

Precisiones sobre la luz en el Pantheon de Roma

Further observations on the light in the Pantheon in Rome

Óscar Linares de la Torre

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. oscar.linares@upc.edu

Received 2014.11.11

Accepted 2015.02.09

Abstract: El Pantheon de Adriano es una de las obras más celebradas de la historia de la arquitectura. Han sido muchas las cuestiones que han cautivado a cuantos han entrado en él, pero es la luz la que ha acaparado el mayor protagonismo: una vez despojado el edificio de su originaria carga simbólica, la manifestación de su luz interior parece ser el único fin de este inmenso espacio-luz que tanto ha fascinado a arquitectos, historiadores del arte, pintores y fotógrafos. Parece difícil poder aportar nada nuevo. Consciente de ello, el autor del presente artículo sólo pretende apuntar algunas cuestiones sobre distintos aspectos de la luz en el Pantheon que considera que no han sido aún suficientemente desarrolladas: el por qué de la orientación solar y urbana del templo con respecto al eje norte-sur; la reconstrucción de la secuencia de luz y sombra que debió de darse en el recorrido original de acceso al interior del templo; la interpretación del haz de luz ocular como reminiscencia inmaterial del soporte central de las falsas cúpulas etruscas, convertida en una columna de materia sutil que, sin alcanzar nunca la vertical, incide de manera variada sobre los paramentos que conforman el interior.

Palabras clave: Pantheon, luz, orientación, acceso, espacio interior.

Abstract: *Adriano's Pantheon is one of the most celebrated works in the history of architecture. Many questions have captivated its visitors, but it is the light that has captured most of the attention: after stripping the building of its symbolic load, the manifestation of its interior light seems to be the only purpose of this immense "space-light" that has fascinated architects, art historians, painters and photographers throughout time. It seems difficult to add anything new, but being fully aware of this, the author of this article hopes to point out some of the different aspects of light in the Pantheon that he considers haven't been developed enough: the reason behind the solar and urban orientation of the temple regarding the north-south axis; the reconstruction of the light and shadow sequence that must have occurred in the original access to the interior of the temple; the interpretation of the ocular beam of light as an immaterial reminiscence of the false central support of the Etruscan domes, turned into a subtle column that without ever reaching the vertical position, falls in different ways on the surfaces that create the interior.*

Keywords: Pantheon, light, orientation, access, interior space.

El Pantheon de Adriano es una de las obras más celebradas de la historia de la arquitectura: ha cautivado a cuantos han entrado en él. Sin duda alguna, ha sido la luz la que ha acaparado siempre todo el protagonismo. Tanto es así que, según Sigfried Giedion, esta obra marca el inicio de una nueva concepción espacial que, durante casi dos milenios, identificó al espacio arquitectónico con un interior iluminado por la luz del sol.¹ En efecto, una vez que el tiempo ha despojado al edificio de su originaria carga simbólica, la manifestación de esta luz interior parece ser el único fin de este inmenso espacio.

La *Lux Panthei* ha recibido una gran atención por parte de arquitectos, historiadores del arte, pintores y fotógrafos. Parece difícil poder aportar nada nuevo. Consciente de ello, el autor del presente artículo sólo pretende apuntar algunas cuestiones sobre distintos aspectos relativos a la luz en el Pantheon que considera que aún no han sido suficientemente desarrollados: el por qué de la orientación solar y urbana del templo con respecto al eje norte-sur; la reconstrucción de la secuencia de luz y sombra que debió de darse en el recorrido original de acceso; o la interpretación del haz de luz ocular como reminiscencia inmaterial del soporte central de la falsa cúpula etrusca, convertida aquí en una sutil columna cuya inclinación y dirección varían según los diseños del sol.

UN EDIFICIO (DES)ORIENTADO

En cualquier obra de arquitectura donde se produzca una manipulación conscientemente de la luz natural, la orientación -es decir, la posición de la obra en el mundo y su relación con el movimiento cíclico que se produce entre la Tierra y el Sol-, deviene una cuestión de máxima importancia: así lo expresa el Pantheon.

Adriano's Pantheon is one of the most celebrated works in the history of architecture, captivating all those who have entered it. It has undoubtedly been the light that has attracted most of the attention. So much so, that according to Sigfried Giedion, this work marks the beginning of a new spatial conception that, for almost two millennia, identified the architectural space with an interior illuminated by solar light.¹ Indeed, once time has stripped the building of its original symbolic load, the manifestation of this interior light seems to be the only purpose of the immense space.

The Lux Panthei has received a great deal of attention from architects, art historians, painters and photographers. It seems difficult to add anything new, but being fully aware of this, the author of this article hopes to point out some of the different aspects of the light in the Pantheon that he considers haven't been developed enough: the reason behind the solar and urban orientation of the temple regarding the north-south axis; the reconstruction of the light and shadow sequence that must have occurred in the original access to the temple; the interpretation of the ocular beam of light as an immaterial reminiscence of the false central support of the Etruscan dome, turned here into a subtle column, the inclination and direction of which varies depending on the position of the Sun.

A (DIS)ORIENTED BUILDING

Every work of architecture in which there is a conscious manipulation of natural light (that is, orientation, the position of the work in the world in relation to the cyclic movement between the Earth and the Sun) becomes a question of great importance. The Pantheon is a good example of this.

El eje longitudinal del Pantheon se alinea de acuerdo con la orientación del conjunto del *Campus Martius*. En contra de lo que se ha afirmado tantas veces, esta dirección no corresponde con exactitud al eje norte-sur, sino que se desvía aproximadamente unos cinco grados en dirección N-NO. Esta desviación se advierte a partir del siglo XVIII, momento en el que se empieza a orientar la planta de la ciudad de Roma con el Norte perpendicular a la parte superior del plano.² Así lo reflejan los dibujos de la antigua ciudad de Roma que, entre 1893 y 1901, realizó el arqueólogo romano Rodolfo Lanciani.³ (Figura 01).

Aunque se han aventurado varias teorías, lo cierto es que se no se conoce a ciencia cierta el motivo de esta desviación. El arquitecto e historiador Gene Waddell señala que la trama urbana del *Campus Martius*, así como el acceso del Mausoleo de Augusto, fueron correctamente orientados sobre el eje norte-sur. No obstante, señala también que todo el conjunto formado por la *Saepta Iulia* de César, el *Pantheon Agrippian* y las *Thermae Agrippian*, tenía su eje principal desviado cinco grados hacia el oeste con respecto a la dirección norte. En opinión del autor, esta desviación sólo puede deberse a un error de replanteo, al que el resto de edificaciones posteriores tuvo que dar continuidad.⁴ Sin embargo, parece extraño un error de tal magnitud en una cultura como la romana, en la que la fundación de templos y ciudades respondía a una estricta orientación solar.⁵ Además, en el 13-10 a.C., poco después de construir el primer Pantheon, el propio Agripa erigió, también en el *Campus Martius*, el *Horologium Solare*, un enorme obelisco de granito traído desde Heliópolis (Egipto). Con sus 30 metros de altura, la sombra de este enorme *gnomon* barría un área de unos 160 metros de ancho por 75 metros de profundidad. La erección y el dibujo de las analemas de una pieza de tal magnitud tuvieron que requerir, sin duda, un conocimiento preciso y

The longitudinal axis of the Pantheon is aligned in accordance with the orientation of the Campus Martius ensemble. Contrary to what has been declared many times, this direction doesn't correspond exactly to the north-south axis, but it is diverted approximately five degrees towards the N-NW direction. This deviation was first observed in the XVIII century, when the footprint of Rome was orientated to the north, perpendicular to the upper part of the plan.² It is reflected in the drawings of the ancient city of Rome carried out between 1893 and 1901 by the Roman archaeologist Rodolfo Lanciani.³ (Figure 01).

