interrumpir tales elementos o desplazarles unas distancias apreciables.

Asimismo, la presencia de importantes huecos, entrantes y adaptaciones en fachadas, obliga también a emplear este tipo de elementos, bien sea en forma de piezas apoyadas o voladas, rectas o curvas, a modo de vigas balcón, capaces de mantener la necesaria continuidad estructural del sistema.

• *Losas macizas de hormigón* de 28 cm de espesor en el edificio Cascada, motivadas por el hecho de tener que acoplar la estructura de este edificio a otro ya existente que había de mantenerse y con el cual debía constituir una unidad funcional.

En el citado espesor se embebieron los cargaderos mixtos necesarios para el apeo de algunos soportes de la fachada, en la que se disponen fuertes retranqueos, a causa del desplazamiento entre plantas de los bordes escalonados curvos.

En la siguiente descripción pormenorizada de cada uno de los edificios se detallan los sistemas especiales incorporados a los mismos, adicionales a los sistemas genéricos antes expuestos.

3.2.2. Edificio Torre

Por su gran representatividad visual, es quien da nombre al complejo: Torre Mare Nostrum (Figs. 7 y 8). Está constituido por dos zonas:

– Cuerpo alto, de 22 plantas más una zona superior para instalaciones. Engloba los núcleos N1 y N2. Sus singularidades específicas se centran en los siguientes aspectos: disposición ligeramente inclinada de los soportes de uno de los bordes rectos, dando lugar a una fachada curva reglada; presencia de algunos entrantes o retranqueos en la zona de la fachada dorsal, que genera la presencia de ligeras oquedades en la misma; y disposición de importantes vigas cargadero en balcón en las zonas de continuidad con el cuerpo intermedio y el edificio puente, para lograr la permeabilidad requerida de las superficies de fachada y funcionales de estas piezas.

– Cuerpo intermedio, de 13 plantas que se funde con el anterior y, además, se vincula al edificio Portaaviones entre las plantas 8ª a 13ª, ambas inclusive, dando lugar a una zona común o maclada a través del edificio Puente situado sobre la calle interior.

Estas uniones y su conexión con el núcleo N4 que atraviesa la parte dorsal de este cuerpo, y se integra luego en el Portaaviones, dan lugar a una de las fuertes interacciones resistentes horizontales entre edificios.

Los dos núcleos N1 y N2 de la Torre, al igual que los de los restantes edificios, se realizaron mediante encofrados autotrepadores, en los cuales se dejaban ancladas las placas metálicas apropiadas para la posterior colocación de los casquillos de apoyo y fijación de las vigas metálicas de las plantas que apoyan en aquellos.

3.2.3. Edificio Capitel

Este cuerpo, de 8 plantas de altura, está unido desde su arranque al edificio Torre, al cual debe transmitirle las fuerzas horizontales equilibradoras necesarias para estabilizar el gran cuerpo volado.

the stepped curved edges between floors.

There follows a detailed description of each building with indication of the additional systems required to those general systems indicated above.

3.2.2. Tower Building

The Mare Nostrum Tower complex is named after this building on account of its great visual impact (Figure 7 and 8). The tower is divided into two areas:

– A tall twenty-two storey block together with an upper area for installation and incorporating shafts N1 and N2. The specific characteristics of this tower are as follows: the slight leaning arrangement of the columns on one of the straight edges, giving rise to a ruled curve façade; the presence of a number of recesses or offsets in the area of the rear façade which create the image of slight voids in the same; and the employment of sizeable transfer polygonal beams taken through to the adjoining areas of the intermediate building and the Bridge building to obtain the required permeability of the façade surfaces and to ensure the functionality of the same.

– Thirteen-storey intermediate structure which merges with the preceding building and connects to the Aircraft-carrier building from the 8th to the 13th floor, creating a common or interconnected area via the Bridge building set above the inner avenue.

These joints and the connection with shaft N4 which passes through the rear part of this structure and then integrates with the Aircraft-carrier building, gives rise to one of the powerful horizontal resisting interactions between the buildings.

The two cores N1 and N2 of the Tower, as in those of the other buildings, are formed by self-climbing formwork in which steel plates are anchored for the subsequent placement of support housings for the steel beams to the floors resting on the same.

3.2.3. Capital Building

This eight storey building is connected from its base to the Tower building and to

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

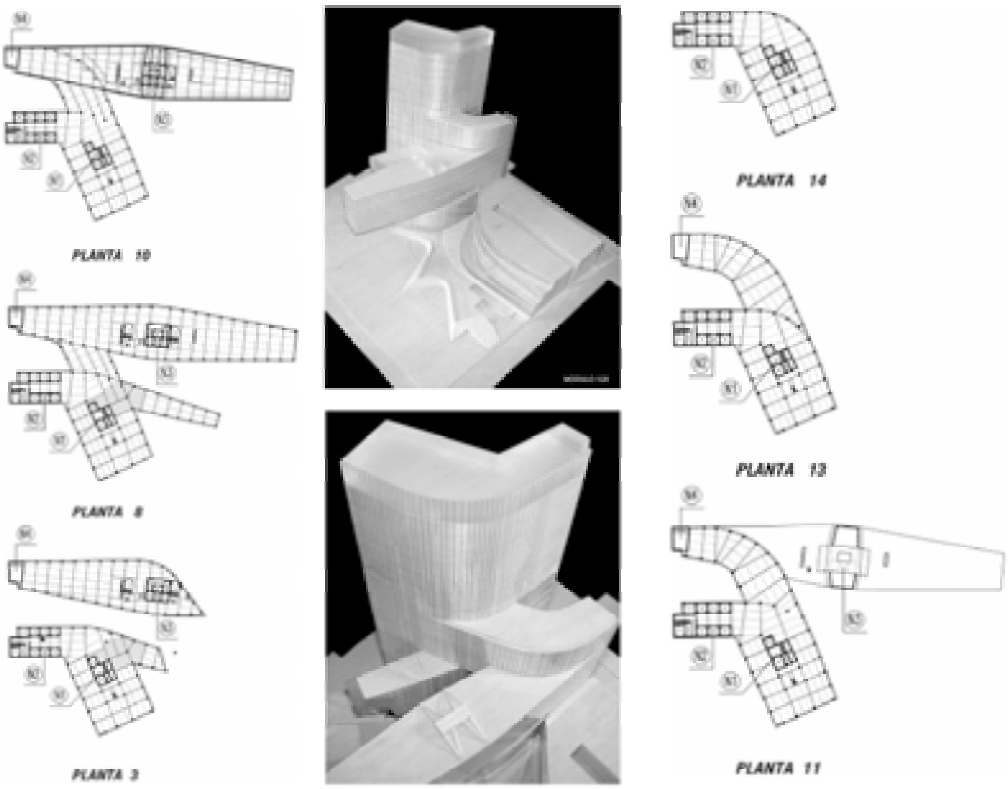


Figura 7. Secuencia de algunas plantas y fotos de la maqueta arquitectónica.
Figure 7. Sequence of certain floors and photographs of the architectural model.

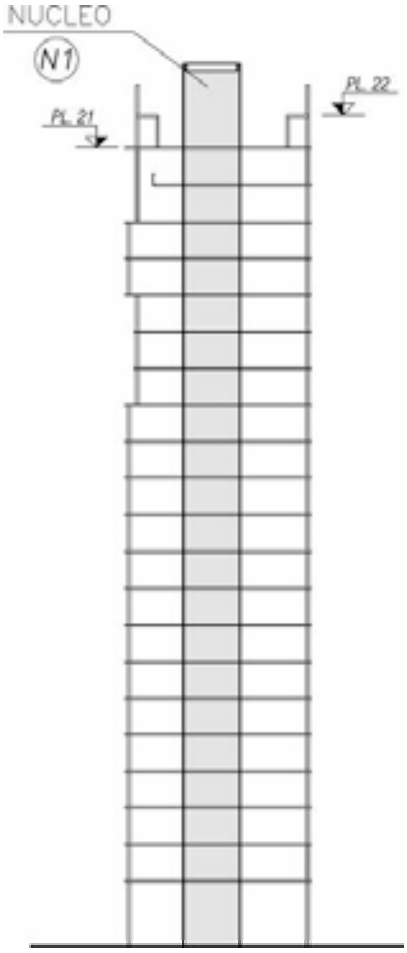


Figura 8. Edificio Torre.
Figure 8. Tower building.

Las dos fachadas laterales de este edificio no son paralelas, sino que presentan una leve convergencia en planta, hasta alcanzar el remate frontal extremo, limitado en sus bordes por sendas piezas mixtilíneas no concordantes, sino dislocadas entre sí que, desde su arranque en planta primera en dos cortos voladizos, van avanzando hacia fuera y hacia arriba, generando una fachada exterior frontal del vidrio de forma poliédrica; los planos de forjado no llegan hasta dicha fachada sino que quedan ligeramente retrasados, y se cierran mediante paneles verticales de vidrio, creándose, por tanto, una especie de patio interior inclinado con disposición espacial muy aleatoria (Figura 9).

