

THE OCA BUILDING: STRUCTURAL DESIGN AND ARCHITECTURE

Designs by Oscar Niemeyer and Figueiredo Ferraz

EL EDIFICIO OCA: CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL Y ARQUITECTURA

Proyecto de Oscar Niemeyer y José Carlos de Figueiredo Ferraz

Perrone, Rafael Antonio Cunha^a, Pisani, Maria Augusta Justi^b, Schmidt, Rafael^c

^aMackenzie Presbyterian University. *racperrone@gmail.com*

^bMackenzie Presbyterian University. *augustajp@gmail.com*

^cMackenzie Presbyterian University. *rafschmidt@gmail.com*

<https://doi.org/10.4995/CIAB9.2020.10608>

Abstract: This article establishes associations between the structure and the architecture designs of the Oca building (Arts Pavilion) located at Ibirapuera Park in São Paulo, and considered one of the most significant works carried out by architect Oscar Niemeyer.

Designed in the early 1950s by Oscar Niemeyer and his team, with structural calculations done by engineer José Carlos de Figueiredo Ferraz, the shell of the building was the first designed by the architect and became a widely used reference in Niemeyer's later works.

This research salvaged part of the design drawings that made it possible to relate architecture and structure. The method used several parallel and hybrid phases: a search for iconographic material and documents in public and private archives, recognizing that the designs presented here have never before been published in the historiography of the subject; a field verification, analysis of documents, and re-drawings that represent a dissection of the structure of this case study.

The technical and scientific contributions of the various branches of engineering constitute the solid foundations for building cities, edifices, and the relations that shape human life. The results obtained reveal knowledge of construction techniques and the associations between the intention of the architectural design and its materiality. This article will focus on the work of these professionals and their experience in the 1950s, also helping to understand advances in modern Brazilian architecture.

Key Words: architectural design, structural design, Oscar Niemeyer, Figueiredo Ferraz, Oca Ibirapuera.

Resumen: Este artículo establece relaciones entre el proyecto de arquitectura y el de estructura del edificio Oca, situado en el Parque Ibirapuera de São Paulo, una de las obras más importantes del arquitecto Oscar Niemeyer.

Proyectado a principios de la década de 1950 por Niemeyer y su equipo, con cálculo estructural del ingeniero José Carlos de Figueiredo Ferraz, el casquete del edificio fue el primer domo – de los construidos en el conjunto de obras del arquitecto – a convertir en referencia por él utilizada en obras posteriores.

Esta investigación rescató algunas de las plantas diseñadas que permitieron comprender la relación entre arquitectura y estructura. Considerando que los proyectos presentados son inéditos en la historiografía sobre el tema, el método empleó pasos paralelos e híbridos, incluyendo la búsqueda iconográfica y de documentación, verificación y análisis, documentos y rediseños que exponen una disección de la estructura del objeto de estudio

Las contribuciones del conocimiento técnico y científico de la ingeniería constituyen los cimientos sólidos sobre los que se erigen los espacios que habitamos, construyendo edificios y las ciudades por las cuales se forma la vida humana. Los resultados obtenidos revelan el conocimiento de las técnicas constructivas y las relaciones entre la intención del proyecto arquitectónico y su materialidad, comprendiendo los avances que la arquitectura moderna brasileña registró de estos dos reconocidos profesionales.

Palabras clave: proyecto arquitectónico, proyecto estructural, Oscar Niemeyer, Figueiredo Ferraz, Oca Ibirapuera

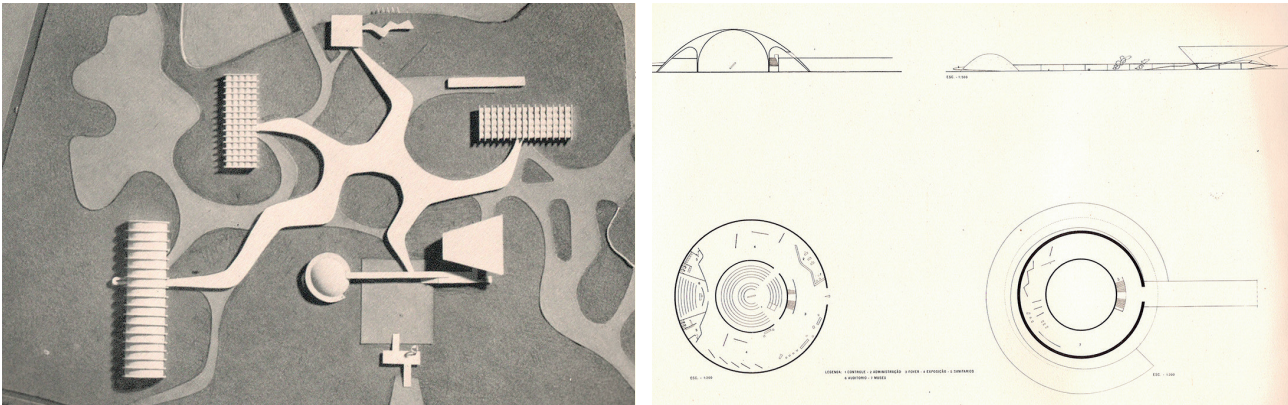


Figure 1. a) First version of the Buildings in the Park, as Proposed by Niemeyer's team. b) Design of the shell containing the auditorium, planetarium and exhibit areas (it was consistent with the first version for the Ibirapuera Park project). Sources: Papadaki (1954); and Anteprojeto da Exposição do IV Centenário de São Paulo (1952) / Figura 1. a) Primera versión del equipo coordinado por Niemeyer para la implantación de los edificios del Parque. b) Proyecto del casquete que abarcaba auditorio, planetario y áreas de exposición (acompañaba la primera versión del proyecto para el Parque Ibirapuera). Fuentes: Papadaki (1954); y "Anteprojeto da Exposição do IV Centenário de São Paulo" (1952).

Introduction

The now well-known OCA Building was designed by Oscar Niemeyer (1907-2012) and his team¹ between 1951 and 1953, as one of the five constructions in a complex to be built to commemorate the 400th anniversary of the city of São Paulo, at Ibirapuera Park. The structural calculation was done by Engineer José Carlos de Figueiredo Ferraz.²

First referred to as the *Pavilhão das Artes* [Arts Pavilion] or *Lucas Nogueira Garcez Pavilion*, the building accommodated the *Museu da Aeronáutica* [Aeronautics Museum] and the *Museu do Folclore*³ [Folklore Museum] for many years. In 1998 it regained its original function as an exhibition space, after being remodelled to match its original plan, in a design executed by the studio MMBB and architect Paulo Mendes da Rocha.

Several studies on the proposals and constructions for Ibirapuera Park show its significance as a symbolic manifestation of the city of São Paulo pursuing the affirmation of its urban, industrial and cultural development⁴ in the 1950s. Andrade⁵ reports that from the late 1920s until 1948, other studies were considered for the Ibirapuera floodplain.⁶ These plans were resumed and criticized in 1951, and as a result, architect Cristiano Stockler das Neves (1889-1982) presented a new project, still with a classical-academic configuration that emphasized its monumental character.

