

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICO DE LA CÚPULA DE LA IGLESIA DEL ESPÍRITU SANTO, LA CLERECÍA · SALAMANCA

TRABAJO FIN DE CARRERA - MONOGRÁFICO DE INVESTIGACIÓN | Arquitectura Técnica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación | Universidad de Granada
Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica

AUTORA | Patricia Martín Oyarzabal
TUTOR | Dr. Ingeniero Javier Suárez Medina



ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICO DE LA CÚPULA DE LA IGLESIA DEL ESPÍRITU SANTO, LA CLERECÍA · SALAMANCA

TRABAJO FIN DE CARRERA - MONOGRÁFICO DE INVESTIGACIÓN | Arquitectura Técnica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación | Universidad de Granada
Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica

AUTORA | Patricia Martín Oyarzabal

TUTOR | Dr. Ingeniero Javier Suárez Medina



Escuela técnica superior
INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
Granada



ugr

**Universidad
de Granada**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO	5
ESTRUCTURA DEL TRABAJO MONOGRÁFICO	6
I. SALAMANCA, UN PASEO POR SU HISTORIA	9
ORÍGENES DE LA REINA DEL TORMES	13
SALAMANCA MUSULMANA – LA EDAD MEDIA	15
EL SIGLO DE ORO – EL RENACIMIENTO	17
EL BARROCO	18
EL SIGLO XVIII	19
EL SIGLO XIX	20
LA CIUDAD EN LA ACTUALIDAD	20
II. LA CONSTRUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE JESUS	21
LA CONSTRUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS	24
LOS PRIMEROS DOMINIOS Y MODO NOSTRO	29
III. EL REAL COLEGIO DEL ESPÍRITU SANTO	35
LOS INICIOS DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS EN SALAMANCA	37
LA FUNDACIÓN REAL DEL COLEGIO	39
LA ELECCIÓN DEL SOLAR Y EL PROYECTO	40
El edificio.	45
Etapas de la construcción.	47
IV. LA CÚPULA	49
ANTECEDENTES	53
GEOMETRÍA	59
PRIMERAS TRAZAS	60
TRAZAS MODERNAS-INTERVENCIONES POSTERIORES	62
LEVANTAMIENTO Y TRAZA:	66
MEDICIONES DIRECTAS	66
MEDICIÓN INDIRECTA	69
MODELIZACIÓN CAD	76
El problema del cierre de la linterna.	76
Presentación de las trazas.	81

ESTEREOTOMÍA	87
Mapa geológico.	87
Descripción de materiales.	87
Cronología de la cúpula.	90
Composición actual de la cúpula.	91
V. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA CÚPULA	93
MODELO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL ELEGIDO	95
PREPARACIÓN DEL ANÁLISIS	97
El efecto de la linterna.	97
Estabilidad de la cúpula y tambor.	99
ANÁLISIS A	102
ANÁLISIS B	105
ANÁLISIS C	109
Análisis C.a.	114
Análisis C.b.	118
VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	123
Futuras líneas de investigación.	127
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXOS	135

INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo pretende estudiar el comportamiento estructural de la cúpula de la Iglesia del Espíritu Santo de Salamanca analizando su estabilidad a fin de evaluar cuantitativamente su seguridad.

La iglesia formaba parte del conjunto que componía el conocido como Real Colegio de la Compañía de Jesús, llamado así por ser de fundación real. El Colegio es uno de los edificios más grandiosos que poseyó la Compañía en España. Su construcción se alargó a casi ciento cincuenta años, siendo este comenzado en el año 1617 y finalizado en 1754, poco antes de su expulsión tras el decreto de Carlos III en 1767. Pero sin duda la envergadura de este edificio recae en su riqueza artística, producto de la inflexión estilística que soportó a lo largo de su construcción, pasando del clasicismo herreriano al barroco. Fue el hermano Pedro Mato primer responsable de la modernización del edificio, cambiando el diseño que Juan Gómez de Mora propuso para la fachada y cúpula de la iglesia.

OBJETIVO

El objetivo es conocer las fases de la construcción de la iglesia, la geometría de la cúpula y responder así a su forma y el grado de eficacia de la estructura. El análisis nos abre tres rutas de estudio: su construcción, su geometría y su mecánica.

Para conocer su construcción se revisan documentos de historia del arte y la arquitectura renacentista y barroca en España y sus influencias italianas, así como también se estudian monografías de construcciones jesuitas, deparando mayor atención en las relativas a la Compañía de Jesús en Salamanca y sus edificios.

Responder a su geometría comprende el levantamiento de la estructura y el análisis de su despiece.

Por último, para conocer el funcionamiento mecánico, se analizará la estructura aplicando el Análisis Límite para Estructuras de Fábrica según la metodología desarrollada por el profesor J. Heyman.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO MONOGRÁFICO

El presente escrito se distribuye en seis capítulos.

El primer capítulo pretende ser una puerta a la vida de nuestro edificio. Viajamos a Salamanca a fin de conocer la historia del entorno en el que se encuentra ubicado de forma que nos acerque a entender las razones de su construcción, de su diseño y de los materiales empleados.

El segundo capítulo resume el nacimiento de la Compañía de Jesús centrándose en sus construcciones y de la evolución del *modo nostro*, concepto que aparece por primera vez en la primera Congregación General celebrada en 1558 y que recibió diferentes interpretaciones a medida que variaron los gustos arquitectónicos, como también se da cuenta de la preocupación que demostraron algunos de imponer un estilo propio para las edificaciones jesuitas.

En el tercer capítulo se describe el edificio y se repasan los antecedentes a su construcción. Continúa con los puntos de interés de la historia de la fundación para acabar con una cronología de la variación artística que le ha sucedido a lo largo de su construcción.

El cuarto capítulo se reserva para contenido técnico de la cúpula. Comienza con un breve recorrido de las cúpulas con tambor y linterna que encontramos en España anteriores al inicio de obras de la cúpula de la Clerecía y que pudieron servir de ejemplo para su diseño y construcción. Sigue con la descripción geométrica de la estructura, en el que se analizarán las diferentes trazas encontradas de la iglesia para concluir con la redacción del proceso de trabajo realizado para conocer su forma y sección y así determinar su trazado. Finaliza el capítulo con la descripción y análisis de los materiales que erigen nuestro elemento con una tabla cronológica de la construcción y restauraciones de la cúpula.

En el quinto capítulo redacta el proceso de análisis de la estructura.

Por último, se reúne por completo el trabajo para sintetizar las conclusiones.

Se complementa este trabajo con la aportación de los anexos: Por un lado, al final del presente trabajo, se aporta la recopilación del estudio de estabilidad que se ha elaborado para la obtención de la línea de empujes más estable según diferentes hipótesis; por otro, se hace entrega de una serie de láminas en A·3 como apoyo a la lectura del edificio de estudio.

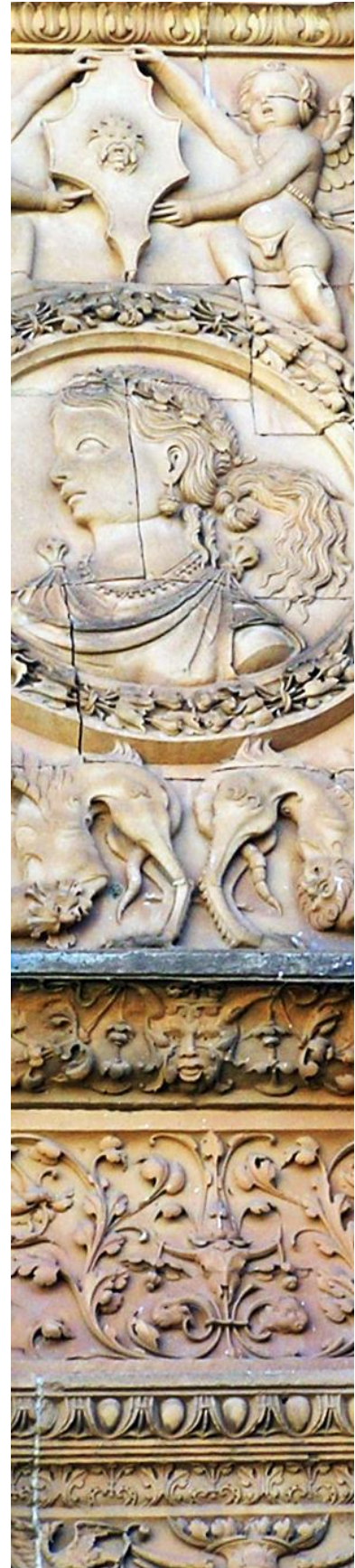
SALAMANCA

UN PASEO POR SU HISTORIA

SALAMANCA, UN PASEO POR SU HISTORIA

Fundada en época prerromana por unos pobladores celtibéricos, los vetones, la ciudad castellana de Salamanca se sitió sobre una plataforma arenisca perfilada por un meandro del río Tormes al centro-oeste de la península ibérica. La erosión del río y de sus arroyos modeló el paisaje generando la distinción de tres cerros donde se asienta el casco histórico: el de San Vicente, el de Las Catedrales y el de San Cristóbal.

La piedra de Villamayor, protagoniza el escenario urbanístico, es el material que se repite en cada siglo histórico y con el que aún se revisten sus modernas fachadas. La humedad de las canteras hace de él un material maleable que se endurece en la intemperie. En ella es posible una labor exquisita y fina cotejable a los orfebres y plateros. De ahí deriva el nombre como se conoce al arte de estos canteros, el Plateresco. El color de su piedra hace que la ciudad sea también conocida como la Ciudad de Oro, convirtiéndola en un tesoro antiguo lleno de joyas culturales. Su casco antiguo, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1988, posee un legado monumental edilicio de diferentes estilos arquitectónicos: románico, gótico, plateresco y barroco. Causa de ello fue sin duda el devenir constante de civilizaciones: vetones, romanos, godos, árabes y la posterior repoblación cristiana. La fundación de la Universidad en 1255 la define como la ciudad del pensamiento y el saber. Desde entonces la ciudad crece en un esplendoroso renacimiento. Castigada por la pobreza generalizada por la España del siglo XVII, Salamanca se recupera en el XVIII, aunque la invasión francesa destruye parte importante de su patrimonio. En el último siglo, la ciudad toma conciencia de su posición cultural, que la consolida como Capital Europea de la Cultura en 2002.



ORÍGENES DE LA REINA DEL TORMES

Los orígenes de Salamanca son confusos. Durante siglos, los historiadores daban su fundación a la Antigua Grecia siendo estos quienes declararon su nombre y el del río que lo baña. El primero proviniendo de la unión del nombre de las gentes que acompañaron a Teucro en su conquista a la península Ibérica, los Salaminos y los Áticos, configurando así *Salamatica*. El segundo, el río, vendría de Tormis que en griego viene a decir “reina o señora”, aunque otros creen que proviene de Tormos, que era como se llamaban a las piedras redondas que llevaba en su corriente.¹ Pero lo cierto es que los últimos estudios nos hablan de que los orígenes de esta ciudad se remonta a la Primera Edad del Hierro (s. VII a.C.). Un asentamiento ibérico en el Cerro de San Vicente, los Vetones, que dejaron su huella en restos arqueológicos como el verraco del puente sobre el Tormes. Puede señalar los estudios de Martín Valls, tras el hallazgo de grandes bloques en granito en seco en el Teso de las Catedrales, como base de una muralla que constituía a *Salmantica* como un núcleo fortificado en los siglos III-II a.C.² En su interior se concentraba un poblado con edificaciones de planta circular construidas con muros de adobe y tapial con cubierta vegetal. Este caserío no seguía un trazado urbano. Es el conocido como *Castro Salmantica*, el hasta ahora considerado origen de la ciudad.

Los primeros testimonios literarios de la ciudad los tenemos de la mano de cinco autores que la llamaron indistintamente: *Elmántica*, la *Salmática* o *Salmántida* por los griegos Polybio, Plutarco y Polyeno; la *Helmándica* ó *Hermándica* y la *Salmántica* por los latinos Tito Livio y Ptolomeo³. La presentan como una ciudad formada y de relativa importancia. Polyeno y Plutarco la definieron como “ciudad grande” o “ciudad grande de Iberia”. Pero

En la página anterior, por orden: **Ilustración 1**-Detalle de las figuras que componen el arco interior de la iglesia de San Martín (1160); **Ilustración 2**-Detalle de la portada de la Casa de las Concha (1517); **Ilustración 3**-Recorte de la fachada de la Universidad (1530).

¹ González Dávila, G. (1606). *Historia de las antigüedades de la ciudad de Salamanca: vidas de sus obispos y cosas sucedidas en su tiempo*, pp. 4-5. Capítulo II, Quienes fueron los fundadores de Salamanca. Declaración deste nombre. Y sitio desta Ciudad. pp. 9-11, Capítulo III, Del origen del Río Tormes, Declaración de su nombre, y calidad de sus aguas.

² Álvarez-Sanchís, J. R. (2003). *Los Vettones*, pp. 112-113.

³ Araujo, F. (1884). *La reina del Tormes: guía histórico-descriptiva de la ciudad de Salamanca*, pp. 14, Art. I – Salamanca desde su fundación hasta la invasión visigoda.

sin duda, las crónicas de Plutarco fueron las que dieron la gran entrada en la historia a la ciudad de Salamanca, presentando el heroico ejemplo de sus mujeres, que durante el asedio de Aníbal (220 a.C.) portaron las armas de sus esposos y aprovechando que las tropas de Aníbal entraron a saquear la ciudad, estas las sacaron y se las entregaron a sus maridos pudiendo así escapar al sometimiento cartaginés.⁴ Salamanca no vuelve a ser nombrada entre los escritos contemporáneos hasta pasados siglos donde la encontramos en fuentes itinerarias de época romana. En concreto en el *Itinerario* de Antonino (siglo III d.C.) para marcarla como estación de rutas comerciales Sur-Norte en el tramo Mérida-Astorga perteneciente a *Iter ab Emerita Caesaraugustam*⁵, camino de Mérida a Zaragoza. Este, a su paso por la *Salmantice*, cruza el Tormes sobre una de las edificaciones más grandiosas que los romanos dejaron en el legado, el Puente, que compuesto de veintisiete arcos, forma parte de la conocida *Via Lata* o *Calzada de la Plata*. Y es que la ciudad perteneció a la provincia de Lusitania en tiempos de la república romana que la otorgaron la categoría de *Civitas*. En los recuerdos tenemos, parte del majestuoso puente y los restos de la citada *Calzada de la Plata*, restos de la muralla, inscripciones epigráficas y la base de un pretorio que fue después palacio de Doña Urraca y de Raimundo de Borgoña⁶, asiento del hospital del estudio, en 1413⁷, y hoy de la Secretaría General de la Universidad de Salamanca.

La siguiente fue una época de continuas invasiones lo que causó el derrumbamiento de la ciudad. La llegada de los godos a la península en el 409 d.C. quienes destruyeron monumentos, bibliotecas y quemaron edificios. Salamanca quedó en manos de los vándalos donde residía su rey, el católico Genserico. A estos les sucedieron los visigodos que con la conversión en secreto del Rey Recaredo I a la fe católica en el 587, acrecentó la grandeza de la ciudad.⁸ Entre las huellas que dejaron, cabe destacar la fundación del Monasterio de

⁴ González Dávila, G. (1606). *Historia de las antigüedades de la ciudad de Salamanca: vidas de sus obispos y cosas sucedidas en su tiempo*, pp. 25-29. Capítulo VII. De lo que refiere Plutarco de las mugeres de Salamanca.

⁵ Fernández Ochoa, C. (1998). *Informe sobre vía y ruta de la Plata*.

⁶ Nieto González, J. R. (2004). Escuelas Mayores, Menores y Hospital del Estudio, p. 450. En Rodríguez-San Pedro Bezares, L. E. *Historia de la Universidad de Salamanca. Vol. II, Estructuras y flujos*.

⁷ Álvarez Villar, J. (1972). *La Universidad de Salamanca: Arte y tradiciones*, pp. 39.

⁸ Barco López, M., & Girón, R. (1863). *Historia de la ciudad de Salamanca que escribió D. Bernardo Dorado*, pp. 19-20.

San Vicente en el año 660 y la concesión a Salamanca a batir monedas en el siglo VI, las *Salmanticas*, y por último, la demolición de las murallas ordenado por el rey Witiza.⁹

Para terminar con este periodo cabe señalar el conocimiento de que la ciudad estaba evangelizada sabiendo esto con la firma del primer Obispo salmantino, el pastor Eleuterio, en el tercer Concilio Toledano en el 589 d.C.¹⁰

SALAMANCA MUSULMANA – LA EDAD MEDIA

Con la entrada de los musulmanes en la península Ibérica en el año 711, muchos habitantes de Salamanca huyeron a las montañas de León. Los que se quedaron, escasos en número, no opusieron resistencia alguna dejando la ciudad a dominio de los conquistadores africanos que la incluyeron en la provincia de Mérida.¹¹ Estos reforzaron la muralla defensiva y construyeron una mezquita en el lugar de la primitiva catedral visigoda.¹² En cuanto a los cristianos que decidieron quedarse y continuar con su religión se les permitió el ejercicio de su profesión y culto, pero sería castigada la edificación de nuevas iglesias y las procesiones públicas.¹³ Muchos fueron los intentos de los reyes Astur-Leoneses por recuperar la ciudad, pero no fue hasta la Batalla de Calatañazor en la que la alianza entre los reinos de León, Castilla y Pamplona dio frente a las tropas del caudillo musulmán Almanzor finalizando en victoria cristiana.¹⁴ Fue en 1085 cuando Alfonso VI de León entra victorioso en la ciudad. La repoblación y custodia quedó en manos de D. Raimundo de Borgoña, yerno del Rey leonés. Allí estaban la plaza, el Alcázar y diez parroquias. La ciudad se vio renacer con la llegada de mozárabes, gallegos, portugueses, bregancianos, francos, serranos, toresanos y castellanos que confeccionaron diferentes barrios distribuidos en torno a parroquias. En

⁹ Araujo, F. (1884). *La reina del Tormes: guía histórico-descriptiva de la ciudad de Salamanca*, pp. 24-25, Art. II - De los visigodos á los árabes.

¹⁰ González Dávila, G. (1606). *Historia de las antigüedades de la ciudad de Salamanca: vidas de sus obispos y cosas sucedidas en su tiempo*, pp. 42-44, Libro segundo de las vidas de los Obispos de Salamanca, Capítulo primero, De ocho Obispos que se hallan antes de la destruicion de España.

¹¹ González de la Llana, M. (1869). *Crónica de la provincia de Salamanca*, pp. 9.

¹² Rodríguez G. de Ceballos, A. (1978). *Las catedrales de Salamanca*, pp. 5.

¹³ González de la Llana, M. (1869). *Crónica de la provincia de Salamanca*, pp. 9.

¹⁴ Martínez Díez, G. (2005). *El Condado de Castilla (711-1038): la historia frente a la leyenda*, pp. 581-584.

1140 surgieron los comienzos de las obras de la Catedral de Santa María de la Sede¹⁵ y siete años después se decidió cercar la ciudad restaurando la primitiva muralla y levantando partes nuevas. Los nuevos habitantes se entregaron a las labores de reconstrucción y engrandecimiento y llegaron a erigir cerca de cincuenta templos románicos, algunos de los cuales aún pueden ser visitados como las de San Martín (1160), San Marcos (1178), Santiago (1145) o Santo Tomás Cantuariense (1175). Finaliza este periodo con la elaboración del Fuero de Salamanca, decretos emanados del Emperador Alfonso VII y el Rey Fernando II en los últimos años del siglo XII. La ciudad era de realengo.¹⁶

Se abre el siguiente periodo con un hecho de capital importancia, acontecimiento a influir en lo sucesivo el destino de la ciudad: Alfonso IX de León funda los Estudios Generales. Tuvo su origen en la Escuela Catedralicia de Salamanca existente desde 1130 y que el 1 de enero de 1218 le concedió la categoría de *Studii Salmantini* que más adelante, Alfonso X en 1254, le concederá el título de *Universitas*. Favorecida por los sucesivos reyes, lo fue también de los Papas, siendo de derecho real y pontificio.

Otro hecho importante fue la confirmación del patronato real a la Clerecía salmantina que fue concedida al corral de San Marcos¹⁷. La ciudad siguió creciendo. La población aumentaba, se llenaba de maestros, sabios y estudiantes y comienzan a aparecer los Colegios Mayores y Menores; se multiplicaron las ermitas y entraron nuevas órdenes cristianas y las grandes familias religiosas establecieron sus colegios motivados por el triunfo de la naciente Universidad.

Los siglos XIV y XV estuvieron marcados por los enfrentamientos, las banderías y parcialidades. Dos bandos nobiliarios se disputaban la hegemonía del poder. Esta batalla implicó a toda la ciudad que quedó dividida en dos zonas; la norte y la sur, tomando por nombres las dos principales parroquias de Salamanca; Santo Tomé y San Benito. Con motivo

¹⁵ Ruiz Hernando, J. A. (1990). La catedral en la ciudad medieval. *Medievalismo y neomedievalismo en la arquitectura española: aspectos generales: Actas del 1er Congreso, Ávila, Septiembre 1987* (págs. 81-114).

¹⁶ Araujo, F. (1884). *La reina del Tormes: guía histórico-descriptiva de la ciudad de Salamanca*, pp. 29-37, Art. IV - De la repoblación á la compilación foral.

¹⁷ Álvarez Villar, J., & Riesco Terrero, Á. (1990). *La iglesia románica y la Real Clerecía de San Marcos de Salamanca*, pp. 52-56.

de estas luchas, los nobles elevaron torreones defensivos en sus palacios dando a sus construcciones un aire de fortaleza. La llegada al poder de los Reyes Católicos y las predicaciones de San Juan de Sahagún pusieron fin a un siglo de guerra con una tregua firmada en 1475,¹⁸ mismo año en el que Fernando de Aragón hace entrada en la ciudad. Salamanca sufre grandes modificaciones urbanas. Se derribaron varios edificios fortificados, palacios y torres como símbolo de poder de la monarquía sobre la nobleza, pero aún subsisten numerosos palacios y casonas que forman parte del actual paisaje urbano como son la casa de Doña María la Brava, la casa de los Álvarez Abarca, la Torre del Clavero, la Torre del Aire o el Palacio de los Abrantes con su torre, la Torre de Anaya. Los Reyes sentían gran aprecio por la ciudad del Tormes y nombraron a su hijo primogénito, D. Juan, como señor de Salamanca. Y con ellos se erigen nuevas edificaciones como la bien conocida Casa de las Conchas, construcción civil con original decoración compuesta por más de trescientas conchas repartidas por la fachada. En cuanto a las innovaciones urbanas, a finales de siglo, las calles se pavimentan.

EL SIGLO DE ORO – EL RENACIMIENTO

En 1512 se inicia la construcción de la segunda catedral, más grande y moderna, motivada por el aumento de población que sufrió la ciudad. Antes de fallecer, mandó Isabel que se alzase la fachada occidental de la Universidad, admirada obra del Plateresco, y el salón de la Biblioteca¹⁹. El saber se acumula en la prestigiosa Universidad de Salamanca. Aumenta el número de estudiantes y de docentes atraídos por la conocida escuela salmantina. Se erigen cuatro Colegios Mayores, veinticinco Menores y cuatro Militares. Las principales órdenes religiosas elegían Salamanca para establecer sus centros de enseñanza y conventos de forma que sus miembros se pudiesen formar en la prestigiosa Universidad. Se abrieron imprentas, editores y librerías que proporcionaron cerca de cuatro mil puestos de trabajo.

¹⁸ González Dávila, G. (1606). *Historia de las antigüedades de la ciudad de Salamanca: vidas de sus obispos y cosas sucedidas en su tiempo*, pp. 310-318, Capítulo XII -Del Obispo don fray Iuan Caftellanos, quarto deste nombre. Y como en su tiempo se celebrò el quarto Concilio Salmantino. Y sucedió el desgraciado principio de los Bandos. Y del Obispo fray Nicolas, unico deste nombre.

¹⁹ Araujo, F. (1884). *La reina del Tormes: guía histórico-descriptiva de la ciudad de Salamanca*, pp. 79-80, Art. XII -Salamanca bajo el reinado de los Reyes Católicos.

Se puede decir que la ciudad adquirió rango universitario que, con ello, llegó a pasar de 2.000 a 17.000 habitantes.²⁰ Fueron tantas las construcciones que se levantaron en este siglo que durante algún tiempo se prohibió que se fundasen más conventos sin consentimiento del rey. Actualmente se puede visitar el Convento de las dueñas (madres dominicas), el Convento de San Esteban (padres dominicos) y el Colegio de Fonseca. Además de palacios que hoy día pueden ser visitados, como el Palacio de Monterrey (1539), la Casa de las Muertes (1500) o el Palacio de la Salina (1538) entre otras muchas grandes obras. Salamanca se levanta y se viste de color dorado. La piedra franca de las canteras de Villamayor da forma a la imaginación de los artesanos platerescos inmersos en las labores de ensalzamiento de la ciudad. Nunca más que entonces se vio Salamanca tan favorecida.

EL BARROCO

El siglo XVII trajo consigo un declive económico, político y demográfico. Felipe III comienza el siglo trasladando la corte a Valladolid así como también se convierte en capital de diócesis con los despojos de las de Ávila, Palencia, Segovia, Zamora y Salamanca. La capital crecía mientras las ciudades vecinas veían desaparecer sus industrias, artistas e ilustres. Los estudiantes de la universidad trasladaban sus matrículas a Valladolid, los mejores profesores abandonaban sus cátedras salmantinas. Y por si esto fuese poco, en 1609, Felipe III ordena la expulsión de los moriscos del reino. Tras esto, Salamanca sufrió la despoblación de los barrios de San Cristóbal y de San Mateo y el abandono de fábricas de telares y hornos de alfarería con la marcha de medio centenar de familias. Más adelante también la abandonan 400 familias portuguesas y en 1684 envió el Rey a 200 hombres a San Sebastián a las luchas con Francia. Con todo, el cielo se pone de acuerdo con la época que describimos y suceden numerosas crecidas del Tormes arrasando casas y conventos y dejando en mal estado el puente, siendo necesario la construcción de uno provisional. Pero a pesar de los graves acontecimientos ocurridos y con todas las dificultades aún se pudieron levantar nuevos edificios, que a día de hoy podemos disfrutar de dos de los edificios más

²⁰ Álvarez Villar, J. (2004). Colegios y conventos, siglos XIII-XX, pp. 457-458; y Rupérez Almajano, M. N. y Castro Santamaría, A. (2004). Colegios desaparecidos, pp. 471- 472. En Rodríguez-San Pedro Bezares, L. E. *Historia de la Universidad de Salamanca. Vol. II, Estructuras y flujos.*

imponentes y majestuosos. Entre las nuevas fundaciones encontramos nuestro edificio de estudio. El Real Colegio del Espíritu Santo de la Compañía de Jesús se calzaba los zapatos para ponerse en pie. El monumental edificio fue debido a la Reina Margarita de Austria que, en su testamento, expresó su voluntad de fundar un colegio para la Compañía bajo protección real y la dotación de una renta a costa del Tesoro. Para la construcción del extenso edificio se modificó el dibujo urbano derribando manzanas de edificios.²¹ Otro convento que comenzó su construcción fue el convento de las Agustinas Recolectas, solemne fundación del conde de Monterrey. La ciudad se llenaba de conventos y, en menor número, de colegios.

EL SIGLO XVIII

Se abre el siguiente siglo con la Guerra de Sucesión y los enfrentamientos con Portugal. Se reconstruyeron muros, se tapiaron varias de las puertas de acceso y derribaron casas que perjudicaban la defensa. La ciudad vive un siglo de gran deterioro monumental, por un lado a consecuencia de la guerra y el paso de sus tropas y por otro a causa de impactos naturales. El Terremoto de Lisboa en 1755 dejó secuelas en varias torres y cúpulas. Para entonces ya se habían finalizado las obras de la Catedral Nueva y del real Colegio de los jesuitas y a punto de acabar se encontraban las de Plaza Mayor de Salamanca, obra de los arquitectos don Alberto de Churriguera y don Andrés García de Quiñones, construcción iniciada en 1729. Otra impacto natural feroz para nuestra ciudad fue una crecida del Tormes que se llevó consigo el puente de hierro. Tras esta masacre urbanística se levantaron nuevas iglesias, y las ya habidas se decoraban al nuevo gusto, el Barroco. Los intentos reformistas del gobierno ilustrado en la segunda mitad de siglo se dejaron sentir en el campo urbanístico con la introducción de mejoras modernizadoras: el empedrado (1779), el saneamiento y limpieza de calles, alumbrado público (1784) y el abastecimiento de aguas con la construcción de fuentes y red de cañerías, además de proyectos de espacios verdes.²²

²¹ Araujo, F. (1884). *La reina del Tormes: guía histórico-descriptiva de la ciudad de Salamanca*, pp. 91-97, Art. XIV –Salamanca en el siglo XVII.

²² Núñez Paz, P. (2001). *Salamanca, guía de arquitectura*, pp. 27-34.

EL SIGLO XIX

Cuando se creía que no se verían más guerras comienza otro siglo, el siglo XIX, con la Guerra de la Independencia, periodo catastrófico para nuestra ciudad que supuso la desaparición de un tercio de la edificación monumental. Los franceses se atrincheraron en antiguos conventos y colegios a su paso a Portugal y saquearon y destrozaron innumerables edificios. Salamanca era entonces punto general de estancia y campamento. Un corto periodo de mejora se vivió con el gobernador, el general Thibaut, que fortificó la ciudad y abrió la Plaza de Anaya demoliendo los edificios existentes delante de la Catedral. Pero llegó otro mal momento. Un 23 de junio 1812 cayeron bombas y granadas costándole la vida a 120 hombres y semanas. Después el Polvorín, que por culpa de una imprudencia, voló el lugar donde guardaban la pólvora las tropas causando grandes destrozos, arruinando calles y llevando a la muerte a 600 personas. Salamanca sufrió numerosas pérdidas de su patrimonio monumental. La crisis económica consiguiente, junto con la crisis del poder religioso y de la Universidad, llevaron a la ciudad a un estancamiento que no superó hasta el último cuarto de siglo.

LA CIUDAD EN LA ACTUALIDAD

El renacer que vivió la ciudad en el siglo XX se manifiesta con una actividad emprendedora de la administración: la construcción del Mercado de abastos, el depósito de agua de Campoamor, el Hospital de la Santísima Trinidad y el parque de la Alamedilla. En el área de urbanismo, la llegada del ferrocarril provocará importantes cambios espaciales al conllevar un aumento de la población. La ciudad se expande y sale de la muralla abriendo calles y plaza. La apertura de la Gran Vía y la construcción del Puente de Enrique Estevan dan paso a las nuevas necesidades comerciales. En 1930 se inaugura el Gran Hotel, y un año antes los edificios de Correos, en la plaza San Eulalia y el Hospital Provincial. Diez años después se abre al público el edificio del Banco de España. En este nuevo escenario los planes urbanísticos marcarán los pasos a la construcción de una Salamanca moderna. Además, la restaurada Universidad toma de nuevo las riendas del ritmo de su población y recupera el título de Ciudad del conocimiento y el saber.

LA CONSTRUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS

LA CONSTRUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE JESUS

La Compañía de Jesús da su aparición oficial con la bula papal del 27 de septiembre de 1540 con Ignacio de Loyola como fundador. Al año de su aprobación canónica se introdujeron en la península y seis años después, en 1547, ya contaban con cerca de cuarenta miembros en España estableciendo así una única provincia jesuítica en el país con el guipuzcoano Antonio de Araoz como primer provincial. En su primera década, su rápido crecimiento numérico y su expansión geográfica hizo que la Compañía estuviese presente en veintidós poblaciones, disponiendo de casa propia en siete de ellas: Roma, Padua, Mesina, Gandía, Lisboa, Coímbra y Goa. Además, se unieron a la Orden notables personajes que contribuyeron a su posterior desarrollo: Jerónimo Nadal, doctor teólogo hijo de terratenientes; Francisco de Borja duque de Gandía, Pedro Canisio notable teólogo y Juan de Polanco secretario de Ignacio. En tan poco tiempo, la Compañía había logrado tener representación en Europa, Indias, Japón y Brasil.²³

El número de miembros entre las provincias fue siempre desigual. Roma se asentó como sede central de la orden con tres instituciones: el Colegio Romano, el Colegio Germánico y la Casa Profesa, razón por la que, durante las dos primeras décadas, la provincia románica contaba con mayor número de miembros de la orden. En cambio, en España la Compañía no tuvo tanto éxito, a pesar de la gran proporción de españoles que contaba la formación en el momento de su fundación, como si la tuvo en Portugal, la provincia más próspera en la primera década.²⁴ La expansión en España se acelera a partir de la segunda mitad del siglo XVI. Se amplía el número de casas y se abren nuevos colegios de forma que, en 1554, se produce la primera división en tres provincias religiosas: Castilla, Aragón y Andalucía. Más

²³ W. O'Malley, J. (1993). *Los primeros jesuitas*, pp.74-85.

²⁴ *Ibíd*, pp.76.

tarde, en 1563, Toledo se separa de Andalucía formando de esta manera cuatro provincias jurídicas independientes que durará hasta la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767.²⁵

A la muerte de San Ignacio de Loyola, en 1556, la formación contaba con 300 jesuitas distribuidos en doce provincias religiosas: Italia, Sicilia, Alemania Superior, Alemania Inferior, Francia, Aragón, Castilla, Andalucía, Portugal, Brasil, India y Etiopía.²⁶ ¿Cómo lograron esta rápida expansión?

LA CONSTRUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS

La Compañía de Jesús nació en plena reforma católica en Europa, período en el que obispos de diferentes regiones se daban reunión en Trento para discutir sobre la ruta que debía tomar para unificar a los católicos frente a la doctrina y moral de Lutero, Calvino y Zwinglio. El concilio se centró en tres asuntos: la formación sacerdotal, la educación cristiana en los jóvenes y la formación religiosa de los laicos; tres aspectos que la Compañía fue trabajando desde sus inicios.²⁷ Es por ello que la Compañía destacó sobre las antiguas congregaciones, en su difícil tarea de adecuar sus reglas alejadas a las nuevas situaciones, con el sello de la oportunidad al ser una orden nueva, mejor adaptada y su fidelidad a Roma.²⁸

Pero a pesar de haber entrado con buen pie en las bases de la Iglesia de la Contrarreforma, no contó al principio con el apoyo de la corona española, como sí la tuvo de las coronas de Portugal, Polonia, Francia y Baviera. Sin embargo, siguiendo el criterio de su fundador de atraer a las entidades y personas de mayor influencia, supieron pronto ganarse la confianza de la alta jerarquía eclesiástica, de la nobleza y, al fin, de la corona.²⁹ Y es que desde temprano gozó de un prestigio social innegable que le garantizó la participación en esferas del poder, tanto a escala local como en ámbitos más elevados de decisión política. Prestigio

²⁵ Rodríguez G. de Ceballos, A. (2002). *La arquitectura de los Jesuitas*, p.9.

²⁶ W. O'Malley, J. (1993). *Los primeros jesuitas*, p.76.

²⁷ Vergara Ciordia, J. (1993). La aportación del Concilio de Trento. En Delgado Criado, Bernardo. *Historia de la educación en España y América* (pp.47-56).

²⁸ Bartolomé Martínez, B. (1993). El pensamiento educativo de la Iglesia. En Delgado Criado, Bernardo. *Historia de la educación en España y América* (pp.41-46).