Although several theories have ventured into the matter, there is no specific reason for the logic behind the deviation. Architect and historian Gene Waddell points out that the urban pattern of Campus Martius, as the access to the Mausoleum of Augusto, were correctly orientated on the north-south axis. However, he also mentions that the whole ensemble made up by the Saepta Iulia of Cesar, the Pantheon Agrippian and the Thermae Agrippian, had their axis deviated five degrees towards the west in relation to the north direction. The author believes that this deviation can only be the result of a mistake in the setting out, which the rest of the buildings had to continue.⁴ However, an error of this magnitude seems out of place in Roman culture, where the foundations of temples and cities followed a strict solar orientation.⁵ Besides, in 13-10 B.C., soon after building the first Pantheon, Agrippa himself erected, also in Campus Martius, the Horologium Solare, a giant obelisk made out of granite brought from Heliópolis (Egypt). The 30 m height of this gnomon would cast a shadow that covered 160 meters wide by 75 meters deep. The raising and drawing of the analemma of a piece of this magnitude required, without a doubt, a precise and exact knowledge of solar movements,

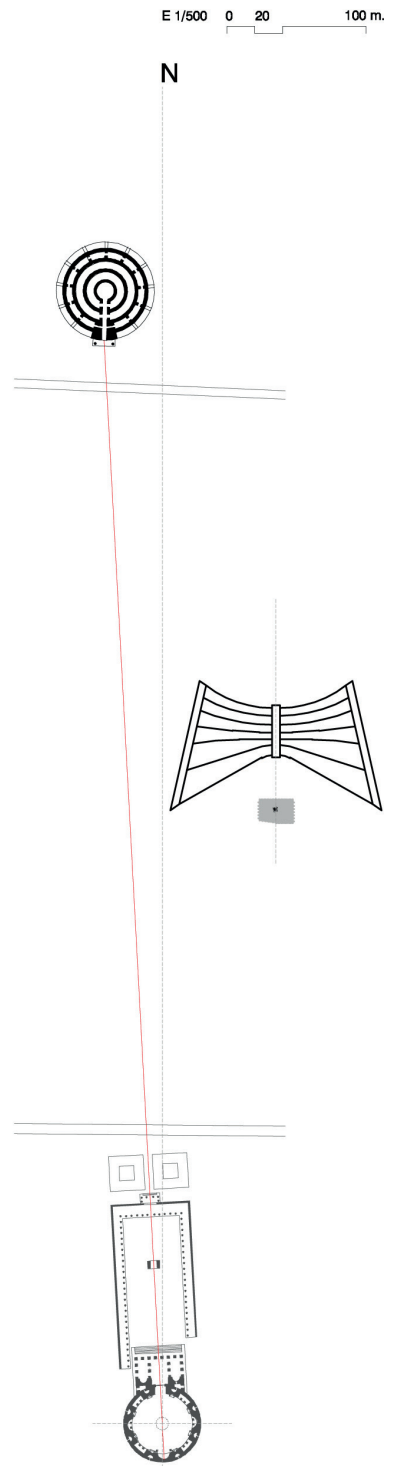
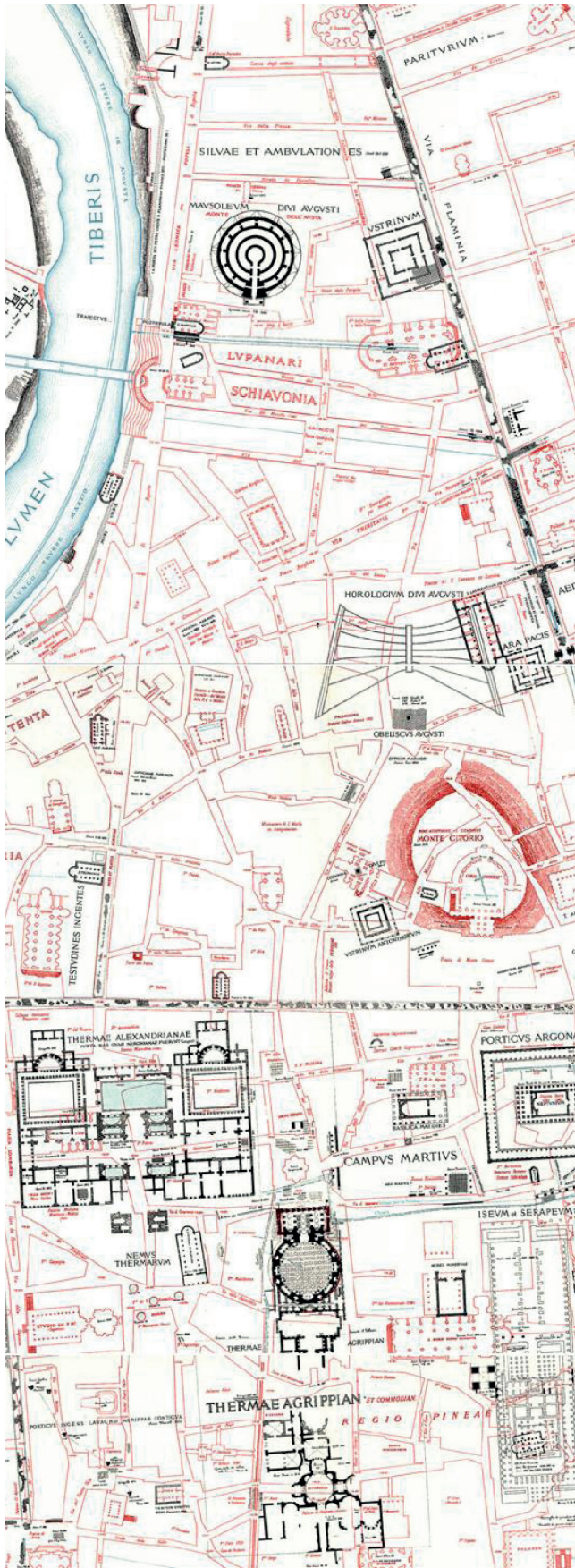


Figura 1. Izquierda, el *Campus Martius* en la Roma antigua según Lanciani. Derecha, esquema del autor con indicación de la posición relativa del Pantheon de Adriano, el Mausoleo de Augusto y el Horologium.

Figure 1. Left. *Campus Martius in ancient Rome as described by Lanciani.* Right. *A diagram by the author indicating the relative position of Adriano's Pantheon, Augusto's Mausoleum and the Horologium.*

exacto del movimiento solar, difícilmente acorde con la hipótesis del error propuesta por Waddell.

Por el contrario, el historiador francés Louis Hautecoeur mantiene que esta desviación fue conscientemente concebida para que el Sol incidiera simbólicamente sobre determinados paramentos del interior del templo. El autor indica que esta desviación se corresponde con el sector del cielo en el que se vislumbró un cometa en la fecha del nacimiento del Emperador Cayo Julio César Augusto. En el interior del Pantheon de Adriano, este eje se corresponde con la salida del sol del 1 de Abril, día de la fiesta de Venus, diosa madre de los Julios, y el 16 de Septiembre, día de los juegos romanos.⁶ Esta hipótesis supone aceptar que las directrices de una área urbana tan amplia como el *Campus Martius*, establecidas en efecto por Agripa en honor al Emperador Julio César siglo y medio antes de que Adriano construyera su Pantheon, responden a este hecho simbólico.

Ninguna de las dos teorías parece del todo convincente; probablemente nunca lleguemos a desvelar cuál fue el verdadero motivo que produjo tal desviación. No obstante, de ambas hipótesis puede extraerse una conclusión común: que la desviación del Pantheon no responde a una voluntad arquitectónica particular del interior, sino que se debe a su contexto urbano original.

Pero no sólo la desviación del eje fue determinada por la trama urbana: también lo fue la ubicación del acceso al edificio. Originalmente, el Pantheon de Adriano formaba parte del conjunto edificado constituido por las *Thermae Agrippian* y la *Saepta Iulia*, al que estaba físicamente unido por su lado sur. Esta circunstancia hizo necesaria la disposición del acceso en el lado norte de la *cella*, orientando el pórtico de acceso hacia el Mausoleo de Augusto. Es

hardly consistent with the hypothesis of the error suggested by Waddell.

By contrast, the French historian Louis Hautecoeur believes that this deviation was consciously conceived so that the sun would fall symbolically over certain surfaces on the inside of the temple. The author points out that the deviation corresponds with the section of the sky in which a comet was spotted on the date of Emperor Cayo Julio Cesar Augustus' birth. On the inside of Adriano's Pantheon the axis responds to the sunrise on the 1st of April, the feast day of Venus, goddess and mother of the Julius, and the 16th of September, the day of the Roman games.⁶ This hypothesis implies the acceptance that the guidelines of such a vast urban area as is Campus Martius, established by Agrippa in honor of the Emperor Julius Caesar a century and a half before Adriano built the Pantheon, respond to these symbolic events.

Neither of the two theories seems to be totally convincing. Probably we'll never manage to unveil what the real reason for the deviation was. However, we can extract a common conclusion from the two hypotheses: the deviation of the Pantheon doesn't respond to an internal architectural choice, but to its original urban context.