La estructura de este cuerpo está basada en llevar las cargas verticales de los soportes hasta las piezas mixtilíneas antedichas, formadas por potentes secciones en cajón; y recoger las componentes horizontales de desvío por medio de las vigas y forjados de las plantas, que las trasladan, actuando en tracción o compresión según los pisos, hacia el núcleo N1 del edificio Torre. Al no estar alineado el eje del edificio con dicho núcleo, esta transferencia provoca esfuerzos de torsión en el citado núcleo y de flexión de eje vertical en los forjados

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

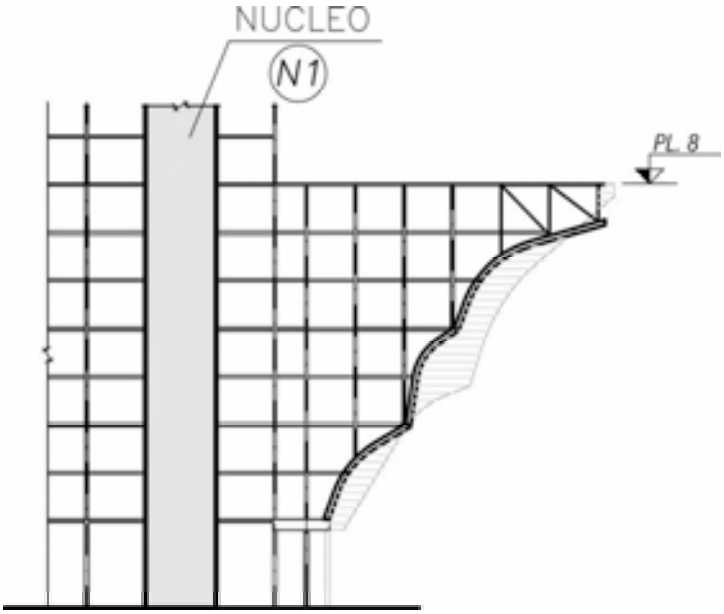


Figura 9. Edificio Capitel (sección B fig. 6).
Figure 9. Capital Building (section B. fig. 6).

de piso en las zonas próximas al mismo, las cuales están macizadas y armadas convenientemente, así como apropiadamente conectadas a dicho núcleo y a las piezas metálicas longitudinales y forjados citados.

3.2.4. Edificio Portaaviones

Esta pieza, de fuerte singularidad, presenta un gran cuerpo volado de cerca de 40 m de longitud, casi 20 m de altura y está situado también a 20 m de altura sobre el suelo de la Plaza (Figura 10).

Estructuralmente, incorpora cuatro elementos característicos:

– El núcleo vertical N3 de hormigón cuasi centrado en el edificio

– El núcleo vertical N4 dispuesto en el extremo dorsal

– Dos grandes piezas de celosía dispuestas en las fachadas longitudinales del edificio

– Un potente sistema de suspensión en la coronación del núcleo N3

La presencia del gran cuerpo volado requiere, para conseguir una adecuada funcionalidad, económica y constructiva, el empleo de un sistema de tipo megaestructura, y no recurrir a sistemas de dimensiones discretas, de tipo planta a planta, aporticadas.

La sobredimensión necesaria se logra situando sendas vigas de celosías tipo Pratt, en cada una de las dos fachadas longitudinales, aprovechando su canto de 18,30 m, altura útil, prácticamente total, del edificio. Este canto, en relación con los 40 m de luz de voladizo definen una ménsula corta, extraordinariamente eficaz frente a las acciones de uso y en especial, a las debidas al sismo en su componente vertical.

Estas celosías presentan cada una, dos módulos a cada lado del núcleo central N3, y reciben la práctica totalidad de las

which it transfers all necessary counterbalancing horizontal forces to stabilize the large cantilevered structure.

The two side faces of this building are not parallel and slightly converge in plan until reaching the uppermost part of the front wall, their edges being formed by disjointed and non-coinciding mixtilineal components which start off from the first floor in two short cantilevers and advance up and out to create an external polyhedric glass wall. The slab edges do not reach up to this façade but are, instead, slightly recessed and the area is closed by vertical glass panels to create a type of sloping inner patio with a very random spatial arrangement (Figure 9).

The structure of this building is designed to carry the vertical loads of the columns to the said mixtilinear components, formed by strong box sections, while the horizontal deviation components are taken by the beams and floors which carry them in tension or compression depending on the floor considered to shaft N1 of the Tower building. As the axis of the building is not aligned with this shaft, this transfer causes torsional moments on the shaft and bending moments of vertical axis in the floor slabs in the vicinity of the same. These areas being accordingly packed out and reinforced and suitably connected to the shaft and the said slabs and longitudinal steel members.

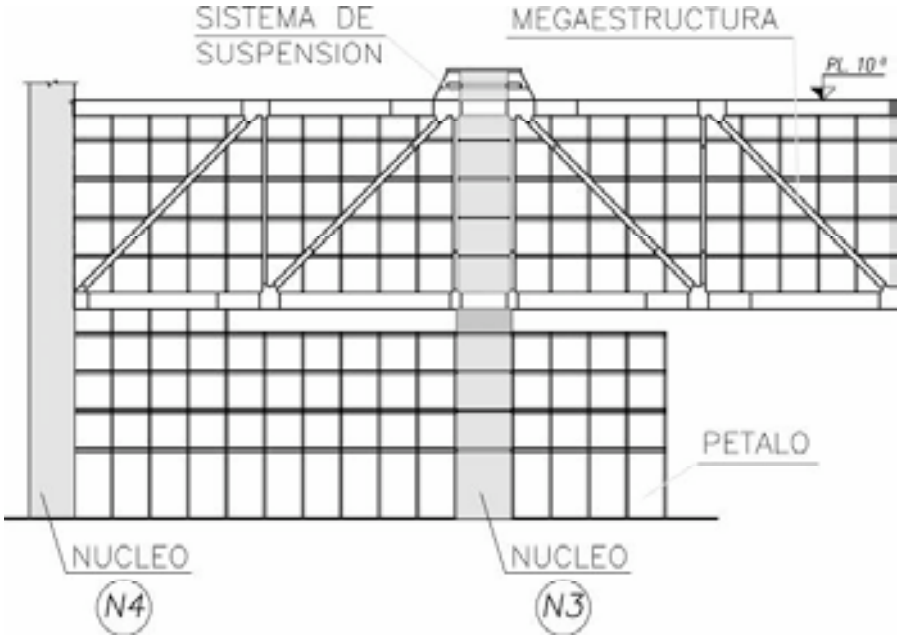


Figura 10. Edificio Portaaviones (sección C fig. 6).
Figure 10. Aircraft-carrier building (section C. fig. 6).

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

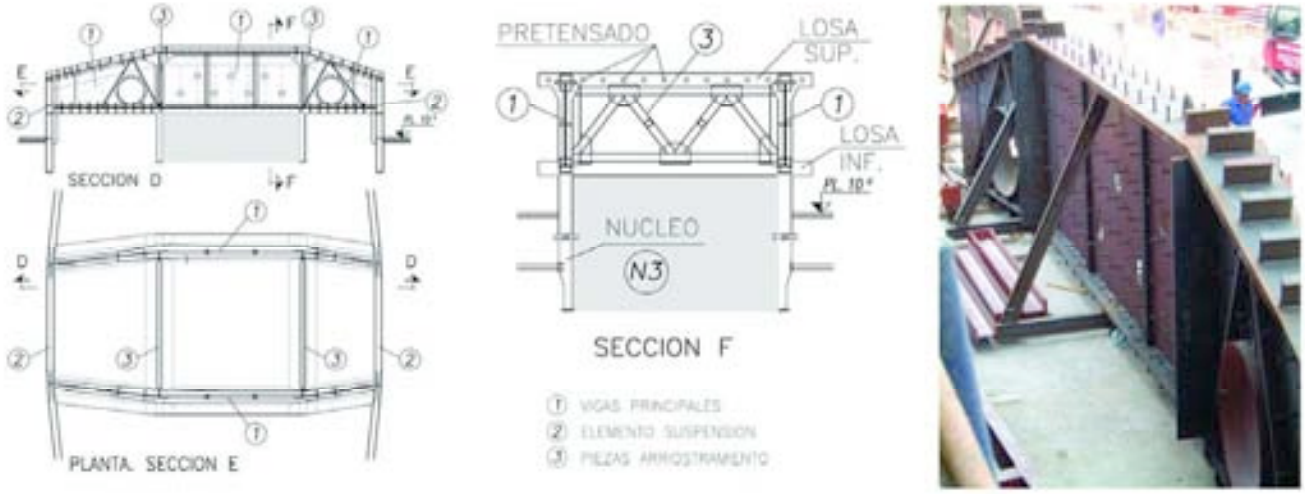


Figura 11. Estructura de suspensión en coronación del núcleo 3.
Figure 11. Suspended structure at the crown of core 3.