²⁹ El profesor Lozano Navarro hizo una extensa investigación que hoy podemos admirar en su libro *“La Compañía de Jesús y el poder en la España de los Austrias”* (2005). En él demuestra cómo, entre 1541 y 1700, el gobierno romano de los jesuitas diseñó y orquestó una estrategia orientada a acercarse a las más altas instancias de poder de la Monarquía Hispánica.

que alcanzan a través de la enseñanza, tarea que fue descuidada por las antiguas órdenes. Se crean colegios en poblaciones de intensa población, pero también en pequeñas villas y pueblos, lugares donde nunca hubo, implantando centros gratuitos donde cualquier niño, con independencia de la clase social a la que perteneciese su familia, podía recibir clases de gramática y primeras letras. Estos, en su mayoría, estaban dirigidos a la enseñanza de seglares, ya que los escolares jesuitas se preparaban en colegios diferenciados, llamados Colegios Máximos, establecidos cerca de las universidades pues asistían a las aulas de la universidad, complementada con enseñanzas escolásticas dentro de los centros.

Como hemos visto, la Compañía despuntaba por sus labores en la enseñanza, pero además realizaban otras actividades como la catequesis a niños y adultos, la predicación, la administración de sacramentos, la confesión y la dirección espiritual y la formación religiosa a laicos de toda clase social. Por ello, los domicilios que construyeron no fueron siempre idénticos, si no que dependía de la función que iba a desempeñar.

Por un lado tenemos los edificios destinados a los padres jesuitas no dedicados a la enseñanza pero que ejercían labores de predicación. Estos edificios se componían de dos áreas: la iglesia y la vivienda entorno a un claustro. Se procuraban situar dentro de la población a fin de atraer a sus vecinos. Según quienes habitaban en estas residencias podemos distinguir entre las Casa Profesas, donde moraban los que habían emitido los cuatro votos: obediencia inmediata al Romano Pontífice, la práctica de la pobreza estricta, la dedicación a los ejercicios de culto y predicación y la administración de sacramentos; y que vivían únicamente de limosnas y donativos, y las Residencias, en las cuales vivían los padres que solo habían emitido tres votos, no siendo obligados a vivir en tan extrema pobreza, conocidos como coadjutores.

Por otro lado, tenemos los edificios destinados a la formación. Los Noviciados daban cobijo a los candidatos de la Compañía de Jesús. Se erigieron uno por provincia y, como vivían en régimen de aislamiento, se solían emplazar en pueblos apartados, como en Villagarcía de Campos (Valladolid) y en Villarejo de Fuentes (Cuenca), aunque también los encontramos en grandes ciudades como en Madrid y Sevilla. Estos se componían de la residencia de los novicios, un área de servicio para la cocina, bodega, despensa, almacenes, un huerto y

jardín. Podían disponer de una iglesia para los habitantes del pueblo e incluso una pequeña escuela, aunque los novicios practicaban en capillas interiores.

Los Colegios fueron los edificios más abundantes de la Compañía. Estos podían ser convictorios, donde los alumnos estudiaban en régimen de internado, pero en la mayoría de los casos fueron centro de enseñanza donde los alumnos acudían gratuitamente a escuchar las lecciones. No se puede hablar de un modelo fijo y estándar para los colegios, ya que esto dependía del emplazamiento y, en mayor medida, de la complejidad funcional del edificio. Los colegios levantados en pequeños pueblos, la construcción se asemejaba a una casa profesa o a una residencia, utilizando la planta baja del edificio para las aulas y la biblioteca. En cambio, los grandes colegios erigidos en las populares ciudades, disponían de todos los órganos necesarios para desarrollar el ciclo completo de la enseñanza. El edificio se distribuye en dos grandes zonas con cierta independencia, la residencia de los padres, con aposentos, biblioteca y comedor, alrededor de un claustro llamado principal o regular; y la residencia de los alumnos, con aulas, aula magna, biblioteca, comedor y dormitorios dispuesta alrededor de un claustro llamado “de los estudios”. Estas dos zonas estaban unidas por una iglesia pública. Además, estos colegios disponían de huerto y jardín, que en algunos casos se encontraba dentro de los muros del propio edificio junto a la cocina y la despensa, y en otros, que al no disponer de espacio suficiente, disponían de terrenos a las afueras de la población.³⁰

³⁰ Rodríguez G. de Ceballos, A. (2002). *La arquitectura de los Jesuitas*, pp.9-20.

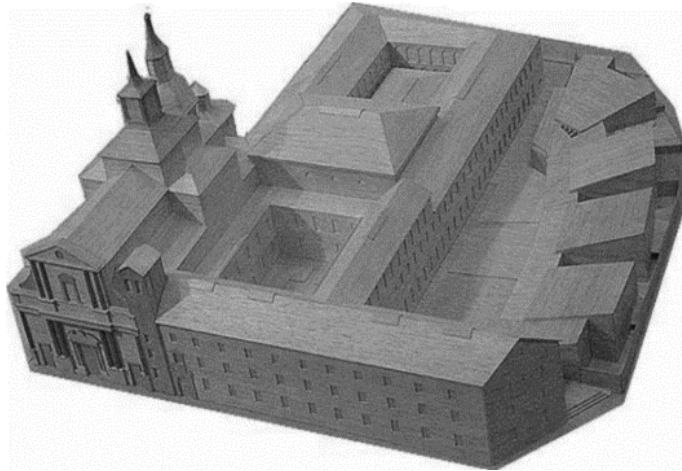


Ilustración 1- Maqueta del Colegio Máximo de Alcalá de Henares, Madrid.



Ilustración 2- Maqueta del Real Colegio del Santo Espíritu, Salamanca.

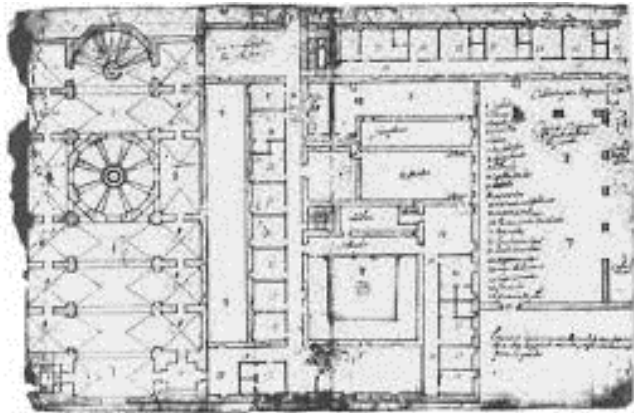


Ilustración 3 y 4- Colegio-Universidad de la Compañía de Jesús de Gandía (1545). A la izquierda, vista del pabellón ahora colegio Escolapios de Gandía y, a la derecha, traza de A. Forcada hacia 1743 de la planta del edificio.

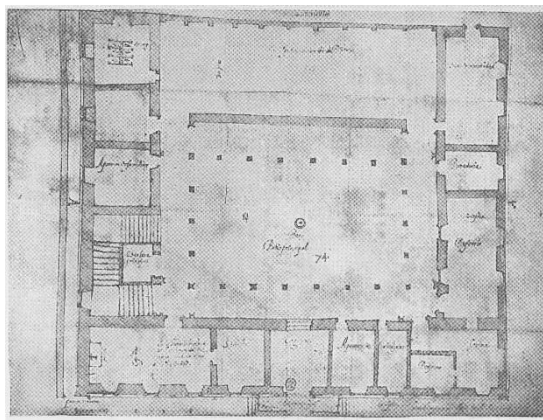


Ilustración 5 y 6- Primer Colegio de la Compañía de Jesús en Salamanca (1578). A la izquierda, vista del pabellón ahora colegio Maestro Ávila y, a la derecha, planta baja del edificio conservada en la Biblioteca Nacional de París.

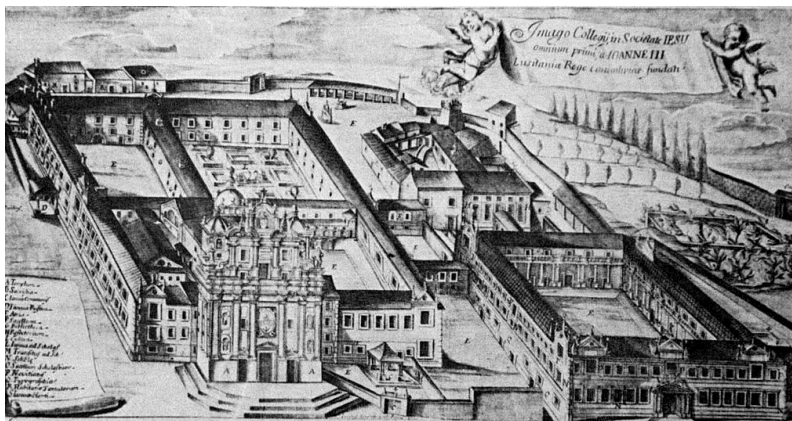


Ilustración 7 y 8- Colegio de la Compañía de Jesús de Coímbra (1598). A la izquierda, vista de la antigua iglesia del Colegio jesuita ahora de la Catedral nueva de Coímbra “Sé-Nova” y, a la derecha, grabado del colegio de 1732.

LOS PRIMEROS DOMINIOS Y MODO NOSTRO

La primera iglesia en propiedad de la Compañía vino en 1541 gracias a Pedro Codacio, italiano agregado a la orden, que ayudó a transferir la iglesia romana de Santa María della Strada a la Compañía de Jesús. Esta dará más adelante emplazamiento a la futura iglesia del Gesú, iglesia madre y modelo de futuros templos de la Compañía.

En Roma encontramos también la primera casa profesa de la Compañía, fundada en 1540. En los comienzos estas residencias fueron escasas, siendo la de Roma junto con la de Lisboa (1542) las únicas que existieron hasta la muerte de San Ignacio. Para conocer las siguientes fundaciones tenemos que avanzar hasta la celebración de la segunda Congregación General en 1565. En ella se restringe el número de nuevas construcciones para colegios y se fomentaba la creación de casas profesas. Durante el generalato de Francisco de Borja se fundaron cinco en su deseo personal de tener al menos una por provincia: Toledo (1566), Valladolid (1567), Venecia (1570), Burgos (1571) y Milán (1572). Y en el siguiente generalato, el padre Everardo Mercuriano añade otras cinco fundaciones, de las cuales dos son en España: Valencia (1579) y Sevilla (1580). Con Acquaviva el número se eleva a veintitrés (1616) alcanzando la cifra máxima con M. Vitelleschi.³¹

Pero, sin duda, la Compañía destacó desde sus inicios por su creciente número de colegios. Los colegios vieron sus comienzos en residencias jesuitas cercanas a universidades; el primero en París (1540); le siguen los de Padua (1542) y Bolonia (1546) en Italia; Coímbra (1542) planteado por el rey Don Juan III de Portugal con el fin de formar futuros misioneros a las Indias orientales y a Brasil; Colonia (1546) en Alemania y, en España, Valencia (1544), Gandía (1545), Valladolid (1545), Barcelona (1546), Alcalá de Henares (1546), Salamanca (1547) y Zaragoza (1547).³²

³¹ Arranz Roa, Í. (2003). Las Casas Profesas de la Compañía de Jesús: centros de actividad apostólica y social. La Casa Profesa de Valladolid y Colegio de San Ignacio (1545-1767), pp.134-135. En *Cuadernos de Historia Moderna*, vol. 28, 125-163.

³² Batllori, M. (1993). San Ignacio y la fundación de los jesuitas. En Delgado Criado, Bernardo. *Historia de la educación en España y América* (pp.57-64).

A raíz de la expansión constructiva que comenzaba a asomarse, la primera Congregación General, celebrada en 1558, hace un comentario con relación a la manera que debían ser construidos sus edificios:

*Impóngase a los edificios de las casas y colegios el modo que nos es propio de manera que sean útiles, sanos y fuertes para habitar y para el ejercicio de nuestros ministerios, en los cuales, sin embargo, seamos conscientes de nuestra pobreza, por lo no deberán ser suntuosos ni curiosos.*³³

Con esto se llega a una primera conclusión y es que los jesuitas no buscaban el crear obras de arte sino construcciones funcionales. No existe una mentalidad artística. El estilo jesuita, <<el modo que nos es propio>> o <<modo nostro>> responde a la realización de edificios prácticos, duraderos y no muy costosos.

En esta primera reunión no se habló de revisar los proyectos para que fuesen planteadas bajo estos criterios, algo que sí se tuvo presente en la siguiente Congregación General de 1565 en la cual se acordó que las trazas debían ser enviadas al Padre General sin cuya aprobación no se podía iniciar la construcción. El Padre General, junto con sus consejeros edilicios, evaluaría si se acomodaba al <<modo nostro>>, es decir, si cumplía las condiciones indispensables para conseguir los fines que con ellos se pretendían. Los fines eran, en las iglesias, la facilidad para la predicación y administración de sacramentos, la orientación, que fuese de acceso cómodo para el público, y en los colegios la distribución y la comodidad de tránsito de las distintas áreas o que no faltasen ninguna estancia fundamental según las necesidades escolares. Luego cada provincia tenía manos libres para edificar y decorar sus edificios según las acostumbradas en cada región.

Los documentos que fueron enviados a Roma se encuentran recopilados en la Biblioteca Nacional de París. Planimetrías, bocetos y croquis, sencillos y sin algún detalle arquitectónico o decorativo es toda documentación que podemos encontrar en la colección, según nos cuenta el historiador Rodríguez G. de Ceballos (2002), y sugiere que

³³ Texto extraído de Rodríguez G. de Ceballos, A. (2002). *La arquitectura de los Jesuitas*, p.22.

“esta carencia de cortes, alzados y perfiles indicaría que en Roma no interesaban los problemas morfológicos y de estilo sino los de orden funcional y utilitario que eran los que se podían detectar en las plantas”.³⁴

A pesar de que en esta primera etapa no se pretende ni se divisa intención de dar una uniformidad estilística, se advierte una convergencia hacia un modelo común. En un primer momento predominaron las construcciones de iglesias de planta única, conocida como del tipo común, con un espacio diáfano y homogéneo, de forma que el altar pueda ser observado desde cualquier punto. Más adelante, en el siglo XVII, se generaliza el uso de capillas, esquema de la iglesia del Gesù de Roma, que sigue la esencia de la planta común, con una nave central para la predicación y administración de sacramentos y la incorporación de capillas laterales de modo que sirvan de ocultación de los confesonarios, colocación de altares laterales y albergar las diferentes congregaciones que los jesuitas iban fundando.³⁵

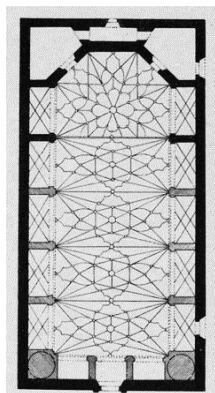
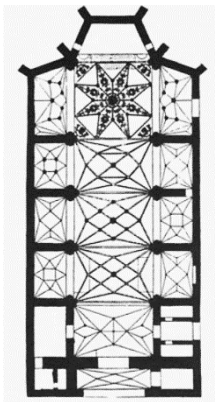
No obstante, en tiempo del cuarto General, padre Everardo Mercuriano, pidieron algunas provincias europeas, especialmente las españolas, que se crease un tipo estándar de iglesia y de colegio cuyo uso fuese norma. Esta idea gustó al padre Mercuriano que se dispuso a preparar algunos esquemas que posteriormente enviaría a las diferentes provincias. Nos revela el académico Ceballos que se conserva una pequeña colección de seis plantas tipo de iglesias, ubicadas en la Biblioteca Estense de Módena, trazas atribuidas al padre Giovanni Battista de Rosis, entonces consejero edil del padre General Everardo Mercuriano. Estas seis plantas corresponden a tres modelos diferentes: Tres de esas plantas corresponden a un modelo de templo con nave única con o sin capillas, dos a un modelos de planta centralizada siendo uno de planta circular y el segundo de planta elíptica y la sexta traza corresponde a un modelo de planta en cruz latina con tres naves y crucero, también conocida de tipo basilical. Este último modelo fue el menos utilizado aunque es conocido que en 1585, el provincial de Castilla, padre Pedro Villalba, sugería que el modelo de tres

³⁴ Rodríguez G. de Ceballos, A. (2002). *La arquitectura de los Jesuítas*, pp.21-25.

³⁵ Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, A. (1967). *Bartolomé de Bustamante y los orígenes de la arquitectura jesuítica en España*, pp.322-325.

naves sería el sistema más conveniente para su provincia y así se lo hace saber al Padre General Claudio Acquaviva que le respondía lo siguiente:

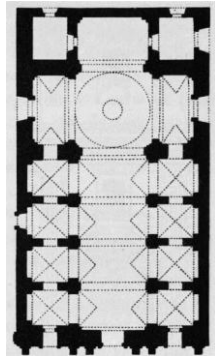
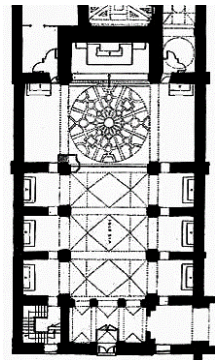
La traza de tener nuestras iglesias tres naves sin duda me parece más a propósito para nuestros ministerios, y si allá con esto se hallan mejor, se podrían según esa traza disponer, mas esto se entiende guardando el orden de embiarnos las trazas para que se vean primero de ser executadas.³⁶



Ejemplo iglesias de la Compañía de Jesús de estilo gótico:

Ilustración 9- Planta de la iglesia de San Francisco. Medina de Rioseco, Valladolid.

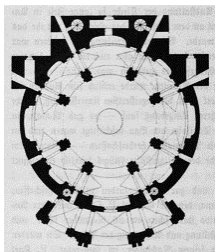
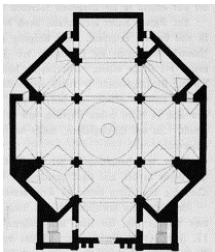
Ilustración 10- Planta de la iglesia de San Carlos. Zaragoza.



Ejemplo iglesias de la Compañía de Jesús de planta única con capillas laterales, modelo más expandido:

Ilustración 11- Planta de la iglesia de San Pablo. Villagarcía de Campos, Valladolid.

Ilustración 12- Planta de la iglesia del Santo Espiritu. Salamanca.



Ejemplo iglesias de la Compañía de Jesús de planta centralizada:

Ilustración 13- Planta de la iglesia de San Lorenzo. Burgos.

Ilustración 14- Planta de la basílica de San Ignacio de Loyola. Azpeitia.

³⁶ ARSI- Archivum Romanum Societatis Iesu, Cast. 5, f. 18. En Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, Alfonso. (1967) *Bartolomé de Bustamante y los orígenes de la arquitectura jesuítica en España*, p.321.

Sin embargo, la propuesta de imponer unos modelos para los templos no prosiguió. Tras la muerte de Mercuriano, su sucesor, Claudio Acquaviva, se olvidó de aquel proyecto dejando que cada provincia adoptase el estilo que les pareciese, siempre que cumpliera con las normas de las primeras congregaciones.

Si bien se pone de manifiesto de forma evidente la sobriedad de la primera arquitectura de la Compañía, la falta de normas, modelos o de una definición más exacta del <<modo nostro>> pone en peligro esta continuidad. A mediados del siglo XVII la llegada del barroco se imponía a la simplicidad y austeridad del modelo jesuita que comienza a relajarse a la búsqueda de ricos y costosos materiales y refinamiento ornamental. El Padre General Vincenzo Caraffa aborrecía cualquier alarde de riqueza en la decoración y puso todos los obstáculos que pudo a la ostentación de las iglesias. Pero los fundadores y patronos de los jesuitas insistían en dotar a sus edificios que costeaban de toda clase de derroches. La llegada del padre Giovanni Paolo Oliva a la cabeza de la orden puso fin a la controversia dando una nueva interpretación al término <<modo nostro>>, manteniendo esta regla a los edificios de residencia y enseñanza pero exceptuó a los templos al ser estos la casa de Dios. En un sermón exclamaba:

No hablo de nuestras iglesias pues éstas, como dedicadas exclusivamente a Dios, no pueden alcanzar ni aproximarse en la majestuosidad de su diseño, y en la riqueza de sus materiales y ornamentos al mérito infinito de la Divinidad. De aquí que en ellas tanto nuestro Padre San Ignacio como todos nosotros, sus hijos, procuraremos corresponder a la grandeza de su eterna Omnipotencia con aquellos aparatos de gloria, cuantos mayores mejor. Sin embargo en nuestros templos no deben sobrepasarse ni las dimensiones del espacio ni su altura, de suerte que impidan nuestros ministerios y obstaculicen no poco la piedad y compunción de los que los frecuentan. Hablo por tanto de nuestros domicilios destinados a nosotros, no a Cristo, los cuales, si alguna vez exceden nuestra moderación y mesura, eso acontece por vicio de ambición, pero me atrevo a afirmar que apenas tiene lugar ni en

*adelante acontecerá, combatida cualquier sombra de suntuosidad por nuestros estatutos.*³⁷

Y continúa:

*La magnificencia de los templos era el obsequio debido a la majestad y omnipotencia divinas, magnificencia que debía elevar las almas ya en la tierra a la contemplación gozosa de la gloria del Creador.*³⁸

Y tal era su preocupación de que así se hiciese que ordenó que en los proyectos que se mandasen a Roma se especificase además el orden arquitectónico y los respectivos ornatos de la fachada. Esta postura debió agrandar a los patronos pues se multiplicaron el número de capillas y templos ricos en ornamentación a partir de 1680. Inicia de esta forma una nueva era del arte y arquitectura de la Compañía que perpetuará hasta la expulsión de la Compañía en 1773. Para entonces, y tras 235 años desde su fundación, la Compañía de Jesús alcanza un total de 2.700 jesuitas en 140 domicilios en España.

³⁷ Texto extraído de Rodríguez G. de Ceballos, A. (2002). *La arquitectura de los Jesuitas*, p.31.

³⁸ *Ibíd*, p.33.

EL REAL COLEGIO DEL ESPÍRITU SANTO

EL REAL COLEGIO DEL ESPÍRITU SANTO

El Real Colegio de la Compañía de Jesús es a menudo definido como el edificio de mayor envergadura física y artística que poseyó la orden en España, y ejemplo de arquitectura de la provincia jesuítica en Castilla. El proyecto del colegio salmantino se remonta al año 1601, dieciséis años antes del comienzo de obras. Por entonces, los jesuitas ya disponían de un amplio edificio frente a la parroquia de San Blas.

LOS INICIOS DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS EN SALAMANCA

Como se ha comentado en el capítulo anterior, la Compañía de Jesús tenía especial interés en el reclutamiento de jóvenes aspirantes, razón por la que en sus comienzos se asentaron en ciudades que alojasen en ella una universidad.

El primer jesuita en visitar la ciudad del Tormes fue Antonio de Araoz, nombrado más adelante como primer provincial, que durante un viaje en 1545 pasando por Salamanca, quedó contento al conocer mucha gente dispuesta a ayudar a que la Compañía se estableciese en su ciudad.³⁹ Pero no fue este, si no el cardenal don Francisco de Mendoza, el responsable de promover la primera fundación, que encontrándose con Ignacio de Loyola en agosto de 1547 le persuade de ser la ciudad apropiada para sus fines al guardar en ella la célebre universidad. Y para tal propósito afirmó estar dispuesto a costear todos los gastos necesarios para abrir un colegio y a proveerlos de una dote para la manutención de tal institución.⁴⁰ Ignacio, que siendo conecedor de que la universidad era un rico venero

³⁹ Carta del padre Antonio Araoz a San Ignacio de Loyola. Valladolid, 25 de Marzo de 1545. MHSI- *Monumenta Historica Societatis Iesu*, Mixtae, I, 204, citado en Rodríguez G. de Ceballos (1966). Además, cuenta Hernández Montes que “Fueron sobre todo fray Alonso de Castro y fray Francisco de Vitoria quienes con más instancia pidieron a los dos jesuitas una casa de la Compañía en Salamanca.” Hernández Montes, B. (1989) p.724.

⁴⁰ Lozano Navarro expone las diferencias entre *benefactores* y *fundadores* “(...) en sus documentos internos la Compañía de Jesús distingue con toda claridad y desde el principio entre benefactores, aquellos que han hecho alguna aportación económica de importancia en el colegio ya fundado, y fundadores, personas que han

de vocaciones, no puso oposición alguna y mandó ir a tres jesuitas para emprender la fundación cuya llegada se formuló el 9 de enero de 1548.

Se asentaron en una casita situada en el cerro de San Vicente, junto a la parroquia de San Blas que, más adelante, supondría el lugar donde emplazarían el primer colegio de la Compañía en Salamanca. Para ello irán ampliando la propiedad, adquiriendo las casas colindantes, viviendas, patios y corrales, y va creciendo en relación al aumento de agregados a la orden en la localidad. Veinticinco años después de su aparición en la ciudad, la propiedad ocupaba una manzana completa. En 1551 el número de miembros en la casa de San Blas alcanzó los veintidós, en 1558 eran treinta y dos y en 1562 sumaban cincuenta y la cifra seguía en aumento. La falta de capacidad del conjunto para poder seguir aumentando el número de residentes, además de la insalubridad y el estado de ruina en el que se encontraban las viviendas, hizo que en 1576, el recién incorporado rector, el padre Antonio Marcén se disponía a solventar los problemas levantando un nuevo edificio. Patrocinó el proyecto el padre Juan Suárez, provincial de Castilla y amante de la arquitectura, y llamó al hermano Giuseppe Valeriani para que, con el asesoramiento de Juan de Herrera, realizase las trazas (*ver Ilustración 15*) del que sería el primer colegio jesuita en Salamanca.⁴¹

El colegio se compondría de dos sectores correspondientes a vivienda y a escuela, dos patios e iglesia. Las obras comenzaron en 1578 con Juan de Nates como maestro de obras, pero nunca se llegó a finalizar el proyecto completo pues las obras se paralizaron con la fundación del Real Colegio. El primitivo colegio siguió en funcionamiento hasta 1665, año del traslado al nuevo edificio. Hoy en día de este edificio se conserva el gran frontón correspondiente al pabellón, las bolas del remate y la puerta de dovelas resaltadas, siendo hoy utilizado por el Colegio Maestro Ávila (*ver Ilustración 16*).

hecho posible la creación de un colegio dotándolo de una renta anual suficiente para su posterior mantenimiento autónomo, para el sostén de sus instalaciones y para sufragar la asistencia de alumnos a sus clases.” Lozano Navarro, J. J. (2005), pp.37-38.

⁴¹ Rodríguez G. de Ceballos, A. (1966). El primitivo colegio de la Compañía de Jesús en Salamanca (1545-1665). En *Miscelánea Comillas: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, Vol. (24), N° 46, (págs. 101-168)

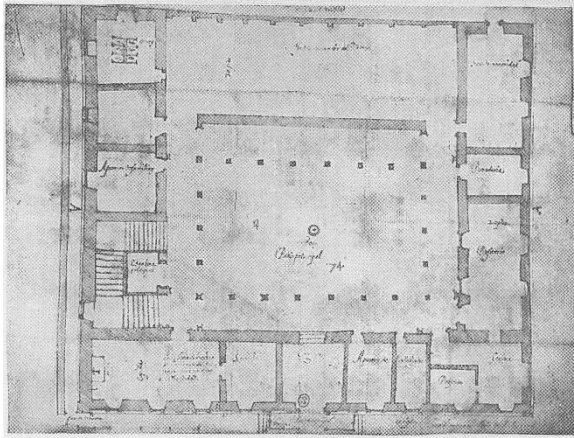


Ilustración 15- Planta baja del primer Colegio de Salamanca conservada en la Biblioteca Nacional de París.



Ilustración 16- Vista del pabellón del edificio, Colegio Maestro Ávila. (2016)

LA FUNDACIÓN REAL DEL COLEGIO

El patrocinio del vasto edificio vino de la casa real. Doña Margarita de Austria, esposa de Felipe III, moría en octubre de 1611 tras el parto de su segundo hijo, Felipe, llamado por ello “el Caro”. Se daba, por tanto, a conocer su testamento en el que otorgaba 160.000 ducados⁴² para la fundación y renta de un colegio donde se formasen legiones de apóstoles y misioneros encargados de combatir la herejía en los países del Imperio y de propagar la fe en las posesiones de América. Y para tal misión confió en los Jesuitas, que desde tiempo fueron los confesores en la casa de Austrias. La decisión de que fuese Salamanca la ciudad que acogiese tal colegio vino motivada por la buena impresión que tuvo al conocer la célebre universidad.⁴³

⁴² El 13 de Septiembre de 1601, en vísperas de su primer parto, la reina hizo testamento en el que concedía 80.000 ducados “(...) para que los Padres los apliquen à renta fixa como mellor lo pudieren para sustento de sus estudiantes que acabados sus estudios se derraman por todo el mundo alumbrándolo e inflamandolo con su buena doctrina, zelo y exemplo (...)”. ARSI- Archivum Romanum Societatis Iesu, *Testamento secreto de la reina Margarita de Austria, otorgado el 13 de septiembre de 1601 en Valladolid*. Fondo del Gesú 203/4, nº 45. Hubo que esperar diez años para conocer su voluntad, y para entonces hizo algunas modificaciones en un codicilo antes de su segundo parto. En él se puede leer lo siguiente: “Y ansi primero mando al Colegio de Salamanca, q se ha de llamar del Espiritu Santo 1600. ducados, (...)”. ARSI- Archivum Romanum Societatis Iesu, *Codicilo privado añadido al testamento de la reina Margarita de Austria, otorgado el 11 de septiembre de 1611 en El Escorial*. Fondo del Gesú 203/4, nº 46.

⁴³ Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, pp.21-24.

El 13 de marzo de 1614 Felipe III mandó reunir a los padres Alonso Carillo, visitador de la provincia jesuítica de Castilla y Gaspar de Vegas, provincial de la misma, para asentar las bases de la futura fundación. Se acordó lo siguiente: En primer lugar, el colegio debía ser erigido intramuros de la ciudad, frente a la iglesia de San Benito donde se encontraban las casas del conde de Fuentes. Para su construcción, el rey haría entrega de 12.000 ducados anuales, de los cuales 10.000 debían ser gastados en la fábrica del edificio y los restantes para su sustento y renta. El patronazgo íntegro se reserva a la casa real, por ello debían ser tallados y colocados los escudos y armas reales en la fachada, puertas e interior de la iglesia así, como también, en el teatro del colegio. Respecto al templo debía llevar por título del Espíritu Santo, y se celebrarían misas por el eterno descanso de los reyes fundadores. Además, en él no podría ser enterrado cuerpo alguno sin licencia de los reyes y de los reyes sucesores. Por último, dado que la intención de Margarita fue la de formar en el colegio misioneros que predicasen el evangelio, la Compañía se comprometía a enviar seis jesuitas cada ocho años a las Indias.⁴⁴ Para finalizar los trámites, faltaba sólo la aprobación del Padre General de la Compañía, entonces Muzio Vitelleschi, que da su confirmación a la fundación real el 22 de abril de 1614.

LA ELECCIÓN DEL SOLAR Y EL PROYECTO

En el mes de mayo de 1614 el secretario real, en nombre de Felipe III, hizo pública la fundación del colegio. La reina escogió un gigantesco solar en el centro de la ciudad, frente a la iglesia de San Benito, sobre en el que se asentaban las casas del conde de Fuentes, calles y viviendas. Además, dispuso que de no conseguir la adquisición de estas casas, se ubicase el edificio en el sitio contiguo que se extendía desde aquellas hasta la plazuela de San Isidro.

Acompañaba al secretario el arquitecto carmelita fray Alberto de la Madre de Dios, quien en otras ocasiones había trabajado para la casa real. Permaneció un mes en la ciudad trazando los planos del futuro edificio. El diseño propuesto configuraba un esquema con iglesia central flanqueada por patios simétricos (*ver Ilustración 17*). Denota influencias de la arquitectura hospitalaria y el monasterio de San Lorenzo de El Escorial, como también del

⁴⁴ *Ibíd*, pp.24-26.

colegio de la Compañía en Monforte de Lemos (Lugo), el Monasterio de Nuestra Señora la Antigua.

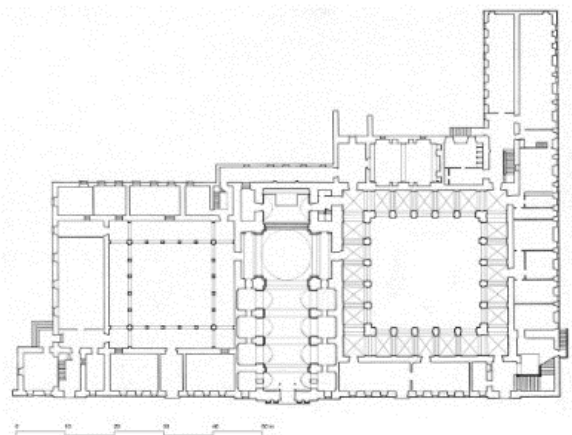
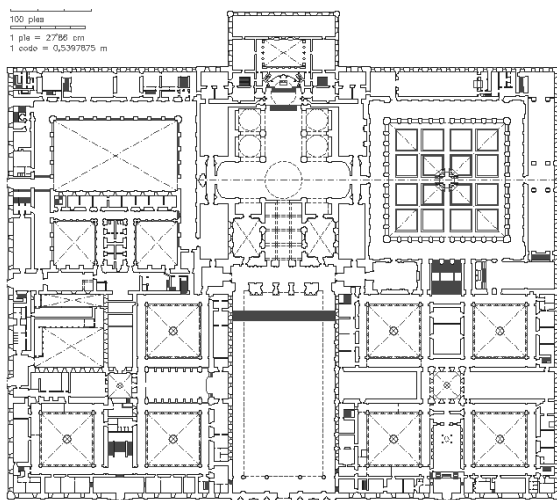
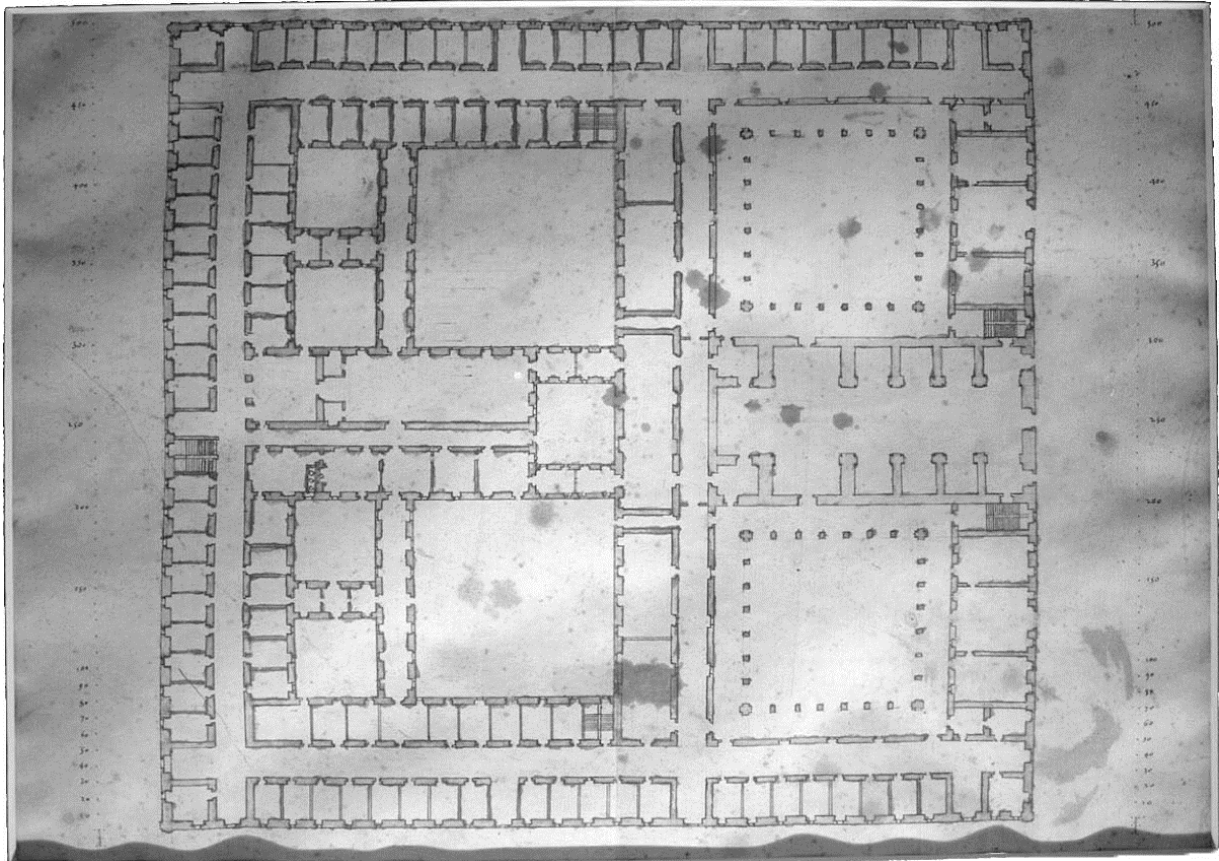


Ilustración 17- Traza teórica del Colegio Real de la Compañía de Jesús atribuida a fray Alberto de la Madre de Dios en 1614. Biblioteca de la Universidad de Salamanca. **18-** Planta Monasterio de El Escorial. (Madrid) y **19-** Planta del Colegio Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos. (Lugo). Levantamiento de Mejide en 1984.