After some difficulties, Oscar Niemeyer was invited to prepare the design. He presented two proposals. The first was a compound of

Introducción

El edificio actualmente conocido como Oca fue diseñado y proyectado por Oscar Niemeyer (1907-2012) y su equipo¹ entre 1951 y 1953, siendo uno de los cinco que integraban el conjunto que se construiría para las conmemoraciones del IV Centenario de la ciudad de São Paulo. El cálculo estructural estuvo a cargo de José Carlos de Figueiredo Ferraz (1918-1994). Este artículo se basa en una investigación sobre las obras de este ingeniero.²

Inicialmente llamado *Palácio das Artes o das Exposições*, y después *Pavilhão Lucas Nogueira Garcez*, popularmente conocido como *Oca*, alojó durante años el *Museu da Aeronáutica* y el *Museu do Folclore*.³ Después de su readecuación al proyecto inicial, en 1998, por el estudio de arquitectura MMBB y el arquitecto Paulo Mendes da Rocha, ha vuelto a ser una obra con el objeto de ser un espacio expositivo abierto.

Los estudios sobre la propuesta y construcción del Parque muestran su importancia como una manifestación de la ciudad de São Paulo, en busca de la afirmación de su desarrollo urbano, industrial, poblacional y cultural,⁴ ocurrido en la década de 1950. Andrade⁵ informa que, desde finales de la década de 1920 hasta 1948, se habían pensado otros proyectos de parque para la *Várzea do Ibirapuera*.⁶ Reanudados y criticados en 1951 por Cristiano Stockler das Neves (1889-1982), el arquitecto presentó un nuevo proyecto, aún con un concepto clásico-académico, que enfatizaba su carácter monumental.

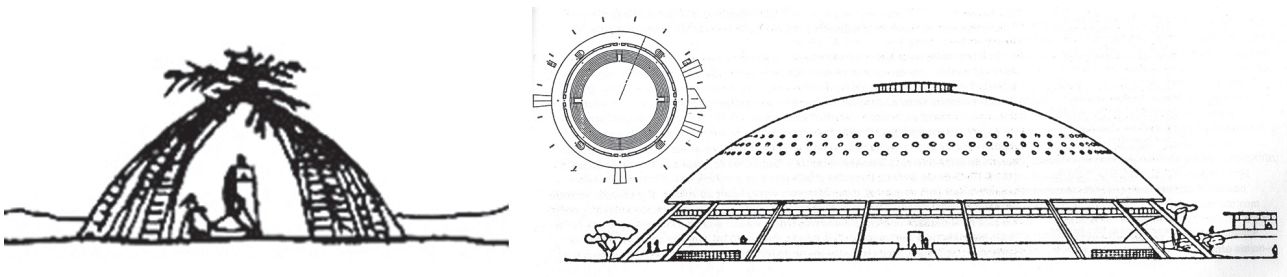


Figure 2. a) The Primal Hut, drawing by Oscar Niemeyer. b) Gymnastics Arena for the National Stadium, RJ (1941) (no scale). Sources: J.M.C. Miguel (2002, no page); Marco A. A do Valle (2000, p.195) / Figura 2. a) Cabaña Primitiva - dibujo de Oscar Niemeyer. b) Arena de Ginástica do Estádio Nacional, RJ (1941) (sin escala). Fuentes: J.M.C. Miguel (2002, sin paginación); Marco A. A do Valle (2000, p.195).

six basic buildings, connected by a long marquee which, in addition to establishing the links and routes among the edifices, was in dialogue with the site and the shape of the lakes planned for the area. This first version (fig.1a) already showed the construction of a large hemispherical dome that was to shelter part of the cultural brief of the park (auditorium, exhibition hall and planetarium). *Módulo* magazine published the construction proposals for Ibirapuera Park in March 1955, with all the planned buildings. Eventually, in a second phase, the number of the buildings decreased and their shapes were simplified for financial reasons. Although the final destination was to be altered, the pavilion spatial and volumetric solution – from the first presentation in the *The Fourth São Paulo Centennial* document – appeared as a huge dome whose brief included an auditorium, a planetarium, and exhibition areas⁷ (fig. 1b).

The second version of the design emerged after its use as a planetarium had been canceled and its use as the Palace of Arts was defined. Due to economic constraints, the building was smaller and the formal constructive schemes proposed by the architects were simplified. The elimination of the inner planetarium led to a revision of the program, which adjusted to fulfill display functions with a single internal auditorium. Its semicircular shape was preserved, despite the removal of the ramp that surrounded the entire exterior of the building, and connected it to the marquee and to the theater (also eliminated at that point).

Etymologies and Recognizable Derivations

The dome is one of the most recognizable architecture typologies. Defined by the rotation of an arch, usually generating a hemisphere or pointed arch, it has the property of using much of the compression forces that develop along its surface, and thus is a thinner and lighter structure. It is one of the most used typological elements in architecture, just like the ancient circular temples, in which the

A esa altura, la Comisión del IV Centenario invitó Oscar Niemeyer para la elaboración del proyecto, quien a su vez presenta una propuesta. El primer estudio realizado por su equipo contenía un conjunto de seis edificios básicos, articulados por una gran marquesina que, además de establecer los enlaces y circulación entre ellos, dialogaba con el lugar y el contorno de los lagos definidos para ese local. En esta primera versión (fig. 1a) ya existía el proyecto de un gran domo que contendría parte del programa cultural del Parque. La *Revista Módulo* de marzo de 1955 publicó los trabajos propuestos para el *Parque Ibirapuera* con todos los edificios planificados. Aunque, posteriormente, su uso interno haya sufrido alteraciones, la solución espacial y volumétrica del edificio, desde esta primera versión presentada en el Documento del IV Centenario de São Paulo, ya era la de un gran casquete que acogería al auditorio, al planetario y a los espacios para exposiciones⁷ (fig. 1b).

La segunda versión del proyecto fue resultado de suprimir el planetario y definir su uso únicamente como *Palácio das Artes*. Además, se redujo en tamaño y se modificó debido a la limitación de recursos financieros y a las simplificaciones de los esquemas formales y constructivos adoptados por el equipo de arquitectos. La supresión del proyecto del planetario interno condujo a la revisión del programa, reajustado para cumplir las funciones expositivas y un auditorio. Por otro lado se ha conservado su forma abovedada, eliminando la rampa peatonal que rodeaba el edificio y lo conectaba a los niveles de acceso al teatro y a la marquesina.