3.2.4. Aircraft-carrier building

This highly original building is formed by a large projecting structure some 40 m long and nigh on 20 m high and is set 20 m above the level of the Plaza (figure 10).

The building incorporates four characteristic structural elements:

– The concrete vertical shaft N3 set quasi central to the building

– The vertical shaft N4 set at the rear of the building

– Two large space frame systems set on the longitudinal sides of the building

– Powerful suspension system at the crown of shaft N3

In order to ensure suitable economic and constructive functionality, the large cantilevered structure required the employment of a megastructure type system and not to resort to smaller floor by floor framed systems.

The necessary oversizing was achieved by setting large Pratt type truss girders on each of the longitudinal sides and taking advantage of their 18.30 m effective depth which covered practically the entire height of the building. This depth, in relation to the 40 m projecting span, forming a short and extraordinarily efficient cantilever more than capable of withstanding, throughout its height, all general loads and particularly the vertical actions due to earthquake.

These trusses were set in place by two modules each side of the central shaft N3 and received practically all the vertical loads of the building via vertical columns set purely on the longitudinal façades –with its normal modulation– and integrated within the truss planes.

In order to ensure that the diagonals of the truss modules always crossed at the height of the floor slabs, the height and façade module ratio had to be maintained. As such, each truss has 18 m modules (5 modules of 3.60 m column supports) and a height of 18.30 m (five 3.66 m floors), thereby providing ideal diagonals of 25.67 m between the axes of the nodes.

All the members of these large trusses were arranged in the form of 30 cm wide box sections in order to allow their integration within the façade. The box sections were formed in thick plate, up to a maximum of 80 mm, with thermo-mechanically treated special S460M steel employed in certain areas for the pertinent effects.

The central part of these trusses coincide with shaft N3 and provide an area free of diagonals and where only the upper and lower cords are present, as the internal uprights of each truss limiting the said area serve as the basis for the suspended support of the trusses on the said shaft. The said cords being slightly curved in plan in order to support the change in longitudinal alignment of the front and rear façades.

The complete structure of each façade is suspended at the upper nodes of the central module by means of a large prestressed structural element with double composite action (Figure 11) set at

cargas verticales del edificio, a través de los soportes verticales únicamente situados en las fachadas longitudinales –con su modulación normal– integrados en los planos de la celosía.

Para lograr que el cruce de las diagonales de los módulos de celosía se produzcan siempre a la altura de los forjados, la relación de altura y modulo de fachada deben mantenerse. Así pues cada celosía tiene módulos de 18 m (5 módulos de soportes de 3,60) y altura de 18,30 m (5 plantas de 3,66 m), dando lugar a diagonales ideales de 25,67 m entre ejes de nudos.

Todas las barras de estas grandes piezas se disponen con secciones en cajón de 30 cm de anchura para permitir su integración en las fachadas y presentan espesores importantes de chapas, con un máximo de 80 mm; utilizándose en ciertas zonas acero especial S460M, termomecánicamente tratado, para conseguir tales condiciones.

Estas celosías, coincidente en su parte central con el núcleo N3, determinan una zona sin diagonales; es decir, en la que solamente están presentes los cordones superior e inferior ya que, en los montantes internos de cada celosía que limitan dicha zona, es donde se efectúa el apoyo en suspensión sobre dicho núcleo; cordones levemente curvados en planta para recoger el cambio de alineaciones longitudinales de las fachadas del cuerpo frontal y dorsal.

La estructura completa de cada fachada se suspende en los nudos superiores del antedicho módulo central, mediante

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

un gran elemento estructural pretensado con doble acción mixta (Figura 11), dispuesto ortogonalmente a las dos celosías, una en cada fachada. Esta potente pieza mixta corta está constituida por un gran cajón de canto y ancho ligeramente variables, para conseguir que las dos almas de la misma coincidan en su zona central paralela con los lados laterales del núcleo de hormigón N3, y lograr que se produzca una perfecta transferencia de las acciones de uno a otro sistema. El sistema está traspasado por dos huecos circulares de paso de hombre, para acceso a las zonas centrales y entre alas de la cubierta de este edificio.

Los extremos dorsales de las grandes celosías antes descritas, se unen al núcleo de hormigón N4, que forma uno de los patios principales de instalaciones, que recoge también parte de las cargas del edificio Torre, en su cuerpo de 14 plantas.

Por otra parte, la estructura principal de celosía se completa con la presencia de los soportes verticales interiores a la misma, situados a la distancia modular de 3.60 m, que se cruzan con las diagonales mediante la disposición de elementos de apoyo y reparto a un lado y otro de las mismas, para permitir la recepción y transmisión de esfuerzos. Este conjunto de montantes recibe la incidencia de las vigas de cada planta y las transfiere al sistema de celosía, con tracciones o compresiones según las zonas, en función de la posición de cada tramo de fuste respecto a los grandes cordones inferiores y del recuadro de la celosía en que se ubican.

En la zona dorsal, la mayor parte de los montantes citados, correspondientes a los soportes del edificio, se continúan hacia abajo creándose, por tanto, en conjunción con el núcleo N4 dorsal citado, un gran sistema de contrapeso que impide, en todo momento, el posible trabajo en flexión del núcleo central –salvo las inevitables condiciones parásitas de compatibilidad de deformaciones requeridas entre las diversas piezas del conjunto–, incorporando casi exclusivamente acciones de tipo axil provocadas por el apoyo de las grandes vigas de celosía.

Por el contrario, en la dirección transversal, las diferentes distancias voladas desde las celosías al núcleo, así como las alternancias de sobrecarga, producen acciones en las ménsulas superiores de la gran pieza de suspensión, con valores diferentes a un lado y otro del núcleo, que sí producen flexiones en el núcleo y que han sido adecuadamente controladas.

Debido a las diferentes cotas existentes entre el borde superior de los cordones de las celosías y el inferior de las almas de la pieza cajón de suspensión, motivado por las condiciones funcionales requeridas por la colocación de la maquinaria de ascensores del núcleo N3, se hizo necesario disponer unos elementos intermedios de cuelgue para conectar adecuadamente ambos sistemas.

Por esta razón, la losa de la planta cubierta desaparece en la zona de dicho núcleo N3, dejando solamente un nervio horizontal a modo de continuidad, y es sustituida en esta zona por una potente losa de hormigón de 40 cm de espesor situada 1,70 m por encima de aquella. Esta zona, que conecta las dos almas, forma el ala inferior en compresión de la pieza cajón del sistema de suspensión. Dichas almas metálicas están, asimismo, recubiertas por hormigón que se conecta a las mismas, de manera que, en combinación adicional con otra gran losa superior de igual espesor, levemente quebrada en alzado y fuertemente pretensada, constituyen un gran elemento mixto de carácter muy monolítico, pero plenamente activo frente a cualquier tipo de solicitación transversal por desequilibrio de cargas, viento, acciones especiales: góndolas de cubierta, térmicas, etc.

Para recoger todo tipo de fuerzas de desvío en estas zonas de intersección, el sistema se completa con dos diafragmas transversales, paralelos a los planos de las celosías, situados sobre las caras longitudinales del núcleo y que contribuyen al adecuado y perfecto reparto de cargas en el mismo, para su traslado hasta la cimentación.

El arriostramiento entre las dos celosías principales de ambas fachadas, así como la indeformabilidad horizontal entre las mismas está garantizado por el conjunto de las losas de las plantas y las vigas de apoyo de las mismas, que permiten su trabajo separado vertical con ligeras diferencias de movimientos: flechas y giros, que las diferencias de sobrecargas determinan en cada extremo.

right angles to the two trusses, with one on each façade. This powerful, short composite structure is formed by a large box section of slightly variable depth and width in order to ensure that the two webs of the same coincide in the central area parallel to the sides of the concrete shaft N3 and produce a perfect transfer of actions from one system to the other. The system is crossed by two circular holes to access at the central and sided areas of the roof located between their webs.

The rear ends of these large trusses are connected to the concrete core N4, forming one of the main shafts for installations and taking part of the loads from the 14-storey section of the Tower building.