Ilustración 20- Superposición de la planta del edificio de la Compañía de Jesús sobre hipótesis de la distribución urbanística de comienzos del siglo XVII obtenido tras las excavaciones arqueológicas de González Echegaray, J., & Sarabia Rogina, P. (2000). Elaboración propia. 1- ermita de Santa Catalina, 2- iglesia de San Pelayo, 3- necrópolis medieval, 4- casas de época bajo medieval y moderna y 5- casas del Conde de Fuentes.

Este proyecto no se realizó al negarse el conde de Fuentes a vender sus casas. Pasaron dos años cuando el monarca volvió a enviar a otro secretario para que adquiriera el solar contiguo a la casa de Fuentes hasta la colina de San Isidro, donde finalmente se construyó. Esta vez el secretario venía acompañado del arquitecto real Juan Gómez de Mora quien consideró apropiado el nuevo emplazamiento. Sin embargo, no tuvieron la misma aceptación los ocupantes de las viviendas que se encontraban en el nuevo solar, así como tampoco algunos jesuitas salmantinos que consideraban mejor opción el ampliar y mejorar el colegio existente. Pero la insistencia real venció y el 3 de febrero de 1617 el ayuntamiento confirmó la cesión de los espacios públicos.

Dentro del solar de 13.368 m², el edificio ocupa 7.967. Por él atravesaba la calle San Pelayo, que recorría desde la calle de Santa Catalina (hoy de la Compañía) hasta desembocar en el Colegio de San Pelayo (hoy Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Salamanca). Además de la calle San Pelayo, pasaban por el solar la calle del horno⁴⁵ que uniría la calle de los Moros (hoy Cervantes) con la calle San Pelayo por detrás de la Iglesia con el mismo nombre. Por otro lado, también debieron ser suprimidas dos iglesias: la ermita de Santa Catalina, de 1128 sería la más antigua de la ciudad, y la iglesia de San Pelayo, del siglo XII, con el cementerio.⁴⁶ En cuanto a las propiedades privadas, compraron numerosas viviendas, huertas y corrales, locales comerciales y hasta un horno.⁴⁷

⁴⁵ Descrita como callejuela estrecha perpendicular a la de San Pelayo que la unía con la calle de Serranos y una calle empedrada encontrada durante las obras de excavación arqueológicas realizadas entre 1996-1998.

⁴⁶ Llamas Martínez, E. (2000). El solar del Colegio antes de su construcción. En J. González Echegaray, *El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia* (págs. 257-287).

⁴⁷ Para conocer la disposición urbanística anterior a la construcción del edificio se ha tomado referencia de las siguientes publicaciones: Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, pp.27-34. y Llamas Martínez, E. (2000). El solar del Colegio antes de su construcción. En J. González Echegaray, *El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia* (págs. 257-287). Además de ser de interés el proyecto de las excavaciones arqueológicas dedicadas al patio de la comunidad realizada entre los años 1996 y 1998 por González Echegaray, J. y Sarabia Rogina, P. M. publicado en *El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia*.

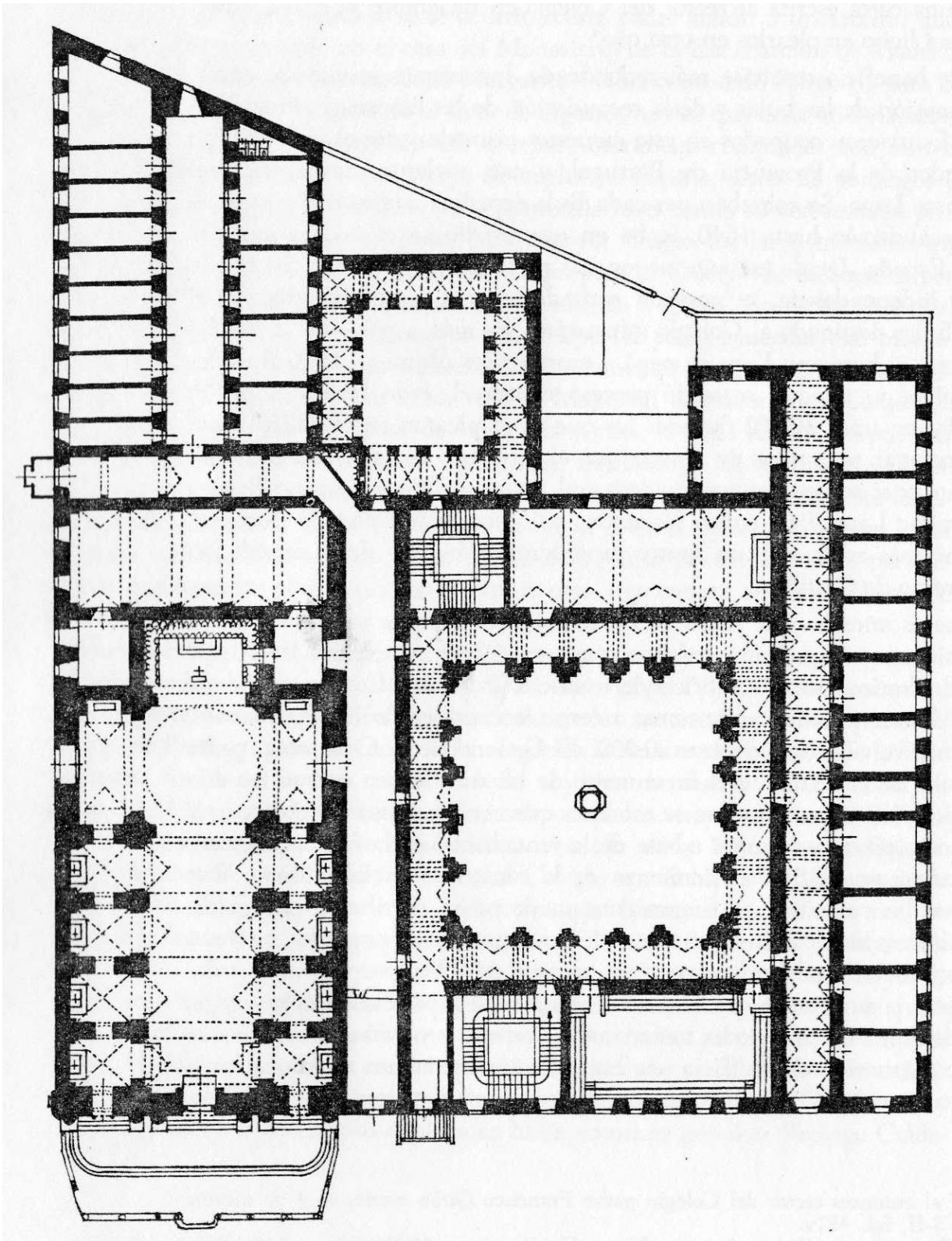


Ilustración 21- Planta del Colegio según O. Schubert.

Decidido el emplazamiento, Gómez de Mora se disponía a diseñar el futuro colegio que debió seguir las trazas de la propuesta de fray Alberto. Ante la imposibilidad de adquirir los terrenos hubo que reducir el proyecto a más de la mitad la extensión de la propuesta. Se suprime el ala izquierda del edificio, dejando la iglesia en un extremo del conjunto. Esta disminución del espacio horizontal implicó el aumento de altura de los pabellones, así como del templo. Del primer diseño se mantiene la planta de la iglesia y las dimensiones del claustro de estudios. Aunque en las clausuras fundacionales quedaba a voluntad del monarca la elección de la forma y dimensiones del edificio, parece que los jesuitas intervinieron en este asunto. De acuerdo con los decretos establecidos en las Congregaciones generales de la Compañía, “se exigía una cierta austeridad en los planos, evitando todo decorativismo inútil, conjugable, eso sí, con la magnificencia que pedía una fundación real” indica Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969: 35).

El edificio.

El conjunto ocupa una extensión de aproximadamente 8.000 m². La organización de la planta es de un esquema asimétrico. La iglesia, en el extremo sudeste del complejo, divide el edificio en dos zonas: al norte se sitúa la zona de estudios, las escuelas, y tras la sacristía se albergaría la casa destinada a la comunidad de los jesuitas. Siguiendo el esquema general de los colegios jesuitas, estas zonas están dispuestas en torno a dos amplios patios cuadrangulares con galerías de tránsito.

Al recorrer el edificio se distingue la inflexión estilística que se produjo a lo largo de su construcción, pasando del clasicismo herreriano a ser un ejemplo del barroco español. Los primeros veintisiete años de obras los maestros y aparejadores respetaron las trazas y el estilo artístico que diseñó Gómez de Mora. Tras su muerte los sucesivos arquitectos y maestros de obra desempeñaron un papel decisivo en el aspecto final del edificio, añadiendo progresivamente un ornato propio de la época de manera que podemos diferenciar varias etapas constructivas.



Etapas de la construcción.

La primera etapa correspondería a los años en los que Juan Gómez de Mora dirigía la obra y que por residir en Madrid al encontrarse trabajando en esta villa, aparecen figuras como Simón de Monasterio, Juan Moreno y Alonso Sardiña como maestros de obra quienes respetaron por contrato las trazas originales. En este periodo, comprendido entre los años 1617 y 1642, se realizó el primer cuerpo de la iglesia y el pabellón de la comunidad.⁴⁸

La siguiente fase de la obra se ejecuta entre los años 1642 y 1665, periodo en el que se instala el hermano Pedro Mato como maestro de obras. A él se debe la primera huella a un camino que llevará al colegio hacia el barroco. Fue Mato el autor de la cúpula, así como también del cuerpo alto y cierre de la nave de la iglesia, la bóveda de la sacristía, el cuerpo central de la fachada de la iglesia y la portada del pabellón de la comunidad hacía la calle Serranos.⁴⁹

Tras un largo descanso de obras, en el que se dedicó a la ornamentación del interior de la iglesia proveyendo a sus capillas de altares y retablos, se reanudan las obras en 1686 año en el que arranca el tercer período constructivo y que dura hasta 1724. Se levanta el tránsito de la iglesia y patio de la comunidad, heredera de los claustros y patios de El Escorial. En este periodo trabajaron los maestros de obras Juan de Setién Güemes, Pantaleón Setién y Joaquín de Churriguera a quien se le atribuye las trazas del claustro de los estudios.⁵⁰

El cuarto y último período que abarca desde 1724 hasta el final de las obras fue dirigido por Andrés García de Quiñones quien completa el edificio con el levantamiento del ala norte, el correspondiente al de escuelas, erigiendo el pabellón que sigue el orden respecto de su pabellón gemelo guardando así la unidad estilística de todo el edificio, aunque no hizo lo mismo con el interior, el claustro de los estudios, la escalera de honor y las torres y espadaña de la iglesia adquieren un estilo barroco que dan al edificio un perfil absolutamente distinto.⁵¹

⁴⁸ Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, pp. 53-58.

⁴⁹ *Ibíd.* pp. 67-82.

⁵⁰ *Ibíd.* pp. 109-113.

⁵¹ *Ibíd.* pp. 113-125.

LA CÚPULA

LA CÚPULA

La planta confeccionada por Juan Gómez de Mora ocupa una extensión de unos 8.000 m² con forma de U. En el extremo nordeste se sitúa la iglesia, entre dos calles principales del centro de la ciudad, la calle de la Compañía y la calle de la Rúa. El templo se dispone como nexo del edificio, entre lo que era en el plan inicial la casa de la congregación y el sector destinado a la enseñanza. Presenta una planta rectangular de nave única flanqueada por capillas laterales conectadas entre sí, transepto inscrito en el propio rectángulo, con cúpula cerrando el crucero y cabecera. Se observa una estructura sencilla terminada con una cubierta de bóveda de cañón con lunetos y arcos fajones que arrancan desde pedestales. La nave central queda abierta con ocho ventanas de forma rectangular en la nave y dos en el crucero. Continuamos con la cúpula, objeto de este estudio, anotando antes que en este punto cambiamos de arquitecto ya que fue diseñada por el arquitecto jesuita Pedro Mato.

La cúpula de la iglesia del Espíritu Santo, situada en el centro del templo, cierra el crucero de la iglesia. Es una media naranja, maciza y pétreo, soportada sobre pechinas y tambor, de 14m de luz, y rematada con una linterna y cupulino y amplía su altura un pináculo. Fue construida entre los años 1641 y 1651.⁵² Los pilares del crucero adoptan una forma achaflanada, como en la basílica de El Escorial, marcando la centralización de este espacio fijando interés sobre la cúpula. Las pechinas, portadoras del escudo real, abren paso al anillo de un tambor cilíndrico en su sección interior y octogonal en el exterior aligerado con ocho ventanas rectangulares. A los vértices del octógono sobresalen unos contrafuertes enmarcados por grandes volutas. La cúpula semiesférica culmina con una esbelta linterna de sección circular abierta con el mismo número de ventanas que el tambor.

⁵² Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesus (1617-1776)*, pp.70-75.



Ilustración 22- Vista del exterior de la cúpula de la iglesia del Santo Espíritu, La Clerecía.

ANTECEDENTES

El tipo de cúpula elevada sobre tambor es frecuente en el Renacimiento italiano. En España, sin embargo, no llega hasta la construcción del monasterio de El Escorial (Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera, 1563). La ausencia de tambor significa que se asigna una mayor importancia al espacio interior frente al exterior; su presencia, por el contrario, resulta la importancia exterior de las cúpulas. La cúpula del monasterio de El Escorial proporcionó un modelo poderoso que propició un rápido cambio tipológico y, si bien se siguieron construyendo cúpulas sin tambor, se empezaron a construir también con él.

Sin embargo, para la traza de la iglesia, Juan Gómez de Mora pudo inspirarse en la Colegiata de Villagarcía de Campos (Rodrigo Gil, 1572), modelo de iglesia en las construcciones de la Compañía de Jesús en la provincia de Castilla,⁵³ de nave amplia y única con capillas que se acomoda perfectamente al *modo nostro*. Aunque esta carece de cúpula pues su crucero está recubierto por una bóveda vaída, algo muy del gusto de los jesuitas que primaban los aspectos funcionales y entre ellos una adecuada acústica que facilita la predicación.

Otra influencia que se debe considerar es la de la iglesia di Gesù de Roma (1568), la iglesia madre de los jesuitas. Fue proyectada por Jacopo Barozzi de Vignola que, al igual que la iglesia del Espíritu Santo, se levanta sobre un sistema de arcos torales, pechinas, cornisas y tambor, rematada con linterna. Este sistema estructural se repite en las iglesias españolas de colegios emblemáticos de la Compañía de Jesús que, anteriores al Real Colegio de Salamanca, tenemos como ejemplos las Colegiatas de Nuestra Señora la Antigua en Monforte de Lemos, Lugo (Veremondo Resta, 1593); de San Isidro el Real en Madrid (Pedro Sánchez, 1622) y de los Santos Justo y Pastor en Granada (Pedro Sánchez, 1639).

En Salamanca encontramos esta composición de cúpula en la Catedral Nueva (1513) aunque su diseño es fruto de una restauración del siglo XVIII, y en las iglesias de San Sebastián (1533) y de la Purísima (1631), que también se eleva sobre tambor y finaliza en linterna aunque estas no presentan una cúpula con forma semiesférica.

⁵³ Rodríguez G. de Ceballos, A. (2010). La arquitectura jesuítica en Castilla. Estado de la cuestión. En *La arquitectura jesuítica. Actas del Simposio Internacional* (págs. 305-325).



23



25



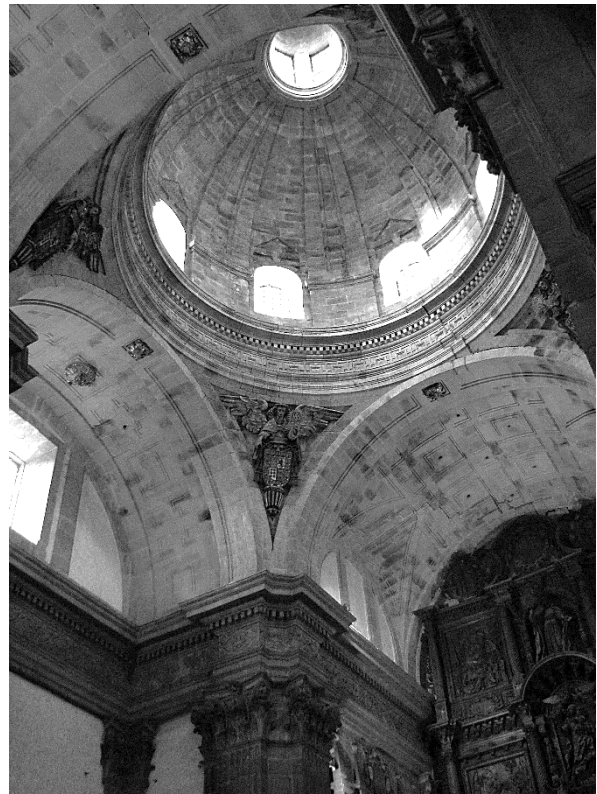
24



26



27



29



28



30



Ilustración 31- Vista interior de la Cúpula de la iglesia del Santo Espíritu, La Clerecía.

Ilustraciones página anterior:

Vista exterior de las cúpulas 23. Basílica de El Escorial, 24. Colegiata de los Santos Justo y Pastor, 25. Colegiata de Nuestra Señora la Antigua y 26. Iglesia de San Isidro la Real

Vista interior de las cúpulas 27. Basílica de El Escorial, 28. Colegiata de los Santos Justo y Pastor, 29. Colegiata de Nuestra Señora la Antigua y 30. Iglesia de San Isidro la Real.

CUADRO DE PROPORCIONES CON RELACIÓN A OTRAS CÚPULAS					
Iglesias	El Espíritu santo	El Escorial	Nª Sª de la Antigua	Santos Justo y Pastor	
Ubicación	Salamanca	San Lorenzo de El Escorial (Madrid)	Monforte de Lemos (Lugo)	Granada	
Orden	Jesuitas	Jerónimos	Jesuitas	Jesuitas	
Siglo	XVII	XVI	XVI-XVII	XVI-XVII	ud
Espesor tambor	1,05	3,75	1,57	1,00	m
Altura pavimento a base cúpula	34,57	45,52	20,09	24,41	m
Espesor base cúpula	0,94	2,03	1,07	0,50	m
Espesor clave cúpula	0,47	0,91	0,58	0,07	m
Diámetro cúpula	INT	14,02	18,77	10,16	m
	EXT	15,84	22,46	11,85	m
Altura base linterna a clave cupulino	10,17	9,82	5,86	4,35	m
Diámetro cupulino	INT	4,36	4,50	2,54	m
	EXT	5,12	6,22	3,24	m
Altura pavimento a clave linterna	53,45	81,07	35,00	34,80	m

Tabla 1- Tabla comparativa de las dimensiones con las cúpulas de la Basílica de El Escorial, de la Colegiata de Nuestra Señora la Antigua y la Colegiata de los Santos Justo y Pastor.⁵⁴

Relación altura linterna y cupulino con el radio ext cúpula	1,28	0,87	0,99	0,87
Relación diámetro cúpula int con ancho linterna	3,22	4,17	4,00	4,50
Relación altura clave cupulino y altura nave	2,36	2,38	1,90	2,11

Tabla 2- Tabla comparativa de las dimensiones de los templos.

⁵⁴ Datos obtenidos de los trabajos de: López Mozo, A. (2009), Guerra Pestonit, A. R. (2012) y Ramírez Molina, M. T. (2012).

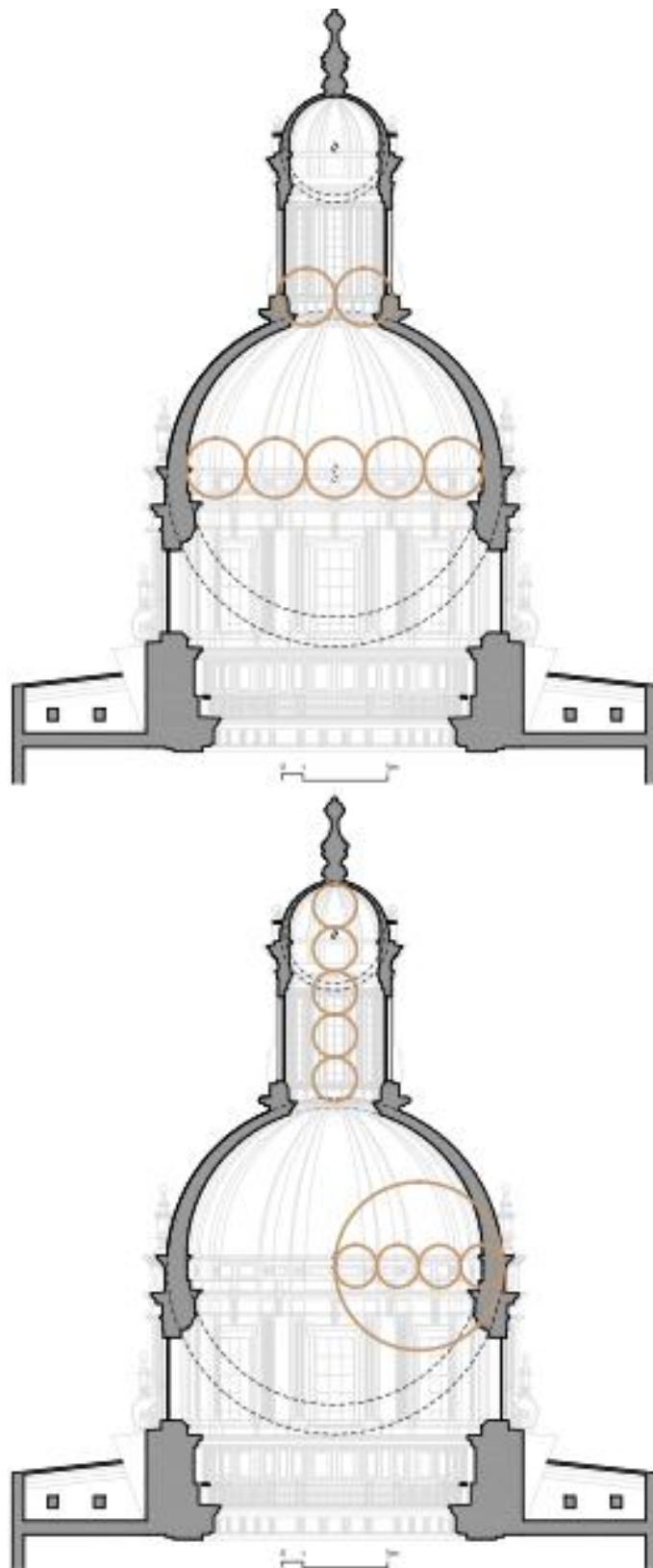


Ilustración 32- Proporciones de la linterna con relación a la cúpula. Según Fernández Alba, A (1993: 34). Elaboración propia.

GEOMETRÍA

La forma de la cúpula es semiesférica, de 14 metros de diámetro interior. La clave del cupulino de su linterna se eleva algo más de 53 metros sobre la cota del pavimento. Tanto el cupulino como la cúpula mayor están reforzadas por ocho nervios dobles que sobresalen tanto en el interior como en el exterior. Las esferas de trasdós e intradós no son concéntricas, generando una sección de espesor decreciente hacia la clave. Sobre el óculo de la cúpula mayor se eleva la esbelta linterna⁵⁵, con ocho ventanas y de pilastras relacionada con la configuración del tambor. Está cubierta por cupulino semiesférico rodeado de una balaustrada como también lo está la cúpula mayor. Se observa desplazamiento en dirección noroeste, probablemente producido tras el terremoto de Lisboa.

El tambor que soporta la cúpula es de sección circular en su interior y octogonal en su perímetro exterior. Al igual que la linterna también se dispone aligerada con ocho ventanas. En los vértices del octógono encontramos elementos adosados no trabados enmarcados por grandes volutas que harían la función de contrafuertes. La cúpula y el tambor se asientan sobre una cornisa circular interior y esta, a su vez, sobre el conjunto de cuatro pechinas y cuatro arcos y pilares torales.

Este apartado dedicado al estudio geométrico comprende:

- Recorrido por las trazas localizadas anteriores al siglo XX.
- Trazas de las últimas restauraciones realizadas.
- Levantamiento confeccionado para este trabajo.

⁵⁵ Sobre las proporciones de la linterna con relación a la cúpula nos lo deja Fernández Alba en su libro (1993:34): *Sobre la cúpula, cuyas dimensiones no son de por sí espectaculares se levanta una linterna de proporciones anormales con aquella, pues su diámetro interior es del orden de los dos quintos del de ésta, y su altura, incluida la cúpula de la linterna, es un 25% superior al radio exterior de la cúpula principal (...)*

PRIMERAS TRAZAS

Tras el decreto de expulsión de los jesuitas en 1767, la mayor parte de los documentos de la Compañía han desaparecido, bien porque fueron destruidos, bien porque fueron trasladados a ubicaciones desconocidas. En el caso del Real Colegio fundado por Margarita de Austria en Salamanca para la Compañía de Jesús no se han conservado ninguno de los planos originales que trazó el arquitecto Juan Gómez de Mora para su construcción. Alfonso Rodríguez G. de Ceballos sugiere que tales documentos debieron estar guardados en el Archivo del Colegio, junto con los libros de fábrica, pero que tras la pragmática sanción de 1767 y que durante la guerra de la independencia el edificio sirvió de cuartel militar, estas láminas quedaron inutilizadas o se dispersaron.⁵⁶ Por otro lado, sí se ha logrado localizar el original del primer diseño para el edificio, proyecto que tuvo que ser rechazado al no disponer de los terrenos necesarios para su ejecución. Su descubridor, Fernando Marías, sugiere que esta lámina fue trazada por Juan Gómez de Mora⁵⁷ y lo data a 1616, año de su primer viaje a la ciudad del Tormes, mientras que Rodríguez G. de Ceballos lo atribuye al arquitecto carmelitano fray Alberto de la Madre de Dios en 1614⁵⁸, que por entonces ejercía de arquitecto real.

Para llegar a la traza más antigua del actual edificio tenemos que remontarnos a 1769, cuando ya extinta la orden en nuestro país, Carlos III destinó el edificio a cuatro instituciones para lo cual envió cinco planos trazados a color a fin de señalar la división. Estas láminas están localizadas en el Archivo Histórico Nacional y fueron realizadas por Juan de Sagarvínaga y Simón Gabilán Tomé.⁵⁹

⁵⁶ Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, p.42.

⁵⁷ Marías, F. (1994). El primer proyecto de Juan Gómez de Mora para el Colegio de <<La Clerecía>> de Salamanca. En A. Bonet Correa, *Tiempo y espacio en el arte* (págs. 469-480).

⁵⁸ Rodríguez G. de Ceballos, A. (2010). La arquitectura jesuítica en Castilla. Estado de la cuestión. *La arquitectura jesuítica. Actas del Simposio Internacional* (pp.305-325), p.316.

⁵⁹ AHN-Archivo Histórico Nacional de Madrid, 1769. Clero jesuitas. Legajo. 187, nº 16. En Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, p.128.

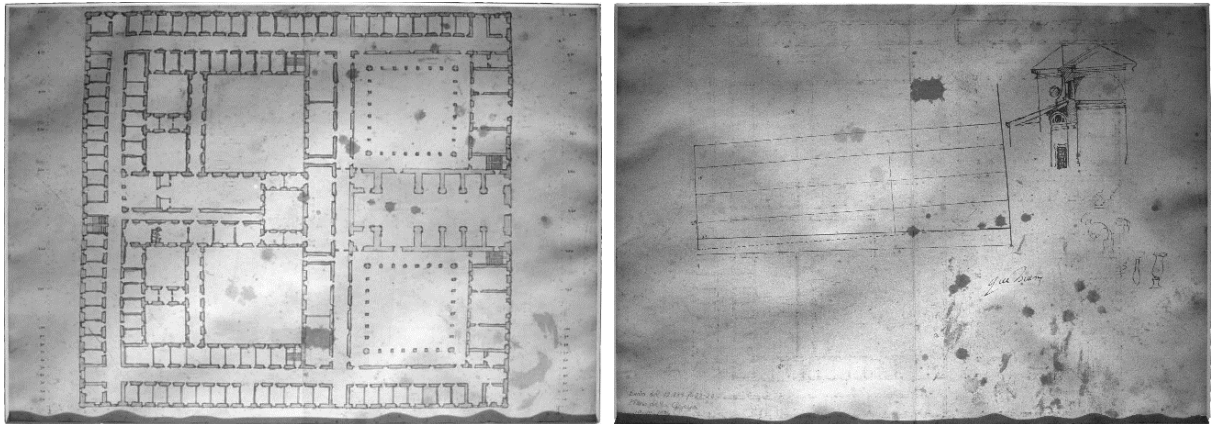


Ilustración 33 y 34- Planta y alzado para el Real Colegio de Salamanca. Atribuida a fray Alberto de la Madre de Dios. (1614).

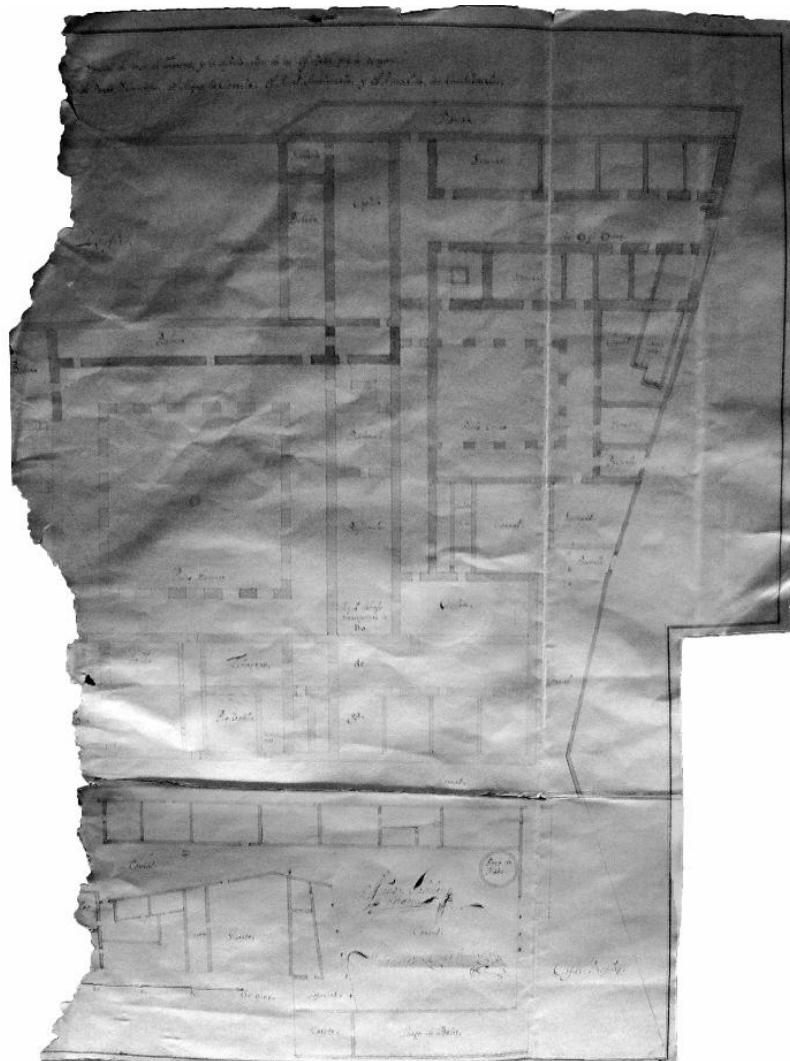
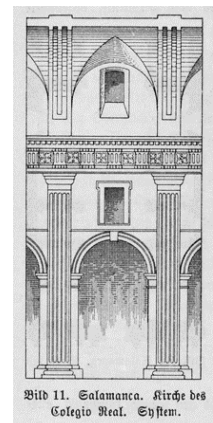
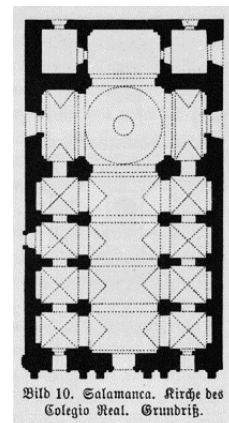
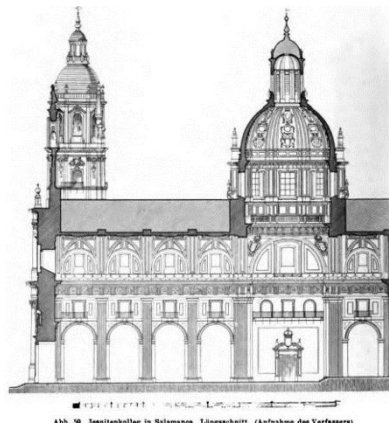
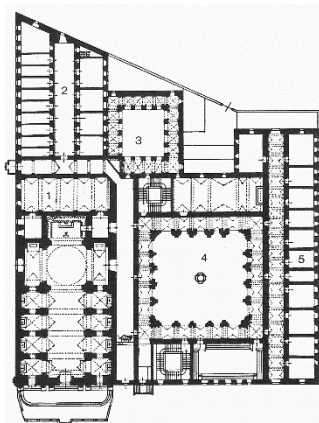


Ilustración 35- Fragmento de la planta del Real Colegio de Salamanca. Juan de Sagarvínaga y Simón Gabilán Tomé. (1769)

TRAZAS MODERNAS-INTERVENCIONES POSTERIORES

Revisado en diferentes libros, tanto monografías del Real Colegio como textos de historia del arte, es común la presentación de la planta del conjunto trazada por el historiador alemán Otto Schubert. Esta planta es vista por primera vez en un compendio sobre historia del arte barroco en España que publicó en el año 1908⁶⁰ y reaparece en los numerosos trabajos sobre arte en Salamanca, arquitectura jesuítica y en concreto en el monográfico sobre el Real Colegio que escribió el profesor y jesuita Rodríguez G. de Ceballos, como también lo usa el profesor Fernando Marías en su artículo sobre el primer proyecto para el colegio.⁶¹ Otro documento de interés viene de la mano del también estudioso alemán, el padre Braun (1913). En su libro “*Spaniens alte jesuitenkirchen; ein beitrag zur geschichte der nachmittelalterlichen kirchlichen architektur in Spanien*” encontramos una planta y un detalle alzado de la iglesia.⁶²



Ilustraciones 36 y 37-Alzado del templo y planta del colegio según O. Schubert (1908).

Ilustraciones 38 y 39-Planta y detalle del templo de J. Braun (1913)

⁶⁰ Schubert, O. (1908). *Geschichte des Barock in Spanien*. Obra traducida en 1924 como *Historia del barroco en España*.