Not only the deviation of the axis was determined by urban guidelines,—so was the location of the building's access. Originally, Adriano's Pantheon was part of an ensemble of buildings that included the Thermae Agrippian and the Saepta Iulia, to which it was physically joined on the south side. This forced the locating of the access to the north side of the cella, orientating the arched access towards Augusto's Mausoleum. It is the urban context and

el lugar urbano y no la particularidad de la obra, lo que hace que el templo se oriente a norte y a sur.⁷

LA LUZ Y LA SOMBRA COMO SECUENCIA DE APROXIMACIÓN ESPACIAL

El espacio público que en la actualidad se extiende delante del Pantheon, la *Piazza della Rotonda* (Figura 02), poco tiene que ver con el que se cree que concibió Adriano. A la luz de las evidencias arqueológicas, es unánime la opinión de que originalmente el Pantheon de Adriano no estuvo formado únicamente por el templo que ha llegado hasta nuestros días sino que, además, existió un gran espacio exterior de acceso en su lado norte. Este espacio se delimitaba en tres de sus lados por una *stoa*, un pórtico cubierto formado en su lado interior por una sucesión de columnas y en su cara exterior por un muro. En el lado norte de la *stoa*, sobre el eje longitudinal de la plaza y del Pantheon, se construyó una puerta monumental de acceso al recinto. El lado sur del patio, en cambio, estaba delimitado por el gran pórtico de acceso al interior del templo. Sobre el eje de la plaza se erigió en solitario el *Arcus Pietatis*, un arco de triunfo de un solo vano.⁸ (Figura 03).

En ningún trabajo de investigación sobre el Pantheon, ni siquiera en aquellos centrados especialmente en el análisis de su luz, se presta atención alguna a la secuencia espacial y lumínica que, con toda seguridad, debió de producirse durante la aproximación al templo a través de este recinto. La práctica desaparición de los elementos arquitectónicos que configuraban originalmente este espacio no parece motivo suficiente para eludir la posibilidad de analizar el papel que debió tener la luz en la configuración de este recorrido exterior, una compleja y variada secuencia espacial y lumínica de aproximación al interior, en la que

Figura 2. Imagen aérea del entorno actual del Pantheon de Roma.

Figure 2. Aerial image of the current surroundings of the Pantheon in Rome.

not the singularity of the building that provokes the temple to have a north-south orientation.⁷

LIGHT AND SHADOW AS A SEQUENCE OF SPATIAL APPROXIMATION

The public space that nowadays spreads out in front of the Pantheon, Piazza della Rotonda (Figure 02), is very different to what it is believed that Adriano conceived. In light of the archeological remains, it is unanimously accepted that Adriano's Pantheon didn't only consist of the temple that has lasted until now, but that a big exterior access space extended towards the north side. This space was defined on three of its sides by a stoa, a covered portico comprising of a succession of columns on the interior side and a wall on the exterior. On the north side of the stoa, along the longitudinal axis of the piazza and the Pantheon, a monumental door was erected to access the precinct. The south side, on the other hand, was defined by the large portico to access the temple. An isolated Arcus Pietatis, an Arc de Triomphe of just one opening, was erected on the axis of the piazza.⁸ (Figure 03).

None of the research on the Pantheon, not even ones that centered specifically on the analysis of its light, pays any attention to the sequence of space and light that was most likely present in the approximation of the temple through this precinct. The fact that the architectural elements that originally shaped this space have disappeared, isn't a strong enough reason to elude the possibility of analyzing the role that light must have had in the configuration of this exterior walkthrough: a complex and varied sequence of space and light as an approximation towards the interior, in which the constructed





Figura 3. Fotografía de la maqueta *Zona di Campus Martius*, realizada por Italo Gismondi y expuesta en el Museo della civiltà romana en el E.U.R.

Figure 3. Photograph of the model of *Zona di Campus Martius*, made by Italo Gismondi and exhibited in the Museo della civiltà romana in E.U.R.

los elementos constructivos eran percibidos a contraluz o con luz indirecta.⁹

El análisis de esta secuencia lumínico-espacial se ha estructurado aquí en siete momentos -el *propileo*, la *stoa*, la parte norte de la plaza, el *Arcus Pietatis*, la parte sur de la plaza, el pórtico y la *cella*- en cuyas especificidades se ahonda a continuación (Figura 04).

(1) El primer momento se produce en la puerta de acceso a la plaza. Desde una estrecha calle, parcialmente ensombrecida por la sombra proyectada por el propio acceso, se ingresa

*elements were perceived by either direct or indirect light.*⁹

The analysis of the space-light sequence has been structured here in seven moments: the propileo, the stoa, the north side of the piazza, the Arcus Pietatis, the south side of the piazza, the portico and the cella; as detailed below. (Figure 04).

(1) The first moment takes place at the door of the access to the piazza. The access is from a narrow street, partially shaded by the shadow the entrance door casts, entering into a covered,

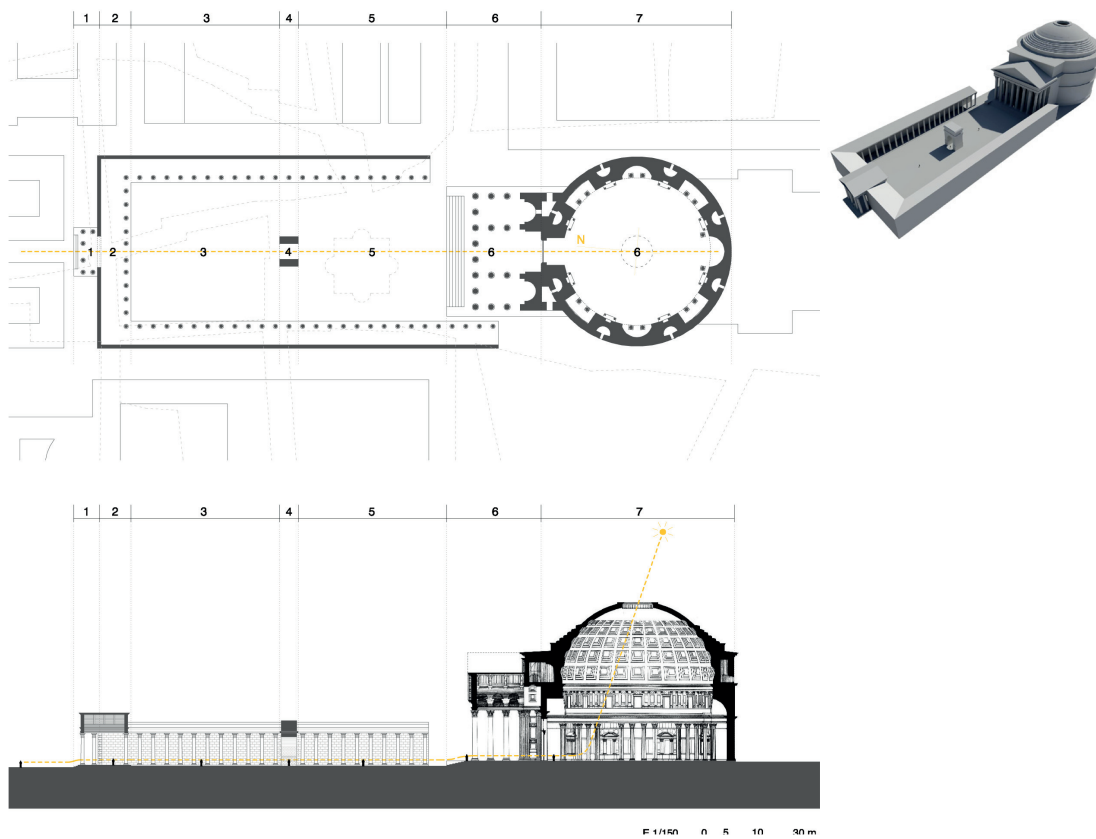


Figura 4. Reconstrucción del estado original del conjunto del Pantheon en planta, sección y volumen: A) Propileo; B) Stoa; C) Patio; D) Arcus Pietatis; E) Patio; F) Pronaos; E) Cella.

Figure 4. Reconstruction of the original state of the precinct of the Pantheon in floor plan, section and volume: A) Propileo; B) Stoa; C) Patio; D) Arcus Pietatis; E) Patio; F) Pronaos; E) Cella.

en este espacio cubierto y sombrío a modo de umbral entre la ciudad de Roma y el conjunto del Pantheon. Se produce aquí la primera transición lumínica, desde la luz solar de la calle hasta la sombra propia del pórtico de acceso, pasando previamente por la sombra proyectada por la puerta monumental. Para ello es necesario subir algunos peldaños hasta alcanzar la cota superior

dark space that acts as a threshold between the city of Rome and the precinct of the Pantheon. The first light transition happens here, from the solar light of the street to the shade of the portico, passing previously through the casted shadow of the monumental door. It is necessary to climb a couple of steps to reach the higher level of the podium, and then to go through the first

del podio y, luego, atravesar una primera línea de columnas. El espacio aquí se comprime en altura, pues la bóveda celeste es sustituida por una cubierta seguramente de madera cuya cota inferior se eleva algo menos de diez metros.