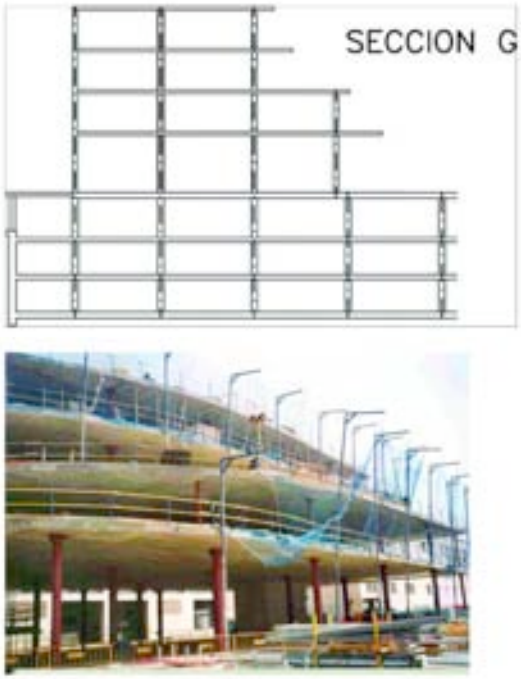
The main truss structure is completed by vertical columns set within the same and spaced at a modular distance of 3.60 m and crossing the diagonals by means of support and distribution elements at each side of the same in order to receive and transfer loadings. This combination of uprights receives the effects of the floor beams and transfers them to the truss system, under compression or tension according to the zone, in accordance with the position of each section of upright with regards to the large lower cords and the panel of the truss in which it is set.

At the rear, the majority of the uprights, corresponding to the columns of the building, are continued downwards and, in conjunction with the rear shaft N4, create, a large counterweight system to prevent any possible bending of the central shaft –except the inevitable secondary conditions related to the compatibility of deflections between the different members of the assembly – purely incorporating loadings of an axial nature caused by the support of the large truss girders.

In the transversal direction, the different cantilevered distances from the trusses to the shaft, as well as the unbalanced live load, produce forces in the upper brackets of the large suspension element, with varying values each side of the shaft, that do lead to bending moments in the core and which have subsequently been appropriately controlled.

On account of the different levels between the upper edge of the truss cords

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



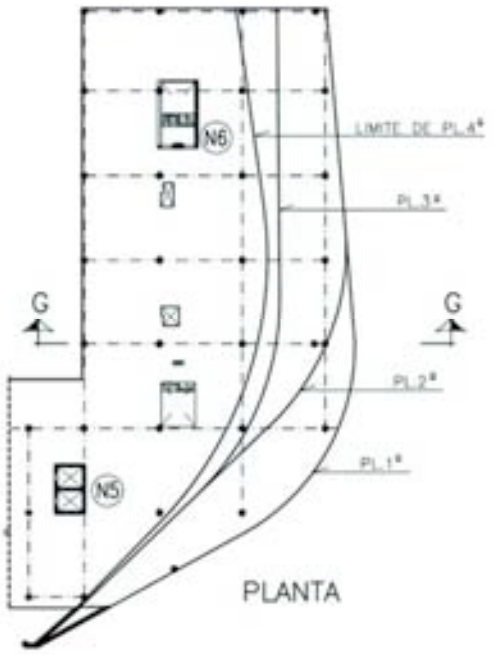


Figura 12. Edificio Cascada.
Figure 12. Cascade Building.

and the lower part of the webs of the suspension box member, due to the operational conditions required by the placing of lift machinery in shaft N3, it was necessary to place a number of intermediate suspension elements to connect both systems in a suitable manner.

For this reason, the slab of the top floor disappears in the area of shaft N3, leaving only a horizontal joist by way of continuity, and is replaced in this area by a 40 cm thick concrete slab set 1.70 m above the same. This area, which connect the two webs, acts as the lower compression flange of the box component of the suspension system. These steel webs are, in turn, covered by concrete which interconnects the same and, in combination with an other large upper slab of equal thickness, slightly uneven in elevation and heavily prestressed, forms a large composite element of very solid nature but fully capable of withstanding any type of transversal forces on account of unbalanced loads, wind, special loadings: window washing equipment, thermal actions, etc.

In order to absorb all types of deviation forces in these intersecting areas, the system is completed by two transversal diaphragms, set parallel to the planes of the trusses on the longitudinal faces of the shaft and which contribute to the correct load distribution within the same, so that this may then be carried down to the foundations.

The bracing between the two main trusses of both façades and the fact that the horizontal indeformability between the same is guaranteed by the combination of floor slabs and their supporting beams, allows independent vertical work with slight differences of movements, deflections and rotations, determined by the unbalanced live loads at each truss.

The time dependent creep and shrinkage strains are incorporated within the analysis and imply reductions in stiffness against permanent loadings and giving rise to small movements of the assembly which may be perfectly assimilated by the functional systems on account of the large lengths between the fixed and moving points and the relatively low stiffness of the secondary systems.

3.2.5. Cascade Building

This low, four-storey building with its curvilinear external faces offset from each other in a variable stepped manner, has a hybrid structural arrangement consisting of steel columns and solid reinforced concrete slabs connected to the two shafts N5 and N6 (Figure 12).

Las deformaciones diferidas de fluencia y retracción se incorporan al análisis, determinando reducciones de rigidez frente a las solicitaciones permanentes que dan lugar a pequeños movimientos de conjunto perfectamente asumibles por los sistemas funcionales, dadas las grandes longitudes que existen entre los puntos fijos y móviles y la relativa pequeña rigidez de los sistemas secundarios.

3.2.5.. Edificio Cascada

Este cuerpo bajo, de 4 plantas, con sus bordes exteriores curvilíneos y desfasados entre sí en forma escalonada variable, presenta una disposición estructural híbrida, de soportes metálicos y losas macizas de hormigón armado, vinculada a dos núcleos propios N5 y N6 (Figura 12).

El aspecto específico ya señalado de este edificio radica en la necesidad de apear algunos soportes de fachada en dinteles de planta, para recoger apropiadamente las zonas curvas de dicha fachada.

4. ESTRUCTURA RESISTENTE HORIZONTAL

Como se ha indicado previamente, en cada edificio se consideró que la totalidad de las acciones horizontales previs-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

tas se transmitían hacia los núcleos de hormigón existentes en el interior de los mismos. Sin embargo, al estar enlazados entre sí por los forjados –a excepción del edificio Cascada que es autónomo– la respuesta de cada núcleo de hormigón como ménsula libre no es posible, produciéndose una interacción entre los diversos núcleos que compatibilice sus giros y traslaciones a través de las diferentes piezas de unión horizontal existente, constituidas por los planos de forjado.

Por esta razón, el análisis horizontal del sistema no fue realizado como cuerpos aislados, sino que se consideraron, junto con los diferentes núcleos verticales, las piezas de gran canto horizontal formadas por las losas mixtas de los diferentes edificios. A este conjunto espacial así formado (Figura 13), es al que fueron incorporadas las diferentes hipótesis de acciones de viento y sismo en las dos direcciones ortogonales principales, así como las fuerzas de desvío transmitidas por los elementos inclinados. Especialmente importante a estos efectos, resultó la incidencia de las cargas del cuerpo volado del Capitel y su incorporación al conjunto del sistema.

Asimismo, con el fin de no introducir acciones horizontales de gran importancia en el contacto de la losa de planta baja con los núcleos, se adoptó la condición de que el apoyo de las losas del sótano primero en los diferentes núcleos, fuera exclusivamente vertical, dejando libertad de movimientos relativos horizontales entre forjados y núcleos. De esta manera, la altura de transición entre los edificios superiores exentos, y las zonas de sótano, correspondía a dos plantas (entre baja y sótano -2) reduciéndose los cortantes y reacciones a valores perfectamente asumibles por los elementos y espesores dispuestos.

Finalmente, debe señalarse que el núcleo N2 no llega a apoyar en la losa de cimentación, sino que debe interrumpirse en el sótano -1, siendo apeado a través de grandes vigas de hormigón que apoyan en el núcleo N1 y en la pantalla perimetral de contención próxima, cuyos bataches afectados fueron dimensionados considerando estas cargas especiales.

5. PROCESO CONSTRUCTIVO

Todo el conjunto, a excepción de los edificios Capitel y Portaaviones, presenta, en términos generales, una ejecución de tipo convencional que no requiere exposición específica. Por el contrario, dichos edificios fueron ejecutados mediante procedimientos especiales para limitar los medios a utilizar aprovechando la autocapacidad evolutiva de las propias megaestructuras empleadas.

The specific aspect of this building lies in the need to transfer certain columns of the façade by means of girders in order to support the curved areas of the façade.