⁶¹ Lo podemos ver en los trabajos de Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969) *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, p.40; en (2002) *La arquitectura de los Jesuitas*, p.17; y en (2010) *La arquitectura jesuítica en Castilla. Estado de la cuestión. La arquitectura jesuítica*. Actas del Simposio Internacional (pp.305-325), p.316. También se repite dicha planta en el artículo de Marías, F. (1994). *El primer proyecto de Juan Gómez de Mora para el Colegio de <<La Clerecía>> de Salamanca*, p.480 en A. Bonet Correa, *Tiempo y espacio en el arte* (pp.469-480).

⁶² Braun, J. (1913). *Spaniens alte jesuitenkirchen; ein beitrag zur geschichte der nachmittelalterlichen kirchlichen architektur in Spanien*. p.81-82.

Dada la inexistencia de información gráfica del conjunto en los archivos históricos de Salamanca, se ha recurrido a la búsqueda de posibles intervenciones posteriores en las que poder apoyarse para estudiar su geometría y sus dimensiones.

En primer lugar, sabemos que en 1983 finalizan las labores de consolidación y restauración de la cúpula⁶³, obras bajo la dirección del arquitecto Antonio Fernández Alba que ha dado lugar a una interesante publicación que aborda los aspectos técnicos de tan magna obra.⁶⁴ En este libro encontramos varios planos realizados por Francisco Gálvez Martín y Alejandro Palancares Gayo pertenecientes al estudio de Fernández Alba. Por otro lado, en el libro publicado por la Universidad Pontificia de Salamanca tras las excavaciones arqueológicas realizadas en el Patio de la Comunidad, vemos una serie de planos modernos con referencia a pertenecer al Instituto de Restauración y Conservación de los Bienes culturales, con autoría de estos al arquitecto Valentín Berriochoa en 1988.⁶⁵ De las últimas intervenciones se ha hecho cargo el equipo Sánchez Gil arquitectos, estudio con casa en Salamanca, que desde 2000 llevan a cabo el plan director de la real clerecía de san marcos con las restauraciones del Claustro de los Estudios, los tránsitos del Pabellón de los Estudios y las torres de la Clerecía.⁶⁶

⁶³ Rosell, M. d. (1983). *Concluye la restauración de la cúpula barroca de San Marcos, en Salamanca*. El País.

⁶⁴ Me refiero al libro “Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca” (1993).

⁶⁵ Aramburu-Zabal, M. Á. (2000). Arquitectura y arte en el Colegio. En J. González Echegaray, *El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia*. (págs.331-392).

⁶⁶ Referencias tomadas directamente desde su espacio web:
<http://www.sanchezgilararquitectos.com/restauracion.htm>

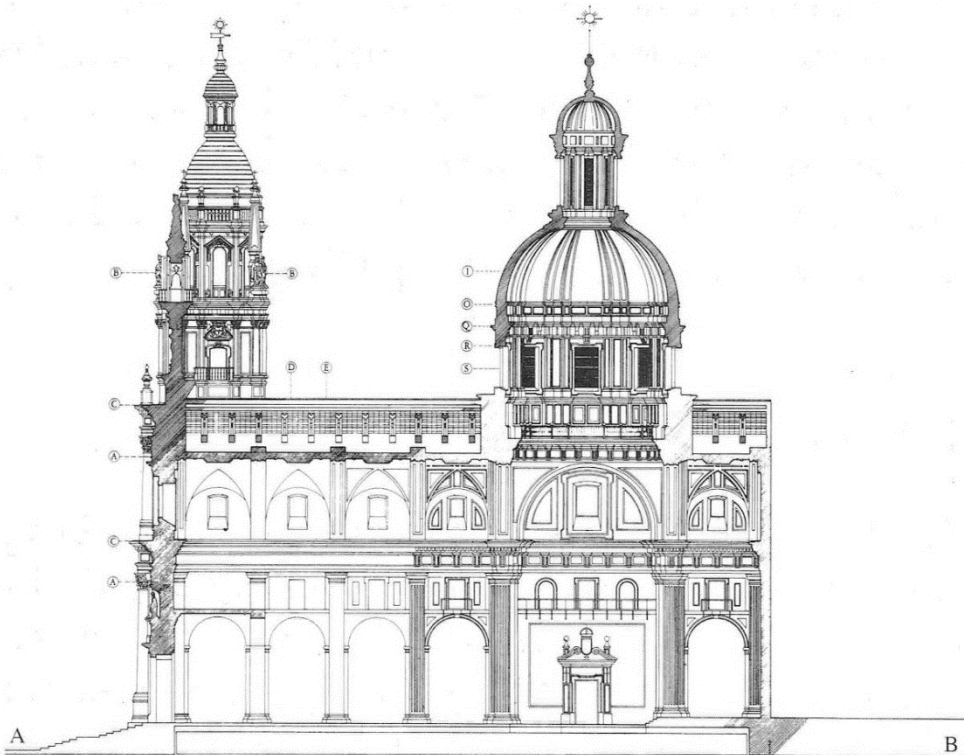


Ilustración 40- Sección longitudinal de la Iglesia del Espíritu Santo, La Clerecía de Salamanca. Estudio Fernández Alba. (1983)

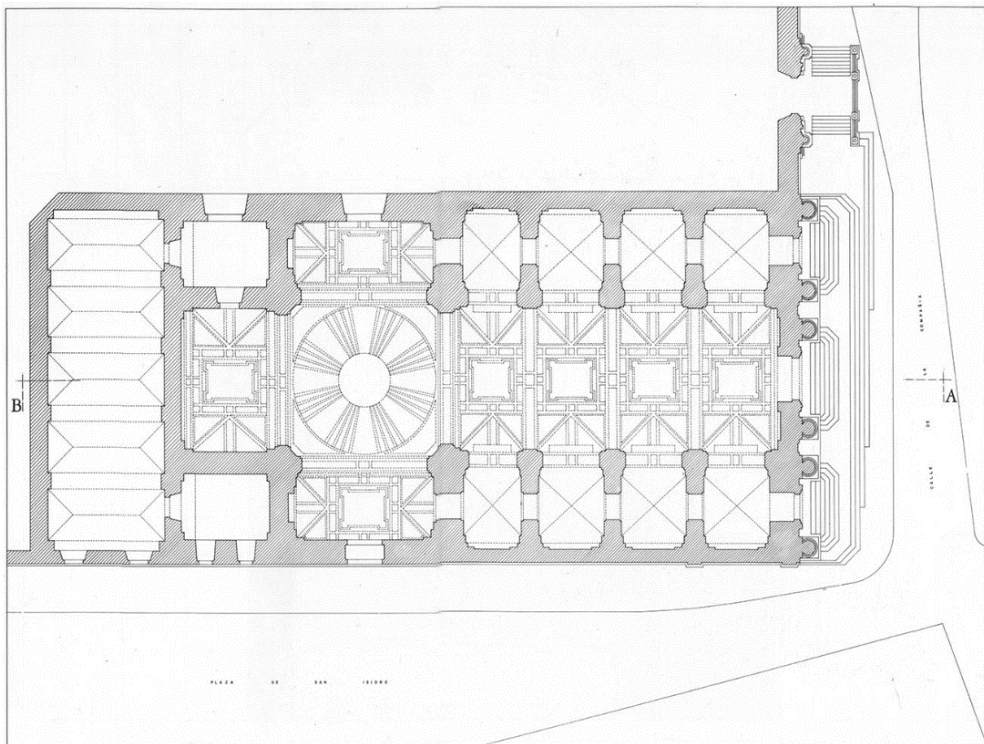


Ilustración 41- Planta de la Iglesia del Espíritu Santo, La Clerecía de Salamanca. Estudio Fernández Alba. (1983)



Ilustración 42- Alzado principal de la Iglesia y Colegio de la Compañía de Jesús en Salamanca. Valentín Berriochoa. (1988)

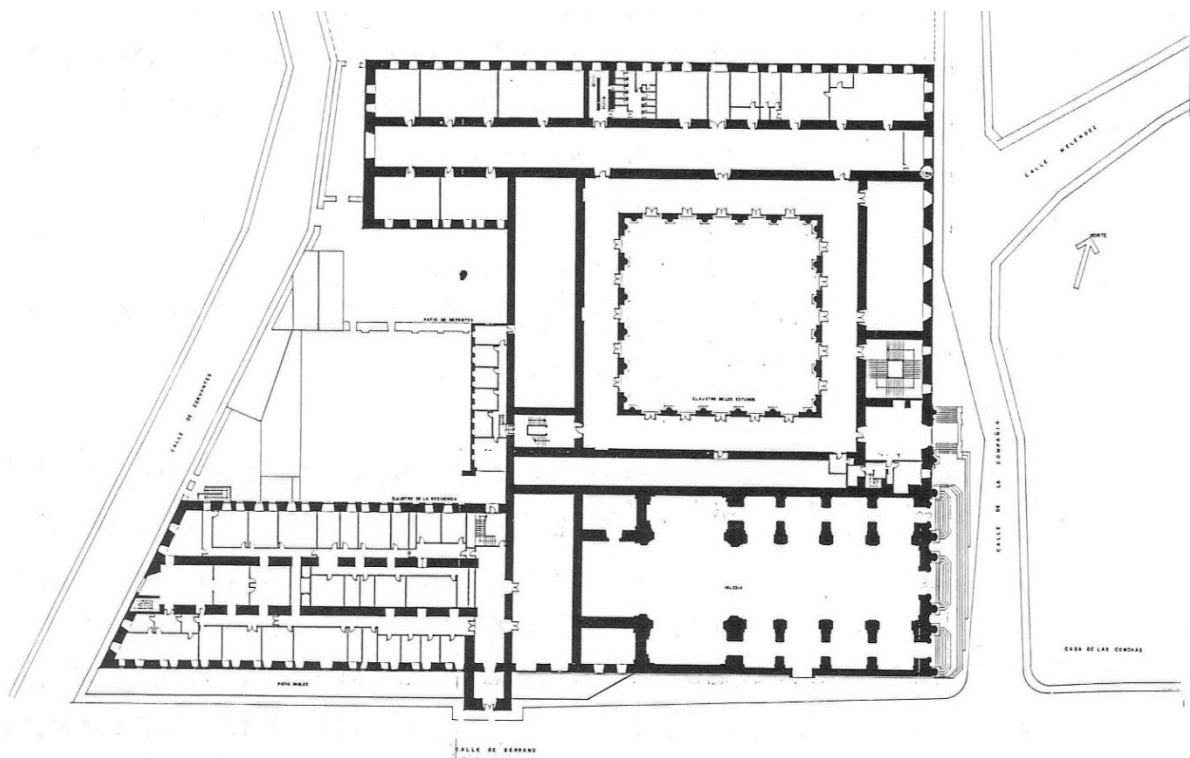


Ilustración 43- Planta Real Colegio de la Compañía de Jesús en Salamanca. Valentín Berriochoa. (1988)

LEVANTAMIENTO Y TRAZA:

MEDICIONES DIRECTAS

Al no dar con la ubicación de las trazas originales y al no localizar los planos realizados en las sucesivas restauraciones, solo disponía como apoyo gráfico de las imágenes que aparecen en los libros “*Geschichte des Barock in Spanien*” (1908), “Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca” (1993) y “El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia” (2000).

A fin de contrastar estos documentos, se realizó una primera inspección al interior de la iglesia en la que se recogió mediante cinta métrica y flexómetro las distancias de la planta. Tomando medidas de forma directa y mediante la triangulación, pude recoger las dimensiones de la base de las pilastras y la luz entre ellas y de esta manera tener una aproximación del diámetro del tambor y la cúpula (ver *Tabla 3*). Sin embargo, estos datos no son suficientes para conocer cómo es la sección transversal de la cáscara de la cúpula y el tambor, momento en el tomé referencia las trazas tomadas del libro de Fernández Alba (1993).

En una segunda inspección al templo se recogieron las distancias verticales con un medidor laser con un alcance de 70 metros. En esta visita tomé las alturas referentes a los capiteles de las pilastras, la altura de pavimento a clave de los arcos torales, la distancia a los distintos anillos que embellecen la estructura que son los que nacen de las pechinas inferiores al tambor y los anillos finales e iniciales de la cúpula y cupulino, así como también anoté la altura de pavimento a clave del cupulino (ver *Tabla 4*).

DISTANCIAS HORIZONTALES		Cinta métrica y laser (m)
a	Distancia base entre pilares	10,88
b	Distancia de eje a eje de pilares	13,91
c	Ancho de columna	1,38
d	Ancho del chaflán	0,70
e	Distancia diagonal de pilares, de chaflanes	16,95

Tabla 3- Distancias horizontales recogidas in situ.

DISTANCIAS VERTICALES		Distanciómetro laser (m)
f	Altura de pavimento a clave del cupulino	53,45
g	Distancia de centro del crucero al anillo sup. linterna	50,10
h	Distancia de centro del crucero al anillo inf. linterna	43,45
i	Distancia de centro del crucero a anillo final cúpula mayor	42,50
j	Distancia de centro del crucero al anillo sup. tambor	34,93
k	Distancia de centro del crucero al anillo inf. tambor	25,88
l	Altura de pavimento a clave de arco toral	22,60
m	Altura de pavimento a cornisa base del arco toral	15,57
n	Altura de pavimento a cornisa bajo friso	13,35

Tabla 4- Distancias verticales recogidas in situ.

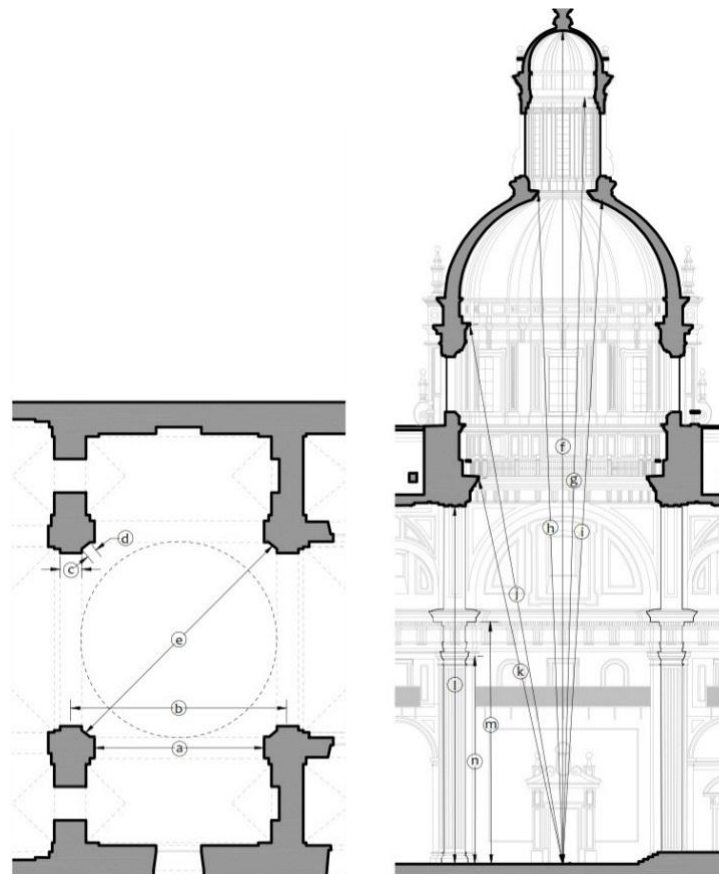


Ilustración 44- Croquis en planta y alzado de las distancias recogidas.

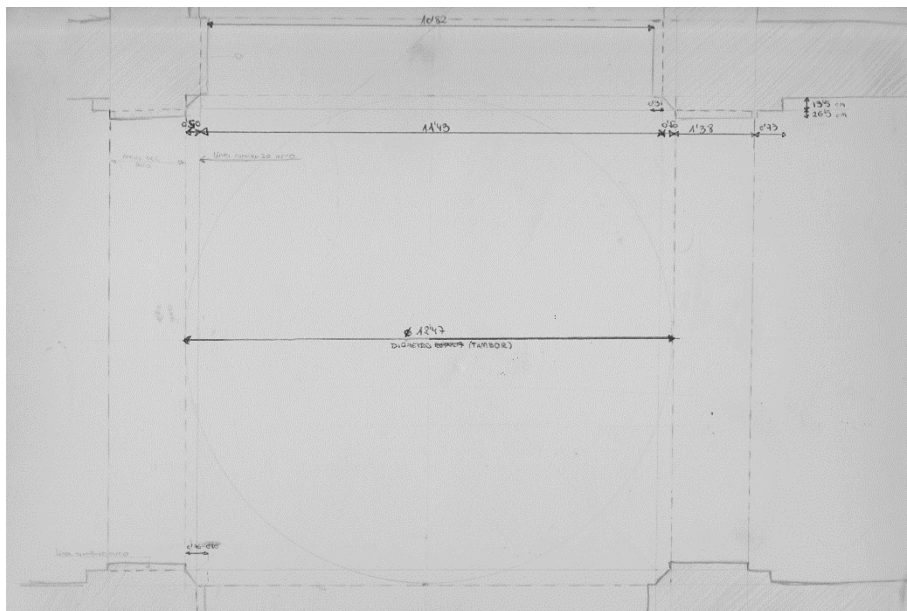
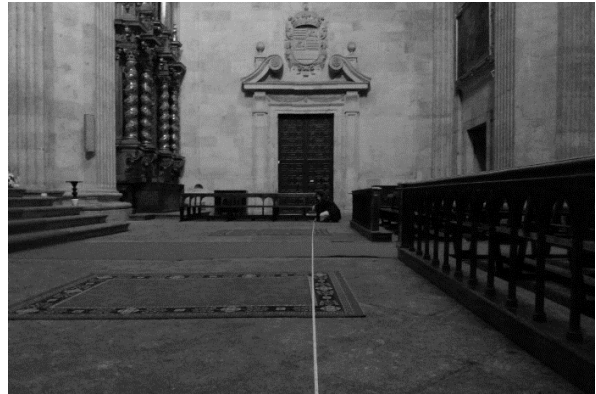


Ilustración 45- Toma de medidas in situ con flexómetro, cinta métrica y distanciómetro láser.

LEVANTAMIENTO Y TRAZA: MEDICIÓN INDIRECTA

La inaccesibilidad tanto al exterior como al interior de la cúpula imposibilitó la continuación de toma de datos de forma directa. Para ello se optó por realizar un estudio fotogramétrico, técnica cada vez más demandada para la catalogación y estudio del patrimonio cultural.

La *fotogrametría* es una técnica de captación tridimensional de un objeto o espacio a partir de imágenes fotográficas con objeto de obtener información de su geometría y dimensión. El proceso de una fotogrametría digital comienza con la toma fotográfica. El trabajo se dividió en dos partes, una realizada en el interior de la iglesia y la segunda en el exterior siendo captada la cara Este de la cúpula por la imposibilidad de obtener una secuencia en 360°. En el interior se realizaron veinticinco estacionamientos y cinco en el exterior (ver *Ilustración 46* y *Ilustración 47*). En cada estacionamiento se tomaron imágenes con diferentes orientaciones e inclinaciones de cámara siguiendo la altura del templo. En este trabajo me acompañó el fotógrafo Marco Leonato que utilizó una cámara Canon 6D con un objetivo de 28mm 1.8 apoyada en trípode.

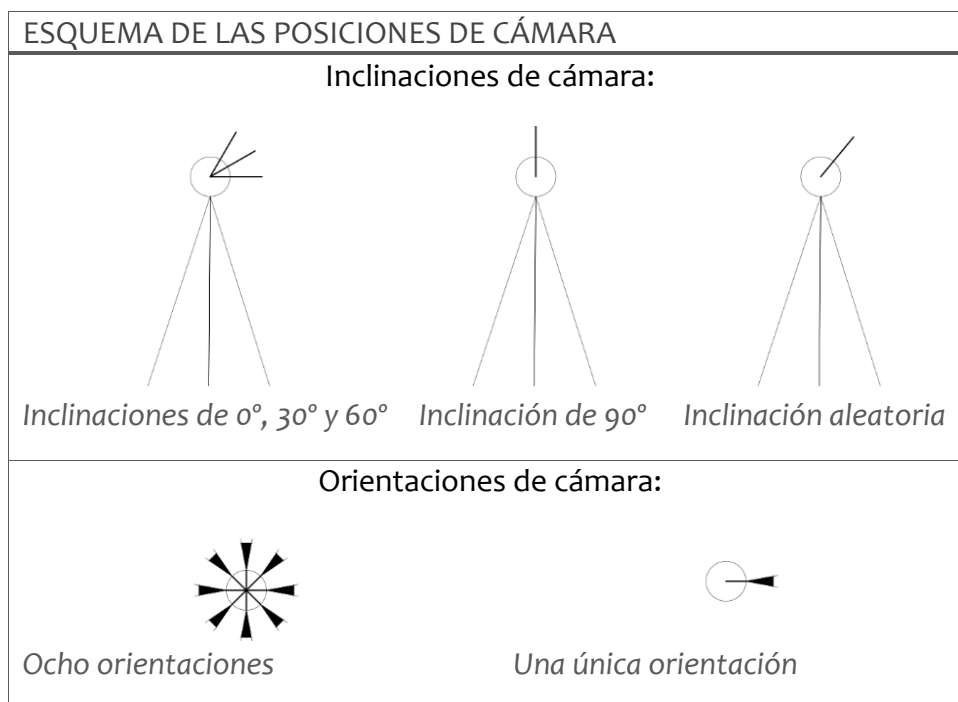


Tabla 5- Esquema de las posiciones y orientaciones de la cámara.

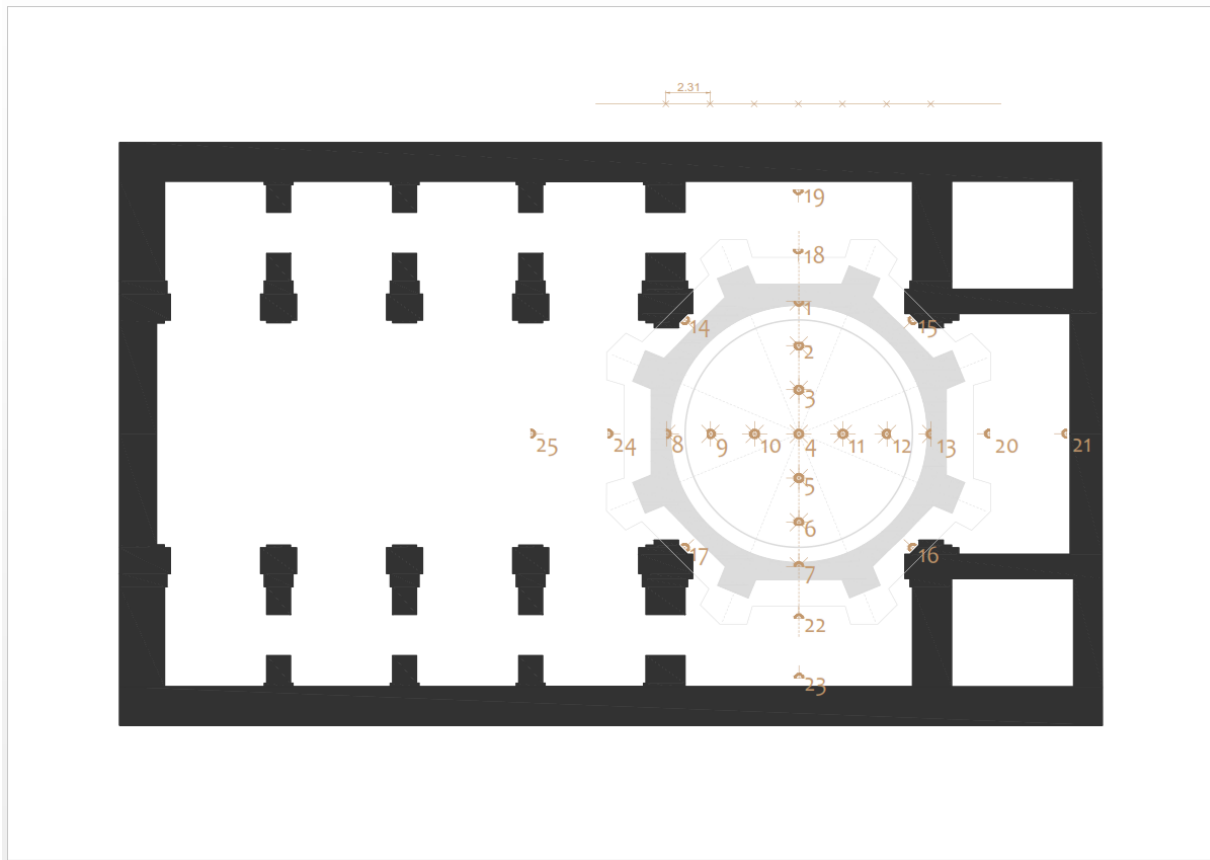


Ilustración 46- Esquema de la toma fotográfica realizada en el interior de la iglesia del Espíritu Santo, Salamanca. Detalle de los puntos de estacionamiento.

ESTACIONAMIENTO INTERIOR					
PUNTOS	DESCRIPCIÓN	Nº PUNTOS	ORIENTACIONES	INCLINACIONES	Nº FOTOS
1-13	Inclinaciones de cámara de 0° (horizontal), a 30° y a 60° y en cada posición una foto por orientación.	13	8	3	312
1-13	Inclinación de cámara de 90°, fotografías de techo.	13	1	1	13
14-25	Inclinación y orientación de cámara hacía el centro de la cúpula.	12	1	1	12
Nº total de estaciones:		25	Nº total de fotografías:		337

Tabla 6- Orientaciones e inclinaciones por estacionamiento del interior del templo.

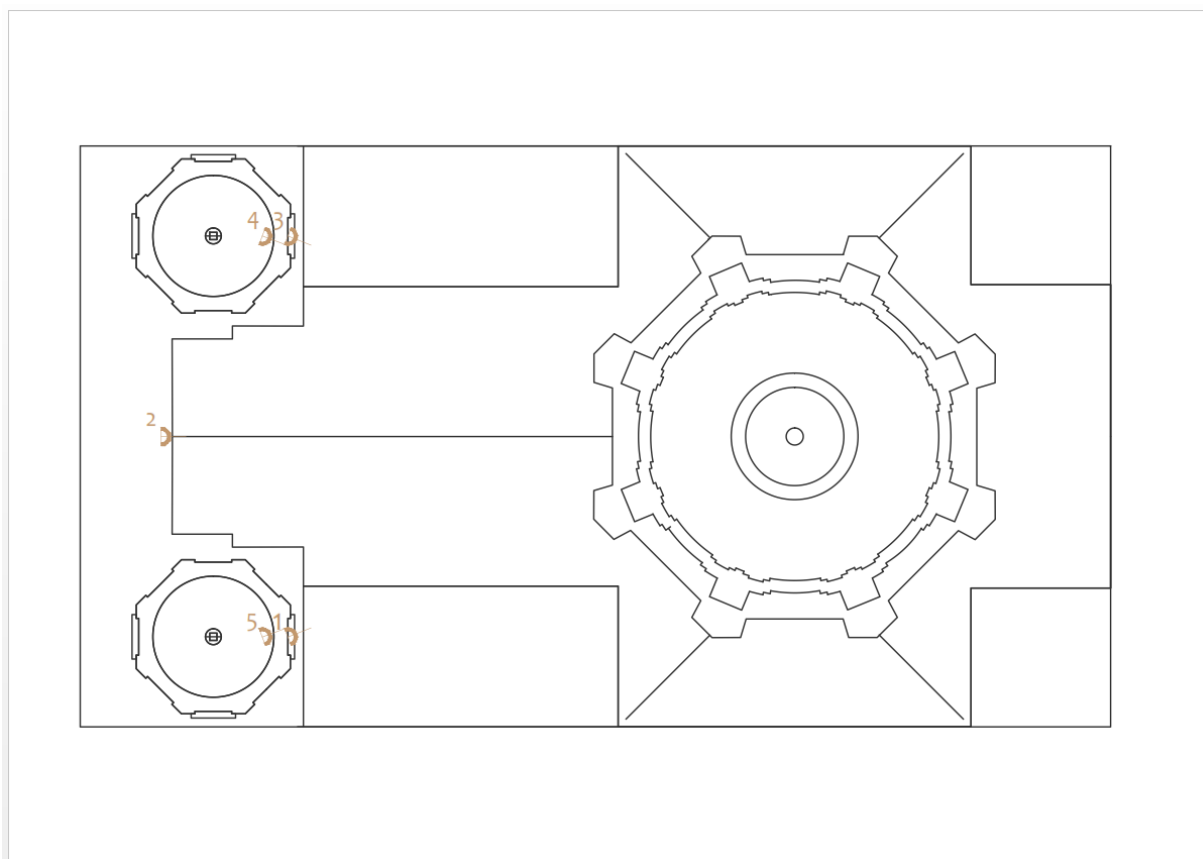


Ilustración 47- Esquema de la toma fotográfica realizada en el exterior de la iglesia del Espíritu Santo, Salamanca. Detalle de los puntos de estacionamiento.

ESTACIONAMIENTO EXTERIOR					
PUNTOS	DESCRIPCIÓN	Nº PUNTOS	ORIENTACIONES	INCLINACIONES	Nº FOTOS
1-3	Inclinación y orientación de cámara hacia el centro de la cúpula. Puntos desde los balcones de las torres.	3	1	3	9
4-5	Inclinación y orientación de cámara hacia el centro de la cúpula. Puntos desde los campanarios de las torres.	2	1	3	6
Nº total de estaciones:		5	Nº total de fotografías:		15

Tabla 7- Orientaciones e inclinaciones por estacionamiento en la cubierta del templo.



Ilustración 48- Toma fotográfica dentro del templo. En la imagen el fotógrafo Marco Leonato.



Ilustración 49- Equipo de trabajo en una de las visitas realizadas para la toma fotográfica. En la imagen Patricia Martín, autora del trabajo, junto al fotógrafo Marco Leonato.

La reconstrucción virtual en tres dimensiones se ha realizado mediante el software Agisoft Photoscan. Este programa procesa las imágenes y nos lo devuelve en un modelo en tres dimensiones desde el cual, una vez escalado, se puede trabajar para la obtención de medidas. El proceso de modelado sigue unas fases que describiré a continuación:

En primer lugar, el programa realiza la alineación de las imágenes cargadas en un mismo grupo o “*chunk*”. Este detecta puntos característicos comunes en las fotografías y los empareja. En este paso el programa nos devuelve una nube de puntos y muestra, además, las posiciones y orientaciones de la cámara. Esta nube de puntos se puede ampliar con el comando “*dense cloud*”. En el caso de la fotogrametría exterior, el programa devolvió un total de 20.202 puntos que al ampliar la nube resolvió un total de 10.314.850 puntos, mientras que en el caso de la fotogrametría interior, que trabajó con un número mayor de fotografías, el programa devolvió en un primer lugar 493.155 puntos que al ampliar sumaron un total de 24.837.004 puntos.

El siguiente paso consiste en la creación del modelo geométrico. Para ello el programa genera una malla del modelo a partir de la nube de puntos. El resultado es un conjunto de caras triangulares que cierran el volumen del elemento de estudio. La salida de éste se representa a color de manera monocromática con distinción de sombras.

Por último, el programa también trabaja la textura de las imágenes tomadas, asignando a cada triángulo de la malla una sección de la fotografía creando así un atlas de texturas. Todos estos pasos se generan de forma automatizada.

Este programa también tiene la opción de escalar el proyecto. Para ello situamos un mínimo de dos marcas sobre el modelo, o sobre una de las fotografías, y se anota la distancia entre ambos con el comando “*scale bar*”. El exterior de este proyecto se escaló sabiendo que las ventanas tienen una altura de 3.45m⁶⁷, mientras el interior, que al no tener una visión completa de las mismas, se tuvo como referencia la altura de pavimento a clave de linterna, distancia tomada en la campaña de medición directa in situ.

⁶⁷ Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*, p.48.

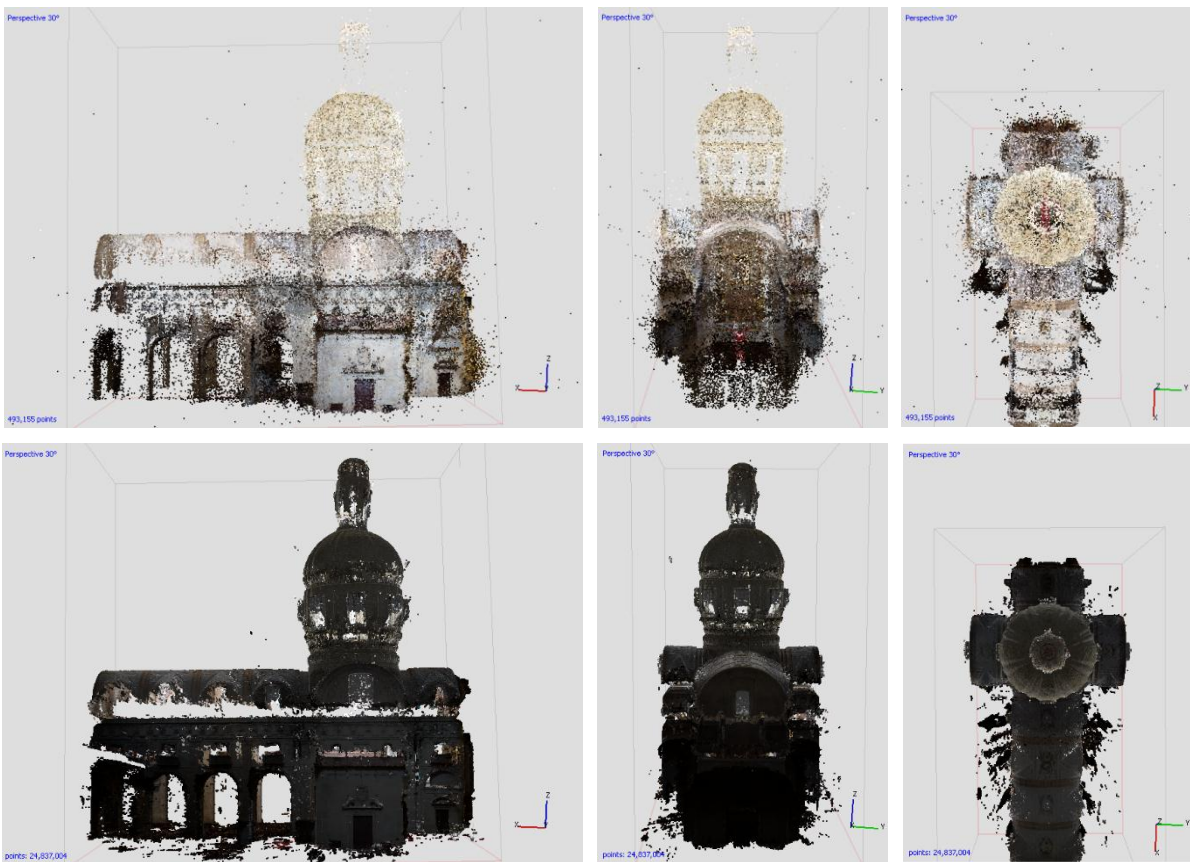
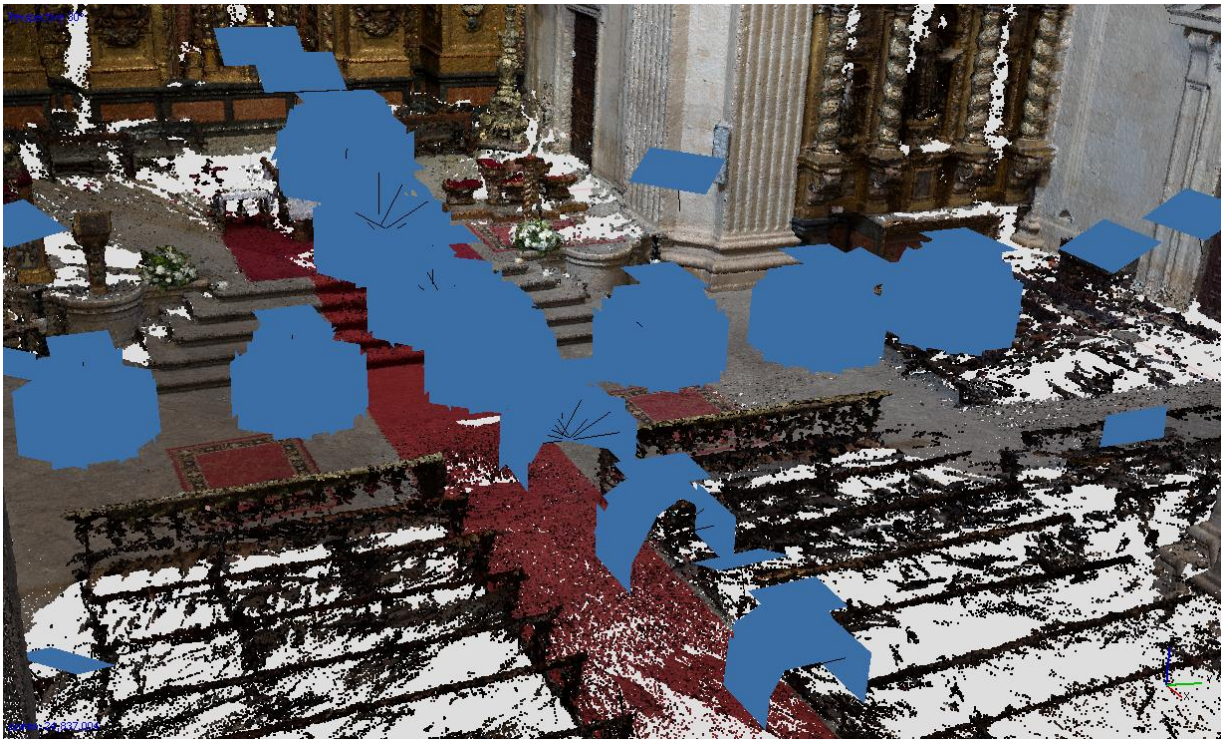


Ilustración 50- Arriba, vista de las posiciones y orientaciones de cámara. Abajo, imágenes de la nube de puntos simple (fila superior) y densa (fila inferior) desde diferentes vistas del escaneado 3D del interior de la iglesia mediante agisoft Photoscan.