Etimologías posibles y derivaciones perceptibles

El domo es una de las tipologías más reconocidas de la arquitectura. Definido por la rotación de un arco, que generalmente genera un hemisferio u ojiva, tiene la propiedad de utilizar gran parte de las fuerzas de compresión que se desarrollan a lo largo

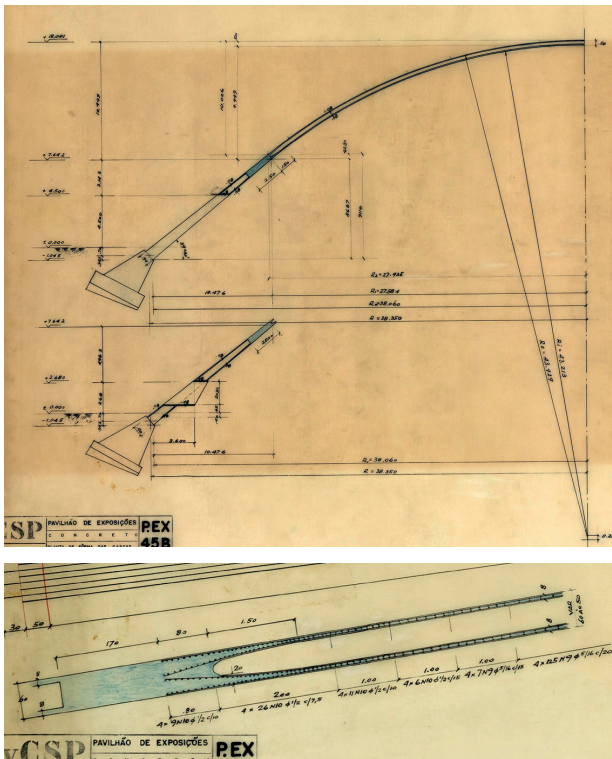


Figure 3. a) Section of the shell structure, 1953 - Notice the ring strap from the tangential point. b) Detail of the double shell next to the ring band, 1953. Sources: Figueiredo Ferraz Office / Municipal Historical Archive - SMC/PMSP / Figura 3. a) Corte de la estructura del domo del Oca, 1953 - observar cinta a partir de tangentes. b) Detalle del caparazón duplo junto al cinturón fijación, 1953. Fuente: Escritorio Figueiredo Ferraz / Arquivo Histórico Municipal - SMC/PMSP.

external form derives from its structural conception. In the case of domes, they may be incorporated into other parts of the building, as happens with the most significant example: the former Pantheon of Agrippa, the Pantheon in Rome.

The expressive force of the dome derives from the possibilities of creating large spans which allows a wide central meeting space. Its structural ability develops from conducting the forces on the roof by compressive loads on its surface (shell). The loads are collected by elements arranged at its end, usually the sidewalls or pendentives.⁸ The most recognizable buildings using cupolas or domes generally place them in a central position resting on columns, walls or transferring loads to pendentives or other cupolas, as in the Hagia Sophia Basilica, built between 532 and 537 in Constantinople, the capital of the Byzantine empire (today Istanbul).

de su superficie, una cualidad que le permite tener un grosor más delgado y, en consecuencia, menor peso. Su uso lo ha convertido en uno de los elementos tipológicos de la arquitectura, como los antiguos templos circulares, en los que la forma externa deriva de su concepción estructural. En el caso de los domos, pueden ser incorporados a otras partes del edificio, como en su ejemplo más significativo: el edificio del Panteón de Agripa o Panteón de Roma.

La fuerza expresiva del domo está vinculada a las posibilidades de construir grandes luces, con amplios espacios de centralidad y reunión. Su capacidad estructural se deriva de distribuir las fuerzas de compresión del techo por toda su superficie (casquete). Las cargas compresivas se apoyan en elementos dispuestos en su extremo, generalmente en las paredes laterales o en las pechinas.⁸ Los edificios más renombrados que han usado el domo generalmente lo colocan en una posición central sostenido por pilares, paredes, o transfiriendo cargas a pechinas o hacia otras cúpulas, como la Basílica de Santa Sofía, construida en la capital del Imperio Bizantino, Constantinopla (Estambul) entre 532 y 537. La etimología del Oca puede llevar a varias reminiscencias: reinventar el domo o cúpula, recupera la oca indígena (Fig. 2a) con la que Jorge Marão Carnielo Miguel nos presenta en un boceto de Niemeyer.⁹

También puede referirse a propuestas de la vanguardia rusa, como el proyecto del Palacio de la Cultura del Proletariado (1931), de los hermanos Vesnin – Leonid Vesnin (1880-1933), Victor Vesnin (1882-1950) y Alexander Vesnin (1883-1959) – y varias propuestas de Ivan Leonidov (1902-1959), como el proyecto para el mismo Palacio (1930). Esta alusión no declarada de Niemeyer a las obras de Leonidov y otros arquitectos de la vanguardia rusa puede ser observada por el repertorio por él acumulado, incluso por sus contactos con el Partido Comunista desde sus 20 años de edad,¹⁰ bien como en su relación y diálogos arquitectónicos con Corbusier.¹¹

Antes de la elaboración del proyecto del Oca, desde el punto de vista de la estructura, se deben identificar algunos de los principales pioneros en el desarrollo de casquetes de hormigón armado: Pier Luigi Nervi (1891-1979), Eduardo Torroja Miret (1899-1961) y Félix Candela (1910-1997).

La concepción de un domo para cubrir un gran espacio también ya había sido propuesta por Niemeyer cuando pergeñó el proyecto para la *Arena de Ginástica do Ginásio do Estádio Nacional* (fig. 2b), de Rio de Janeiro (1941). En este proyecto, para la estructuración del domo, se ven las pechinas que elevan el casquete a un nivel

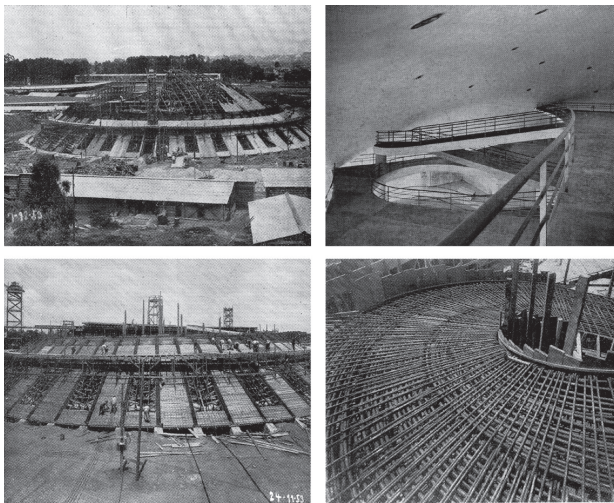


Figure 4. a) Concrete filling up to the level of the ring strap. b) OCA Interior with embedded light fixtures. c) Concrete filling to form the alternate slabs with respect to the window positions. d) Ramp rebar. Source: Acrópolis Magazine, n. 191, 1954, p. 496 e 497 / Figura 4. a) Interior del Oca con las lámparas empotradas. b) Vaciado del hormigón del Oca, hasta el nivel del cinturón c) Fundición de las losas alternadas en relación a las posiciones de las ventanas. d) Armado de la rampa. Fuente: Revista Acrópolis, n. 191, 1954, p. 496 e 497.

The etymology of the term OCA can lead to several reminiscences: it reinvents the dome or cupola, and revisits the indigenous hut (fig. 2a), which Jorge Marão Carnieli Miguel is portrayed in a drawing of Niemeyer.⁹

It can also refer to some of the avant-garde Russian proposals, such as the Proletariat Palace of Culture (1931), designed by the Vesnin brothers – Leonid Vesnin (1880-1933), Victor Vesnin (1882-1950), and Alexander Vesnin (1883-1959) – and other proposals by Ivan Leonidov (1902-1959), such as the design for the same palace (1930). This undeclared reference to the works of Leonidov and other avant-garde Russian architects may be observed in the repertoire amassed by Niemeyer, his proximity to the Communist Party during his twenties,¹⁰ and in his own relationship with Le Corbusier.¹¹

Before discussing the Oca Pavilion design, we must recognize some of the major pioneers in the development of reinforced concrete shells from the structural point of view: Pier Luigi Nervi (1891-1979), Eduardo Torroja Miret (1899-1961) and Félix Candela (1910-1997).