4. HORIZONTAL RESISTANT STRUCTURE

As indicated above, for each building it was taken that all horizontal loadings would be transmitted towards the concrete shafts within the same. However, as all the buildings are interconnected to each other by the floor slabs –with the exception of the independent Cascade building - the response of each concrete shaft as a free cantilever is not possible. This producing an interaction between the different shafts and offsetting the respective turning and displacements of the same by the different horizontal connecting members formed by the floor slabs.

For this reason, the horizontal analysis of the system was not carried out in terms of isolated core members, but considering, together with the different vertical shafts, the elements of large horizontal depth-formed by the composite slabs of the different buildings. The spatial combination formed in this way (Figure 13) was then subject to the different hypotheses concerning wind and

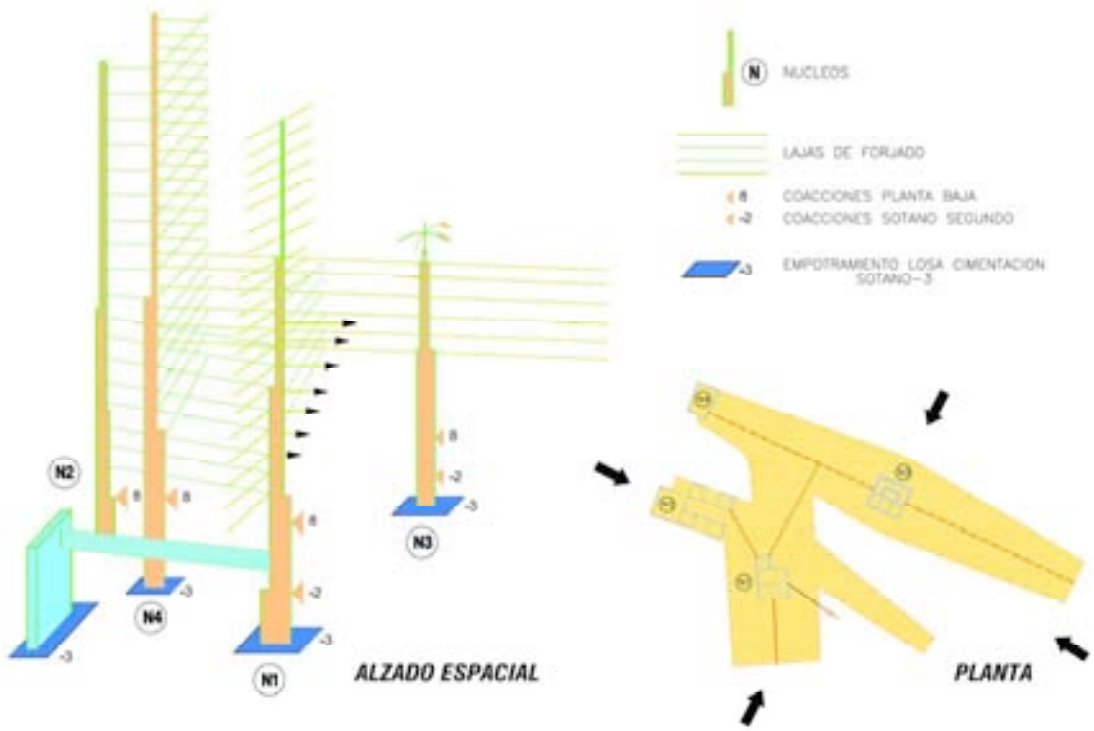


Figura 13. Esquema espacial global frente a acciones horizontales.
Figure 13. General spatial arrangement for horizontal forces.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 14. Ejecución del edificio Capitel.
Figure 14. Erection of the Capitel Structure.

earthquake actions in the two main orthogonal directions, together with the forces transmitted by the sloping elements. In this regard, the effect of the loads of the cantilevered body of the Capital structure and its incorporation within the rest of the system was of particular importance.

In order to prevent the introduction of large horizontal forces at the interconnection between the ground floor slab and the shafts, it was established that the connection of the first basement slabs at the different shafts were purely vertical in order to allow relative freedom of horizontal movement between the slab and the shafts. In this way, the transitional height between the upper above ground areas and the basement areas corresponded to two floors (between the ground floor and basement -2) thereby reducing shear and reactions forces to values which could be perfectly assimilated by the elements and thicknesses employed.

It is of note that the shaft N2 does not rest on the foundation slab and instead starts of from basement -1. This shaft is supported by large concrete beams which rest on shaft N1 and on the nearby perimeter retaining wall, that was were suitably scaled in the area affected in accordance with these special loads.

5. ERECTION PROCESS

The entire complex, with the exception of the Capital and Aircraft-carrier buildings, were generally constructed by conventional means and do not require further explanation here. However, these two other buildings were built by special procedures in order to restrict the resources required and to take advantage of the ongoing self-bearing capacity of the megastructures employed.

5.1. Erection of the Capital building

The construction process of this building was fairly similar to that of a conventional structure with the exception of certain aspects which required consideration in terms of the sequence of construction.

1) Floors could not be assembled until at least 21 days after the laying of the two solid slabs corresponding to each floor and that immediately above within the Tower building, set in the adjacent areas of the Capital building and connected to core N1. This then guaranteed the transfer of horizontal forces to the core from the Capital as a result of the deviation of the sloping columns within the same.

2) The placement of the sections of the mixtilinear edge box members could not be carried out until the completion of the steel structure of the floors set below the upper level of these components on both façades, together with the placement of the profiled steel sheets in the slabs.

5.1. Ejecución de la estructura del edificio Capitel

El proceso constructivo de este edificio resulta bastante próximo a un esquema convencional a excepción de algunos aspectos que debían ser tenidos en consideración en su secuencia evolutiva.

1) No se podía iniciar el proceso de montaje de ninguna planta sin estar completadas, con una edad al menos de 21 días, las dos losas macizas correspondientes a dicha planta y la inmediatamente superior del edificio Torre, situadas en las zonas adyacentes al Capitel y conectadas con el núcleo N1, para garantizar la transmisión a dicho núcleo de las fuerzas horizontales provenientes del Capitel, producidas por el desvío de los soportes inclinados del mismo.

2) La colocación de los tramos de las piezas de borde mixtilíneas, no se efectuaba hasta tanto no estaba completamente terminada la estructura metálica de las plantas situadas por debajo del nivel superior de dichas piezas en ambas fachadas, incluso colocadas las chapas plegadas de los forjados.

3) El proceso de montaje requirió llevar lo más paralelamente posible ambas fachadas e ir uniendo ambas con las vigas transversales entre nudos.

4) La ejecución de losas se realizó efectuando el hormigonado lo más próximamente posible al acabado del montaje de la estructura metálica de cada planta.

En la Figura 14 pueden verse aspectos de la ejecución de este cuerpo.

5.2. Ejecución de la estructura del edificio Portaaviones

La secuencia de ejecución respondió al siguiente proceso

– Fase 1 (Figura 15)

• Ejecución de núcleos y estructuras de plantas inferiores del edificio.

– Fase 2 (Figura 16)

• Colocación de fustes auxiliares de continuidad entre planta 4ª y fondo del cordón inferior de las celosías.

Estos fustes auxiliares presentaban un dispositivo de desapeo para su reti-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

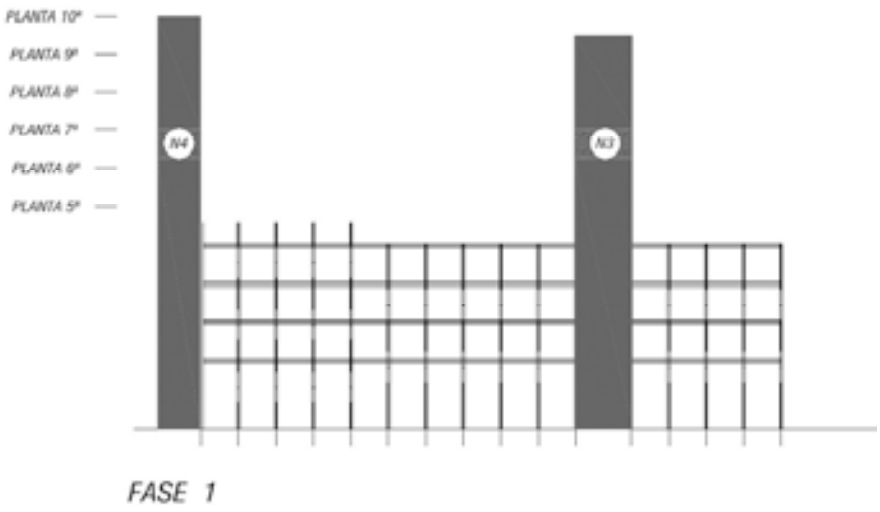


Figura 15.
Figure 15.

rada en el momento oportuno más adelante.

• Colocación de torretas 1 a 5 bajo los soportes nº 123, 132, 143, 142 y 133 unidas a la losa de planta baja.