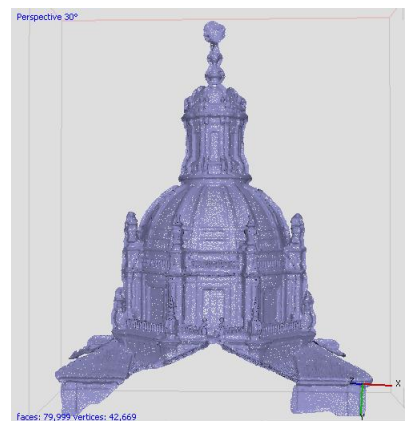
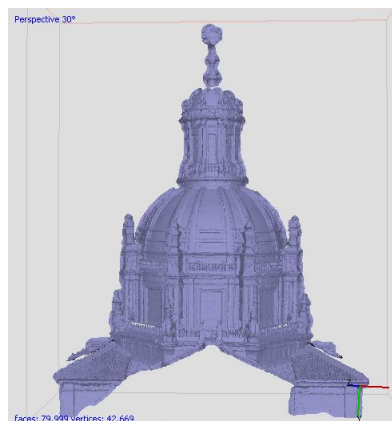
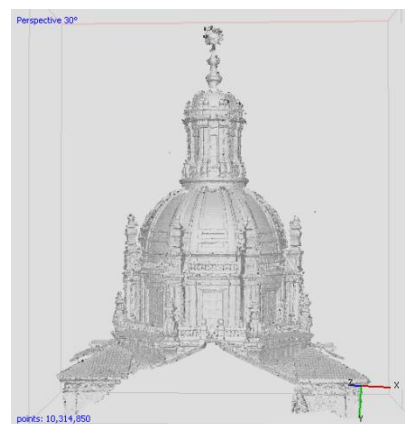
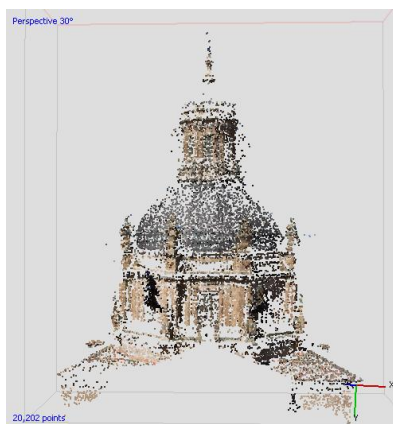
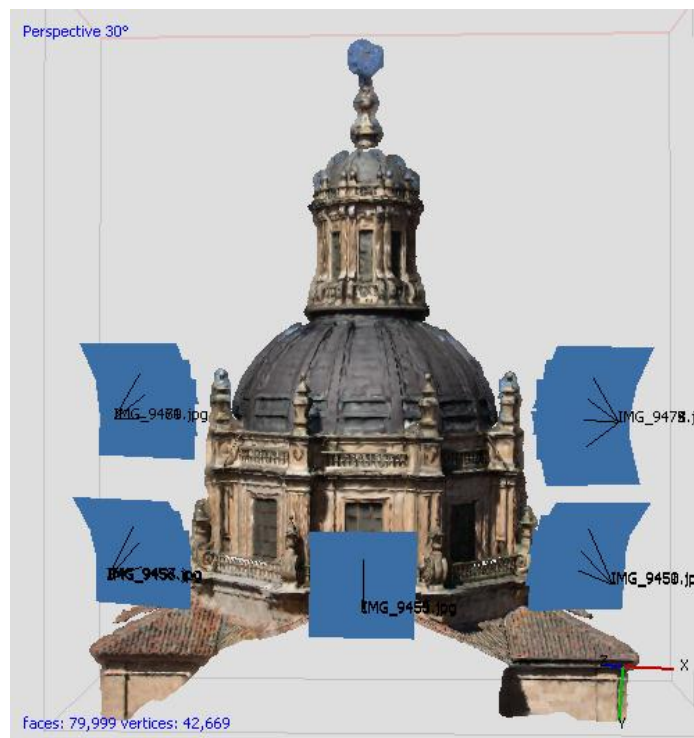


Ilustración 51- Arriba, vista de las posiciones y orientación de cámara. Abajo, imágenes del proceso de elaboración del escaneo 3D del exterior de la cúpula mediante agisoft Photoscan.

LEVANTAMIENTO Y TRAZA: MODELIZACIÓN CAD

El modelo tridimensional es de gran utilidad para los análisis de estabilidad, por ello, y tras tener una aproximación de las dimensiones de la cúpula, se ha procedido a realizar un levantamiento del conjunto con programas de modelado CAD a fin de determinar la estructura geométrica teórica.

En un principio, la descripción gráfica se realizó con el apoyo de las imágenes de los planos que aparecen en el libro de Fernández Alba (1993),⁶⁸ siendo estas escaladas con las referencias obtenidas en la primera campaña de medición, en la que solo se disponía de medidas en planta. Con ello obtuve una aproximación de las alturas de los distintos elementos que componen la estructura, dando como resultado una distancia de pavimento a clave del cupulino en torno a 50,50 metros, la clave de los arcos torales se elevaría a 21,20 metros y las columnas hasta la cornisa de inicio de los arcos cerca de los 14,50 metros. En la segunda campaña se tomaron las distancias verticales, y se comprobó que la clave del cupulino se eleva a 53,46 metros desde el suelo, que los arcos torales alcanzan su cota más alta a 22,60 metros y la altura de las pilastras hasta la cornisa de la base del arco toral es de 16,12 metros. Por tanto la iglesia es más esbelta de lo que señalan estos documentos.

El problema del cierre de la linterna.

Otra incógnita a resolver fue la solución constructiva al cierre de la linterna. El alzado presentado por Otto Schubert sugiere que la linterna finaliza con la formación de un doble cupulino a fin de ganar altura. Esta idea prosigue y volvemos a verlo entre las planimetrías de las obras de restauración dirigidas por Fernández Alba, en concreto en un plano detalle de la sección de la cúpula y linterna (*ver Ilustración 52 y 53*). Pero en el mismo libro donde encontramos esta imagen, vemos que existe controversia con otra imagen (*ver Ilustración 54*), la correspondiente al plano de la sección longitudinal de la iglesia, en la cual se puede apreciar que la linterna finaliza en un cupulino de una sola cáscara.

⁶⁸ *Ibíd*, pp.44-45

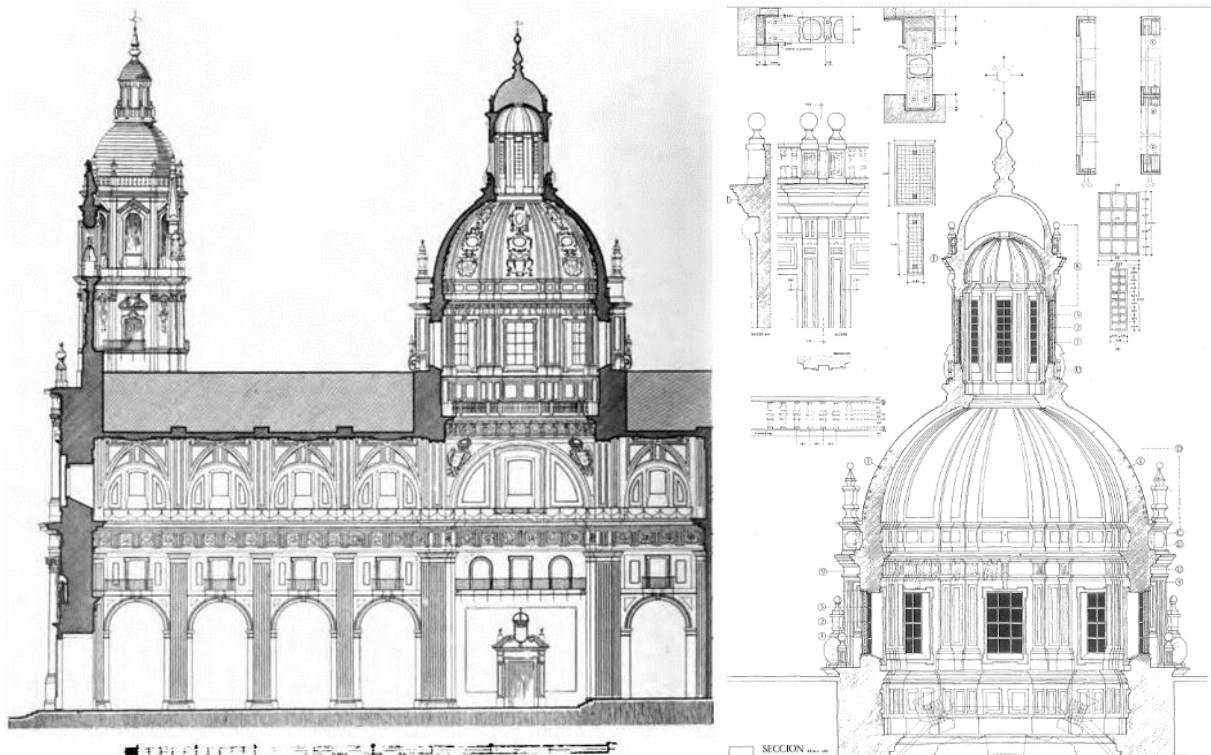


Ilustración 52 y 53- A la izquierda, sección longitudinal de la iglesia del Espíritu Santo según O. Schubert (1908). A la derecha, sección y detalles de la cúpula según estudio Fernández Alba (1983)

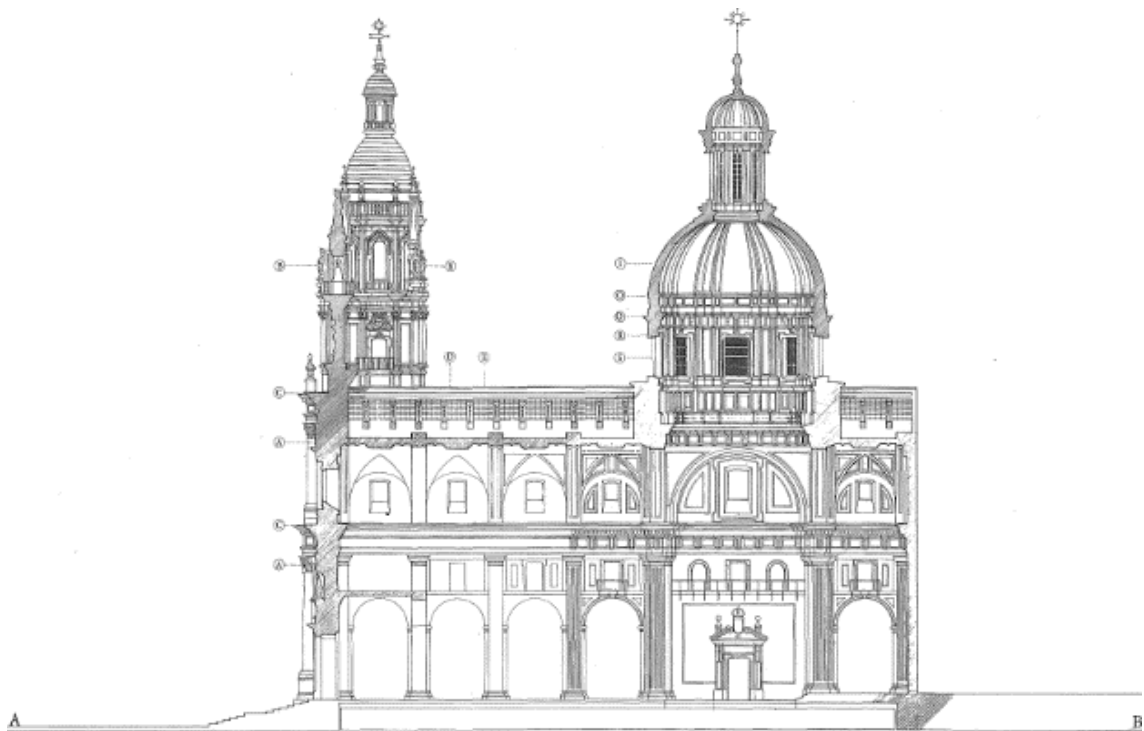


Ilustración 54- Sección longitudinal de la iglesia del Espíritu Santo según estudio Fernández Alba (1983)

Estas ilustraciones captaron mi atención y fue un punto que requirió una atención especial a fin de conseguir una aproximación más exacta de la composición real de la estructura. Además, resolver este punto es crucial para la realización del análisis de estabilidad.

En un primer lugar, al escalar la sección longitudinal conforme a las distancias horizontales tomadas in situ daba como resultado una diferencia de suelo a centro de la estrella del cupulino en torno a los 50,50 metros. Esto coincidiría con los datos descritos por Ceballos (1969) que afirma que “la cúpula supera a la nave del templo en más de la mitad de su altura, pues aquella alcanza los 51 metros mientras ésta no llega a los 24”⁶⁹. Pero a fin de contrastar estos datos se realizó una segunda visita con un distanciómetro laser conociendo entonces que la clave del cupulino se elevaba a 53,46m. Esta diferencia de 3m podría corresponder a la cáscara superior que describían los tracistas. Esto me llevó a pensar que tal vez el cupulino sea simple y no doble como se ha visto en diferentes textos puesto que, de serlo, el volumen del exterior de la linterna se vería más esbelto.

Al no ser posible la comprobación de forma directa del elemento, fue indispensable el estudio fotogramétrico del interior y exterior de la iglesia descrito en la página 69 en adelante. Una manera de comprobar la sección es mediante la composición de nubes de puntos de ambos modelos que surjieron como resultado de la alineación de las fotografías. De esta manera sabremos que en caso de apreciar una diferencia considerable entre la cota más alta del modelo exterior con la clave del cupulino del modelo interior se podrá considerar la solución de dos cáscaras de media naranja como cierre de la linterna. En el caso contrario, si ambos modelos se encuentran a escasa diferencia, la solución más acertada sería la de una única cáscara.

Para poder trabajar sobre los modelos y consultar así más distancias para componer la traza, se trasladaron las nubes de puntos de los modelos en tres dimensiones obtenidos tras el trabajo fotogramétrico a un archivo .las que posteriormente fueron importados a un programa de modelado tridimensional CAD. El programa elegido fue AutoCad y con él se

⁶⁹ Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, p.85.

trabajaron ambas nubes de puntos para la conexión del interior y exterior de la cúpula. Al no haber puntos visibles comunes se utilizó como referencia el centro de la base de la cúpula, apoyado en una línea imaginaria que pasaría de extremo a extremo en dos ejes perpendiculares de la circunferencia generada por la cúpula interior y exterior, haciendo coincidir con los vidriales de las ventanas.



Ilustración 55- Composición de nubes de puntos interior y exterior. Vista isométrica, perteneciendo a la cara Sudeste del conjunto. Elaboración propia.



Ilustración 56 y 57- Composición de nubes de puntos interior y exterior. Vista alzado Este y sección. Elaboración propia.

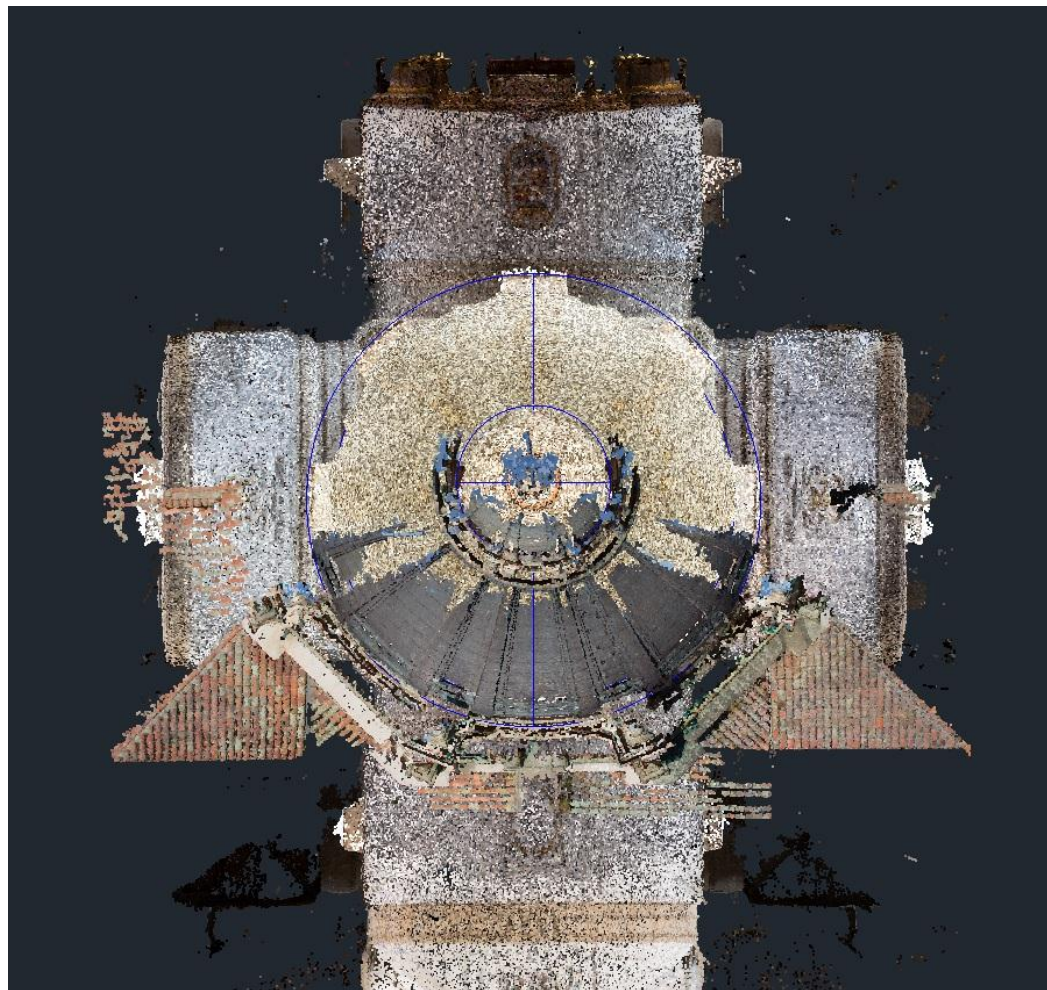


Ilustración 58- Composición de nubes de puntos interior y exterior. Vista en planta. Elaboración propia.

Como se puede apreciar el volumen del modelo tridimensional del interior de la iglesia coincide prácticamente con el volumen del conjunto exterior, no siendo posible la solución de doble cáscara. Se toma nota de las distancias de las circunferencias del interior y la del exterior del cupulino que nos devuelve una diferencia en torno a los 40cm en su base y 15 en la clave. Con este resultado se puede afirmar que el cierre de la linterna se compone de una sola capa de sillería.

Presentación de las trazas.

Con ayuda de los croquis de las mediciones directas e indirectas tomadas in situ y el análisis de la nube de puntos, el siguiente paso fue la elaboración de las trazas. Para ello se han utilizado diversos soportes CAD según la necesidad, así como AutoCad para las plantas, alzado y perfiles y Google SketchUp y Revit para el modelado tridimensional. Al tener la sección y saber las dimensiones se ha modelado el conjunto idealizándolo y ajustando las medidas a unos valores teóricos obviando la desviación de la linterna. Con esta base se ha determinado los distintos elementos de la cúpula presentando para ello trazas en las distintas vistas: planta, alzado y secciones longitudinales, como también planimetrías acotadas y además de un modelado tridimensional que servirá de apoyo para el cálculo analítico de la estructura.

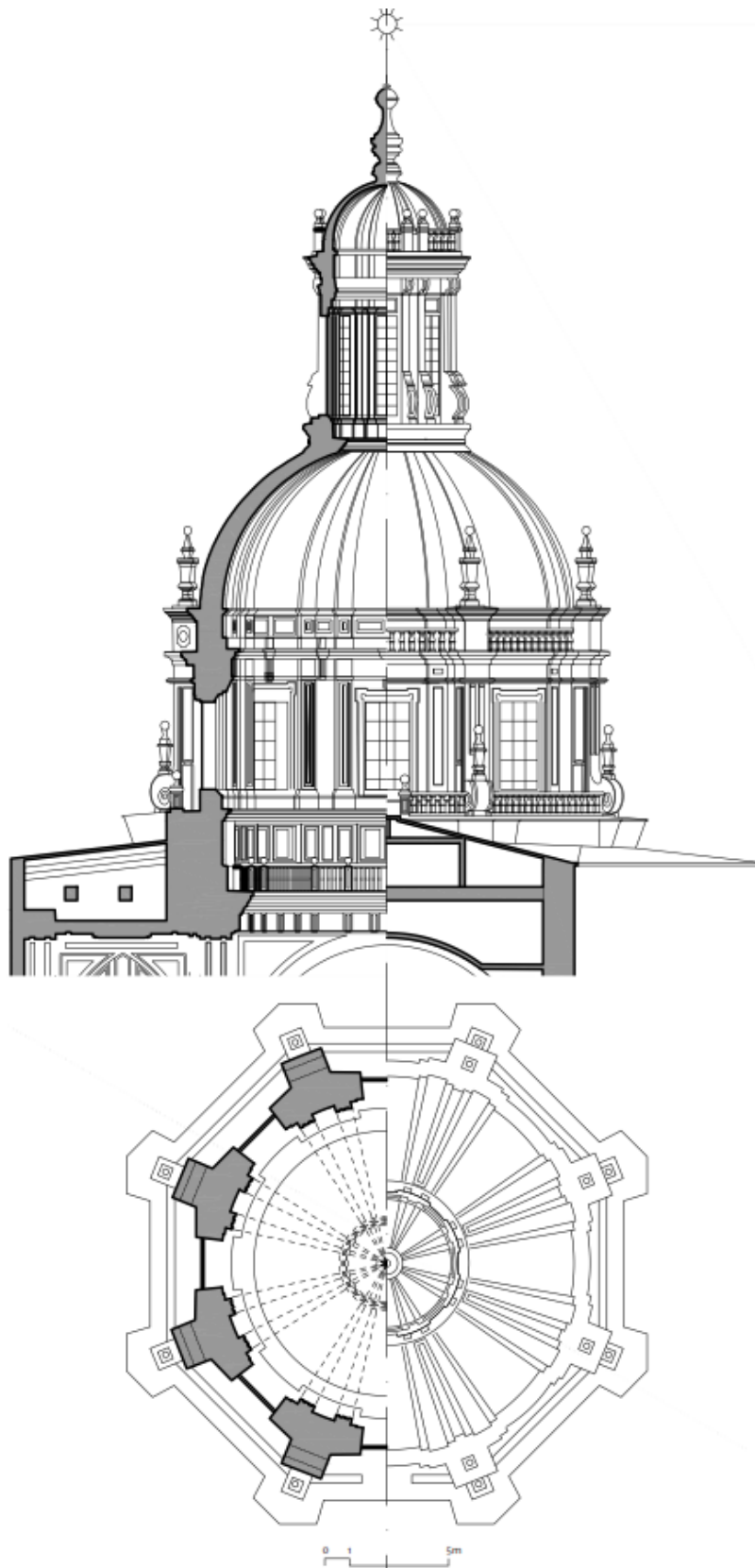


Ilustración 59- Relación entre el interior y el exterior de la cúpula en vista alzado y planta. Elaboración propia.

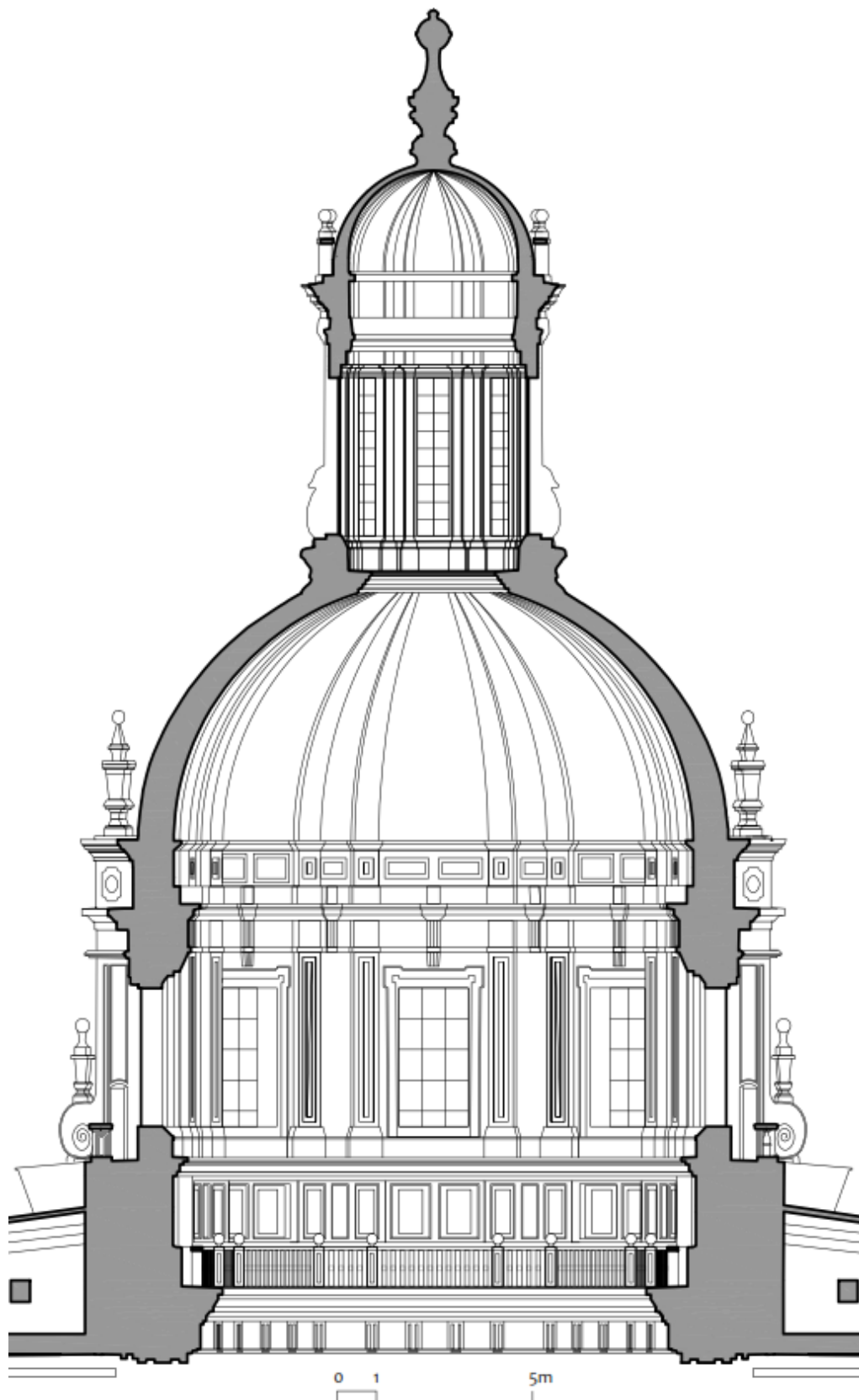


Ilustración 60- Sección transversal de la cúpula con proyección. Elaboración propia.

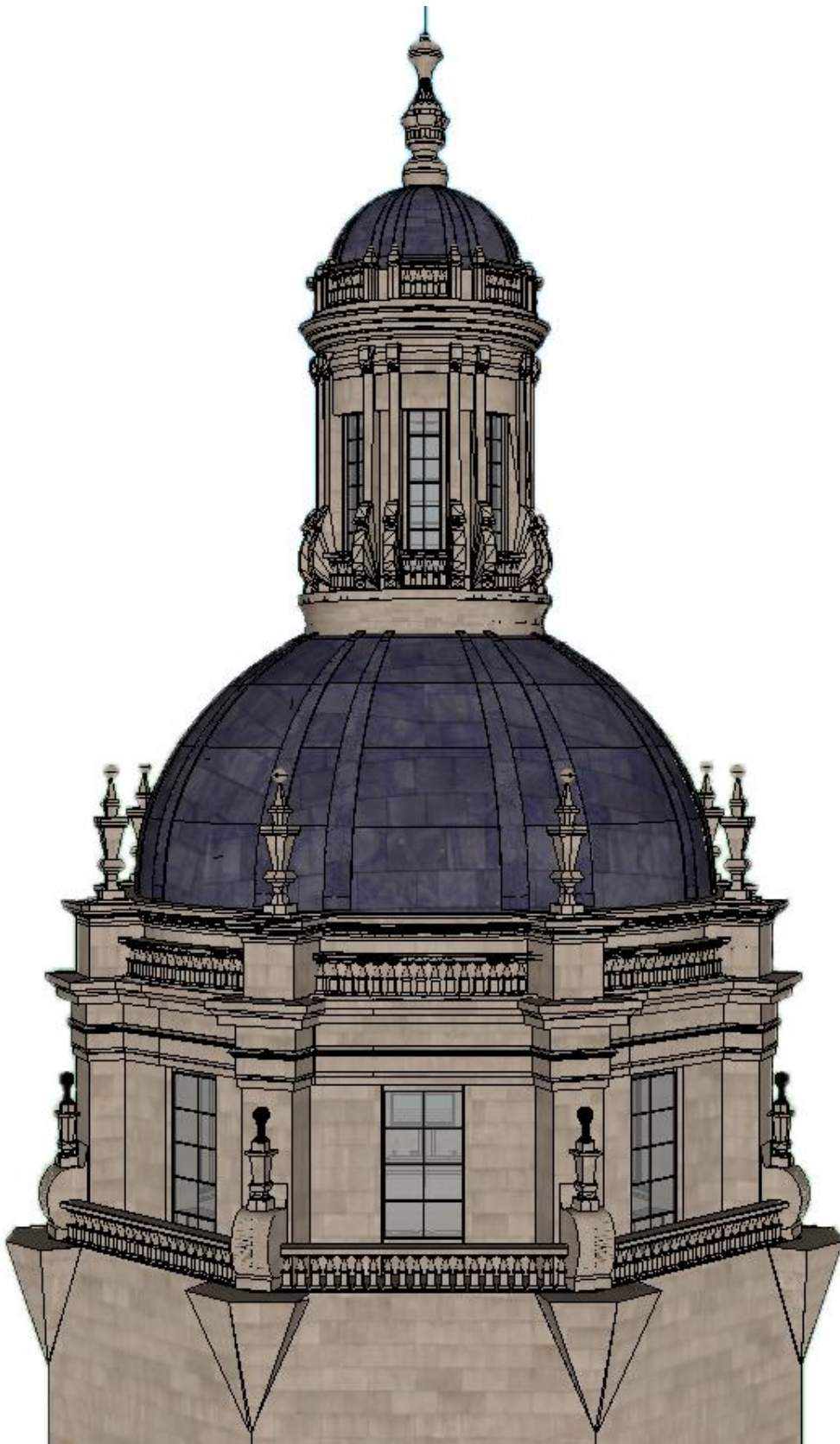


Ilustración 61- Volumetría con texturas de la cúpula en vista alzado. Elaboración propia.

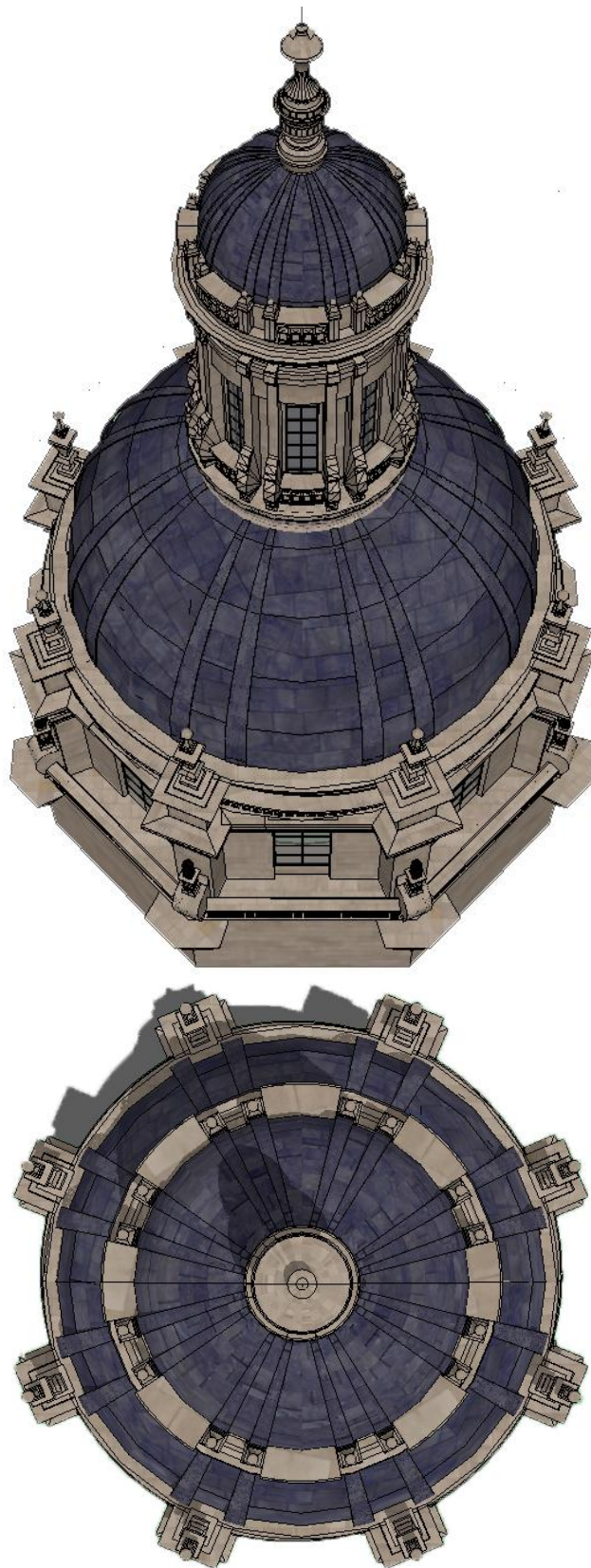


Ilustración 62 y 63- Volumetría contexturas de la cúpula en vista planta y vista aérea. Elaboración propia.