(2) Unos pasos más adelante, al atravesar el muro trasero de la *stoa*, se accede al porche porticado que delimita la plaza. A partir de este momento se tiene la sensación de estar ya “dentro” del recinto de acceso delimitado visualmente por la sombra de la propia *stoa*. Desde este punto se ve el arco de triunfo, que obstaculiza la visualización del templo. Bajo la cubierta de la *stoa* se produce la transición entre la luz solar y la sombra del porche, que arranca en la base de la columna y se cierra en el entablamento. Desde el espacio cubierto y sombrío de la *stoa* se visualiza, a través del umbral constituido por las columnas y sus sombras arrojadas, un espacio exterior descubierto que, aun estando delimitado por la sombra, se percibe como un espacio de luz. (Figura 05).

(3) Al cruzar la línea formada por las columnas de la *stoa* el espacio vuelve a descomprimirse en altura y las condiciones lumínicas varían ostensiblemente. A lo largo de los aproximadamente cuarenta metros que distan entre las columnas y el arco de triunfo se produce una aproximación desde la luz hacia la sombra, repitiéndose así la secuencia previa al ingreso. Se pasa entonces de un espacio donde la luz es rodeada por la sombra a un espacio donde la sombra es rodeada por la luz. Así ocurre en la sombra arrojada por el *Arcus Pietatis*.

(4) Desde la luz exterior se atraviesa la sombra arrojada por el arco y se penetra, otra vez, en la luz. Esta pequeña porción de luz, tan diferente a la luz que inunda el resto del patio, recibe en arquitectura el nombre de “luz estructural”,

line of columns. The space here is compressed in height, as the celestial vault is exchanged for a roof, most likely made out of wood, the level of which is a bit lower than 10 meters.

(2) *A few steps ahead, after crossing the back wall of the stoa, one reaches the arcaded porch that defines the piazza. Here one has the feeling of having “entered” the precinct, defined visually by the shadow of the stoa. The Arch de Triomphe is visible from this point, obstructing the view of the temple. The transition between the solar light and the shadow of the porch takes place under the roof of the stoa, starting at the base of the column and culminating in the entablature. From the covered and dimly lit space of the stoa, and through the threshold created by the columns and their shadows, it is possible to observe an exterior uncovered space that, though limited by shadows, is perceived as a space of light. (Figure 05).*

(3) *By crossing the line of columns of the stoa the space is decompressed once again and the conditions of light change distinctly. An approximation of the light towards the shadow occurs throughout the approximately forty meters that separate the columns and the Arc de Triomphe, repeating once again the first sequence occurring before entering the precinct. One goes from a space where light is surrounded by shade, to a space where shade is surrounded by light, as is the case in the shadow cast by the Arcus Pietatis.*

(4) *From the exterior light, one reaches the shadow of the arch and then penetrates, once again, the light. This small proportion of light, so different to the light that floods the rest of the patio, receives in architecture the name of “structural*

Figura 5. Vista hipotética del Arcus Pietatis y del templo del Pantheon desde la stoa durante los equinoccios de primavera-otoño.

Figure 5. Hypothetical view of the Arcus Pietatis and the temple of the Pantheon from the stoa during the equinox of spring-autumn.



pues se corresponde con el espacio libre entre soportes salvado por la estructura horizontal. Desde ella, debajo del arco, se produce otra compresión espacial que permite contemplar, por vez primera en toda su magnitud, el pórtico que da acceso al interior del templo.

- (5) De manera análoga a lo que ocurre durante la aproximación desde la *stoa* hacia el arco de triunfo, se recorren otros cuarenta metros bajo la luz del Sol hacia una sombra arrojada, en este caso la del gran pórtico del Pantheon. Durante este trayecto se percibe ya la *pronaos* en toda su magnitud, completamente en sombra, solamente iluminada por la luz indirecta reflejada en los elementos que delimitan la plaza. Cuando se avanza lo suficiente como para ingresar en la sombra proyectada por el pórtico, el disco solar queda definitivamente oculto tras el edificio y, entonces, el fuerte contraste entre la luz y la sombra desaparece. La oscura sombra deja paso a una suave penumbra donde la luz difusa rebota en los paramentos que configuran la plaza permite percibir, en detalle, la profundidad espacial del pórtico.

light”, as it corresponds with the free space between supports, salvaged by the horizontal structure. From under the arch, another spatial compression, the access to the interior of the temple can be contemplated for the first time in all its magnitude.

- (5) *In the same way as occurs from the approximation of the stoa to the Arc de Triomphe, another forty meters under the sun causes a shadow, this time cast by the portico of the Pantheon. During this route, the pronaos is already visible, completely in shade, only illuminated by the indirect light reflected on the elements that define the piazza. Once the distance is small enough to enter the shadow cast, the building finally conceals the solar disc and the strong contrast between light and shadow disappears. The dark shadow gives way to a half-light where the diffused light bounces off the surfaces around the piazza to reveal the spatial depth of the portico.*

- (6) Una vez en la *pronaos*, la secuencia espacial del *propileo* se repite, aunque a una escala mucho mayor. Después de subir unos cuantos peldaños se alcanza la cota superior del podio del Pantheon. Avanzando unos pocos pasos se traspasa la línea de columnas que sustenta el perímetro de la cubierta del pórtico, momento en que, de nuevo, el espacio se comprime por efecto de la cubrición. Siguiendo por el eje, pasada la primera línea de columnas, se accede a la crujía central que dirige hacia la puerta de acceso al interior del Pantheon. Al ingresar en el volumen donde se realiza la transición entre el pórtico y la rotonda, la celosía situada encima de la puerta permite establecer un primer contacto visual con la luz del interior del templo. En efecto, aún con la puerta cerrada, a través de la celosía se puede percibir la claridad del gran óculo de la cúpula del Pantheon. Este efecto lumínico se enfatiza cuando, en determinados momentos del día y del año, la inclinación de los rayos solares hace posible que algunos de ellos atraviesen la celosía y se proyecten sobre el pavimento de la *pronaos*. El entramado de la parte superior de la puerta permite anticipar, con gran sutileza, la luz que configura el espacio interior del templo antes de acceder a él.
- (6) *Once inside the pronaos, the spatial sequence of the propileo is repeated, although on a bigger scale. After climbing a couple more steps, one reaches the higher level of the podium of the Pantheon. A few meters ahead, walking through the line of columns that support the perimeter of the roof of the portico, the space is compressed once again. Following the axis, through the first line of columns, we are taken to the central section that directs us towards the access to the temple. Here, even with the door closed, one can perceive the eye of the Pantheon through the latticework. This light effect is emphasized at certain times of the day and of the year; the inclination of the solar rays can sometimes even pierce the latticework and project onto the floor of the pronaos. The trellis above the door subtly allows the anticipation of the light that configures the interior space of the temple before even entering.*
- (7) Al abrir la puerta y cruzar el umbral se descubre, en toda su inmensidad, el gran espacio interior iluminado cenitalmente. Aunque en planta parece que el punto final del eje longitudinal de acceso se produce en el ábside opuesto a la puerta, desde un punto de vista espacial y lumínico el final de este eje se eleva del suelo hasta el gran óculo de luz de la cúpula. Evidentemente, la secuencia de la percepción de la luz dentro de este espacio varía sensiblemente a lo largo del año: durante los meses más próximos al solsticio de verano, cuando el Sol ocupa una posición más elevada con respecto al horizonte,
- (7) *By opening the door and crossing the threshold, one discovers the great interior space with zenithal lighting. Even though on plan it seems as though the longitudinal access ends at the apse opposite the door, from a spatial and lighting point of view the end of the axis lifts off the ground and ends in the light of the eye of the dome. The sequence of the perception of light inside this space varies considerably throughout the year. During the months close to the summer solstice, when the sun is high in the sky, the light is first perceived just in front of the door, where the disc of light is projected on the pavement, to*

en primer lugar se percibe, justo delante de la puerta, el disco de luz solar proyectado en el pavimento e, inmediatamente, se alza la mirada hacia el óculo de la cúpula; en cambio, durante los meses más cercanos al solsticio de invierno, cuando la posición del Sol es más horizontal, la secuencia se invierte y primero se descubre la fuente ocular de luz para, luego, dirigir la mirada en busca de la luz proyectada sobre el intradós de la propia cúpula que queda a nuestra espalda.

Del análisis aquí desarrollado se desprende que todo el conjunto del Pantheon, tanto su acceso original como el espacio interior que ha llegado a nosotros, se constituye como una forma arquitectónica íntimamente vinculada a la luz del Sol. La disposición y orientación de las distintas partes del conjunto inducen a considerar que el recorrido de acceso tuvo que ser, igual que el interior, conscientemente proyectado en relación a la luz. Arropado por las variantes sombras arrojadas a lo largo de los días y los años, se construye un recorrido que conduce de un espacio exterior, configurado por *sombras en la luz*, a un espacio interior, conformado por *luz en la sombra*. (Figura 06)

LOS REFLEJOS DE UNA COLUMNA INMATERIAL

El espacio interior del Pantheon responde a la voluntad de manifestar la luz del Sol en una sombra previamente construida, proyectada por una masa que al mismo tiempo porta, cierra y cubre el espacio. Sólo aquellos espacios pensados para el acceso del hombre -la puerta- y de la luz -el óculo- quedan liberados de materia.