• Disposición de los arriostramientos entre torretas.

– Fase 3 (Figura 17)

• Construcción simultánea de la estructura de las plantas 5ª, 6ª y 7ª; tanto en el edificio en su parte dorsal, como en la frontal en voladizo; homigonando la totalidad de la planta 5ª antes de realizar las estructuras metálicas de plantas 6ª y 7ª (Figura 18).

• Montaje en la coronación del núcleo N3 de las vigas y elementos metálicos de suspensión de las grandes celosías de fachada (Figura 19).

• Ejecución de la losa inferior de la gran viga cajón de suspensión, colgando sus encofrados de las piezas metáli-

3) The assembly process required that both façades be raised as parallel as possible and that both be connected by the cross beams between nodes.

4) Concreting was carried out as soon as possible after the installation of the steel structure to each floor.

Figure 14 shows construction in progress on this building

5.2. *Erection of the Aircraft-carrier building*

The construction sequence corresponded to the following process:

– Stage 1 (Figure 15)

• Construction of cores and structures of the lower floors of the building.

– Stage 2 (figure 16)

• *Placing of temporary columns between the 4th floor and the bottom of the lower cord of the main trusses.*

These temporary columns included an unhorsing device which could be removed at the opportune time as indicated below.

• *Placement of provisional towers below columns Nos. 123, 132, 143, 142 and 133 loading on the ground floor slab.*

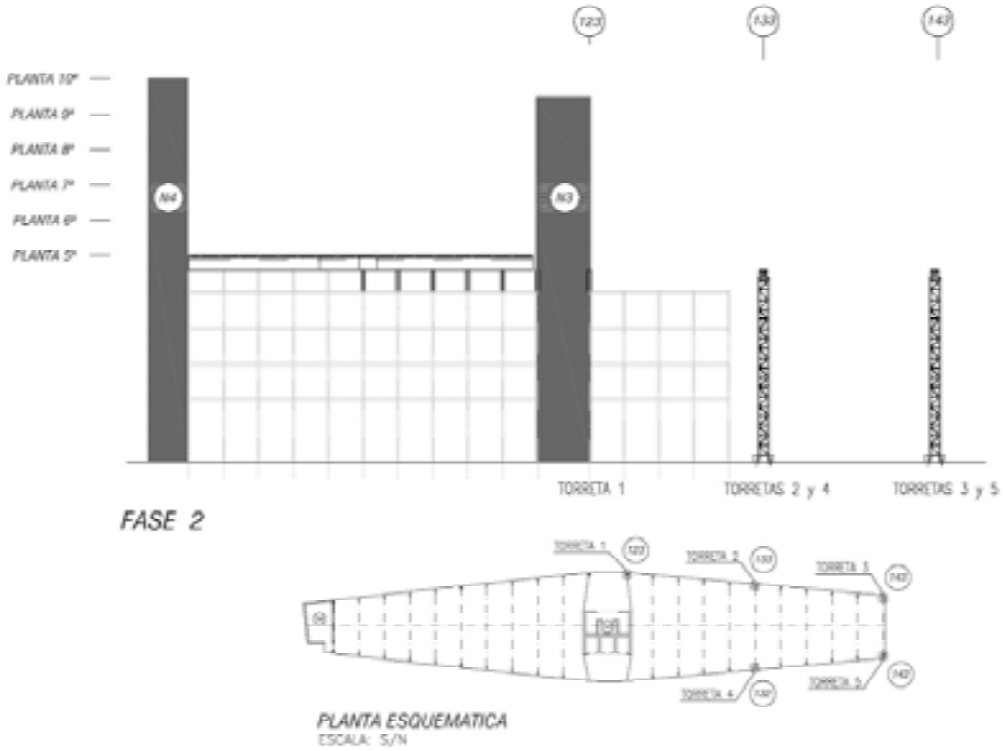


Figura 16.
Figure 16.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

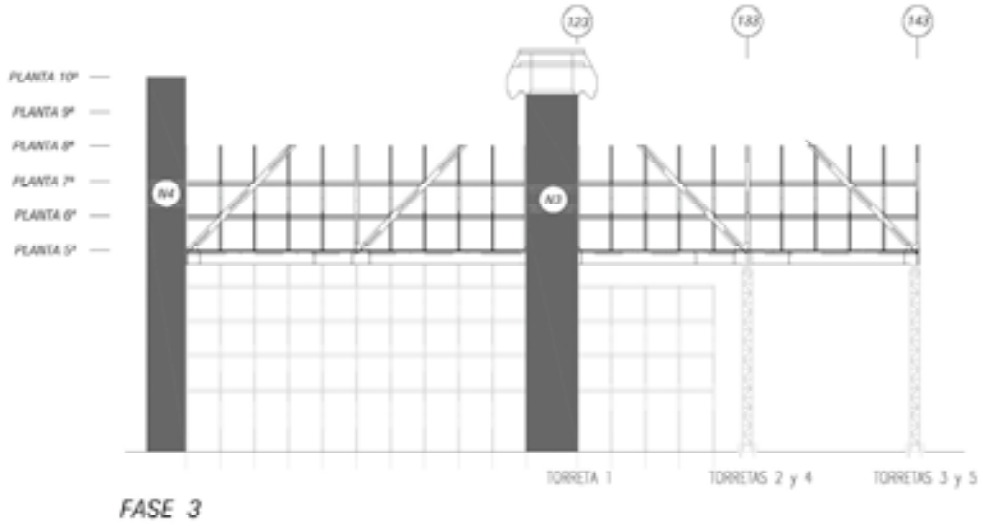


Figura 17.
Figure 17.



Figura 18. Ejecución del portaaviones en fase 3.
Figure 18. Stage 3 construction of the Aircraft-carrier building.

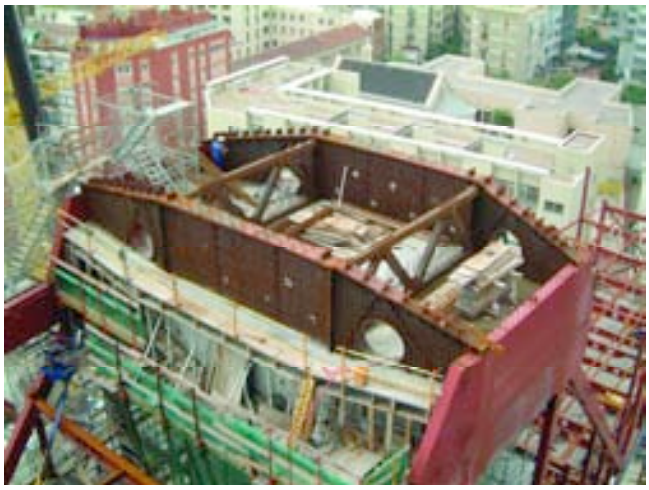


Figura 19. Posicionamiento de las piezas metálicas del elemento de suspensión.
Figure 19. Arrangement of steel hanging elements.



Figura 20. Vista de la estructura del elemento de suspensión durante el pretensado de la losa superior.
Figure 20. View of the hanging structure during the prestressing of the upper slab.

cas de suspensión antedichas y de las paredes del núcleo N3.

• Ejecución del revestimiento de hormigón de las almas de las grandes vigas y de las celosías transversales.

• Ejecución y pretensado de la losa superior de la gran viga cajón de suspensión (figura 20).

– Fase 4 (Figura 21)

• Cierre del primer módulo frontal de las celosías principales (figura 22).

– Fase 5 (Figura 23)

• Desapeo de torretas 1, 2 y 4.

• Continuación de la ejecución de plantas del primer recuadro de las celosías frontales.

– Fase 6 (Figura 24)

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

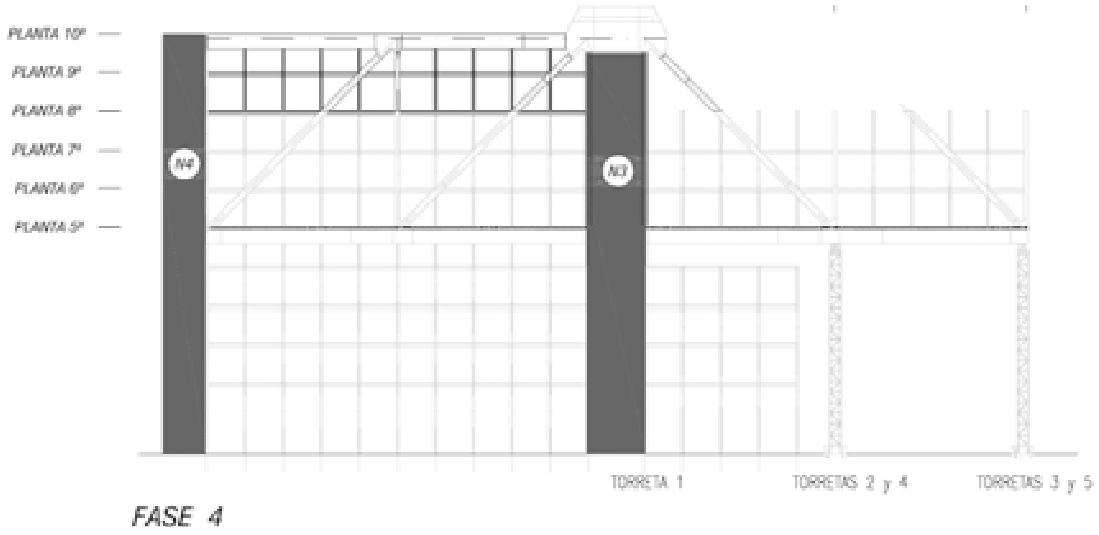


Figura 21.
Figure 21.