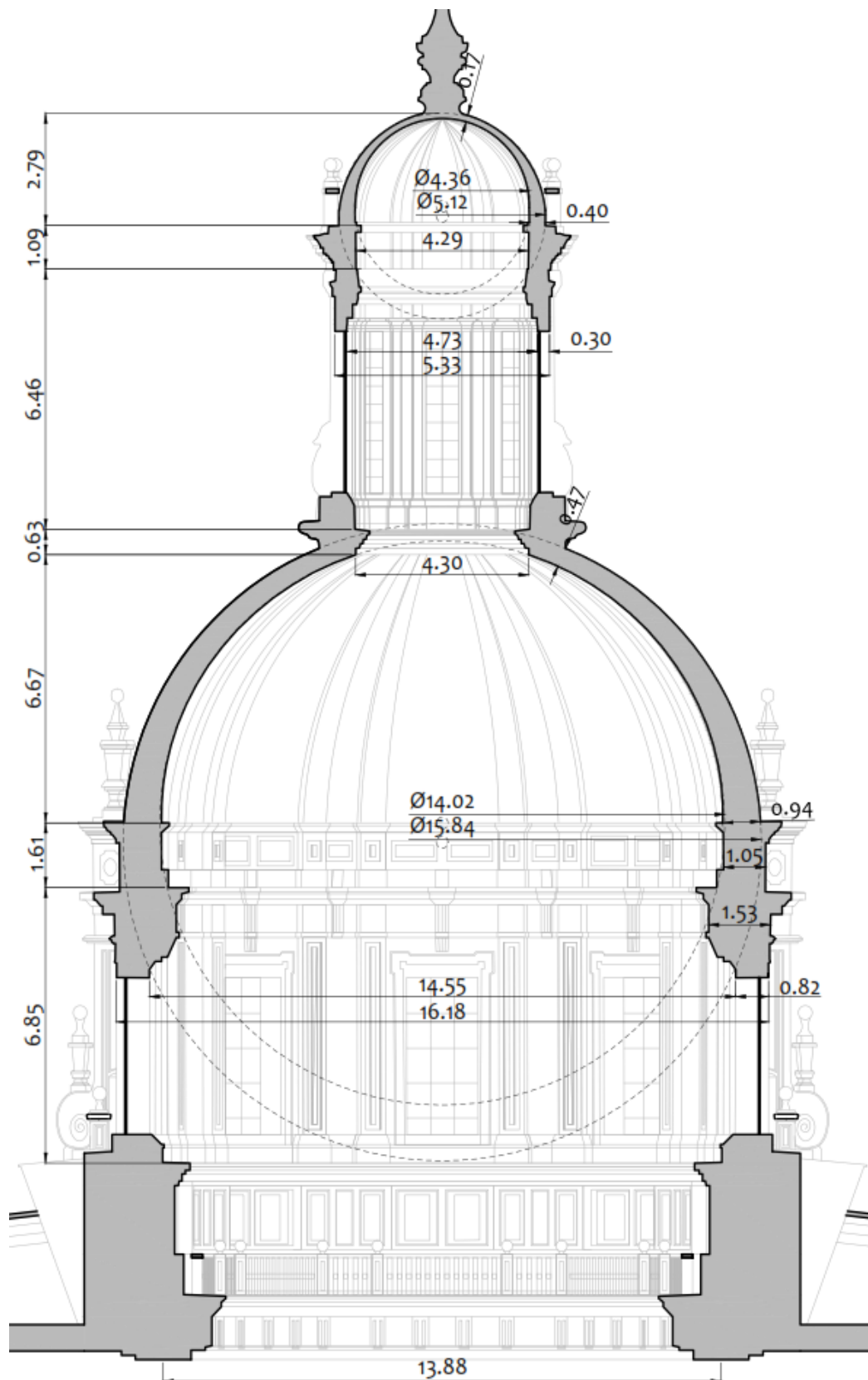


Ilustración 64- Sección acotada de la cúpula. Elaboración propia.

ESTEREOTOMÍA

La ciudad vieja de Salamanca cuenta con numerosos monumentos y conjuntos histórico-artísticos que la declararon Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1988. El valor de la construcción monumental e histórica deriva de un elemento común: la piedra natural. Y es que Salamanca es identificada con una piedra que viste el centro histórico de la ciudad, la piedra arenisca de Villamayor.

Mapa geológico.

La ciudad se localiza en una zona de gran diversidad litológica. En las proximidades a ella se tienen varias formaciones sedimentarias detríticas del Terciario de la Cuenca del Duero: la arenisca *Piedra Franca de Villamayor* y el conglomerado silicificado *Piedra Tosca*. Estas rocas de origen sedimentario fueron formadas por los ríos que surcaban la región hacia él, cuando el clima era mucho más cálido que el actual, con carga de grava (piedra tosca) y arena (piedra franca). Su cercanía al núcleo urbano propició su uso en todos los períodos históricos, principalmente en el románico, el gótico y el plateresco. Además de la arenisca, en los alrededores a la ciudad vieja afloran rocas metamórficas antiguas, la pizarra. Por otro lado, dado que estamos en un extremo de la Cuenca del Duero, Salamanca se encuentra muy cerca de materiales ígneos y metamórficos del Macizo Ibérico. Por ello, no sólo encontramos areniscas en los monumentos de la ciudad, sino que también es habitual encontrar granitos, especialmente el conocido como *Granito Los Santos*. Su uso destacó en épocas romanas pero decae en el medieval, carencia que pudo ser debida a que su cantera se encuentra a 50km al sur de la ciudad, no volviéndose a encontrar hasta el siglo XX.⁷⁰

Descripción de materiales.

Es fundamental conocer los materiales empleados en la construcción de la cúpula para realizar el análisis de estabilidad. Saber sus características físico-químicas nos ayuda a entender la mecánica de la estructura y aproximar la carga a la que está sometida debido al peso propio de cada uno de los elementos que la compone.

⁷⁰ López Plaza, M., García Talegón, J., López Moro, F. J., & Carlos Íñigo, A. (2011). Recorrido geológico por Salamanca: una visión de su historia constructiva a través de los materiales pétreos.

En el caso de la cúpula de la iglesia del Espíritu Santo, disponemos de información detallada de las características del material empleado, puesto que, para las obras de restauración de la cúpula mayor realizadas en la década de los ochenta, se pidió al Instituto Técnico de Materiales y Construcciones INTEMAC un informe técnico a partir de dos muestras correspondientes a la cornisa de la cúpula.⁷¹

El conjunto que forma la cúpula ha sido elaborado con piedra de Villamayor, denominada así por el lugar de su extracción, localidad muy cercana a la ciudad. Se trata de piedra arenisca de origen sedimentario compuesta por carbonatos cálcicos y magnésicos que engloban granos de sílice y silicatos aluminicos. La roca se puede considerar como arenisca silíceas con una matriz dolomítica con impurezas de compuesto ferroso. Su densidad oscila los 1,87 g/cm³, con una porosidad del 22% y una absorción de agua elevada en torno al 12%. Dada su elevada porosidad y capacidad de absorción de agua, la piedra es altamente heladiza. Sometida a pruebas de hielo/deshielo se observa una pérdida de peso superior al 13%, junto a una disminución de cohesión entre las partículas gruesas y, a pruebas de inmersión en agua se observa una expansión de su volumen entre 5 y 6 mm lo que indica una falta de estabilidad dimensional elevada frente a fenómenos de humedad/sequedad.⁷²

⁷¹ Izquierdo, J. M. (1980). *Determinación de las características físico-químicas que presentan dos muestras de piedra de construcción, correspondientes a la cornisa de la cúpula mayor de la iglesia de la clerecía de la ciudad de Salamanca*. En Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*, pp.95-104.

⁷² Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*, pp.95-104.

ANÁLISIS QUÍMICO		Media de las muestras
SiO ₂	Dióxido de silicio	66,63 %
Al ₂ O ₃	Sesquióxido de aluminio	13,29 %
Fe ₂ O ₃	Sesquióxido de hierro	3,07 %
CaO	Óxido de calcio	2,30 %
MgO	Óxido de magnesio	16,95 %
SO ₃	Trióxido de azufre	0,00 %
S ⁼	Sulfuros	0,29 %

Tabla 8- Tabla del análisis químico, INTEMAC (1980)

CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA	Media de las muestras
Cuarzo	65 %
Feldespato	25 %
Dolomía	9 %
Compuesto ferroso	1 %

Tabla 9- Clasificación petrográfica, INTEMAC (1980)

ABSORCIÓN DE AGUA Y DENSIDAD	Media de las muestras
Absorción	11,96 %
Densidad aparente	1,87 g/cm ³
Porosidad	22,34 %

Tabla 10- Absorción de agua y densidad, INTEMAC (1980)

ANÁLISIS MECÁNICO EN ESTADO SECO	Media de las muestras
Resistencia a compresión	314 kp/cm ²
Módulo de rotura	92 kp/cm ²

Tabla 11- Análisis mecánico en esta seco, INTEMAC (1980)

Cronología de la cúpula.

La cúpula de la iglesia del Espíritu Santo se ha visto necesitada de una serie de acciones para asegurar su estabilidad. La frecuencia de inspecciones técnicas y de obras pone de manifiesto la preocupación que ha sucedido desde su construcción la seguridad de la estructura. Desde su construcción, se deja esquematizado a continuación las distintas fases e intervenciones que se han ido efectuando:⁷³

- 1641 Alonso Sardiña, maestro de obras desde 1635, firma un contrato para la formación de una grúa móvil, lo que podría suponer que se daría comienzo a la construcción de los cuatro arcos torales que soportarían la futura cúpula
- 1645 El hermano Pedro Mato, escultor de las obras de la iglesia, releva de su cargo a Alonso Sardiña.
- 1646 Finalizan los arcos torales y las pechinas con sus cuatro escudos reales.
- 1650 Se repara el betún del cimborrio. La cúpula se encuentra en proceso de degradación avanzado.
- 1661 Visita la obra el hermano Francisco Bautista, quien era considerado experto en erigir cúpulas seguras, fue llamado para evaluar el cimborrio pues “*rezumaba cuando llovía*” a pesar del betún. Aconsejó se recubriera con planchas de plomo, labor que se realizó un año más tarde.
- 1662 La cúpula se cubrió con planchas de plomo.
- 1667 Pedro Mato ordena la fábrica de seis tirantes de hierro para embridar la media naranja pues la cúpula comenzó a resentirse tras recibir el peso de la linterna y se abrieron en ella algunas grietas.
- 1679 Se inspecciona parte de la cúpula al poner en duda su estabilidad.
- 1682 El estado de la estructura se agrava tras la caída de un rayo.
- 1685 Juan Setién Güemes, maestro mayor de las obras del edificio, realiza una inspección. Éste ve en mal estado la fábrica, pero sostiene que los tirantes funcionan con normalidad asegurando su firmeza.
- 1686 Por insistencia de Blas de Tamayo, carpintero, se desmontan las planchas de hierro por considerarse excesivo peso, y se sustituyen por una sobrecubierta de madera de pino y pizarra.

⁷³ Este esquema recoge la información sobre la construcción de la cúpula tomada de Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*, pp. 67-75 y de Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*, p. 29.

- 1721 Se vuelve a reparar la cúpula esta vez de manos de Joaquín de Churriguera, que por entonces se encontraba levantando la cúpula de la Catedral nueva de Salamanca. Éste no es partidario de cubrir la cúpula de plomo y aconseja que se reparase las zonas más afectadas con una capa de mortero de cal y arena acabadas en betún.
- 1755 La cúpula se ve afectada tras el terremoto de Lisboa.
- 1812 Estalla el Polvorín de San Blas. Todo el edificio quedó destruido tras albergar en el a las tropas irlandesas.
- 1817 La iglesia se cierra al culto tras el inform emitido por el arquitecto Francisco de Paula Vega.
- 1845 Se repara el interior y el exterior de la cúpula, incorporándose las planchas de plomo y zunchado exterior.
- 1980 Se inician las obras de restauración de la cúpula de la mano del arquitecto Antonio Fernández Alba. Se refuerza la estructura con barras de acero

Composición actual de la cúpula.

La cúpula fue construida inicialmente de una sola capa de sillería.⁷⁴ Tras los sucesivos problemas que fueron apareciendo después de la construcción de la linterna la media naranja se ha visto reforzada en las diversas acciones de restauración. A día de hoy la cúpula mayor se encuentra reforzada con unas barras de alto rendimiento estático con una tensión inicial del orden de los 1.000 Kp/cm² introducidas en unas acanaladuras en el extradós que posteriormente se rellenaron con mortero. La piedra utilizada para la construcción presenta defectos graves de comportamiento al estar a la intemperie, por ello, la cúpula se impermeabilizó con resina epoxi armada con fibra de vidrio dejando una pequeña cámara de ventilación. Finalmente, la cúpula está revestida de planchas de plomo de 5 m/m.⁷⁵

⁷⁴ Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*, p. 34.

⁷⁵ *Ibíd*, pp. 37-40.

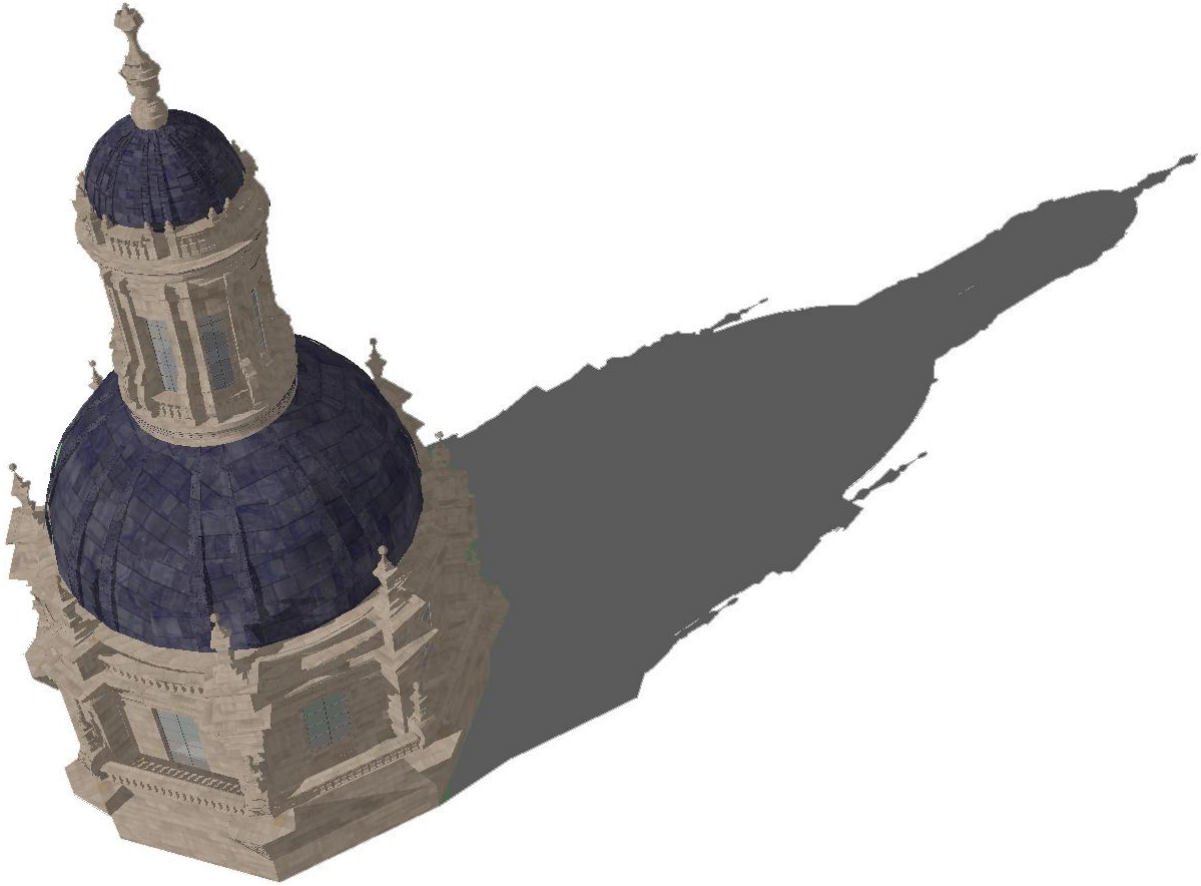


Ilustración 65- Render tridimensional de la cúpula. Elaboración propia.

ANÁLISIS

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA CÚPULA

Las estructuras de fábrica o de gravedad, en el que se incluye la piedra, el ladrillo o el adobe, surgen con los primeros asentamientos donde su uso se generalizó en la formación de muros. El arco aparece por primera vez en la arquitectura de Mesopotamia y se trasmite a Europa con el Imperio Romano hasta alcanzar su máximo esplendor en el siglo XVI. En la Edad Media, el uso del arco alcanzó un alto desarrollo técnico en la construcción de catedrales. Su desarrollo se formuló mediante métodos empíricos que sucedería en leyes geométricas. A pesar de la larga presencia de las construcciones de fábrica en la historia, no fue hasta el decenio de 1670-80 cuando Robert Hooke, que colaborando con el arquitecto Christopher Wren en la realización de la Cúpula de la Catedral de San Pablo de Londres, se da cuenta que un arco se sostiene si en su espesor hay contenida una catenaria invertida. El profesor Heyman defiende que Hooke resolvió el problema técnico del arco: su funcionamiento.⁷⁶ Pero la descripción más empleada acerca de la estabilidad de un arco la realiza Coulomb en 1773 quien postuló que el fallo en un arco de fábrica se produce cuando la línea de empujes no se halla contenida en la sección, idea basada en las condiciones de equilibrio. De esta manera se inicia la *teoría de la línea de empujes*.

MODELO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL ELEGIDO

Los métodos gráficos de los cortes se basan en verificar la estabilidad de una estructura de gravedad o de fábrica de forma geométrica y vectorial pues su estabilidad es una condición más restrictiva que su resistencia. Para ello se usan conceptos elementales de la algebra vectorial, asociando las acciones de una estructura a vectores deslizantes, es decir, con una magnitud, dirección y sentido a la que hay que sumarle la fuerza. Así, la suma de esas fuerzas

⁷⁶ Huerta Fernández, S. (2004). *Arcos, bóvedas y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*, pp. 53-54.

forma un polígono, denominado *polígono de fuerzas* donde es condición que esté cerrado para que el sistema quede en equilibrio. Además, deben converger en un mismo punto: Si no se produciría un giro. Con estos métodos se comprueba de forma simple su estabilidad global, por lo que es previo a actuaciones más especializadas.

El análisis se ha realizado mediante el método de los cortes dentro del marco teórico del Análisis Límite desarrollado por el profesor ingeniero Jacques Heyman quien plantea tres hipótesis para los análisis de estructuras de fábrica: tienen nula resistencia a tracción, infinita resistencia a compresión y no se producen deslizamiento entre dovelas. Bajo estas premisas del comportamiento del material, determina el *Teorema de la Seguridad*.

Para conocer la estabilidad de un arco, basta encontrar una línea de empujes dentro de la sección de la estructura⁷⁷, línea que se obtiene a partir de la unión de las sucesivas resultantes de cada dovela. Como condición de equilibrio nos viene a decir el arquitecto Santiago Huerta “Si se puede hallar una posición cualquiera para la línea de empujes, contenida dentro de la fábrica, la estructura es estable y el colapso no sucederá por la carga dada”. Por tanto no es necesario encontrar la línea de empujes real, si no cualquiera que equilibre el arco y esté en el interior del mismo.⁷⁸

Para valorar cuantitativamente la seguridad de la estructura calcularemos el coeficiente geométrico de la línea de empujes, de forma que sepamos cuán lejos estamos de la situación de colapso. Este coeficiente viene de dividir el espesor real de la estructura por el mínimo espesor que permite dibujar la línea de empujes en su interior.

Para analizar la cúpula, dividimos la estructura en gajos, que enfrentados formarían un arco reduciendo así “el problema espacial de la cúpula al problema del arco” (Huerta, 2004: 444). Si una cúpula seccionada se mantiene en pie, también lo hará la cúpula sin seccionar.⁷⁹

⁷⁷ Heyman, J. (1995). *The stone skeleton: Structural Engineering of Masonry Architecture*, pps. 27-47.

⁷⁸ Huerta Fernández, S. (2004). *Arcos, bóvedas y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*, p. 89.

⁷⁹ Heyman, J. (1995). *The stone skeleton: Structural Engineering of Masonry Architecture*, pps. 27-47.

PREPARACIÓN DEL ANÁLISIS

El sistema estructural de la cúpula está formado por las siguientes partes, recorridas de arriba abajo: pináculo, cupulino, linterna, media naranja, tambor, pechinas, arcos torales, pilares torales y cimentación. Cada una de estas partes transmite su peso a la parte inferior.

El análisis de estabilidad se va a realizar directamente sobre la cúpula mayor y tambor mediante el método de cortes introduciendo el efecto de la linterna a través del peso que esta transmite a la corona superior de la cúpula. Por tanto, el paso previo al análisis de la media naranja es el cálculo del peso de la estructura que compone la linterna y el cupulino.

El efecto de la linterna.

Para determinar el peso total del componente se consulta el volumen a partir del modelado tridimensional de cada uno de los elementos que lo forman. Conociendo el volumen y la densidad del material se calcula el peso que recibe la cúpula. La linterna se ha dividido en los siguientes bloques de medición: pináculo, cupulino, nervios, cuerpo de la linterna, abalaustradas y ventanales. A continuación se presenta la tabla que recoge los datos de pesos de los bloques de medición.

La linterna presenta un volumen total de $86,21 \text{ m}^3$ (suma de todos los elementos formados por piedra de Villamayor), que con una densidad de $18,34 \text{ KN/m}^3$ se obtiene un valor de $1.580,99 \text{ KN}$. A este valor le añadimos el peso de los ocho ventanales que cierran los huecos de la linterna haciendo un total de $1.583,25 \text{ KN}$ de peso recibido por la coronación de la cúpula.

CÁLCULO PESO DE ELEMENTOS DE LA LINTERNA						
PIEZA	Nº POR SEGMENTO	Nº REPETICIONES	VOLUMEN	VOLUMEN TOTAL	MASA	PESO
	ud	ud	m ³	m ³	kg	kN
PINÁCULO	1	1	1,5925	1,5925	2.977,98	29,21
CUPULINO	1	1	8,8303	8,8303	16.512,66	161,94
BALAÚSTRE SUP	1	8	1,7322	13,8576	25.913,71	254,14
ANILLO INF CUPULINO	1	1	27,6972	27,6972	51.793,76	507,94
LINTERNA	1	8	2,9946	23,9568	44.799,22	439,35
BALAÚSTRE INF	1	8	0,1642	1,3136	2.456,43	24,09
VIDRIALES	1	8	0,0134	0,1075	231,10	2,27
ANILLO CORONACIÓN CÚPULA MAYOR	1	1	8,9606	8,9606	16.756,32	164,33
PESO TOTAL DE LA LINTERNA					161.441,18	1.583,25

Tabla 12- Cálculo del peso de la linterna por elementos. Elaboración propia.

MATERIAL	g/cm ³	kg/m ³	kN/m ³
Piedra de Villamayor	1,87	1.870	18,34
Vidrio	2,15	2.150	21,09

Tabla 13- Tabla de densidades para la linterna.

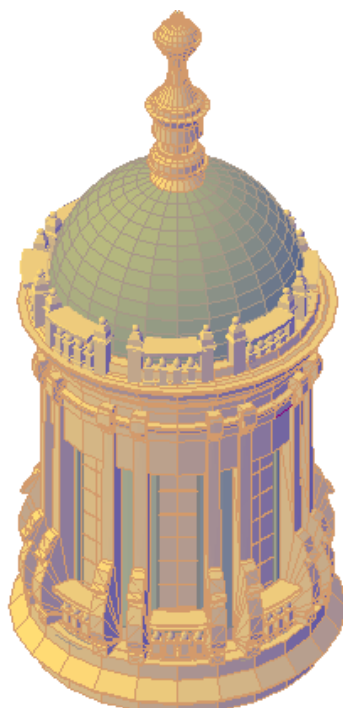


Ilustración 66- Modelo tridimensional de la linterna. Elaboración propia.

Estabilidad de la cúpula y tambor.

Para el estudio de la estabilidad se ha utilizado el método de cortes. Para decidir cuál va a ser el gajo de estudio observamos la cúpula a fin de encontrar la zona de mayor función estructural. Se aprecia que a diferencia de las otras cúpulas renacentistas con las que la hemos relacionado en el capítulo anterior⁸⁰ esta presenta unos elementos adosados en los vértices del octógono del tambor, y no trabados al mismo, cuya función sea probablemente estructural ayudando a centrar la resultante de las cargas que transmiten los montantes del tambor.⁸¹ Por ello, los análisis se han realizado tomando como gajo de estudio una luna de 14° cuyo eje central se encuentra en el centro de estos contrafuertes sumando 7° a cada uno de sus lados coincidiendo los límites de la luna con el eje central de dos nervios de la cúpula, (ver *Ilustración 68*). De esta manera cada luna contiene la mitad de dos de los dieciséis nervios que refuerzan la cúpula, uno de los contrafuertes situados en los vértices del octógono exterior que dibuja el tambor y las volutas que ornamentan la estructura.

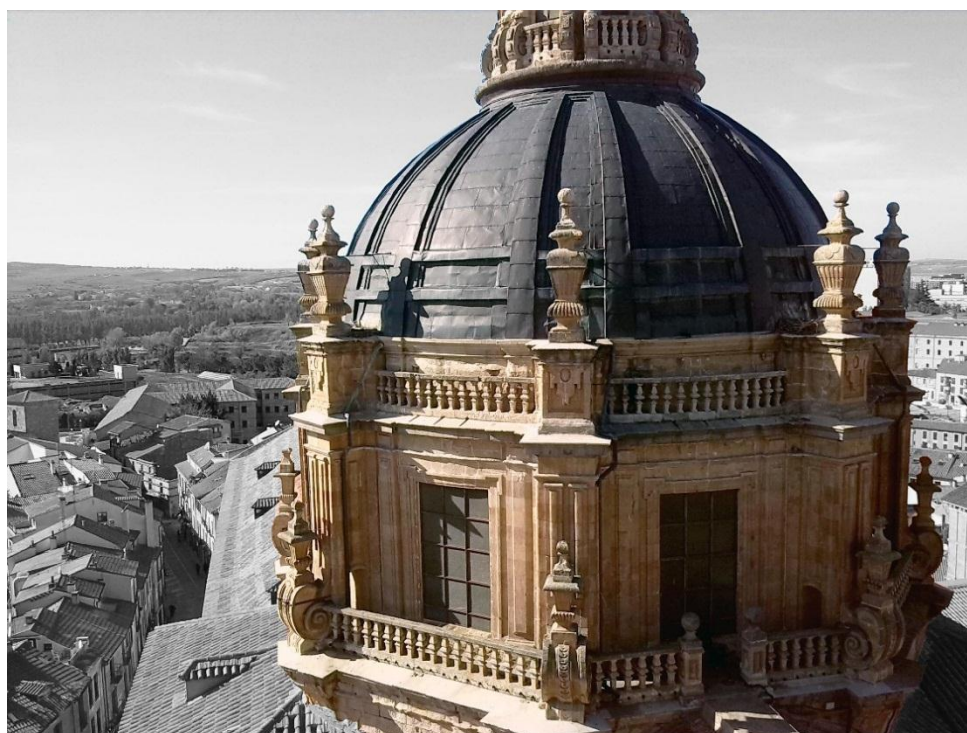


Ilustración 67- Imagen de la cúpula de la iglesia del Espíritu Santo de Salamanca.

⁸⁰ Ver apartado Antecedentes del capítulo 5 -La cúpula, p. 53.

⁸¹ De esto se dieron cuenta durante las obras de restauración de 1980 y queda reflejado en el libro Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*, p. 34.

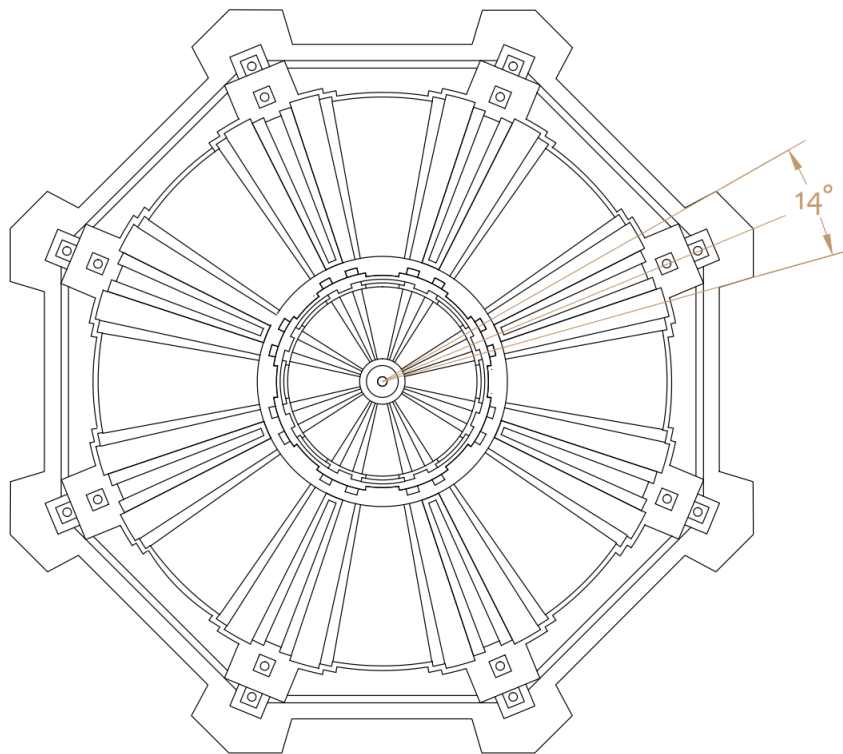


Ilustración 68- Sección de 14° tomado para el estudio. Vista cubierta.

Esta luna se estudiará sometida únicamente al peso propio de la estructura de fábrica. No se considerará el peso de las planchas de plomo que recubren la cúpula al ser un elemento colocado a posteriori de su construcción con el fin de resguardar la piedra del agua y no con una funcionalidad estructural. A su vez, también se obviará las sobrecargas producidas por viento, lluvia o nieve al considerarse despreciables en comparación con la magnitud del peso propio de la estructura. El cálculo se realizará sobre una sola luna de la cúpula considerando que existe uno igual simétrico que lo equilibra.

Sobre este corte se ha trabajado tres análisis diferentes: en un primer momento se ha realizado un análisis de estabilidad de la cúpula sin contar con el peso de la linterna con el fin de conocer si la media naranja se autosustentaba antes de recibir el peso de la linterna durante su construcción. El segundo y tercer análisis tienen como objeto conocer el aporte de los nervios a la estructura, considerando en un caso la estructura sin nervios recibiendo el peso de la linterna y en otro caso trabajando sobre la estructura completa.

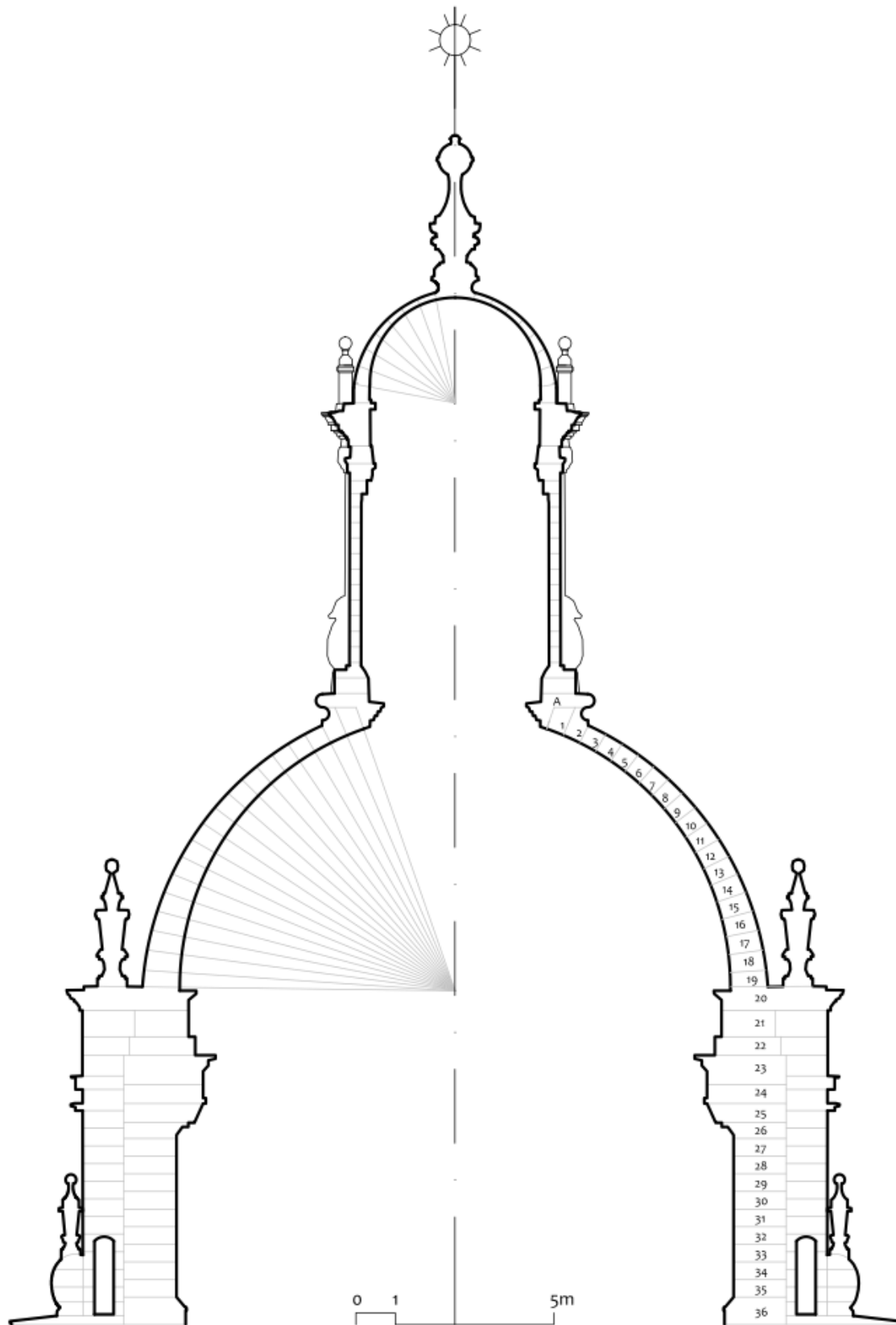


Ilustración 69- Hipótesis de la distribución de la fábrica. Elaboración propia.

ANÁLISIS A

Este estudio propone conocer la estabilidad de la media naranja sin recibir el peso de la linterna de forma que nos acerque a saber el estado de la cúpula en el momento previo al levantamiento de la linterna.⁸² En este caso la cúpula sólo recibirá su propio peso por tanto el análisis se centra en saber si la cúpula se autosustentaba.