Niemeyer himself had already conceived a dome to cover a large area, when he designed the Gymnastics Arena for the National Stadium (fig. 2b), in Rio de Janeiro (1941). In this project, one

por encima del suelo, caracterizándose además como nervaduras estructurales del caparazón. La cúpula o domo *sin patas* – pechinas – sugiere la adopción de partidos estructurales como los de Eugène Freyssinet (1879-1962) en los hangares de Orly (1923) y la propia *Igreja da Pampulha* (1940) de Niemeyer, proyectos en los que los casquetes emergen directamente del suelo.

El proyecto del Oca

La bóveda que caracteriza el edificio ha figurado desde los primeros bosquejos de Niemeyer. El formato de casquete con su base circular ha sido conservado a través del tiempo, a pesar de los cambios sufridos por todo el Parque en su conjunto, de las alteraciones de los demás edificios y del programa destinado al antiguo *Palácio das Artes*. Solo se ha eliminado la rampa que lo rodearía y le daría acceso al teatro.

Esta forma de caparazón utilizada en el proyecto del Ibirapuera se convertirá – entendida como un domo – en un elemento distintivo de varias futuras composiciones del arquitecto, entre otras, el *Palácio do Congresso* en Brasilia (1958), la Sede del Partido Comunista francés en París (1965), el *Museu Nacional Honestino Guimarães* en Brasilia (1999) y el Centro Cultural del Principado de Asturias en Avilés, España (1999-2006).

Su geometría nos remite a la forma de un hemisferio, aunque para Niemeyer esta figura se afine en remates mediante superficies tangentes (truncos de cono) que nacen o se apoyan en el plano base en el que el casquete se inserta. En el caso de estas tangentes, no se sabe si hubo alguna sugerencia para la solución estructural de José Carlos de Figueiredo Ferraz, profesor de domos de concreto en las mejores universidades de São Paulo y calculista de muchas obras de la arquitectura moderna paulistana (*Museu de Arte de São Paulo* - MASP, *Serviço Social do Comércio* - SESC Pompéia y *Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo* - FAUUSP).

El proyecto Oca consiste en un caparazón de 76m de diámetro. Su estructura es un domo de hormigón armado con un subsuelo anular que funciona como una cinta que recibe los esfuerzos de la superficie semiesférica. Adentro, hay tres losas de formas diferentes, que se apoyan sobre una estructura de columnas independiente. En el proyecto estructural obtenido, el domo tiene dos capas: una superior, con radio interno de 43,929m y una inferior, con radio interno de 43,213m, medidas desde la parte inferior. La altura total de la superficie en relación con el nivel del piso es de 18,01m, la tangencia se produce a los 9,11m desde el nivel del piso (fig. 3a).

can observe how he structured the cupola. The pendentives, also characterized as the shell structuring ribs, raised the calotte or dome over the terrain. A cupola without pendentives suggests he adopted guiding principles such as those Eugène Freyssinet (1879-1962) used in the Orly Airport hangars (1923). Similarly, in the *Pampulha Church* (1940), also designed by Niemeyer, the shells emerge directly from the ground.

The OCA design

The semicircular shape that characterizes the building had been present from the time Niemeyer drew its first sketches. Regardless of all the adjustments the complex went through over time, despite all the changes to the other buildings, and the program originally intended for the Palace of Arts, its circular base and semi-spherical form are maintained. Only the ramp that would surround it and provide access to the theater was eliminated.

This shell-shaped form used in the Ibirapuera project –understood as a dome– will develop into a striking feature in future designs executed by the architect, among them the National Congress in Brasília (1958), the headquarters of the French Communist Party in Paris (1965), the Honestino Guimarães National Museum in Brasília (1999), and the Principality of Asturias Cultural Center in Avilés (1999-2006), in Spain.

Its geometry refers to the hemispherical format, even though for Niemeyer this figure is thinned at its endings by means of tangential surfaces (cone trunks) to come up or rest on direct foundation blocks. As for this tangential angle, there's no way we can discover whether there were any suggestions for the structural solution prepared by José Carlos de Figueiredo Ferraz. Ferraz was a professor of a Concrete Shell discipline at the best engineering and architecture universities of São Paulo, and the calculating engineer responsible for many works of modern architecture (*Museu de Arte de São Paulo - MASP, Serviço Social do Comércio - SESC Pompéia, and Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP*).

The OCA design deals with a 76-meter diameter shell. Its reinforced concrete structure forms a spherical cupola, supported by foundation blocks with a ring-shaped underground that works as a retaining wall. Inside the dome, three differently shaped slabs rest on an independent column structure. In the structural design, the dome has two overlapping shells: the outer radius covers 43.929 meters and the inner radius covers 43.213 meters, measured from the bottom. The total height with respect to the ground level is

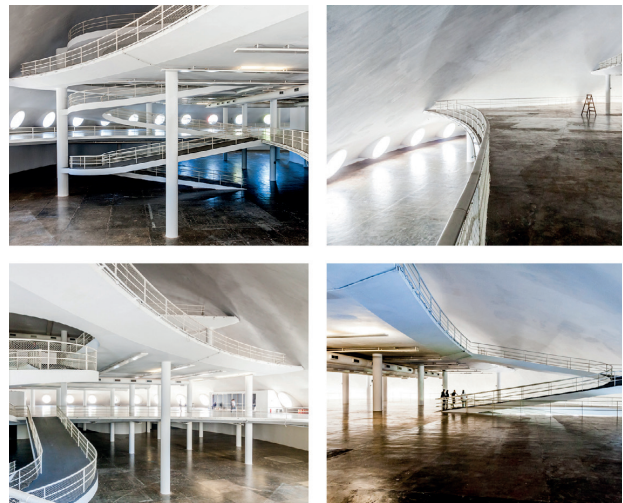


Figure 5. a) From the first floor on, they are independent from shell support. b) The observer immersed in the cupola. c) Multidimensional route generated by the internal walkway. d) Conjunction of the ramp and slabs. Source: Rafael Schmidt, 2011 / Figura 5. a) Las losas a partir del 1er piso se arriman al domo pero no lo tocan. b) El transeunte inmerso en el domo. c) Recorrido multidimensional creado por el caminar interno. d) Conjugado de rampa y losas. Fotos: Rafael Schmidt, 2011.

Es posible observar la construcción de los cinturones de refuerzo encima de las aberturas (fig. 4).

Las plantas de las losas internas poseen formas geométricas derivadas de la subdivisión de figuras circulares que disminuyen gradualmente, a medida que se elevan en relación a la planta baja. A partir de ese nivel (planta baja), que se apoya sobre un conjunto de columnas y sobre el anillo circular de soporte que forma el subsuelo, las demás losas sólo se apoyan sobre un conjunto de pilares que se reducen en número a cada piso. Las losas internas superiores, aunque unas se extienden hasta el casquete, no se conectan a él y son tratadas como estructura independiente (fig. 5).