Figura 22. Vista de la ejecución de la fase 4 del Portaaviones.
Figure 22. View of stage 4 construction of the Aircraft-carrier building.

• *Bracing between provisional towers.*

– *Stage 3 (Figure 17)*

• *Simultaneous erection of the structures to floors 5, 6 and 7, both at the rear of the building and at the front of the cantilever, but concreting the whole of the 5th floor prior to raising the steel structure to floors 6 and 7 (Figure 18).*

• *Assembly at the capping to core N3 of beams and steel suspension components to the large façade trusses (Figure 19).*

• *Construction of the lower slab of the large suspension composite box girder, suspending its formwork from the said steel suspension members and the walls of shaft N3.*

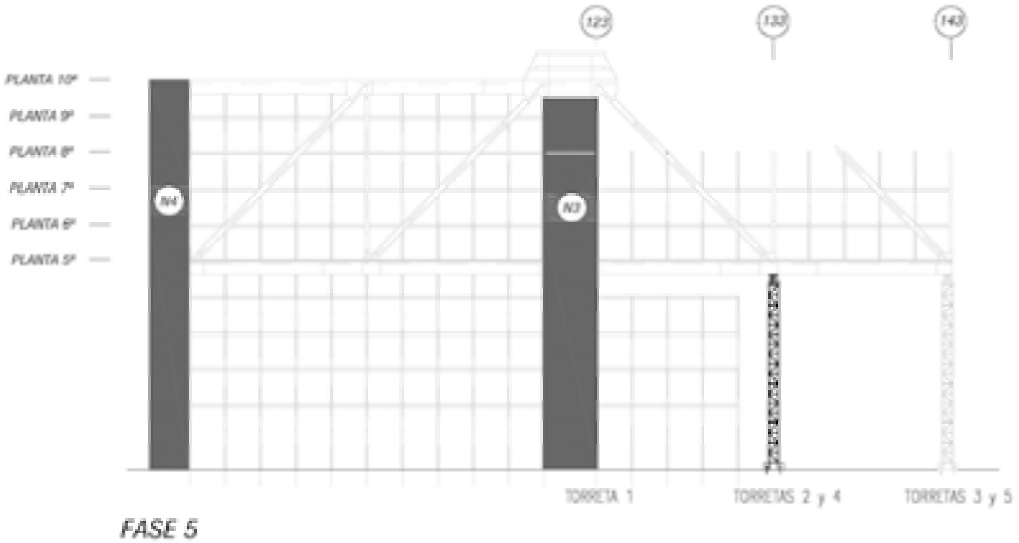


Figura 23.
Figure 23.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

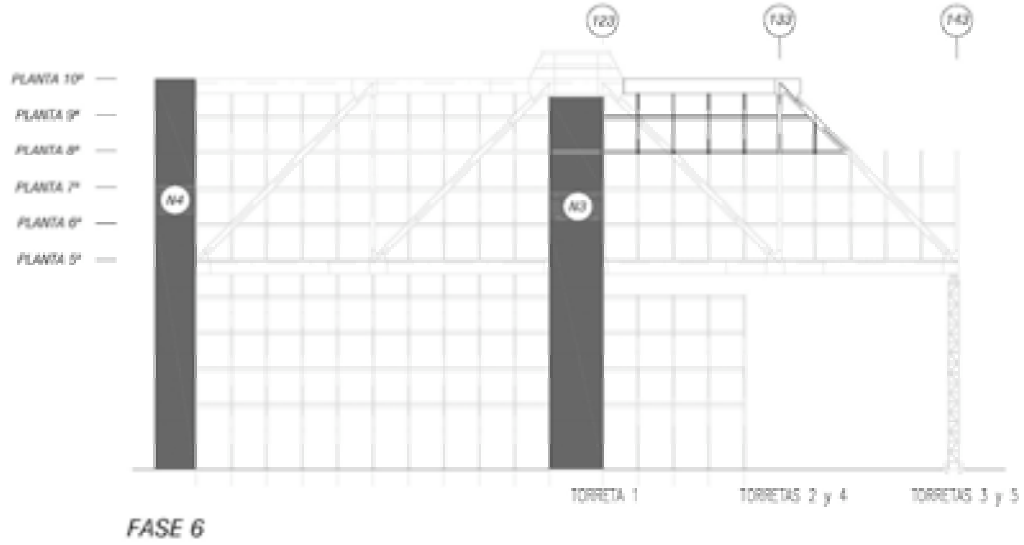


Figura 24.
Figure 24.

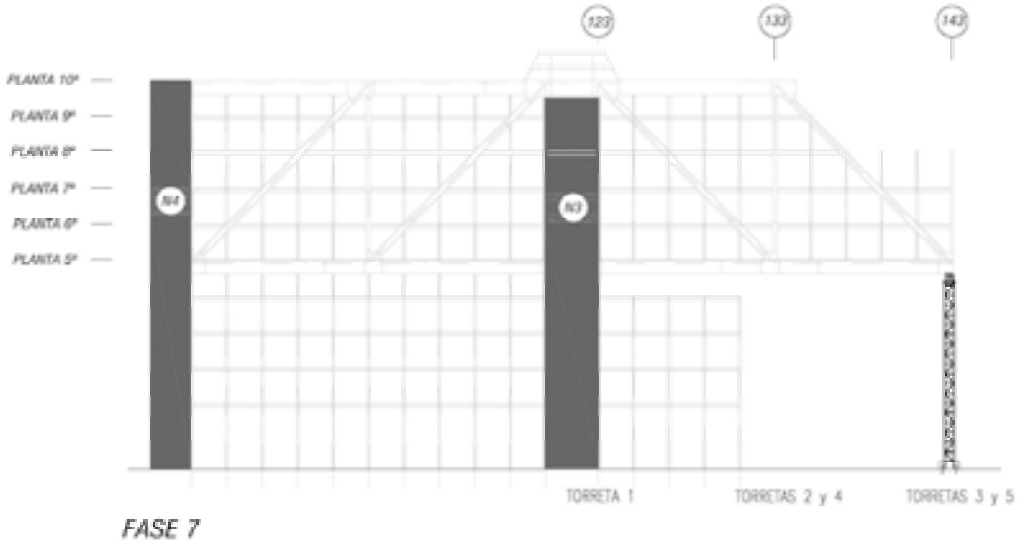


Figura 25.
Figure 25.

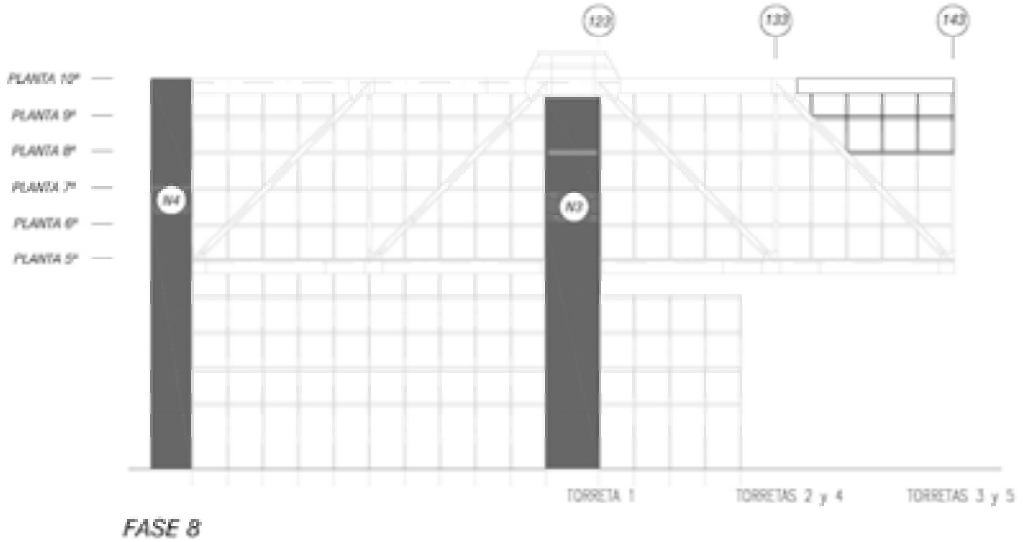


Figura 26.
Figure 26.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 27. Vista final de la ejecución del Portaaviones.
Figure 27. Final view of the construction of the Aircraft-carrier building.