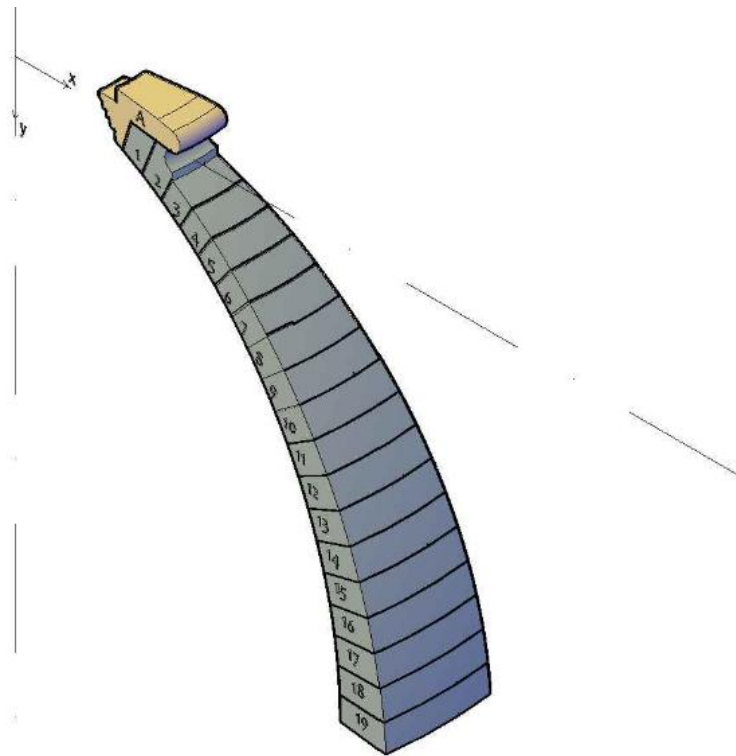


Ilustración 70- Modelo tridimensional de la sección de 14° de la cúpula. Análisis-A. Elaboración propia.

Los datos de los volúmenes y centroides se recogieron a partir del modelo tridimensional⁸³. Las tablas siguientes recogen los datos de pesos y posición de los centros de gravedad de las dovelas.

⁸² Este estudio viene motivado tras conocer los sucesivos problemas que han seguido a esta cúpula desde el momento de su construcción hasta nuestro siglo. Ver en apartado Cronología de la cúpula en el capítulo 5 -La cúpula, p. 88.

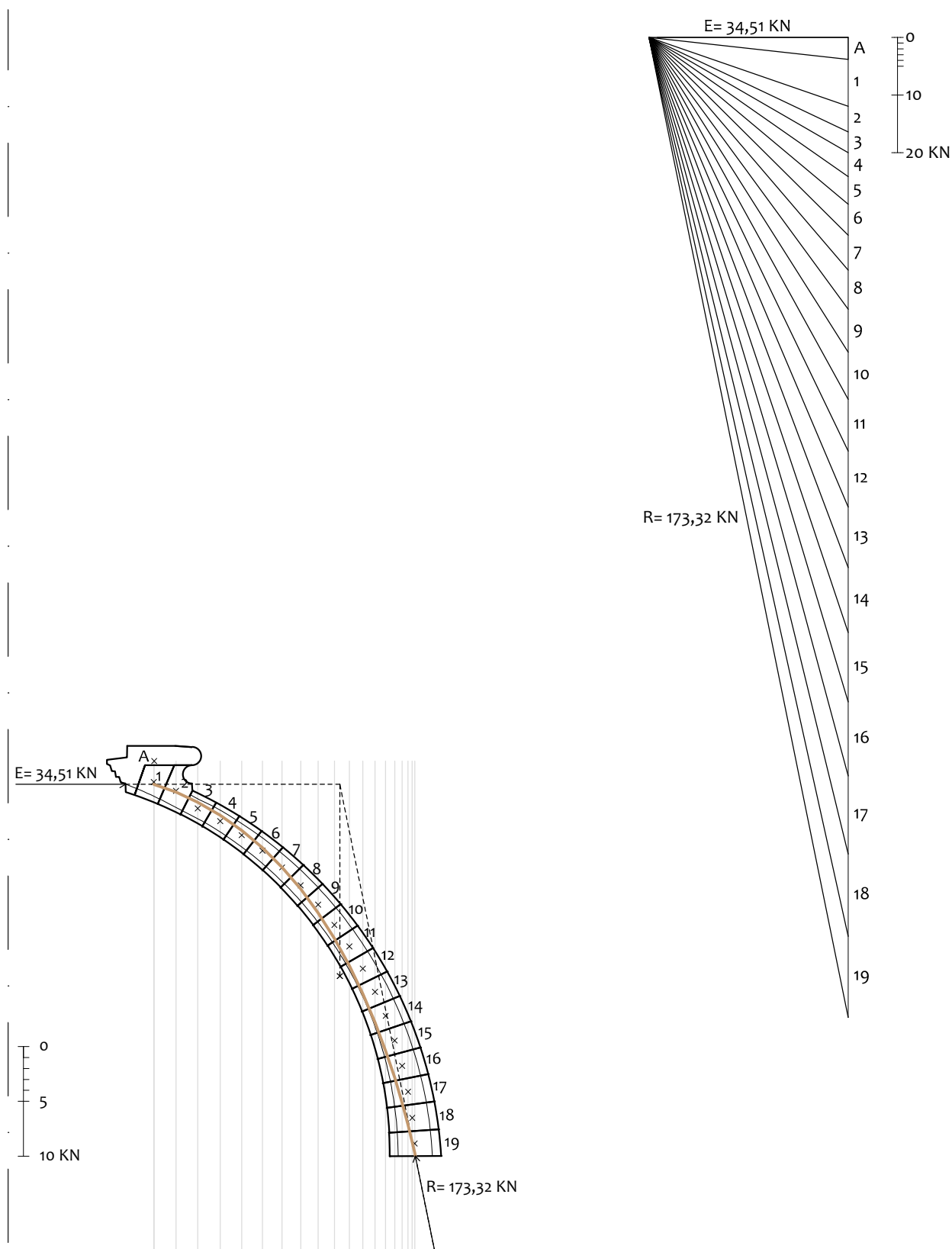
⁸³ AutoCAD 2015.

CÁLCULO PESO DE ELEMENTOS DE LA CÚPULA (luna 14°)						
UBICACIÓN	PIEZA	CENTRO DE GRAVEDAD		VOLUMEN	MASA	PESO
		x	y	m ³	kg	kN
CÚPULA	dA	2,6682	-0,4111	0,4455	833,09	8,17
	d1	2,6602	-0,0264	0,2075	388,03	3,81
	d2	3,0713	0,1321	0,2454	458,90	4,50
	d3	3,4797	0,4240	0,2216	414,39	4,06
	d4	3,8903	0,6558	0,2560	478,72	4,69
	d5	4,2861	0,9136	0,2921	546,23	5,36
	d6	4,6655	1,1964	0,3301	617,29	6,05
	d7	5,0270	1,5032	0,3700	691,90	6,79
	d8	5,3691	1,8330	0,4118	770,07	7,55
	d9	5,6902	2,1846	0,4552	851,22	8,35
	d10	5,9891	2,5566	0,5003	935,56	9,18
	d11	6,2644	2,9479	0,5466	1.022,14	10,02
	d12	6,5148	3,3569	0,5941	1.110,97	10,90
	d13	6,7392	3,7821	0,6422	1.200,91	11,78
	d14	6,9364	4,2220	0,6907	1.291,61	12,67
	d15	7,1056	4,6748	0,7390	1.381,93	13,55
	d16	7,2457	5,1389	0,7867	1.471,13	14,43
	d17	7,3560	5,6123	0,8332	1.558,08	15,28
	d18	7,4358	6,0933	0,8779	1.641,67	16,10
d19	7,4845	6,5659	0,8690	1.625,03	15,94	
TOTAL LUNA 14°		6,1306	3,5416	10,31	18.455,78	181,00

Peso específico de la piedra: 18,34 KN/m³

Acciones transmitidas por la linterna: -

Tabla 14- Datos para el cálculo de la media naranja. Análisis A: Gajo de 14°. Elaboración propia.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .

Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del intradós de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.

La valoración de los resultados refleja la dificultad de encajar una línea de empujes dentro de la sección plana estudiada donde, en la mayoría de los gráficos, la línea obtenida se sale del espesor del arco estimando⁸⁴, siendo únicamente posible el paso de empujes en el interior en el caso que se expone en la, con una línea de empuje en el centro de la dovela del anillo de coronación de la cúpula y la resultante pasando por el centro de la dovela base. Por ese motivo se evalúa la cúpula como estable con un coeficiente geométrico de 1,71.

ANÁLISIS B

Este análisis, junto con el análisis de estabilidad “C”, pretende conocer el trabajo de los nervios que componen la cúpula. Algunos autores sostienen que en cúpulas reforzadas con nervios son estos los que absorben la transmisión de las cargas de la linterna. Por tanto, las partes más débiles de la cúpula se limitarían a sustentar su peso propio. Con estos análisis comprobaremos si la sección dada por los nervios puede alojar la línea de empujes que resulta de sostener su propio peso y el de la linterna, dejando para la sección central de los paños, considerado el más débil, el soporte de su propio peso, caso estudiado en análisis A. Por este motivo se continúa los análisis con una primera hipótesis en la que la sección de la cúpula es sometida a las acciones de su propio peso y de la parte proporcional del de la linterna. Esta sección equivaldría a un gajo de la cúpula sin nervios.

En cuanto al peso que recibe de la linterna será el correspondiente a dicha luna siendo esta de 56,63 KN. A continuación se presenta la tabla que recogen los datos de pesos y posiciones de los centroides de las dovelas para la hipótesis.

⁸⁴ Ver Anexo A: Gráficos del análisis-A

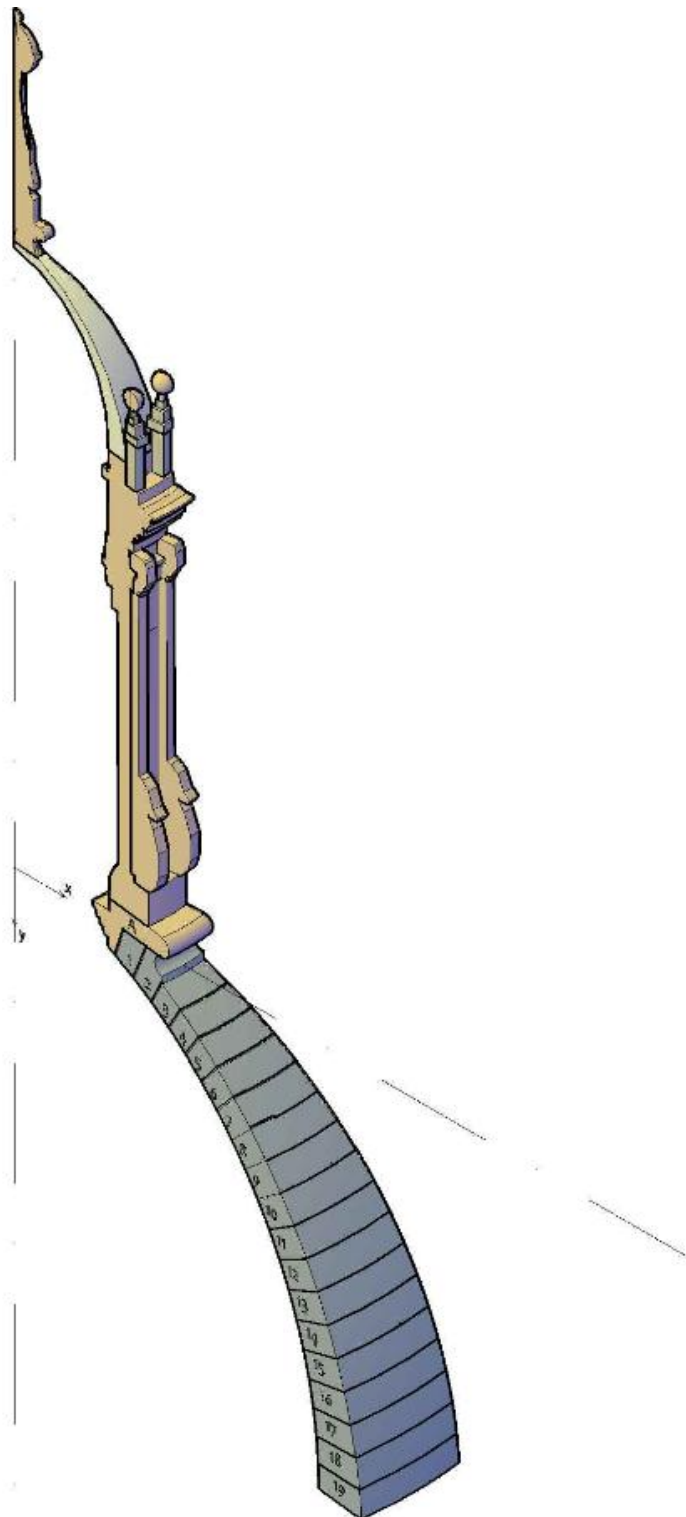


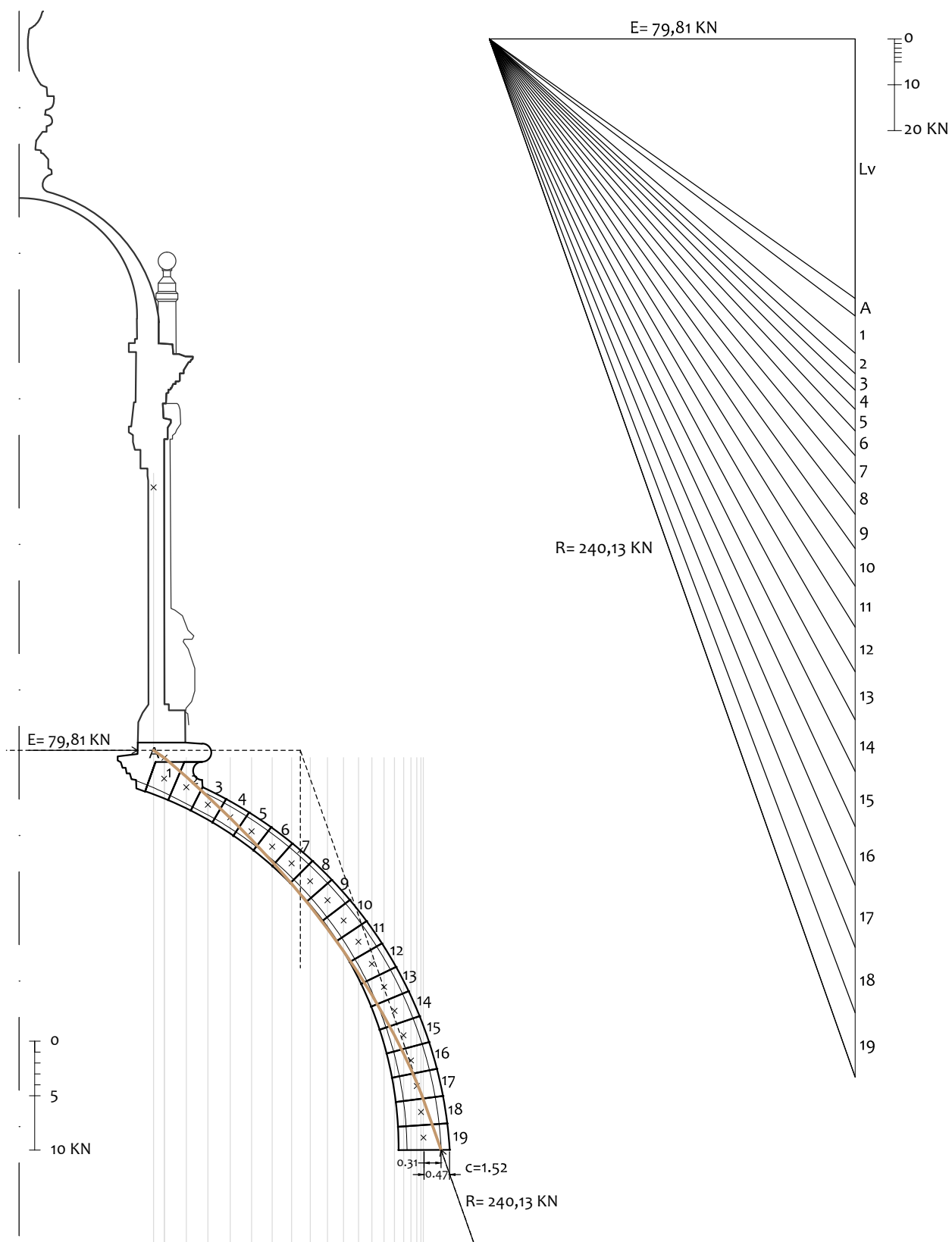
Ilustración 71- Modelo tridimensional de la sección de 14° de la cúpula y linterna sin nervios. Análisis-B. Elaboración propia.

CÁLCULO PESO DE ELEMENTOS DE LA CÚPULA SIN NERVIOS (luna 14°)						
UBICACIÓN	PIEZA	CENTRO DE GRAVEDAD		VOLUMEN	MASA	PESO
		x	y	m ³	kg	kN
CÚPULA	dA	2,6682	-0,4111	0,4455	833,09	8,17
	d1	2,6602	-0,0264	0,2075	388,03	3,81
	d2	3,0695	0,1325	0,2439	456,09	4,47
	d3	3,4644	0,4536	0,1962	366,89	3,60
	d4	3,8730	0,6847	0,2271	424,68	4,16
	d5	4,2667	0,9418	0,2596	485,45	4,76
	d6	4,6439	1,2238	0,2938	549,41	5,39
	d7	5,0030	1,5298	0,3297	616,54	6,05
	d8	5,3426	1,8587	0,3672	686,66	6,73
	d9	5,6611	2,2093	0,4061	759,41	7,45
	d10	5,9572	2,5802	0,4463	834,58	8,18
	d11	6,2296	2,9702	0,4875	911,63	8,94
	d12	6,4770	3,3777	0,5296	990,35	9,71
	d13	6,6983	3,8012	0,5721	1.069,83	10,49
	d14	6,8923	4,2391	0,6147	1.149,49	11,27
	d15	7,0582	4,6896	0,6570	1.228,59	12,05
	d16	7,1949	5,1510	0,6984	1.306,01	12,81
	d17	7,3019	5,6215	0,7386	1.381,18	13,55
	d18	7,3783	6,0991	0,7769	1.452,80	14,25
	d19	7,4230	6,5680	0,7665	1.433,36	14,06
TOTAL LUNA 14°		6,0559	3,5134	9,2642	16.490,97	161,73
TOTAL LINTERNA Y CÚPULA LUNA 14°		5,1585	1,2914	12,3523	23.098,80	223,30

Peso específico de la piedra: 18,34 KN/m³

Acciones transmitidas por la linterna: 56,63 KN

Tabla 15- Datos para el cálculo de la media naranja, sección sin nervios. Análisis B: Gajo de 14°. Elaboración propia.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.

Los resultados reflejan la dificultad de encajar una línea de empujes dentro de los límites de seguridad de la sección plana estudiada. Las líneas obtenidas en los sucesivos análisis salen del espesor del arco estimando,⁸⁵ siendo únicamente posible el paso de empujes en el interior de la fábrica en el caso que se expone en el esquema anterior, con una línea de empuje en el límite superior de la dovela del anillo de coronación de la cúpula y la resultante pasando por el límite exterior de la dovela base. La línea circula por el interior de la sección de la fábrica y roza el límite del intradós entre las dovelas 9 y 10. El coeficiente geométrico es de 1,20 con una excentricidad en la base de 1,52.

Debido a la dificultad de encajar una línea de empujes dentro de la sección con respecto del primer análisis, en el que sólo considerábamos que soportaba el peso propio de la cáscara de la media naranja, se deduce que el peso de la linterna es un factor influyente en la estabilidad del conjunto.

ANÁLISIS C

Tras demostrar que la sección se sostendría en caso de no llevar nervios, aunque con una línea de empujes muy cercana a salir entre las dovelas 9 y 10, vemos interesante la comprobación de la línea de empujes en caso de llevarlos analizando así la sección en su estado real. En cuanto al peso que recibe de la linterna será el correspondiente a dicha luna siendo esta de 57,19 KN. A continuación se presenta la tabla que recogen los datos de pesos y posiciones de los centroides de las dovelas para la hipótesis.

⁸⁵ Ver Anexo B: Gráficos del análisis-B

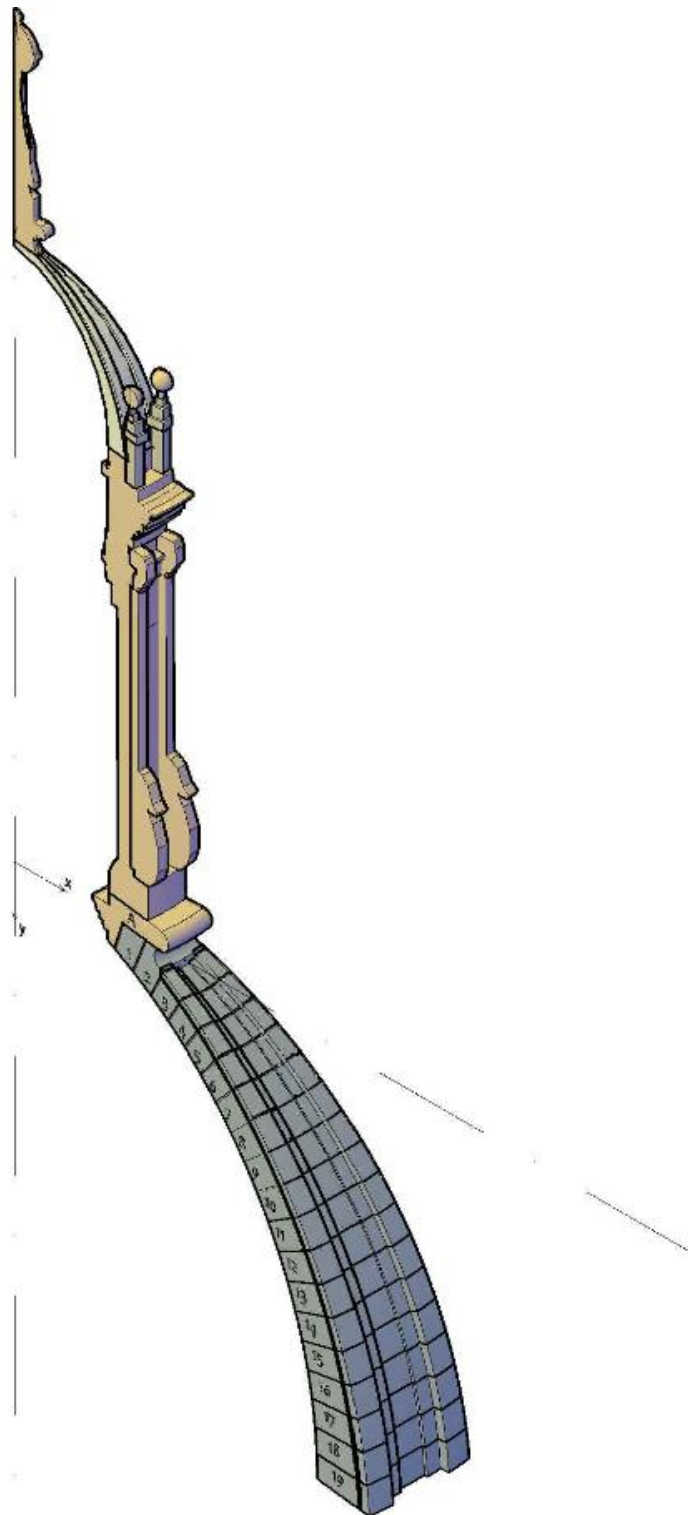


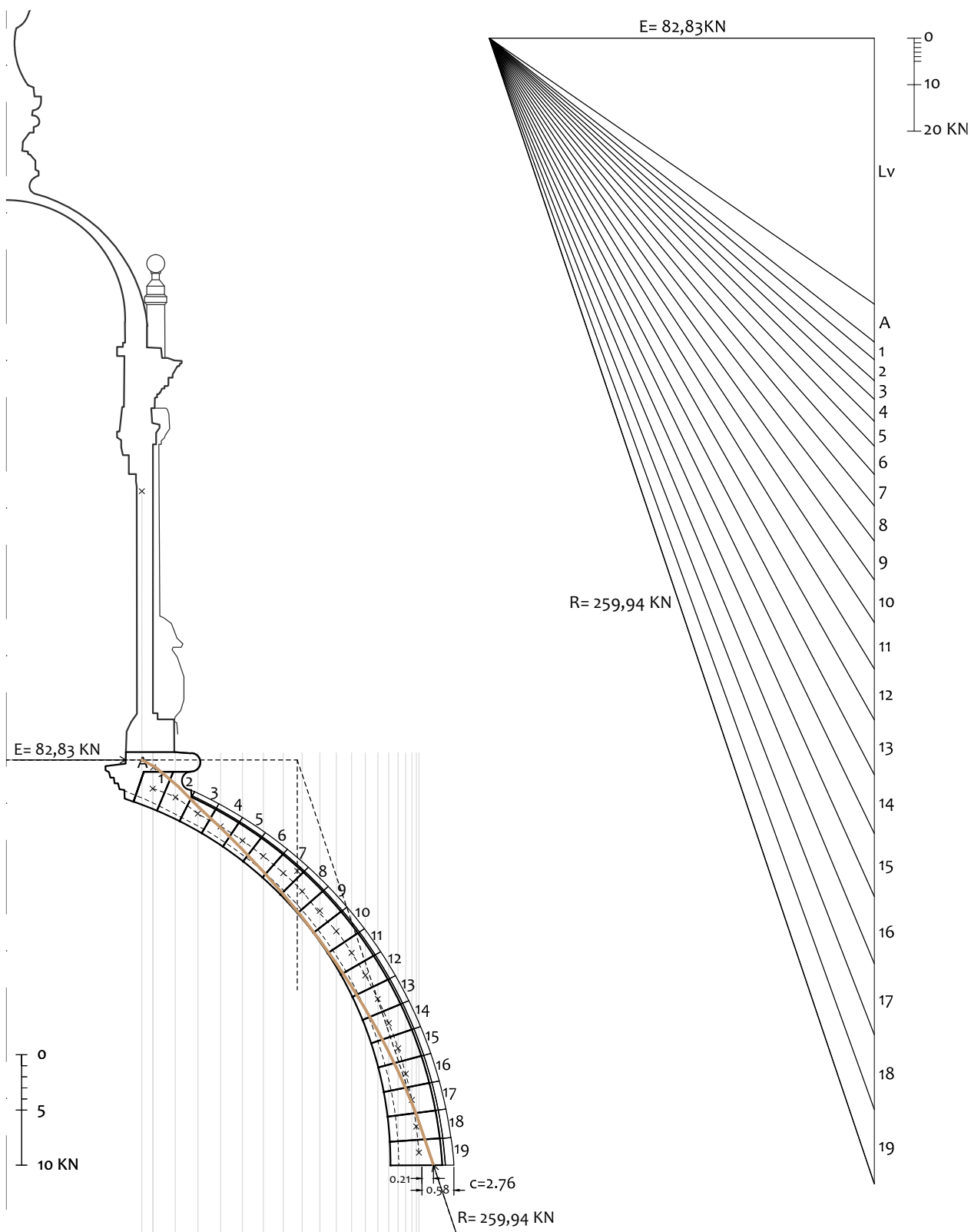
Ilustración 72- Modelo tridimensional de la sección de 14° de la cúpula y linterna con nervios. Análisis-C. Elaboración propia.

CÁLCULO PESO DE ELEMENTOS DE LA CÚPULA CON NERVIOS (luna 14°)						
UBICACIÓN	PIEZA	CENTRO DE GRAVEDAD		VOLUMEN	MASA	PESO
		x	y	m ³	kg	kN
CÚPULA	dA	2,6682	-0,4111	0,4455	833,09	8,17
	d1	2,6602	-0,0264	0,2075	388,03	3,81
	d2	3,0713	0,1321	0,2454	458,90	4,50
	d3	3,4797	0,4240	0,2216	414,39	4,06
	d4	3,8903	0,6558	0,2560	478,72	4,69
	d5	4,2861	0,9136	0,2921	546,23	5,36
	d6	4,6655	1,1964	0,3301	617,29	6,05
	d7	5,0270	1,5032	0,3700	691,90	6,79
	d8	5,3691	1,8330	0,4118	770,07	7,55
	d9	5,6902	2,1846	0,4552	851,22	8,35
	d10	5,9891	2,5566	0,5003	935,56	9,18
	d11	6,2644	2,9479	0,5466	1.022,14	10,02
	d12	6,5148	3,3569	0,5941	1.110,97	10,90
	d13	6,7392	3,7821	0,6422	1.200,91	11,78
	d14	6,9364	4,2220	0,6907	1.291,61	12,67
	d15	7,1056	4,6748	0,7390	1.381,93	13,55
	d16	7,2457	5,1389	0,7867	1.471,13	14,43
	d17	7,3560	5,6123	0,8332	1.558,08	15,28
	d18	7,4358	6,0933	0,8779	1.641,67	16,10
d19	7,4845	6,5659	0,8690	1.625,03	15,94	
TOTAL LUNA 14°		6,1306	3,5416	10,3149	19.288,86	189,17
TOTAL LINTERNA Y CÚPULA LUNA 14°		5,2793	1,4626	13,4337	25.121,02	246,36

Peso específico de la piedra: 18,34 KN/m³

Acciones transmitidas por la linterna: 57,19 KN

Tabla 16- Datos para el cálculo de la media naranja, sección con nervios. Análisis C: Gajo de 14°. Elaboración propia.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C: luna de 14°. Condiciones: línea de empuje pasa por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.

Los resultados no mejoran considerablemente, pues al colocar en la misma posición el vector empuje y la resultante, la línea de empujes sigue rozando el límite de la sección en la zona de la cáscara. En el resto de pruebas reflejan la dificultad de encajar una línea de empujes dentro de los límites de seguridad de la sección plana estudiada. En la mayoría de los casos la línea obtenida se sale del espesor del arco estimando⁸⁶, siendo únicamente posible el paso de empujes en el interior de la sección de la fábrica en el caso que se expone en la página anterior con una línea de empuje en el límite superior de la dovela del anillo de coronación de la cúpula y la resultante pasando por el límite exterior de la dovela base. En este caso la línea roza el límite del intradós entre las dovelas 9 y 10 saliendo del límite de seguridad, con un coeficiente geométrico de 1,39. Por ello continuaremos el análisis a partir de esta hipótesis imponiendo la condición de que la línea de empujes pase por el límite interior de seguridad entre las dovelas 9 y 10.

⁸⁶ Ver Anexo C: Gráficos del análisis-C

Análisis C.a.

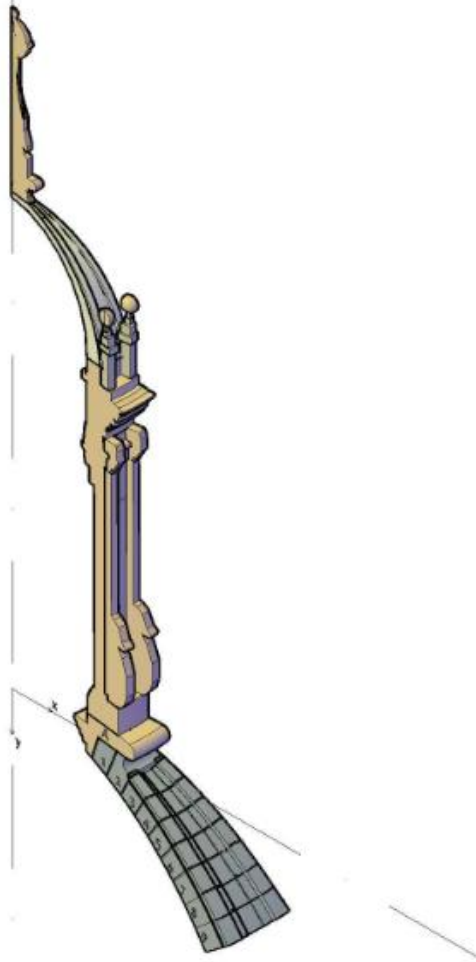
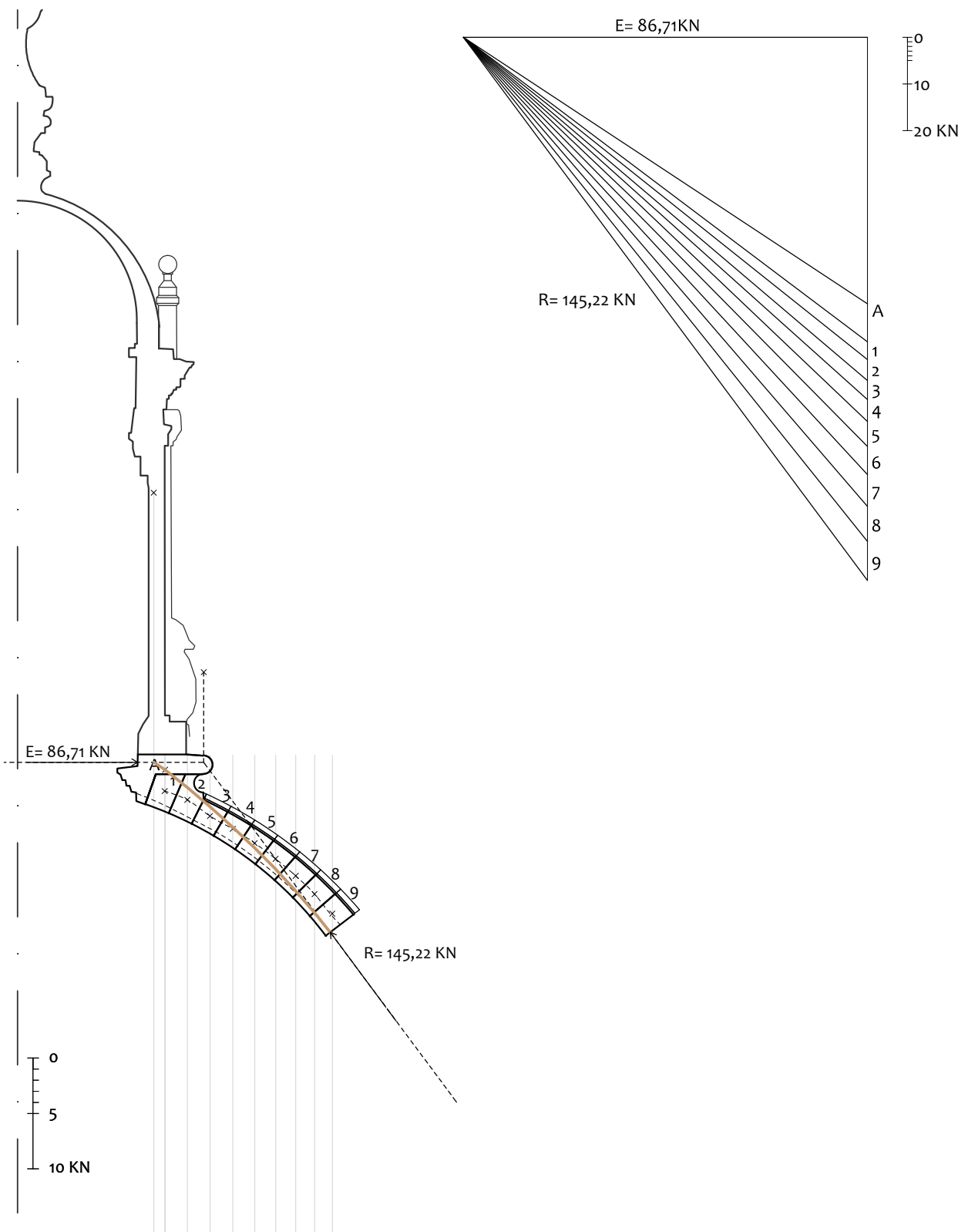
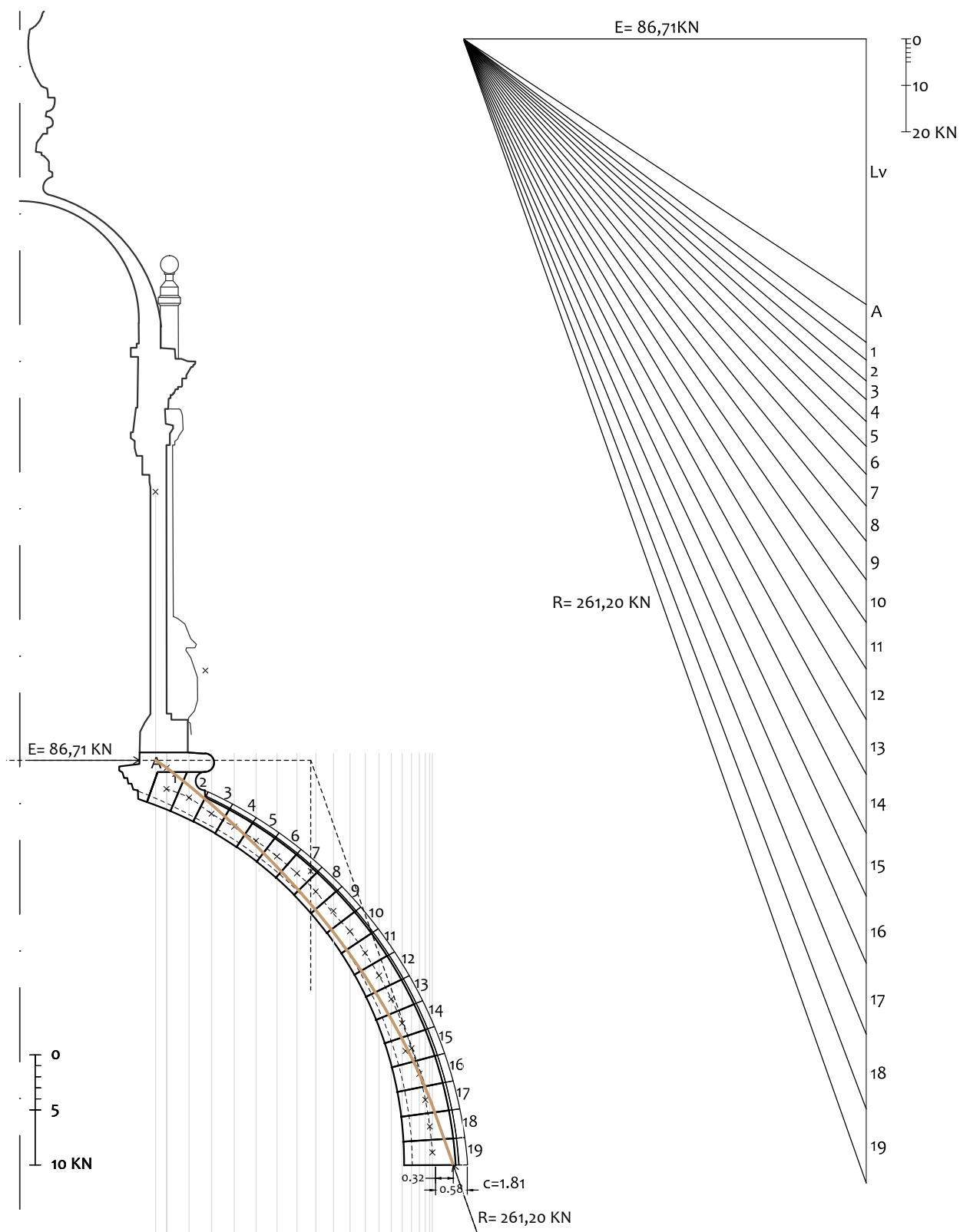


Ilustración 73- Modelo tridimensional de la sección de 14° de la linterna y cúpula hasta dovela 9 con nervios. Análisis-C.a. Elaboración propia.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C.a: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C.a: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y
 la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.