En general, el proyecto de los edificios se confunde con su estructura y puede ser comprendido por los dibujos arquitectónicos generales (fig. 6). A partir de los documentos encontrados no es posible afirmar cuales fueron las conversaciones entre la arquitectura y la estructura, sin embargo se observa que las soluciones de cálculo elaboradas, tanto interna cuanto externamente, resultan en una forma *pura*, sin nervaduras.

Esta solución, de una *cáscara lisa* o sin nervaduras aparentes, ha sido lograda mediante un casquete doble (cada cual con espesor de 8 cm) con una dimensión externa entre 50 cm y 60 cm y una luz interna variable, como en el detalle. El plano estructural, medio

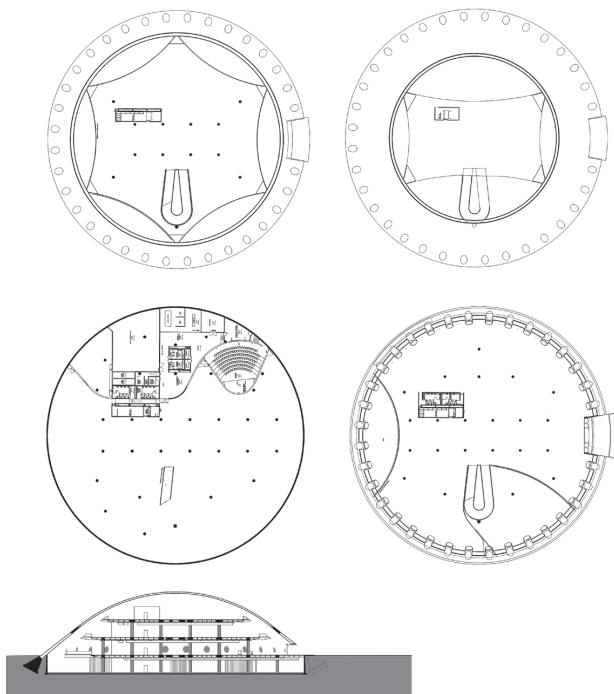


Figure 6. Plans of the four floors and section through the access door - restoration design executed by architect Paulo Mendes da Rocha and the MMBB Architects office. Source: MMBB Architects, 1998 / Figura 6. Plantas de los cuatro niveles y corte desde la puerta de entrada del proyecto de una refacción conducida por el arquitecto Paulo Mendes da Rocha y por el Escritório MMBB Arquitectos. Fuente: MMBB Arquitectos, 1998.

18.01 meters. The tangential feature appears at 9.11 meters from the ground (fig. 3a). It is possible to observe the construction of the reinforced belt above the openings (fig. 4).

On each of the three levels, the internal slabs have different geometric shapes derived from the subdivision of circular figures: the higher the slabs, the smaller they are. Starting with the ground floor slab: it rests, just like the pillars, on the circular ring of the retaining wall that constitutes the underground. The others rest on a set of pillars that decrease in number on each floor. Although the internal slabs extend up to the shell, they do not bond with it and are treated as independent structures (fig. 5).

In general terms, the design of the building is mixed up with its structure and can be fully understood from the architectural drawings (fig. 6). From the documents encountered it is not possible to consider the dialogues between architecture and structure during the process of design, however some observations are possible, such as the need to avoid the shell structure, both internally and externally as a *pure* geometrical dome, without the presence of ribs.

corte / media vista, nos muestra los radios de curvatura y los niveles de las losas, algunos de los huecos, la alternancia de alturas y la circulación interna propiciada por la rampa (fig. 7).

El espacio homogéneo de la cáscara presenta una composición uniforme y realiza la proeza de sugerir un tipo de fondo infinito o de cosmos en el lugar. Las formas de las losas con sus huecos internos caracterizan y establecen un *yin y yang* espacial, un camino elíptico que se le revela al transeúnte mientras recorre y alcanza los distintos niveles internos del *Oca*.

Las cúpulas más conocidas, como las de iglesias o templos, contienen nociones de *cielo* o de *cosmos*, entornos que han intentado considerar una conexión entre los hombres y Dios (o dioses) o, en un sentido más amplio, buscar la armonía entre el microcosmos del hombre y el cosmos. Estas relaciones fueron observadas por Lester¹² en su estudio sobre el desarrollo del dibujo del Hombre de Vitruvio. En el domo del *Oca*, diferentemente del de las iglesias, el recorrido no es el destino o culminación de la travesía. El domo es íntegro, sin pechinas (piernas), nacido del suelo, y su trayectoria interna no está dirigida por la linealidad, por el contrario, es elíptica, un fin en sí misma.

Si en la *Oca* el domo manifiesta el cosmos, el cómo se lo recorre, o cómo se aprecian las obras en exhibición o, incluso, cómo dialogan visualmente los que se observan entre sí, el caminar es el objeto de una rampa en la que la visualización también se realiza por intermedio de unos giros obligatorios propuestos por los vaivenes del mirar en direcciones múltiples y rotacionales.

La estructura del casquete se obtiene a partir de la división de la circunferencia a cada 10 grados, en 36 sectores. Para los ingresos al edificio, se utilizan dos sectores que permiten las aperturas de entrada y salida. Los sectores restantes están destinados a la instalación de 34 ventanas cilíndricas alineadas por la superficie exterior, cuyo formato tubular se destaca en el interior del edificio (fig. 8a).

En el punto tangente del caparazón, un anillo troncocónico de 60 cm x 250 cm actúa como apoyo del casquete, encintando los esfuerzos horizontales y sirviendo de transición de fuerzas hacia columnas de formato troncopiramidal y estas a zapatas que, por su vez, actúan directamente como cimientos. Su ubicación, a 4,50m sobre el nivel del piso, genera los espolones para los dinteles sobre las entradas y ayuda a acomodar los tubos utilizados como perfiles de las ventanas.

which visualization is also achieved through some mandatory turns proposed by the eyes' pathways in multiple rotating directions.

From an overhead viewpoint, the dome is structured by dividing the circle into 36 sectors, each with a 10-degree angle. Two sectors are used for the access, allowing an opening to accommodate the building entrance. The remaining 34 sectors are intended alternately for the placement of cylindrical tube-shaped windows that line the outer surface and stand out inside the building (fig. 8a).

The ring-shaped strap placed at the tangent point of the hemispherical cupola is a 60 X 250 centimeters conical ring (acting as a support for the calotte forces), the horizontal stress strapping, and the transition to the pyramidal trunk-shaped pillars that lead the forces to the footings which work as direct foundations. Positioned at 4.50 meters from ground level, it generates the lintel for the entrance door and assists in accommodating the pipes used for the window frames.

Each sector of the covering is reinforced in the two layers by radially arranged rebars that progressively increase in number as stresses increase. The rebars are arranged to control the spacing of radial steel wires and intermediate iron belts in the shape of straps, or bands, that work to contain stresses on the shell surface (fig. 8b).