La ausencia de materia grave en el cenit de la cúpula libera el espacio y da paso a una luz que, desde lo alto, se encarga de iluminar y

have ones attention drawn up immediately after towards the eye of the dome. However, during the months closer to the winter solstice, when the sun is lower down, the sequence is inverted. First the eye of light is discovered, and then one finds themselves looking for the projected light on the intrados of the dome that falls behind us.

The developed analysis shows that the whole ensemble of the Pantheon, both its original access and the interior space that has lasted until now, is constituted as an architectural space intimately linked to the light of the sun. The layout and orientation of the different parts of the ensemble lead us to consider that the access to the building must have been as carefully designed in relation to light as the interior. Surrounded by shadows that change throughout the day and the year, a walkthrough is created that leads through an exterior space, configured by shadows in the light, to an interior space configured by light in the shadow. (Figure 06).

THE REFLECTIONS OF AN IMMATERIAL COLUMN

The interior space of the Pantheon is conceived as a previously built shadow in which to reveal the light of the sun, projected by a mass that holds, closes and covers the space. Only the spaces thought for access (the door) and light (the eye) are free of matter.

The lack of grave matter in the zenith of the dome frees the space, giving way to a light that, from above, illuminates, and configures the enormous interior

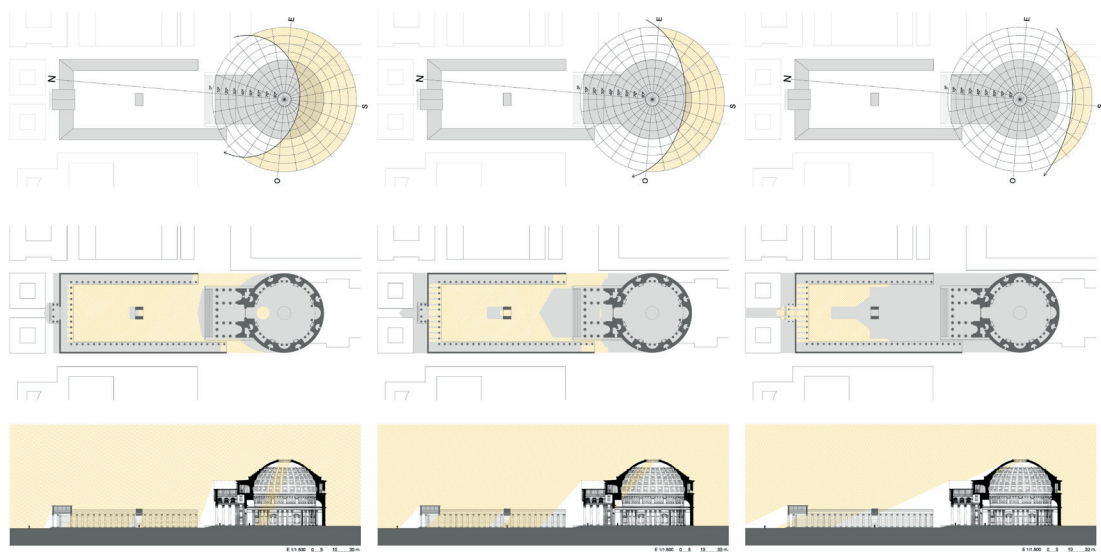


Figura 6. Comparativa del diagrama solar, la planta y una sección por el eje del asoleamiento del conjunto del Pantheon durante el solsticio de verano, los equinoccios y el solsticio de invierno (de izquierda a derecha).

Figure 6. Comparison of the solar diagram, floor plan and section through the axis of the sunlight in the precinct of the Pantheon during the summer solstice, the equinoxes and the winter solstice (from left to right).

configurar, por sí sola, el enorme espacio interior del Pantheon. La luminosa presencia del óculo parece constituirse en la culminación de un largo proceso de refinamiento constructivo a lo largo del tiempo, que acaba por liberar de los efectos de la gravedad a la parte superior de las formas de cubrición espacial abovedada. En efecto, el monolítico soporte vertical sobre el que descansaba visualmente la “falsa cúpula” con que se cubrían las arcaicas tumbas etruscas (Figura 07), precedente constructivo de la cúpula romana, es sustituido en el Pantheon por una ingravida columna de luz. La presencia del óculo pone en evidencia la ausencia de la clave, la dovela central que permite al arco de descarga mantenerse en equilibrio estático y que deviene aquí una pieza estructuralmente innecesaria gracias a la aplicación del principio del

space of the Pantheon. The luminous presence of the eye seems to be the culmination of a long process of construction refinement throughout time, which results in freeing the top part of domed covers from the effects of gravity. In fact, the monolithic vertical support on which the “false domes” over the old Etruscan tombs rested (Figure 07), the constructive precedent of the Roman dome, is substituted in the Pantheon by a weightless column of light. The presence of the eye makes evident the absence of the keystone, the central voussoir that allows the relieving arch to maintain its static balance. Here it becomes structurally unnecessary due to the principle of the compression ring.¹⁰ The structural elements, on which the gravitational functioning of ancient spatial covers were based, are replaced in this imposing Roman structure by the appearance

anillo de compresión.¹⁰ Los elementos estructurales sobre los que se fundamentaba el funcionamiento gravitatorio de las antiguas formas de cubrición espacial son reemplazados en esta imponente estructura romana por la presencia de la luz. La materia grave se desmaterializa, se sustrae en favor de un vacío estructural atravesado por un haz de luz que se constituye en el fuste de una imaginaria columna inmaterial cuyo etéreo capitel parece ser el óculo de la cúpula (Figura 08). “Un agujero sólo es el lugar de una materia más sutil”, dijo Deleuze.¹¹ Y es que en el Pantheon *la luz es la clave*.

El rayo luminoso que, previamente seleccionado, atraviesa el óculo para ser acogido en el espacio interior del Pantheon, adquiere un pleno carácter arquitectónico aún sin haber sufrido modificación física alguna. Se produce así el primer momento en el discurrir arquitectónico de la luz, basado no tanto en su manipulación como en su selección. Sin embargo, cuando el rayo impacta en el interior de la superficie construida, sí se produce una cierta modificación de las características físicas de la luz, no tanto por lo que se refiere a su naturaleza, sino por cuanto sufre una merma en su intensidad y una modificación en su dirección. La luz ahora no se selecciona, sino que se manipula conscientemente por medio de un control preciso de las características físicas de la superficie donde se refleja.

Esta nueva luz reflejada, indirecta, posee unas cualidades arquitectónicas muy distintas de las de la luz que fluye desde el óculo: mientras que ésta aspira principalmente a manifestarse a sí misma, la luz reflejada tiene como misión la revelación de la forma, la textura y el color de las superficies que conforman los límites del espacio. A través del reflejo de la luz en la superficie interior se consigue iluminar el enorme espacio interior del Pantheon con una aportación de luz realmente pequeña.¹²

of light. The grave matter is dematerialized and replaced by a structural emptiness pierced by a ray of light that constitutes the shaft of an imaginary immaterial column, the ethereal capital of which seems to be the eye of the dome (Figure 08). “A hole is only the place of a more subtle material”, said Deleuze.¹¹ It can be said that in the Pantheon the light is the key.

The previously selected ray of light, that pierces the eye to enter the interior space of the Pantheon, acquires an architectural character without even undergoing any physical modification. Here is the first moment of architectural reasoning on the light, based not so much on its manipulation, but on its selection. However, when the ray of light impacts the interior of the built surface, the light experiences a certain modification of its physical qualities, not so much in its nature, but in the reduction of its intensity and the change of its direction. Now, the light isn't selected but consciously manipulated through a careful control of the physical characteristics of the surface on which it is reflected.

This new reflected and indirect light possesses very different architectural qualities to the light that enters the eye. Whereas the first mainly aspires to manifest itself, the indirect light's mission is to reveal the form, texture and color of the surfaces that shape the limits of the space. Through the reflection of the light on the interior surface, the small amount of light that enters manages to illuminate the whole interior space of the Pantheon.¹²



Figura 7. Soporte simbólico central de la tumba etrusca de Casale Marítimo.

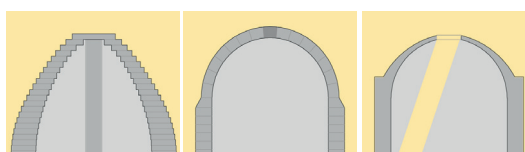
Figure 7. Symbolic central support of the Etruscan tomb of Casale Marítimo.