Figura 28. Estructura de vigas de una planta del Portaaviones.
Figure 28. Beam structure on one floor of the Aircraft-carrier building.



Figura 29. Vista dorsal de la Torre y el Puente.
Figure 29. Rear view of the Tower and Bridge buildings.



Figura 30. Vista general en fase de terminaciones.
Figure 30. General view of finishing work.

• Cierre completo del primer recuadro y de las barras de diagonales del segundo recuadro.

• Terminación de la ejecución de plantas del primer recuadro.

– Fase 7 (Figura 25)

• Desapeo de torretas 3 y 5.

• Las flechas de desapeo previstas para esta segunda manio-

• *Concrete lining of the webs to the large beams and the transversal trusses.*

• *Construction and prestressing of the upper slab to the large suspension box girder (figure 20).*

– *Stage 4 (Figure 21)*

• *Closure of the first frontal module of the main trusses (Figure 22).*

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 31. Vista dorsal en fase de cerramiento.
Figure 31. Rear view during construction of facings.



Figura 32. Vista aérea en planta durante la construcción.
Figure 32. Aerial view of the site during construction.



Figura 33. Vista aérea en construcción.
Figure 33. Aerial view of construction.



Figura 34. Edificio Cascada.
Figure 34. Cascade Building.

– Stage 5 (Figure 23)

• Removal of provisional towers 1, 2 and 4.

• Continued construction of the floors to the first panel of the front trusses.

– Stage 6 (Figure 24)

• Complete closure of the first panel and the diagonal bars of the second panel.

• Completion of floors to the first panel.

– Stage 7 (Figure 25)

• Removal of provisional towers 3 and 5.

• The deflection considered for this second removal of shoring was 20mm and the measured values 17 and 18 mm.

• Removal of auxiliary truss to the front façade,

• Continued construction of the floors to the second panel of the front trusses.

• Concreting of floors to the front area.

– Stage 8 (Figure 26)

• Complete closure of the structure of the 2nd frontal panel (Figure 27).

• Completion of the floors to the second frontal panel

• Concreting of remaining floors to the front area.

Several final stages of the construction and some views of the finished building are shown in figures 28 at 39.

bra eran de 20 mm, obteniéndose valores de 17 y 18 mm.

• Retirada de celosía auxiliar de la fachada frontal.

• Continuación de la ejecución de plantas del segundo recuadro de las celosías frontales.

• Hormigonado de plantas de zona frontal.

– Fase 8 (Figura 26)

• Cierre completo de la estructura del 2ª recuadro frontal (Figura 27).

• Terminación de la ejecución de plantas del segundo recuadro frontal.

• Hormigonado de plantas restantes de zona frontal.

En las figuras nº 28 a 39, se muestran algunas fases finales de la ejecución de las obras y del edificio terminado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figura 35. Vista longitudinal del capitel y de la calle interior en el edificio terminado.
Figure 35 Longitudinal view of the Capital building and the inner avenue to the finished building.



Figura 36. Edificios Pétalo y Portaaviones terminados
Figure 36. Finished Petal and Aircraft-carrier buildings.



Figura 37. Vista dorsal del frente y la calle interior
Figure 37. Rear view of the front and inner avenue.



Figura 38. Vista dorsal general.
Figure 38. General rear view.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

6. CONCLUSION

The combined use of different structural types and solutions, both in the overall arrangement and in the details and specific areas of the building, is almost obligatory in order to adapt the pertinent strength and construction capacities to the formal and functional conditions demanded by modern architecture in highly complex works.

Within these lines of action, the example referred to in this article offers a broad range of available possibilities and demonstrates that this method of action is not only pertinent and logical, but is nigh on obligatory if one aims to provide the necessary structural response, at the same level of intensity and complexity, to this profound architectural-engineering dialogue so actively manifested today.

Though the suitability and quality of these specific solutions have subsequently been covered up by architectural finishings, the subliminal presence of these solutions is not totally erased and they actively remain in order to maintain this interesting dilemmatical dispute between the visible and invisible elements of a structure in modern-day architecture.

6. CONCLUSIÓN

La utilización combinada de diversas tipologías y soluciones estructurales, tanto para los planteamientos más globales, como para los detalles y zonas locales de un edificio, resulta casi obligada para adaptar los recursos resistentes y constructivos más apropiados a las formas y condicionamientos funcionales que la gran arquitectura de hoy exige en las realizaciones complejas.

El ejemplo mostrado en este artículo ofrece –dentro de dicha línea de actuación– una gama apreciable de tales posibilidades; y pone de manifiesto que dicha forma de actuar es no sólo adecuada y lógica, sino que resulta plenamente obligada si se quiere dar una respuesta estructural ajustada, y del mismo nivel de intensidad y complejidad, a ese profundo diálogo arquitectura-ingeniería que se está manifestando activamente en los momentos actuales.

Aunque la adecuación y cualidad de dichas soluciones específicas haya sido posteriormente encubierta por el tipo de acabados arquitectónicos, la presencia subliminal no queda del todo borrada y late activamente para mantener la interesante controversia dilemática de lo visible y lo invisible de la estructura resistente en la arquitectura de nuestros días.



Figura 39. Vista general desde la fachada dorsal.
Figure 39. General view from the rear façade.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

FICHA TÉCNICA / *DATA SHEET*

• Propiedad:	GAS NATURAL
• Dirección del Proyecto:	SERVIHABITAT
• Arquitecturas. Proyecto y Dirección de Obra:	EMBT Arquitectec Associats, S.L.
• Estructuras. Proyecto y Dirección de Obra:	MC2 Estudio de Ingeniería
• Asistencia Dirección de Obra:	IOC
• Instalaciones Proyecto y Dirección:	PGIGRUP
• Fachada muro cortina:	PERMASTEELISA ESPAÑA, S.A.
• Gestión del Proyecto:	IDOM. Ingeniería y Sistemas, S.A.
• Dirección Técnica de Obra:	CONSTRUCCIÓN Y CONTROL
• Control económico de Obra:	TASINSA
• Control del Proyecto y de Calidad:	SECOTEC
• Coordinación de Seguridad y Control:	SGS
• Constructor, Cimentaciones y Pantallas de contención:	TERRATEST
• Control de la cimentación:	INTEMAC
• Constructor de la superestructura:	DRAGADOS
• Constructor Estructura Metálica:	ASCAMON
• Control de la Superestructura:	APPLUS
• Chapas plegadas metálicas forjados mixtos:	HIANSA
• Protección ignífuga:	PERLIFOC
• Impermeabilización de la infraestructura:	MASTER CONCRETE
• Instalaciones mecánicas:	SOGESA
• Instalaciones eléctricas y señales débiles:	UTE Crespo y Blasco con EMTE
• Ascensores:	KONE

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

BERD

WWW.BERD.EU

RACIONALIDAD EN LA INGENIERÍA DE PUENTES

CIMBRAS AUTOLANZABLES PARA VANOS DE 25 m HASTA 65 m DE LUZ

CIMBRAS AUTOLANZABLES M1 PARA VANOS DE 70 m HASTA 90 m DE LUZ COM SISTEMA OPS

- Reducción significativa de la deflexion máxima;
- Equipos más ligeros y funcionales;
- Aumento de la capacidad de carga;
- Mayores niveles de Seguridad;
- Reducción de costes operacionales.



BERD, S.A.
Edificio Olympus I
Av. D. Afonso Henriques, 1462 - 2°
4450-013 Matosinhos • Portugal

T. +351 22 9399520
F. +351 22 9300506
info@berd.eu

BERD es una empresa de investigación, desarrollo, y aplicación de soluciones de vanguardia en la área de métodos constructivos para puentes y viaductos. BERD ofrece Cimbras auto-lanzables innovadoras utilizando el sistema OPS (Pre-tensado Orgánico), inspirado por la Naturaleza. Las Cimbras de BERD, comparadas a las tradicionales, son más ligeras, más funcionales, más seguras y con beneficios económicos significativos. La Cimbra M1 para vanos de luz de 70 m hasta 90 m supone una reducción de coste de construcción del tablero de entre el 15% y el 20% en relación a otros sistemas tradicionales.



Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026