The slabs have different formats. All of them derive from parts of the circumference and form figures generated by geometrical operations creating mandalas or rosettes. In these waffle slabs, the pillars, whose number is reduced at each level, are set back in relation to the edges. These, in turn, have their height reduced generating an impression of lightness, as if they were floating in space (fig. 9a). The independence between the slabs and the shell, including the foundations, allows the parts to behave autonomously allowing for expansion and movement between them. For a long time, the double-surface cover made it possible to use embedded lighting fixtures inside the slabs.

In the detail drawings showing the relationship between the pillars and the ring-shaped fastening straps, one observes the format of the pillars that constitute the openings of the windows and those that structure the gap for the entrance door (fig. 9b). Ducts measuring 45 x 30 centimeters for the passage of the electrical installations were provided on the fastening straps above the windows. These ducts allowed the placement of recessed lighting fixtures and other installations in the gaps between the shells (fig. 9c).

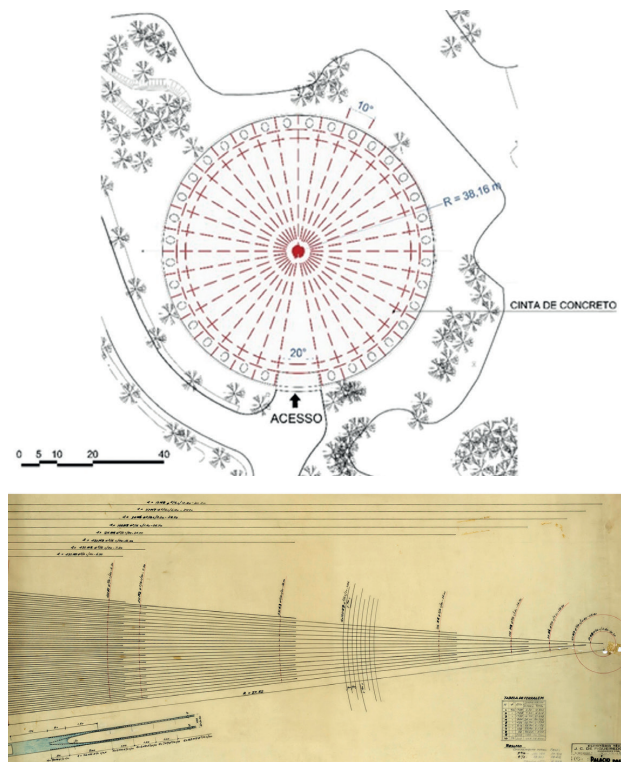


Figure 8. a) Geometry of the covering. b) Shell rebar schematic, 1953. Sources: Anna Segete, 2018, and Figueiredo Ferraz Office / Municipal Historical Archive - SMC/PMSP / Figura 8. a) Geometría de la cobertura. b) Armado de los sectores de la cáscara, 1953. Fuente: Anna Segete, 2018, y Escritório Figueiredo Ferraz / Arquivo Histórico Municipal - SMC/PMSP.

La circulación general se da por una rampa en forma de herradura estrecha que alcanza todos los niveles de las plantas. El proyecto original contiene un elemento vertical que preveía una escalera mecánica al lado de un conducto de ventilación y de los aseos, que sirvió para la instalación de un ascensor en la última remodelación. La rampa está estructurada por una losa maciza de hormigón, cuyos dibujos de armadura no han sido encontrados en esta investigación, pero que puede ser reconocida por foto.

La rampa se apoya sobre las losas con el mismo grosor de estas. El encuentro se produce apenas por un cambio de ángulo de inclinación respecto a las líneas horizontales que caracterizan el plano de la losa, dándole continuidad a sus superficies. Vistas en perspectiva, las conjugaciones entre toda la estructura y la arquitectura permiten visualizar los respectivos espacios obtenidos y la conexión entre las partes (fig.10). Las líneas rojas visan la comprensión general del movimiento de las fuerzas en el casquete del Oca.

General circulation is conducted via a horseshoe ramp that extends to all floors. The original design has a vertical component, which was projected as an escalator next to a ventilation pipe and the washrooms, and which served during the last remodeling to install an elevator. The ramp is structured by a solid concrete slab, whose rebars were not found in this study, but can be identified in the photographs. The ramp rests on the slabs and has the same thickness as the slab. The conjunction between slab and ramp occurs by a single change in the slant angles towards the horizontal lines which characterize the slab plan, thus lending continuity between their surfaces.

Conjunctions between the whole structure and the architecture are designed in an exploded axonometric perspective that allows to visualize how the parts are connected, and the gaps generated by the voids created (fig. 10). To understand the direction of the forces on the shell, a drawing was made showing their routes using red lines with arrows.

Final remarks

In the early 1950s, when there were no major calculation resources to develop the thin structure of the shell nor the solutions adopted to arrange all the elements of the structure, Engineer Figueiredo Ferraz was able to provide the architectonic features desired by Niemeyer and his team.

The OCA building has had a troubled life, with changes in design and use, but the restoration returned it to its original form. The dynamics of its space, which locates visitors inside the dome through circular pathways, was and still is its greatest merit. It anticipated the opportunities for new exhibition spaces due to the opportunities the layout offered for several kinds of use. Its concrete shell was a pioneering experiment that certainly fed the tectonic knowledge for the production that was to appear after the 1950s, especially after the construction of Brasília, our capital city, generating a tangible reference of the presence of Niemeyer.

From the point of view of the structure vs. the architecture, the Oca Building confirms Inojosa's¹³ statement that in his creative process, Oscar Niemeyer had always shown that architecture and structure are born together, they are not distinct elements of a building.

Further research shall elucidate the relationship between modern architecture and its materialization, and this present investigation brings new data to this process. The OCA, with its architecture and structure, is a concrete product of this recognition.

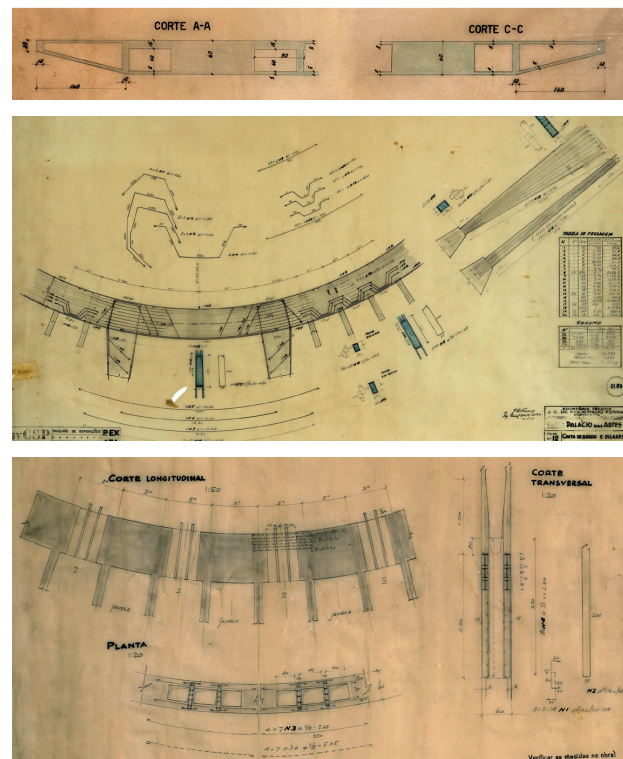


Figure 9. a) Structure of the 1st floor slab, 1953 - there is a reduction in height at the edges of the slabs - (no scale). b) Detail of the slanted pillars below the fastening strap, 1953. c) Internal ducts designed to allow the passage of installations between the shells, 1953. Sources: Figueiredo Ferraz Office / Municipal Historical Archive - SMC/PMSP / Figura 9. a) Detalle de los pilares inclinados abajo del cinturón del borde, 1953. b) Ductos internos previstos para el pasaje de las instalaciones entre las cáscaras, 1953. c) Estructura de la losa del primer piso, 1953 - Se verifica la disminución de la altura en los bordes de las losas - (s/escala). Fuente: Escritório Figueiredo Ferraz / Arquivo Histórico Municipal - SMC/PMSP.