Según la cambiante orientación en planta y distinta inclinación en sección del haz luminoso a lo largo del día y del año, la luz solar se proyecta sobre una paramento interior u otro.¹³ Esto determina completamente la dirección y la cualidad del rayo luminoso reflejado, provocando la aparición de efectos lumínicos de muy variado carácter (Figura 09). La situación lumínica más corriente se da cuando la inclinación del rayo solar es menor de 45° con respecto a la horizontal, momento en que la luz ocular se proyecta sobre la parte norte del intradós de la cúpula. La escasa inclinación de los rayos solares durante el invierno provoca que, a lo largo del día, el haz de luz se proyecte únicamente sobre la parte superior del paramento interior de la

Depending on the varying orientation regarding the floor plan and the inclination in section of the rays of light throughout the day and the year, the solar light is projected onto one surface or another.¹³ This determines the direction and quality of the reflected light, generating a variety of different light effects (Figure 09). The most common situation is when the inclination of the solar ray is less than 45° in relation to the horizontal. Here the light is projected against the north side of the intrados of the dome. The limited inclination of the rays of sun during the winter causes the rays of light to be projected, throughout the entire day, solely on the higher part of the interior surface, sticking to the top two rows of coffers and the central flat surface

Figura 8. El primigenio soporte central de la falsa bóveda se convierte en una columna de luz, y la dovela del arco de descarga en un óculo abierto a la luz en la cúpula del Pantheon.

Figure 8. The original central support of the false dome becomes a column of light, and the keystone of the relieving arch an open eye of light in the dome of the Pantheon.



cúpula, correspondiente a las dos hileras superiores de casetones y la parte central lisa que corresponde al anillo de compresión. Durante la primavera y el otoño la inclinación máxima de los rayos no supera los 48°, de modo que, salvo alguna tímida incursión por la parte superior del muro durante la parte central del día, el haz de luz también se proyecta únicamente en el intradós de la cúpula. La mayor inclinación de los rayos en verano permite que el haz de luz abandone la cúpula durante la parte central del día, de modo que sólo se proyecta en su intradós durante las primeras horas de la mañana y a última hora de la tarde. En estas situaciones la curvatura de la cúpula hace posible que el rayo reflejado adquiera una componente vertical en su dirección y se precipite hacia abajo: siguiendo la ley de la reflexión –según la cual el ángulo de incidencia es el mismo que el ángulo de reflexión–, los rayos cuya dirección se acerca más a la horizontal adquieren con el reflejo una componente vertical mucho más marcada que los rayos inicialmente más inclinados, cuya componente vertical apenas varía al incidir sobre la superficie prácticamente vertical de la base de la cúpula. El intradós de la cúpula actúa como el primer y principal difusor de la luz ocular que incide directamente en él.

Desde abril hasta agosto la mayor inclinación de los rayos solares permite que el haz de luz ocular se proyecte en determinadas horas sobre las superficies del muro interior. La verticalidad de los paramentos hace que los rayos en ellos reflejados conserven su componente vertical hasta impactar

that belongs to the ring of compression. During spring and autumn, the maximum inclination of the rays doesn't exceed 48°, which means that, except in timid intrusions in the top part of the wall at midday, the rays of light are also projected mainly on the intrados of the dome. The higher inclination of the rays in the summer allows the light to abandon the dome during the central hours of the day, meaning that it is only projected on its intrados first thing in the morning and last thing in the afternoon. In these situations, the curvature of the dome allows the reflected ray to take a vertical component in its direction, plunging towards the floor: following the law of reflection, according to which the angle of incidence is the same as the angle of reflection. The more horizontal rays acquire through their reflection a vertical component much more pronounced than the initial more inclined rays, the vertical components of which hardly vary when they impact on the practically vertical surface of the base of the dome. The intrados of the dome becomes the first and main diffuser of the light that is projected onto it.

From April to August the higher inclination of the rays of sun allows the rays to be projected at certain hours on the interior surface of the wall. The vertical position of the walls allows the reflected rays to maintain their vertical component till they impact against the floor, varying the direction of



Figura 9. Diagramas de la incidencia de la luz en el suelo, el intradós del muro y el intradós de la cúpula (de izquierda a derecha) así como su distinta reflexión.

Figure 9. Diagrams of the projection and the reflection of the light on the floor, the intrados of the wall and the intrados of the dome (left to right).

en el suelo, variando únicamente el sentido de su progresión en planta. El discurrir del haz luminoso sobre los ornamentos de los paramentos verticales enfatiza su color, volumen y relieve.

their progression only in plan. The pouring of light on the ornaments of the vertical walls emphasizes their colour, volume and relief.

Solamente durante las horas centrales de los días de verano los rayos solares tienen una inclinación lo suficientemente vertical como para proyectarse totalmente en el pavimento del templo. Esta es la situación lumínica menos habitual en el tiempo y

Only during the central hours of summer days do the solar rays have an inclination vertical enough to project completely onto the floor of the temple. This is the least common situation in time and most limited in space, as it happens only at

más acotada en el espacio, pues se produce sólo en determinadas horas de algunos días de verano y se restringe sólo al cuadrante norte del pavimento del templo. Sin embargo, es también la que produce los efectos arquitectónicos más sorprendentes. Los rayos solares se reflejan en el suelo, invirtiendo la componente vertical de su trayectoria: se ven impelidos hacia arriba, desafiando a la ley de la gravedad. El reflejo ascendente provoca una inversión de la relación entre las luces y las sombras en los objetos directamente iluminados por esta nueva luz, aludiendo a una ingrátida belleza.

FINAL ABIERTO

Se han expuesto hasta aquí una serie de observaciones, reflexiones y descubrimientos sobre la luz en el Pantheon. En el primer apartado se ha puesto de relieve que, en contra de lo que tantas veces se ha querido creer, el templo no se orientó libremente para conseguir un determinado juego de luz en su interior, sino que su inexacta orientación responde a la trama urbana y a la masa construida que precedieron a la construcción de Adriano. Se ha reconstruido, también, la secuencia lumínico-espacial de luces y sombras que debió de darse en el recinto que originalmente daba acceso al interior del templo, tan distinto del espacio urbano que lo ha reemplazado en la actualidad. Luego se ha señalado la correspondencia existente entre la pétreo columna central de la falsa bóveda etrusca y la columna de luz ocular del Pantheon, resultado de una espectacular evolución estructural de la cubierta abovedada. Por último, se han analizado las distintas maneras que tiene la luz de incidir y reflejarse en los paramentos que configuran el espacio interior a lo largo del ciclo solar.

certain hours of certain days in the summer, and it is restricted to the north quadrant of the temple's floor. Nevertheless, it is the situation that produces the most impressive architectonic effects. The solar rays are reflected on the floor, inverting the vertical component of their path, and they're projected upwards, defying the laws of gravity. The rising reflection causes an inversion of the relationship between the lights and shadows of the objects directly illuminated by this new light, alluding to a weightless beauty.

AN OPEN ENDED ACCOUNT

This article has exposed a series of observations, reflections and discoveries about the light in the Pantheon. The first section highlights, contrary to what has often been believed, that the temple wasn't freely orientated to achieve a certain play of lights in its interior. Its inexact orientation responds to the urban pattern and the constructed masses that preceded Adriano's building. The article has also reconstructed the light-space sequence of lights and shadows that must have occurred in the precinct that originally gave access to the temple, which is so different from the urban space that has replaced it in our days. Secondly, it has pointed out the relationship between the central stone columns of the false Etruscan domes with the column of light of the Pantheon, resulting in a spectacular structural evolution of domed structures. Finally, it has analyzed the different ways in which light projects and reflects on the surfaces that configure the interior space throughout the solar cycle.



Figura 10. El espacio interior del Pantheon de Roma iluminado por el haz de luz ocular.

Figure 10. Interior space of the Roman Pantheon illuminated by the ocular ray.