Consideraciones finales

La actuación del Ing. Figueiredo Ferraz a principios de la década de 1950 - cuando aun eran escasos los recursos de cálculo para el desarrollo de estructuras de capa delgada y las soluciones proporcionadas para la configuración de todos sus elementos - propició al edificio las cualidades arquitectónicas anheladas por Niemeyer y su equipo.

El Oca tuvo una vida difícil, con alteraciones de proyecto y de uso. La dinámica de su espacio - ubicando a los visitantes dentro de una cúpula por caminos circulares - tal vez sea su mayor mérito, al anticipar posibilidades de cambio en las expresiones exhibidas y en la materialidad del arte, con disponibilidades que han permitido sus diversas ocupaciones. Su caparazón de concreto ha sido

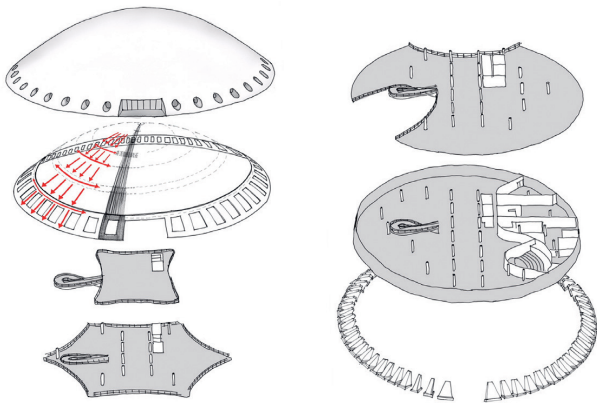


Figure 10. OCA exploded perspective with the direction of the forces (in red lines) on the building shells. Produced by Perrone et al., 2019 / Figura 10. Perspectiva explotada del Oca. Producido por Perrone et al., 2019.

Rafael Antonio Cunha Perrone, graduated architect and urban planner by the School of Architecture and Urban Planning at the University of São Paulo (FAUUSP, 1974), Master in Public Administration of Urban Planning by Getúlio Vargas Foundation de São Paulo (FGV-SP, 1983), PhD (FAUUSP, 1993) and post-doctorate (FAUUSP, 2008). Professor at the Post-Graduate programs in Architecture and Urban Planning at FAUUSP and at Mackenzie Presbyterian University.

Maria Augusta Justi Pisani, graduated architect and urban planner by Farias Brito (1979), specialist in restoration by the School of Architecture and Urban Planning at the University of São Paulo - (FAUUSP, 1982), Master and PhD from the Polytechnic School at the University of São Paulo (EPUSP, 1998). Professor of Architectural Project at the Federal Institute São Paulo (IFSP, 1985-2008). Professor of the Post-graduate program in Architecture and Urban Planning at Mackenzie Presbyterian University.

Rafael Patrick Schmidt, graduated architect and urban planner by the School of Architecture and Urban Planning at the Pontifical Catholic University of Paraná (PUC-PR, 2004). Masters from the School of Architecture and Urban Planning at the University of São Paulo (FAUUSP, 2009). PhD from School of Architecture and Urban Planner of Presbyterian University Mackenzie (FAUMACK, 2016). Professor of Architectural Project at FAUMACK. Member of the Superior Council of the Institute of Architects of Brazil – SP.

un experimento pionero que, seguramente, ha alimentado el conocimiento estructural para la producción que vendría después de los años 1950, principalmente en la construcción de Brasilia, generando casi una marca de la presencia de Niemeyer.

Desde el punto de vista de la relación estructura vs. arquitectura, confirma la afirmación de Inojosa¹³ de que Oscar Niemeyer, en su proceso creativo, siempre demostró que aparecen juntas y nos son elementos distintos de una obra. Futuras búsquedas podrán elucidar las relaciones entre la arquitectura moderna y su materialización, siendo que esta investigación aporta datos inéditos para ese proceso. El Oca es una obra que dilucida los diálogos entre arquitectura y estructura.

Rafael Antonio Cunha Perrone, graduado arquitecto y urbanista por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo (FAUUSP, 1974), Maestría en Administración Pública en Urbanismo por la Fundación Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-SP, 1983), Doctorado (FAUUSP, 1993) y Postdoctorado (FAUUSP, 2008). Profesor en los programas de postgrado en Arquitectura y Urbanismo de la FAUUSP y en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Presbiteriana Mackenzie.

Maria Augusta Justi Pisani, graduada arquitecta y urbanista por la Farias Brito (1979), especialista en restauración por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo (FAUUSP, 1982), Maestría y Doctorado por la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo (EPUSP, 1998). Profesora de Proyecto de Arquitectura en el Instituto Federal de São Paulo (IFSP, 1985-2008). Profesora del programa de postgrado en Arquitectura y Urbanismo en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Presbiteriana Mackenzie.

Rafael Patrick Schmidt, graduado arquitecto y urbanista por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica del Paraná (PUC-PR, 2004), Maestría por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo (2009), Doctor por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Presbiteriana Mackenzie (FAUMACK, 2016). Profesor de Proyecto de Arquitectura en la FAUMACK. Miembro del Consejo Superior del Instituto de Arquitectos de Brasil (IAB-SP).

Notes

- ¹ The team was comprised of Oscar Niemeyer (1907-2012), Zenon Lotufo (1911-1986), Helio Uchoa (1913-1971), Eduardo Keneese de Mello (1906-1994); and associated architects Gauss Estelita and Carlos Lemos (1925-).
- ² This research was developed with the support of Mack-Pesquisa.
- ³ Lauro Cavalcanti, "Oscar Niemeyer: A trajetória de uma revolução," in *A doce revolução de Oscar Niemeyer*, ed. Lauro Cavalcanti and Fares el Dahdah (Rio de Janeiro: 19 Design, 2007), 169.
- ⁴ Laura de Souza Cury "O Parque Ibirapuera e a construção da imagem de um Brasil moderno," in *Anais do XVIII Encontro de História da ANPUH-Rio* (Rio de Janeiro: UFF, 2018), 1-13. http://encontro2018.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1528850114_ARQUIVO_anpuh_lauro_cury.pdf
- ⁵ Manuella Maria Andrade, "O Parque do Ibirapuera: 1890 a 1954," *Arquitextos: São Paulo*, no. 51.01 (2004). <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/553>
- ⁶ Várzea: llanura de inundación; Ibirapuera ('árbol podrido', en tupi-guarani: ibirá- lo que brota del suelo, puera- lo que ya no es): nombre de un aldeamento indígena que existió en la zona ocupada posteriormente por el Parque.
- ⁷ Paulo Bruna, "A obra de Oscar Niemeyer em São Paulo," in *Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer*, ed. Ingrid Quintana Guerrero (São Paulo: Ateliê Editorial, 2017), 15-124.
- ⁸ Wilfried Koch, *Dicionário dos estilos arquitetônicos*, trans. Neide Luzia de Rezende (São Paulo: Martins Fontes, 2009), 133.
- ⁹ Jorge Marão Carnielo Miguel, "Casa e lar: a essência da arquitetura," *Arquitextos: São Paulo*, no. 29 (2002): 11, <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/03.029/746>
- ¹⁰ Regina Zappa, "Entrevista com Oscar Niemeyer," in *A doce revolução de Oscar Niemeyer*, ed. Lauro Cavalcanti and Fares el Dahdah (Rio de Janeiro: 19 Design, 2007), 10-19.
- ¹¹ Rodrigo Queiroz, "A revisão crítica de Oscar Niemeyer," in *Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer* Bruna, ed. Ingrid Quintana Guerrero (São Paulo: Ateliê Editorial, 2017), 169-244.
- ¹² Toby Lester, *O fantasma de Da Vinci: A história desconhecida do desenho mais famoso do mundo*, trans. José Rubens Siqueira (São Paulo: Ed. Três estrelas, 2014).
- ¹³ Leonardo Pereira da Silveira Inojosa, "O sistema estrutural de Oscar Niemeyer" (PhD diss., Universidade de Brasília. 2010), 49. <https://core.ac.uk/download/pdf/33538089.pdf>.

Bibliographic references

- ¹ Andrade, Manuella Maria. "O Parque do Ibirapuera: 1890 a 1954." *Arquitextos: São Paulo*, no. 51.01 (2004). <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/553>
- ² Bruna, Paulo. "A obra de Oscar Niemeyer em São Paulo." In *Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer*, edited by Ingrid Quintana Guerrero, 15-124. São Paulo: Ateliê Editorial, 2017.
- ³ Cavalcanti, Lauro. "Oscar Niemeyer: A trajetória de uma revolução." In *A doce revolução de Oscar Niemeyer*, edited by Lauro Cavalcanti and Fares el Dahdah, 169. Rio de Janeiro: 19 Design, 2007.
- ⁴ de Souza Cury, Laura. "O Parque Ibirapuera e a construção da imagem de um Brasil moderno." In *Anais do XVIII Encontro de História da ANPUH-Rio*, 1-13. Rio de Janeiro: UFF, 2018. http://encontro2018.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1528850114_ARQUIVO_anpuh_lauro_cury.pdf
- ⁵ Koch, Wilfried. *Dicionário dos estilos arquitetônicos*. Translated by Neide Luzia de Rezende. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- ⁶ Lester, Toby. *O fantasma de Da Vinci: A história desconhecida do desenho mais famoso do mundo*. Translated by José Rubens Siqueira. São Paulo: Ed. Três estrelas, 2014.
- ⁷ Marão Carnielo Miguel, Jorge. "Casa e lar: a essência da arquitetura." *Arquitextos: São Paulo*, no. 29 (2002): 11, <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/03.029/746>
- ⁸ Pereira da Silveira Inojosa, Leonardo. "O sistema estrutural de Oscar Niemeyer." PhD diss., Universidade de Brasília. 2010. <https://core.ac.uk/download/pdf/33538089.pdf>.
- ⁹ Queiroz, Rodrigo. "A revisão crítica de Oscar Niemeyer." In *Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer* Bruna, edited by Ingrid Quintana Guerrero, 169-244. São Paulo: Ateliê Editorial, 2017.
- ¹⁰ Zappa, Regina. "Entrevista com Oscar Niemeyer." In *A doce revolução de Oscar Niemeyer*, edited by Lauro Cavalcanti and Fares el Dahdah, 10-19. Rio de Janeiro: 19 Design, 2007.

Notas

- ¹ El equipo estaba compuesto por los arquitectos Oscar Niemeyer (1907-2012), Zenon Lotufo (1911-1986), Helio Uchoa (1913-1971), Eduardo Keneese de Mello (1906-1994); colaboradores: Gauss Estelita e Carlos Lemos (1925-).
- ² Con el apoyo del Fondo MackPesquisa.
- ³ Lauro Cavalcanti, "Oscar Niemeyer: A trajetória de uma revolução," in *A doce revolução de Oscar Niemeyer*, ed. Lauro Cavalcanti and Fares el Dahdah (Rio de Janeiro: 19 Design, 2007), 169.
- ⁴ Laura de Souza Cury "O Parque Ibirapuera e a construção da imagem de um Brasil moderno," in *Anais do XVIII Encontro de História da ANPUH-Rio* (Rio de Janeiro: UFF, 2018), 1-13. http://encontro2018.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1528850114_ARQUIVO_anpuh_lauro_cury.pdf
- ⁵ Manuella Maria Andrade. "O Parque do Ibirapuera: 1890 a 1954," *Arquitextos: São Paulo*, no. 51.01 (2004). <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/553>
- ⁶ 6. Várzea: llanura de inundación; Ibirapuera ('árbol podrido', en tupi-guarani: ibirá- lo que brota del suelo, puera- lo que ya no es): nombre de un aldeamento indígena que existió en la zona ocupada posteriormente por el Parque.
- ⁷ Paulo Bruna, "A obra de Oscar Niemeyer em São Paulo," in *Bruna, Paulo e Ingrid Quintana Guerrero. Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer* (São Paulo: Ateliê Editorial, 2017), 15-124.
- ⁸ Wilfried Koch, *Dicionário dos estilos arquitetônicos*, trad. Neide Luzia de Rezende (São Paulo: Martins Fontes, 2009), 133.
- ⁹ Jorge Marão Carnielo Miguel, "Casa e lar: a essência da arquitetura," *Arquitextos: São Paulo*, no. 29 (2002): 11, <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/03.029/746>
- ¹⁰ Regina Zappa, "Entrevista com Oscar Niemeyer," in *A doce revolução de Oscar Niemeyer*, ed. Lauro Cavalcanti and Fares el Dahdah (Rio de Janeiro: 19 Design, 2007), 10-19.
- ¹¹ Rodrigo Queiroz, "A revisão crítica de Oscar Niemeyer," in *Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer* Bruna, ed. Ingrid Quintana Guerrero (São Paulo: Ateliê Editorial, 2017), 169-244.
- ¹² Toby Lester, *O fantasma de Da Vinci: A história desconhecida do desenho mais famoso do mundo*, trad. José Rubens Siqueira (São Paulo: Ed. Três estrelas, 2014).
- ¹³ Leonardo Pereira da Silveira Inojosa, "O sistema estrutural de Oscar Niemeyer" (PhD diss., Universidade de Brasília. 2010), 49. <https://core.ac.uk/download/pdf/33538089.pdf>.



arquitectura
blanca

CÁTEDRA BLANCA
VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



Editorial
Universitat Politècnica
de València



ISBN: 978-84-9048-810-2