Un artículo de estas características no puede tener conclusión alguna: el final debe ser necesariamente abierto, debe invitar a seguir estudiando un tema, la *Lux Panthei*, sobre el que parecía que ya se había dicho todo lo que se podía decir. Mientras permanezcan en pie los muros y la cúpula que lo delimitan, este magnífico espacio creado por y para el ser humano seguirá despertando la admiración

An article with these characteristics can't have a fixed conclusion, the end must be unavoidably open, it must invite us to keep on studying the subject, the Lux Panthei, on which it seemed everything had already been said. This magnificent space, created for and by a human being, will continue to awaken admiration to any who has the opportunity to visit, for as long as the walls that hold it and

de cuantos tengan la oportunidad de entrar en él. Y mientras ello ocurra, se seguirá escribiendo sobre esta luz tan particular y a la vez paradigmática, más humana que solar, que con el paso de los siglos ha convertido a esta obra en un templo dedicado a la luz, al espacio... y a la arquitectura misma. (Figura 10).

the dome that defines it keep standing. And while this happens, more articles will be written on this peculiar and paradigmatic light, more human than solar, which throughout time has turned this work into a temple dedicated to light, to space... and to architecture itself. (Figure 10)

Notas y Referencias

¹ "La bóveda nunca alcanzó alturas simbólicas, ni en Egipto ni en Mesopotamia. Nunca fue acentuada exteriormente ni siquiera hecha visible. Permaneció debajo de la tierra, sin luz. El espacio y la luz están unidos. Sin luz, el espacio desaparece. Para que la cúpula alcanzara su importante puesto en la arquitectura, hubo que llevar la luz a su interior y acentuar el aspecto externo de su forma monumental. Para esto era necesaria una concepción espacial completamente diferente". GLEDION, Sigfried. *El Presente eterno: los comienzos de la arquitectura*. Madrid: Alianza, 1981, p. 487.

"La cúpula del panteón de Adriano, de comienzo del siglo II, señaló la completa irrupción de la segunda concepción espacial. Desde ese momento el concepto de espacio arquitectónico fue casi indistinguible del concepto de espacio interior hueco". *Ibidem*, p. 491.

² MIGUEL ARBONÉS, Eduardo De. *La Luz en la configuración del espacio*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2006, Tomo I, p. 127.

³ Edición consultada: LANCIANI, Rodolfo, *Forma Urbis Romae*, Quasar, Roma, 1990, tav XV y XXI.

⁴ "Cuando el lugar o la topografía lo permitían, los edificios imperiales y las nuevas ciudades se orientaban axialmente sobre el eje norte-sur. El prácticamente plano Campo de Marte permitía una orientación norte-sur verdadera y el Mausoleo de Augusto había sido orientado directamente a sur. Sin embargo, la Saepia Julia de César, el Pantheon de Agripa, las Termas de Agripa, y las Termas de Nerón tenían su eje principal desviado cinco grados hacia el oeste con respecto a la dirección norte. Evidentemente, el topógrafo que orientó la Saepia Julia cometió un error que el resto de edificaciones construidas posteriormente, incluido el Pantheon de Adriano, siguieron". WADDELL, Gene. *Creating the Pantheon: design, materials and construction*. Roma: "L'Erma" di Bretschneider, 2008, p. 68.

⁵ "Colóquese en el centro del giro de los muros un pedestal de mármol, perfectamente anivelado a la horizontal, o bien paviméntese un lugar allí mismo y allánese a nivel y regla, de modo que no se necesite pedestal alguno. En el medio de dicho lugar fijese un gnomon de bronce, índice de la sombra, llamado sciatberas. Unas cinco horas antes de mediodía se notará con un punto el extremo de la sombra del gnomon y, poniendo un pie del compás en el centro y alargando el otro al punto referido —extremo de la sombra del gnomon—, se describirá un círculo. Obsérvese por la tarde el extremo de la sombra del gnomon, que va creciendo, y cuando toque la circunferencia del círculo, haciendo igual sombra a la que hizo por la mañana, se notará con otro punto. Desde estos dos puntos se hará con el compás una decusación, y por ésta y el centro se tirará una línea hasta la parte opuesta del círculo, y se tendrán hallados el mediodía y el septentrión. (...) Con esta disposición parece deberán señalarse las calles maestras y las menores". VITRUVIO POLIÓ, Marco. *De Architectura, Libri Decem, Libro I, Capítulo VI*. Edición consultada: VITRUVIO POLIÓ, Marco; ORTIZ Y SANZ, José (ed.). *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Akal, 1987, pp.21-22.

Notes and References

¹ "The dome never reached symbolic heights, not in Egypt and not in Mesopotamia. It was never accentuated from the exterior, it wasn't even made visible. It remained under the earth, without light. Space and light are united. Without light, space disappears. In order for the dome to reach its important place in architecture, it was necessary to bring light into its interior and accentuate the external aspect of its monumental shape. A completely different spatial conception was necessary". GLEDION, Sigfried. *El presente eterno: los comienzos de la arquitectura*. Madrid: Alianza, 1981, p. 487.

"The dome of Adriano's Pantheon, from the beginning of the II century, marked the complete emergence of the second spatial conception. From that moment, the concept of architectural space was almost indistinguishable from the concept of interior hollow space". *Ibidem* p.491.

² MIGUEL ARBONÉS, Eduardo De. *La Luz en la configuración del espacio*, Ph.D. thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2006, Tomo I, p. 127.

³ Consulted edition: LANCIANI, Rodolfo, *Forma Urbis Romae, Quasar, Roma 1990, tav XV and XXI*

⁴ "When location or topography allowed it, the imperial buildings and the new cities were orientated axially on the north-south axis. The virtually flat Campus Martius allowed for a true north-south orientation, and the Mausoleum of Augusto had already been orientated directly south. However, the Saepia Julia of Cesar, the Pantheon of Agrippa, the baths of Agrippa and the baths of Neron had their main axis deviated five degrees towards the west in relation to the north direction. Evidently, the topographer that orientated the Saepia Julia made a mistake that the rest of the buildings constructed later, including the Pantheon of Adriano, continued". WADDELL, Gene. *Creating the Pantheon: design, materials and construction*. Roma: "L'Erma" di Bretschneider, 2008, p.68.

⁵ "Place yourself in the center of the turn of the walls of a marble pedestal, perfectly leveled with the horizontal direction, or pave a spot right there and level it out, so that no pedestal is necessary. In the center of the space, attach a gnomon of bronze, indicator of the shadow, called sciatberas. Around five hours before midday, you will mark with a point the end of the shadow of the gnomon and, putting the foot of the compass in the center, and extending the other side to the referred point, you will draw a circle. Observe in the afternoon the end of the shadow of the gnomon as it grows, and when it touches the circumference of the circle, as occurs in the morning, mark it by another point. From these two points, you will make a mark with the compass, and from this and the centre, you shall draw a line to the opposite side of the circle, and you will have found midday and the septentrion. (...) With this layout you shall mark the main and secondary streets". VITRUVIO POLIÓ, Marco; De Architectura, Libri Decem. Consulted edition: VITRUVIO POLIÓ, Marco; ORTIZ Y SANZ, José (ed.). *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Akal, 1987, pp.21-22.

- ⁶ "Dedicado a la familia de los Julios, el Pantheon posee un eje orientado a 175°, porque el nacimiento de Cesar fue marcado por la aparición de un cometa en este sector del cielo. Este eje corresponde con la salida del sol del 1 de Abril, día de la fiesta de Venus, diosa madre de los Julios, y el 16 de Septiembre, día de los juegos romanos". HATECOEUR, Louis. *Mystique et Architecture: Symbolisme du cercle et de la coupole*. Paris: A. et J. Picard et Cie, 1954, p. 167. Citado en MIGUEL, op. cit., Tomo I, p. 127
- ⁷ "Por encima del edificio tomó valor una circunstancia extraña a la edificación, es decir, el lugar. En el caso del Panteón, el edificio es una circunstancia casi casual, frente a lo invariable de la valoración del lugar, entendido como contenido de la actuación. (...) El lugar formaba parte del edificio y realmente era inmodificable, por lo que pasó a ser una invariante". MONTERO FERNÁNDEZ, Francisco Javier. *El Panteón: Imagen, Tiempo y Espacio. Proyecto y Patrimonio*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2004, pp. 71-72.
- ⁸ Cabe señalar que algunas cuestiones referentes a la morfología de este espacio de acceso no pueden ser más que conjeturas arqueológicas y arquitectónicas basadas en las investigaciones de MACDONALD, W. L. *The Pantheon: design, meaning and progeny*. Cambridge: Harvard University Press, 1976 and STAMPER, John W. *The Architecture of Roman temples: the republic to the middle empire*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- ⁹ "Por último, apreciamos la necesidad del tránsito, de la solución secuencial que permite aproximarnos al espacio. Para ello el edificio se apropia de una porción del entorno urbano que le sirve de tránsito, de amortiguación perceptiva. En todo su perímetro el edificio es bastante hermético y sólo donde se sitúa el pórtico, su acceso, el edificio se apropia de un espacio, que ya existió desde su origen como plaza porticada, y que también forma parte del edificio, en cuanto que es el elemento de una secuencia". MONTERO FERNÁNDEZ, Francisco Javier, op. cit., p. 115.
- ¹⁰ "Los 'arcos' imaginarios que constituyen la cúpula convergen en una única masa, sujetándose entre sí de manera que se puede eliminar la clave sin que pase nada. El descubrimiento del principio del anillo de compresión tuvo que haber supuesto una sensacional ratificación de una intuición arquitectónica característicamente romana: que un vacío, simplemente en virtud de su forma y de la continuidad de su límite exterior, podía emular a un robusto contrafuerte. Esta realidad estructural era coherente con una inveterada tendencia formal romana a expresar la potencia estructural mediante la sustracción o el desplazamiento de la materia sólida, equilibrando el vacío con la masa que lo circunda. La cúpula como anillo de compresión es una forma intuitiva de conocimiento: el espacio contribuye a soportar la carga". TAYLOR, Rabun. *Los Constructores romanos: un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Tres Cantos: Akal, 2006, p. 64.
- ¹¹ DELEUZE, Gilles. *El pliegue. Leibniz y el barroco*. Barcelona: Paidós, 1898. Citado en SORIANO, Federico. *Sin-Tesis*. Barcelona: Gustavo Gili, 2004, pp. 63-93.
- ¹² Se puede hacer un cálculo bastante aproximado del volumen y la superficie interior del Pantheon considerando sus superficies interiores lisas. El volumen se corresponde al de media esfera y un cilindro de igual radio y altura ($r=h=21,7$ m): $V_{tot}=1/2V_{esf}+V_{cil}=(4\pi r^3/3-2)+(\pi r^2 \cdot h)=2\pi r^3/3+\pi r^2 \cdot h=5\pi r^3/3=53.500$ m³ aprox. La superficie total del interior se corresponde a la superficie de la media esfera más la superficie lateral del cilindro, y la superficie de la base del mismo: $S_{tot}=1/2S_{esf}+S_{cil}+S_{bas}=(4\pi r^2/2)+(2\pi r \cdot h)+\pi r^2=2\pi r^2+2\pi r \cdot h+\pi r^2=5\pi r^2=7.400$ m² aproximadamente. El área del óculo, considerando su radio de 4,5 m, es de unos 63 m². Esto significa que la abertura del óculo representa un 1% de la superficie interior del templo ($R=63m^2/7.400m^2=0,01\%$ aprox.), y que por cada metro cuadrado de abertura se iluminan unos 850 metros cúbicos de espacio ($R=53.500m^3/63m^2=850m^3/m^2$ aprox.). Se comprueba así la enorme eficacia lumínica de ese espacio interior.
- ¹³ Eduardo De Miguel desarrolla en el segundo volumen de su tesis doctoral un preciso y amplio estudio gráfico del movimiento del disco de luz ocular proyectado sobre las superficies interiores del Pantheon. La descripción de los efectos arquitectónicos resultantes de la cambiante reflexión de la luz ocular descrita en el presente artículo se basa en este minucioso análisis gráfico.
- ⁶ "Dedicated to the Julius family, the Pantheon possesses an axis orientated to 175°, because the birth of Caesar was marked by the sighting of a comet in this sector of the sky. The axis corresponds to the sunrise of the 1st of April, the festivity day of Venus, goddess and mother of the Julius, and the 16th of September, the day of the Roman games". HATECOEUR, Louis. *Mystique et Architecture: Symbolisme du cercle et de la coupole*. Paris: A. et J. Picard et Cie, 1954, p. 167. Cited in MIGUEL, op. cit., volume I, p. 127
- ⁷ "A new factor, unconnected to architecture, became more valuable: location. In the case of the Pantheon, the building is almost a casual circumstance opposite the invariable value of the place, understood as the contents of the action. (...) The place was part of the building and could truly not be modified, thus becoming an invariant". MONTERO FERNANDEZ, Francisco Javier. *El Panteón: Imagen, Tiempo y Espacio*. Proyecto y Patrimonio. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2004, pp. 71-72
- ⁸ It must be noted that some of the questions related to the morphology of the access space cannot be more than archaeological and architectural conjectures based on the investigations by MACDONALD, W.L. *The Pantheon: design, meaning and progeny*. Cambridge: Harvard University Press, 1976 and STAMPER, John W. *The Architecture of Roman temples: the republic to the middle empire*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- ⁹ "Lastly, we appreciate the necessity of transit, from the sequential solution that allows us to approach the space. The building takes over part of the urban environment that performs as transit space and perceptive attenuation. The building is quite inscrutable in its entire perimeter, and only where the access portico is placed, does the building take over a space that already existed in its origin as an arched piazza, and that also becomes part of the building, in that it is an element of a sequence". MONTERO FERNANDEZ, Francisco Javier, op. cit., p. 115.
- ¹⁰ "The imaginary 'arches' that make up the dome converge into one unique mass, holding together, allowing the keystone to be removed altogether. The discovery of the principle of the ring of compression must have been a sensational confirmation of a typical Roman architectural intuition: emptiness, by virtue of shape and the continuity of its exterior limit, could emulate a robust buttress. This structural reality was coherent with an inverted Roman formal tendency to express the structural potential by the subtraction or shifting of the solid matter, balancing the emptiness with the mass that surrounds it. The dome, as a compression ring is an intuitive form of knowledge: the space contributes to bear the load". TAYLOR, Rabun. *Los constructores romanos: un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Tres Cantos: Akal, 2006, p. 64.
- ¹¹ DELEUZE, Gilles. *El pliegue*. Leibniz y el barroco. Barcelona: Paidós, 1898. Quoted in SORIANO, Federico. *Sin-Tesis*. Barcelona: Gustavo Gili, 2004, pp. 63-93.
- ¹² It is possible to make quite an approximate calculation of the volume and interior surface of the Pantheon, considering the interior surfaces as flat. The volume corresponds to that of half a sphere and of a cylinder with the radius equal to the height ($r=h=21,7$ m): $V_{tot}=1/2V_{esf}+V_{cil}=(4\pi r^3/3-2)+(\pi r^2 \cdot h)=2\pi r^3/3+\pi r^2 \cdot h=5\pi r^3/3=53.500$ m³ approx. The total interior surface corresponds to the surface of half a sphere and the surface of the side of the cylinder plus its base: $S_{tot}=1/2S_{esf}+S_{cil}+S_{bas}=(4\pi r^2/2)+(2\pi r \cdot h)+\pi r^2=2\pi r^2+2\pi r \cdot h+\pi r^2=5\pi r^2=7.400$ m² approximately. The surface of the eye, considering its radius is 4,5 m, is around 63 m². This means that the opening of the eye represents a 1% of the interior surface of the temple ($R=63m^2/7.400m^2=0,01\%$ approx.), and that every square meter of opening illuminates around 850 cubic meters of space ($R=53.500m^3/63m^2=850m^3/m^2$ approx.). This demonstrates the huge light efficiency of this interior space.
- ¹³ Eduardo de Miguel develops, in the second volume of his doctoral thesis, a precise and extensive graphic study of the movement of the solar disc projected on the interior surfaces of the Pantheon. The description of the resulting architectural effects, due to the changing of the reflection of the ocular light, described in the present article, is based on this detailed graphic analysis.

BIBLIOGRAPHY

- DELEUZE, G. *El pliegue. Leibniz y el barroco*. Barcelona: Paidós, 1898.
- GIEDION, S. *El Presente eterno: los comienzos de la arquitectura*. Madrid: Alianza, 1981.
- HATECOEUR, L. *Mystique et Architecture: Symbolisme du cercle et de la coupole*. Paris: A. et J. Picard et Cie., 1954.
- LANCIANI, R. *Forma Urbis Romae*, Quasar, Roma, 1990.
- MACDONALD, W. L. *The Pantheon: design, meaning and progeny*. Cambridge: Harvard University Press, 1976.
- MIGUEL ARBONÉS, E. *La Luz en la configuración del espacio*, Ph.D. thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2006.
- MONTERO FERNÁNDEZ, F. J. *El Panteón: Imagen, Tiempo y Espacio*. Proyecto y Patrimonio. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2004.
- STAMPER, J. W. *The Architecture of Roman temples: the republic to the middle empire*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- TAYLOR, R. *Los Constructores romanos: un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Tres Cantos: Akal, 2006.
- VITRUVIO POLIÓN, M.; ORTIZ Y SANZ, J. (ed.). *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Akal, 1987.
- WADDELL, G. *Creating the Pantheon: design, materials and construction*. Roma: "L'Erma" di Bretschneider, 2008.

IMAGES SOURCES

- 1.** LANCIANI, R. *Forma Urbis Romae*. Roma: Quasar, 1990. Plates VIII y XIV. **2.** Map data ©2014 Google, DigitalGlobe. **3.** Cristiano64 (Own work), via Wikimedia Commons. **4, 5, 6, 8 & 9.** Author graphics. **7.** ESCRIG, F. *Las Grandes estructuras de los edificios históricos: desde la antigüedad hasta el gótico*. Sevilla: Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, 1997, p. 35. **10.** BELARDI, G. *Il Pantheon: storia, tecnica e restaura*. Roma: Betagamma, 2006.