Con esta hipótesis obtenemos una línea de empujes que discurre cómodamente por la sección de la cúpula dentro de los límites de seguridad de la sección con nervios con un coeficiente geométrico de 1,55 y una excentricidad en la base de 1,81. A continuación, se muestra la línea de empujes en su recorrido por la sección del tambor.

Análisis C.b.

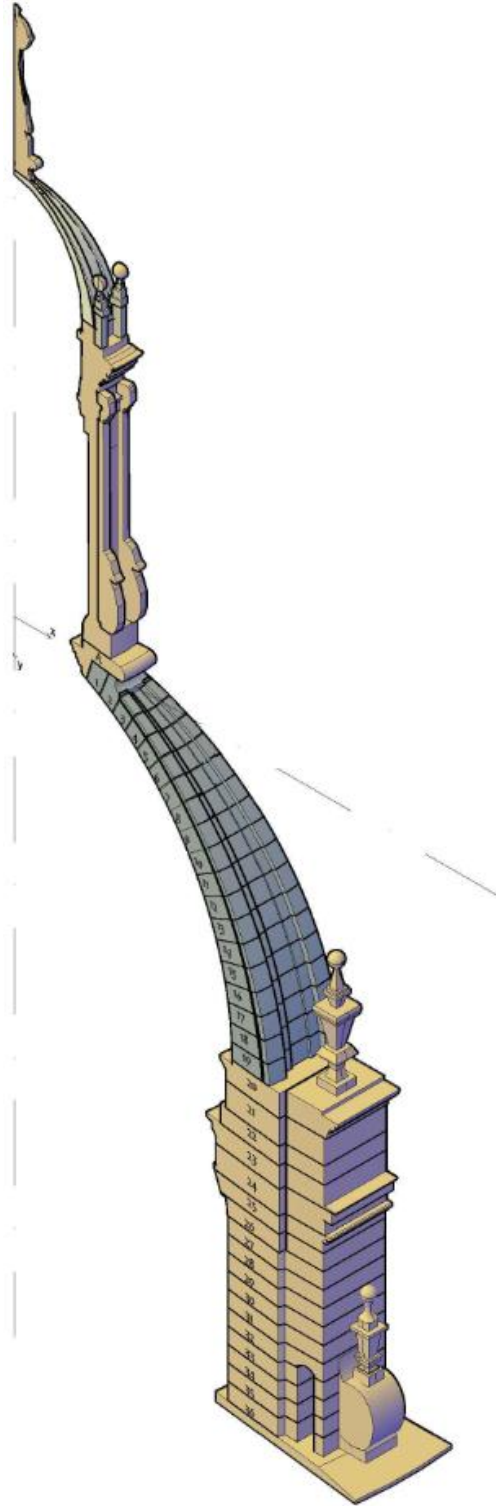


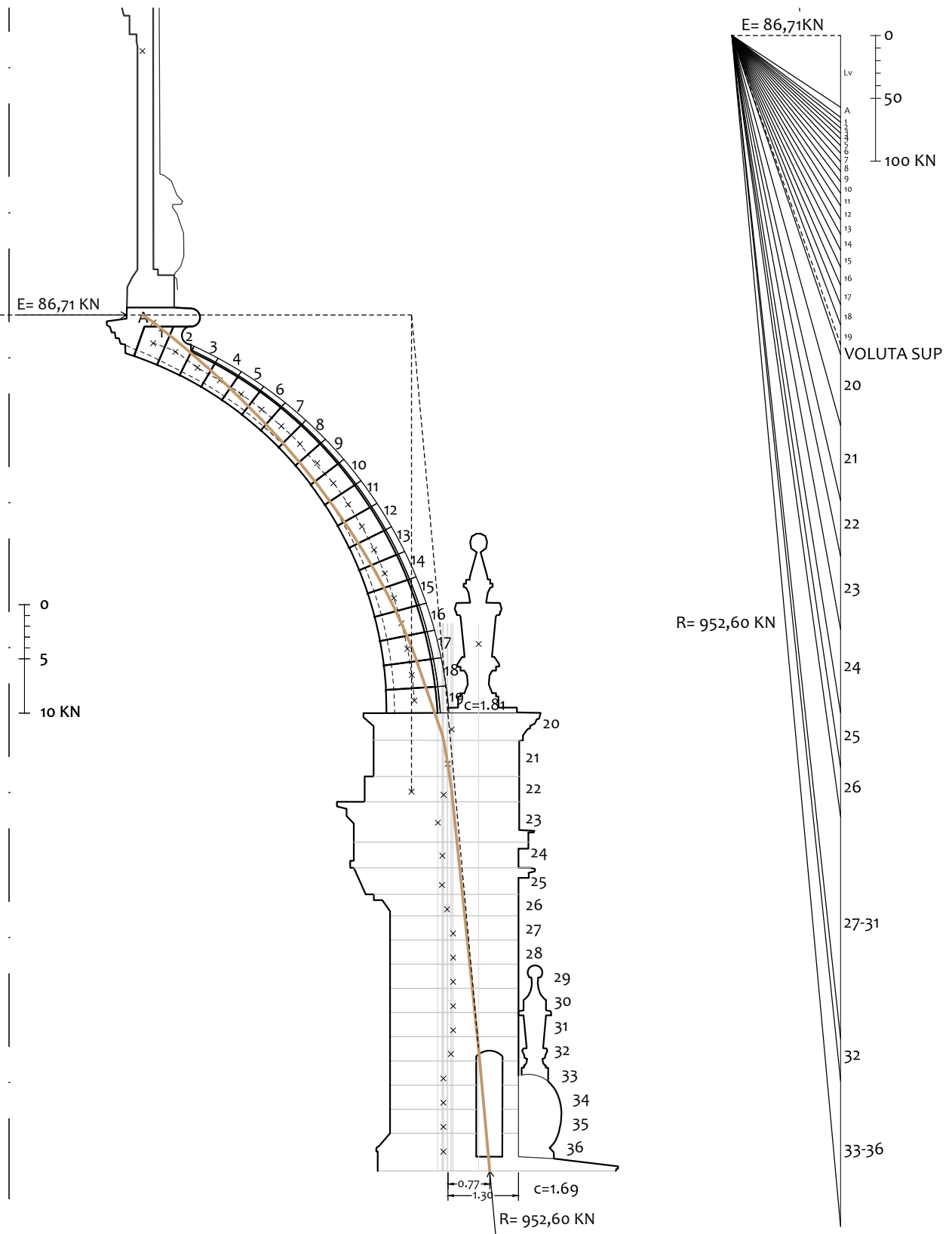
Ilustración 74- Modelo tridimensional de la sección de 14° de la estructura completa: linterna, cúpula y tambor. Análisis-C.b. Elaboración propia.

CÁLCULO PESO DE ELEMENTOS DEL TAMBOR (luna 14°)						
UBICACIÓN	PIEZA	CENTRO DE GRAVEDAD		VOLUMEN	MASA	PESO
		x	y	m ³	kg	kN
TAMBOR	VOLUTA SUP	8,9617	5,5227	0,4129	772,12	7,57
	s20	8,1716	7,0964	3,0902	5.778,67	56,67
	s21	8,1006	7,7307	3,2683	6.111,72	59,94
	s22	8,0235	8,3008	2,4176	4.520,91	44,34
	s23	7,9194	8,8166	3,1725	5.932,58	58,18
	s24	8,0023	9,4248	3,6261	6.780,81	66,50
	s25	7,9944	9,9671	2,3571	4.407,78	43,23
	s26	8,0889	10,4133	2,1401	4.001,99	39,25
	s27	8,1999	10,8609	1,9300	3.609,10	35,39
	s28	8,1999	11,3064	1,9300	3.609,10	35,39
	s29	8,1999	11,7522	1,9300	3.609,10	35,39
	s30	8,1999	12,1981	1,9300	3.609,10	35,39
	s31	8,1999	12,6439	1,9300	3.609,10	35,39
	s32	8,1596	13,0819	1,8331	3.427,90	33,62
	s33	8,0196	13,5359	1,5606	2.918,32	28,62
	s34	8,0199	13,9814	1,5610	2.919,07	28,63
	s35	8,0202	14,4269	1,5614	2.919,82	28,63
	s36	8,0205	14,8841	1,6434	3.073,16	30,14
		VOLUTA INF	9,8249	-	1,6233	3.035,57
TOTAL TAMBOR		8,0620	10,6884	38,29	71.610,34	702,28
TOTAL LINTERNA, CÚPULA Y TAMBOR LUNA 14°		7,3085	8,2547	51,73	96.730,80	948,64

Peso específico de la piedra: 18,34 KN/m³

Acciones transmitidas por la linterna: 57,19 KN

Tabla 17- Datos para el cálculo del tambor. Análisis C.b: Gajo de 14°. Elaboración propia.



Línea de empujes en el tambor y la media naranja. Análisis-C.b: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.

Para esta hipótesis, la línea de empujes discurre cómodamente por la sección de la fábrica y alcanza la base del tambor con una excentricidad de 1,69.

Conocida la reacción total en la base del tambor, se puede calcular el valor de la tensión superficial que trasmite el sector de 14° en la superficie de transmisión de la carga a las pechinas, obtenida de dividir el valor vertical de la reacción entre el área de la base del apoyo.

$$R_v = P_{\text{total}}: 948,64 \text{ KN}$$

$$\text{Sup: } 4,3427 \text{ m}^2$$

Cálculo de la tensión superficial:

$$\sigma = \frac{R_v}{S} = \frac{948,64 \text{ KN}}{4,3427 \text{ m}^2} = 218,45 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las nuevas técnicas de medición sin contacto, generalizadas en la primera década de este siglo, han modificado el panorama de las posibilidades de análisis de las estructuras arquitectónicas con métodos de reconstrucción virtual del patrimonio cultural. La fotogrametría permite obtener información sobre el estado de las cúpulas logrando un acercamiento a la geometría de forma rápida, más exacta e inocua. Esta técnica hace posible registros fieles de la forma para la obtención de despieces de la estructura así como el levantamiento de los estados reales –deformados- de las cúpulas. Además la documentación generada permite elaborar planes de conservación o de restauración, así como, también enriquece los trabajos de catalogación del patrimonio.

El levantamiento confirma una forma semiesférica tanto en el interior como en el exterior de la misma, con resaltes de ocho nervios dobles en ambas caras. Su espesor es variable y disminuye a medida que se asciende, lo que se obtiene elevando el centro de la esfera interior. Está soportada sobre pechinas y tambor, de 14m de luz, y rematada con una esbelta linterna de proporciones anormales con la cúpula siendo su altura, incluido el cupulino, de un 25% superior al radio exterior de la cúpula mayor. Además se ha podido comprobar la sección constructiva de la linterna, pues algunos autores sostenían que el cierre estaba formado por dos cupulinos y, que con los resultados de la fotogrametría, se sabe que el cierre se formula mediante una sola cáscara semiesférica.

La iglesia del Espíritu Santo, hoy conocida como La Clerecía, perteneciente al antiguo Real Colegio de la Compañía de Jesús, es un ejemplo de arquitectura de la provincia jesuítica en Castilla. La traza presenta una inflexión estilística producida a lo largo de su construcción, pasando del clasicismo herreriano al barroco. La base del templo es obra de Juan Gómez de Mora, quien vistió a las pilastras del orden dórico de Vignola, un estilo austero y solemne.

La cúpula, objeto de este trabajo, está situada en el centro del templo, cerrando el crucero de la iglesia. En el interior, llama la atención por su altura y dimensiones, obra desproporcionada con relación al resto de la iglesia. Baste considerar que la cúpula supera a la nave del templo en más de la mitad de su altura, pues aquella alcanza los 53 metros mientras ésta no llega a los 24. Fue construida entre los años 1641 y 1651. Esta cúpula no estaba prevista en el proyecto inicial, como deduce el profesor Ceballos. El diseño pudo deberse a las modificaciones que introdujo el hermano Pedro Mato pues fue el responsable de su construcción. Además, los anteriores maestros de obra habían firmado por contrato no modificar traza alguna de los diseños del arquitecto real Juan Gómez de Mora.

El tipo de cúpula sobre tambor es frecuente en el Renacimiento italiano. En España, el arquitecto Juan de Herrera nos trae la primera de estas características como solución al cierre del crucero de la iglesia del Monasterio de El Escorial. La decisión de modificar en este sentido es atribuible a la influencia de la cúpula de Herrera aunque llevado por el ímpetu de las nuevas tendencias artísticas y la grandeza de una fundación real.

En la primera hipótesis analizada se llega a concluir que la cúpula se autosustentaba en el momento de la colocación del anillo de coronación de la media naranja. Los problemas debieron venirse al colocar la pesada linterna, donde encontramos mayor dificultad para encontrar una línea de empujes en el interior de la sección. Esto concuerda con las fuentes documentadas, en las que se atribuye el levantamiento de la linterna a los problemas que fueron apareciendo en la cáscara de la cúpula mayor. A pesar de las grietas que se aprecian en la cúpula, se comprueba que su estabilidad es segura.

Respecto a los nervios, se ha comprobado que su presencia ayuda a la estabilidad de la estructura, por lo que se deduce que trabaja solidariamente con la cáscara. El valor del coeficiente de seguridad de la cúpula aumenta de 1,20 a 1,52; siendo los resultados el primero de la hipótesis sin nervios y el segundo con nervios.

Finalmente, al prolongar la línea de empujes más estable de la cúpula a su paso por el tambor a fin de evaluar su estabilidad se comprueba que la línea se mantiene dentro de unos valores de seguridad con una excentricidad en la base del tambor del orden de 1,69.

La presencia de la voluminosa voluta en la base del cuerpo del tambor podría tener la función de centrar esta resultante a los arcos fajones.

Futuras líneas de investigación.

El presente trabajo abre una posible ruta a ampliar el estudio de estabilidad de la iglesia del Espíritu Santo y de su conjunto. En este sentido, se propone a continuación una serie de futuras líneas de investigación.

- Ampliar en análisis estructural de la iglesia analizando la estabilidad de las bóvedas que cierran la nave.
- Dentro del conjunto del antiguo Real Colegio, sería de interés el análisis de las rampas colgantes y de los arcos rebajados que hacen de apoyo a la escalera de honor, obra de Andrés García de Quiñones.
- Realización de análisis de estabilidad estructural mediante métodos numéricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Villar, J. (1972). *La Universidad de Salamanca : Arte y tradiciones*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Álvarez Villar, J. (2004). Colegios y conventos. En L. E. Rodríguez-San Pedro Bezares, *Historia de la Universidad de Salamanca. Vol. II, Estructuras y flujos*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Álvarez Villar, J., & Riesco Terrero, Á. (1990). *La iglesia románica y la Real Clerecía de San Marcos de Salamanca*. Salamanca: Ediciones Universidad Salamanca.
- Álvarez-Sanchís, J. R. (2003). *Los Vettones*. Madrid: Real Academia de la Historia.
- Aramburu-Zabal, M. Á. (2000). Arquitectura y arte en el Colegio. En J. González Echegaray, *El Colegio de la Compañía en Salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia* (págs. 331-392). Salamanca: Servicios de publicaciones Universidad Pontificia de Salamanca.
- Araujo, F. (1884). *La Reina del Tórmes : guía histórico-descriptiva de la ciudad de Salamanca*. Salamanca: Imp. y Lit. de Jacinto Hidalgo. Antes de cerezo.
- Arranz Roa, Í. (2003). Las Casas Profesas de la Compañía de Jesús: centros de actividad apostólica y social. La Casa Profesa de Valladolid y Colegio de San Ignacio (1545-1767). *Cuadernos de Historia Moderna*, vol. 28, 125-163.
- Barco López, M., & Girón, R. (1863). *Historia de la ciudad de Salamanca que escribió D. Bernardo Dorado: aumentada, corregida y continuada hasta nuestros días*. Salamanca: Imprenta del Adelante á cargo de Juan Sotillo.

- Bartolomé Martínez, B. (1993). El pensamiento educativo de la Iglesia. En B. Delgado Criado, *Historia de la educación en España y América* (págs. 41-46). Madrid: Ediciones SM y Ediciones Morata, S. L.
- Batllori, M. (1993). San Ignacio y la fundación de los jesuitas. En B. Delgado Criado, *Historia de la educación en España y América* (págs. 53-64). Madrid: Ediciones SM y Ediciones Morata, S. L.
- Braun, J. (1913). *Spanies alte Jesuitenkirchen : ein Beitrag zur Geschichte der nachmittelalterlichen kirchlichen Architektur in Spanien*. Berlin: Freiburg im Breisgau.
- Codicilo privado añadido al testamento de la reina Margarita de Austria. (11 de septiembre de 1611). Madrid.
- Dorado, B. (1776). *Compendio historico de la ciudad de Salamanca, su antigüedad, la de su santa Iglesia, su fundacion y grandezas, que la ilustran*. Salamanca: Juan Antonio de Lasanta.
- Estadística, I. N. (2014). *Población por capitales de provincia y sexo*. España: INE 2015.
- Fernández Alba, A. (1993). *Noticia de las obras de restauración y consolidación de la Real Clerecía de S. Marcos en Salamanca*. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.
- Fernandez Ochoa, C. (1998). *Informe sobre vía y ruta de la Plata*.
- González Dávila, G. (1606). *Historia de las antigüedades de la ciudad de Salamanca : vidas de sus obispos y cosas sucedidas en su tiempo*. Salamanca: Artus Taberniel.
- González de la Llana, M. (1869). *Crónica de la provincia de Salamanca*. Madrid: Rubio, Grilo y Vitturi.
- González Echegaray, J., & Sarabia Rogina, P. (2000). Excavaciones arqueológicas en el patio de la comunidad (1996-98). En J. González Echegaray, *El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia* (págs. 17-183). Salamanca: Servicio de Publicaciones Universidad Pontificia de Salamanca.

- Guerra Pestonit, A. R. (2012). *Tesis doctoral- Bóvedas y contrarresto del Colegio de Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos. Geometría, construcción y mecánica*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández Montes, B. (1989). El colegio de la compañía y la Universidad de Salamanca en el siglo XVI. Desde los orígenes hasta la incorporación a la Universidad. *Studia Historica. Historia Moderna*(7), 723-744.
- Heyman, J. (1995). *The stone skeleton: Structural Engineering of Masonry Architecture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heyman, J. (1999). *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica*. Instituto Juan de Herrera.
- Heyman, J. (2001). *La ciencia de las estructuras*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Huerta Fernández, S. (2004). *Arcos, bóvedas y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Izquierdo, J. M. (1980). *Determinación de las características físico-químicas que presentan dos muestras de piedra de construcción, correspondientes a la cornisa de la cúpula mayor de la iglesia de la clerecía de la ciudad de Salamanca*. Madrid: INTEMAC.
- Llamas Martínez, E. (2000). El solar del Colegio antes de su construcción. En J. González Echegaray, *El Colegio de la Compañía en salamanca (Universidad Pontificia): Arqueología e Historia* (págs. 257-287). Salamanca: Servicio de Publicaciones Universidad Pontificia de Salamanca.
- López Mozo, A. (2009). La cúpula de El Escorial: geometría, esteotomía y estabilidad. *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (págs. 763 - 776). Valencia: S. Huerta, R. Marín, R. Soler, A. Zaragoza.
- López Plaza, M., García Talegón, J., López Moro, F. J., & Carlos Íñigo, A. (2011). *Recorrido geológico por Salamanca: una visión de su historia constructiva a través de los materiales pétreos*. Salamanca.

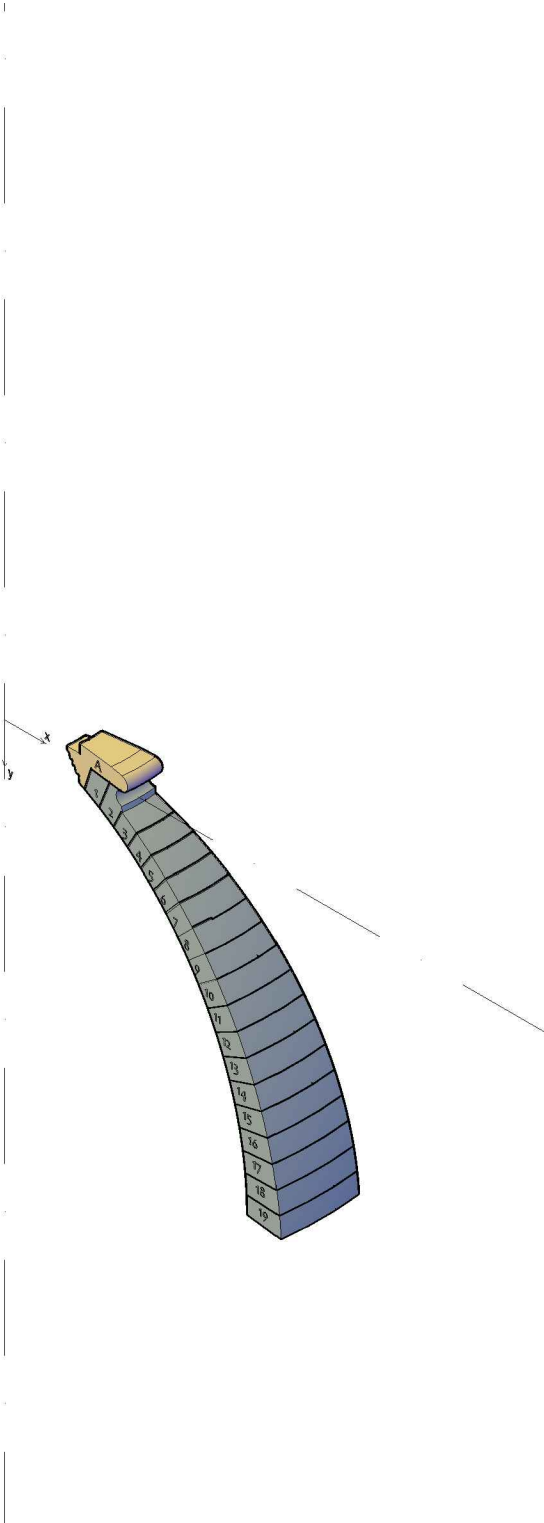
- Lozano Navarro, J. J. (2005). *La Compañía de Jesús y el poder en la España de los Austrias*. Madrid: Cátedra (Grupo Anaya, S. A.).
- Marías, F. (1994). El primer proyecto de Juan Gómez de Mora para el Colegio de <<La Clerecía>> de Salamanca. En A. Bonet Correa, *Tiempo y espacio en el arte* (págs. 469-480). Madrid: Editorial Complutense.
- Martínez Díez, G. (2005). *El Condado de Castilla (711-1038): la historia frente a la leyenda*. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Turismo; Marcial Pons, Ediciones de historia S.A.
- Mas-Guindal Lafarga, A. J. (2011). *Mecánica de las estructuras antiguas: o cuando las estructuras no se calculaban*. Madrid: Munilla-Lería.
- Nieto González, J. R. (2004). Escuelas Mayores, Menores y Hospital del Estudio. En L. E. Rodríguez-San Pedro Bezares, *Historia de la Universidad de Salamanca. Vol. II, Estructuras y flujos*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Núñez Paz, P. (2001). *Salamanca, guía de arquitectura*. Colegio Oficial de Arquitectos de León. Delegación de Salamanca.
- Picatoste, V. (1891). *Descripción é historia política, eclesiástica y monumental de España : provincia de Salamanca*. Madrid: Librería de la Viudad de Hernando y C^a.
- Ramírez Molina, M. T. (2012). *Trabajo Fin de Master- Análisis estructural de la cúpula de la iglesia de San Justo y Pastor de Granada*. Granada: Universidad de Granada.
- Rodríguez G. de Ceballos, A. (1966). El primitivo colegio de la Compañía de Jesús en Salamanca (1545-1665). *Miscelánea Comillas: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 24(46), 101 - 168.
- Rodríguez G. de Ceballos, A. (1969). *Estudios del Barroco salmantino: El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617-1776)*. Salamanca: Centro de Estudios Salmantinos.
- Rodríguez G. de Ceballos, A. (1978). *Las catedrales de Salamanca*. Madrid: Everest, D.L.
- Rodríguez G. de Ceballos, A. (2002). *La arquitectura de los Jesuítas*. Edilupa.

- Rodríguez G. de Ceballos, A. (2010). La arquitectura jesuítica en Castilla. Estado de la cuestión. *La arquitectura jesuítica. Actas del Simposio Internacional* (págs. 305-325). Zaragoza: Institución <Fernando el Católico>.
- Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, A. (1967). *Bartolomé de Bustamante y los orígenes de la arquitectura jesuítica en España*. Roma: Institutum Historicum S.I.
- Rodríguez-San Pedro Bezares, L. E. (2004). *Historia de la Universidad de Salamanca. Vol. II, Estructuras y flujos*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Rosell, M. d. (11 de Febrero de 1983). Concluye la restauración de la cúpula barroca de San Marcos, en Salamanca. *El País*.
- Ruiz Hernando, J. A. (1990). La catedral en la ciudad medieval. *Medievalismo y neomedievalismo en la arquitectura española : aspectos generales : Actas del 1er Congreso, Ávila, Septiembre 1987* (págs. 81-114). Ávila: Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED : Universidad de Salamanca, Servicio de Publicaciones.
- Rupérez Almajano, M. N., & Castro Santamaría, A. (2004). Colegios desaparecidos. En L. E. Rodríguez-San Pedro Bezares, *Historia de la Universidad de Salamanca. Vol.II, Estructuras y flujos*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Schubert, O. (1908). *Geschichte des Barock in Spanien*. Esslingen: N., P. Verlag (m. Schreiber).
- Schubert, O. (1924). *Historia del barroco en España*. Madrid: Saturnino Calleja.
- Testamento secreto de la reina Margarita de Austria. (13 de septiembre de 1601). Valladolid.
- Vergara Ciordia, J. (1993). La aportación del Concilio de Trento. En B. Delgado Criado, *Historia de la educación en España y América* (págs. 47-56). Madrid: Ediciones SM y Ediciones Morata, S. L.
- Villar y Macías, M. (1887). *Historia de Salamanca*. Salamanca: Imp. de Francisco Núñez Izquierdo.
- W. O'Malley, J. (1993). *Los primeros jesuitas*. Bilbao: Ediciones Mensajero.

ANEXOS

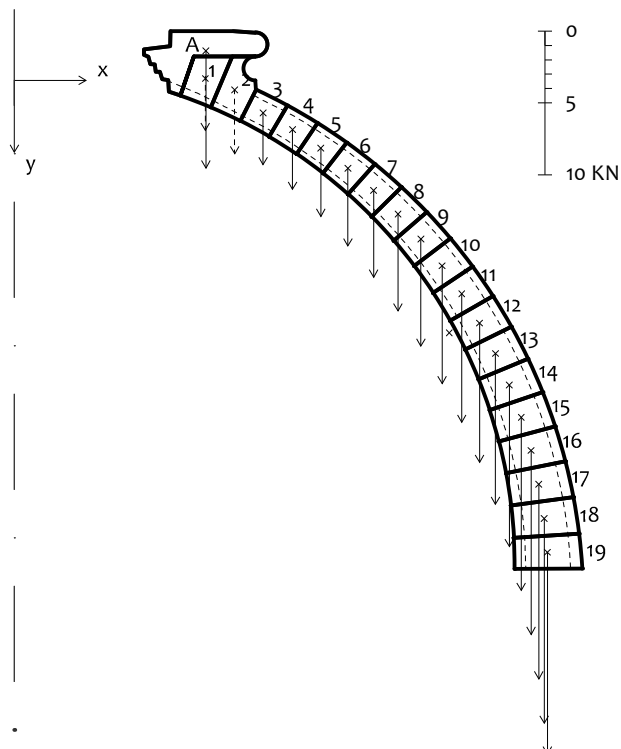
ANEXO A

Este anexo recoge los gráficos de las diferentes hipótesis con las que se ha trabajado para la comprobación de estabilidad de la media naranja sin soportar la carga de la linterna. A esta serie de gráficos obtenidos de la sección compuesta únicamente por la cáscara de la cúpula se le ha denominado Análisis-A.

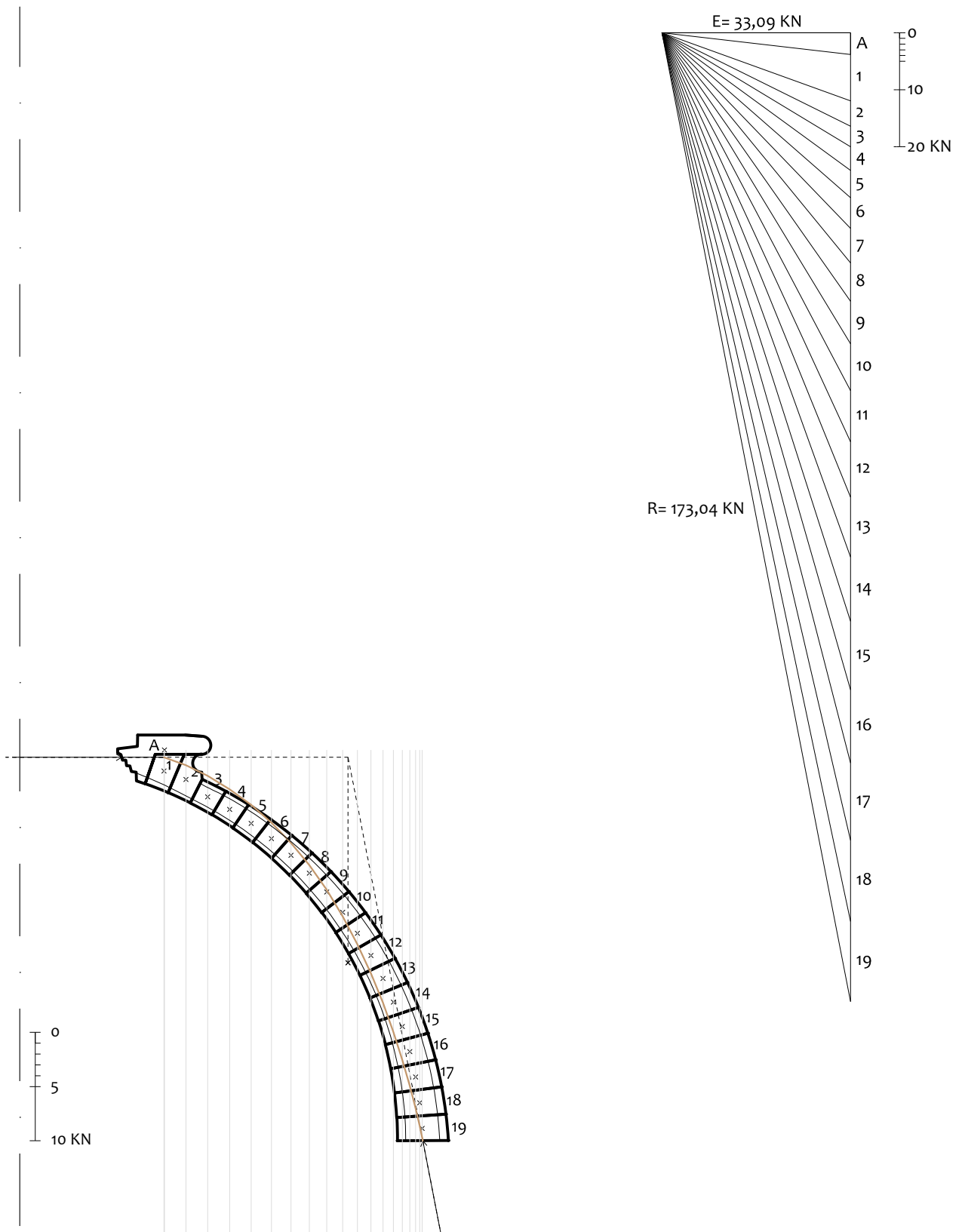


Obtención de la línea de empujes de la media naranja sin considerar la carga de la linterna considerando un sector radial de 14° .

Este análisis ayudará a resolver las dudas sobre la estabilidad de la estructura durante su construcción, conociendo si la cúpula se autosustentaba antes de soportar el peso de la linterna.

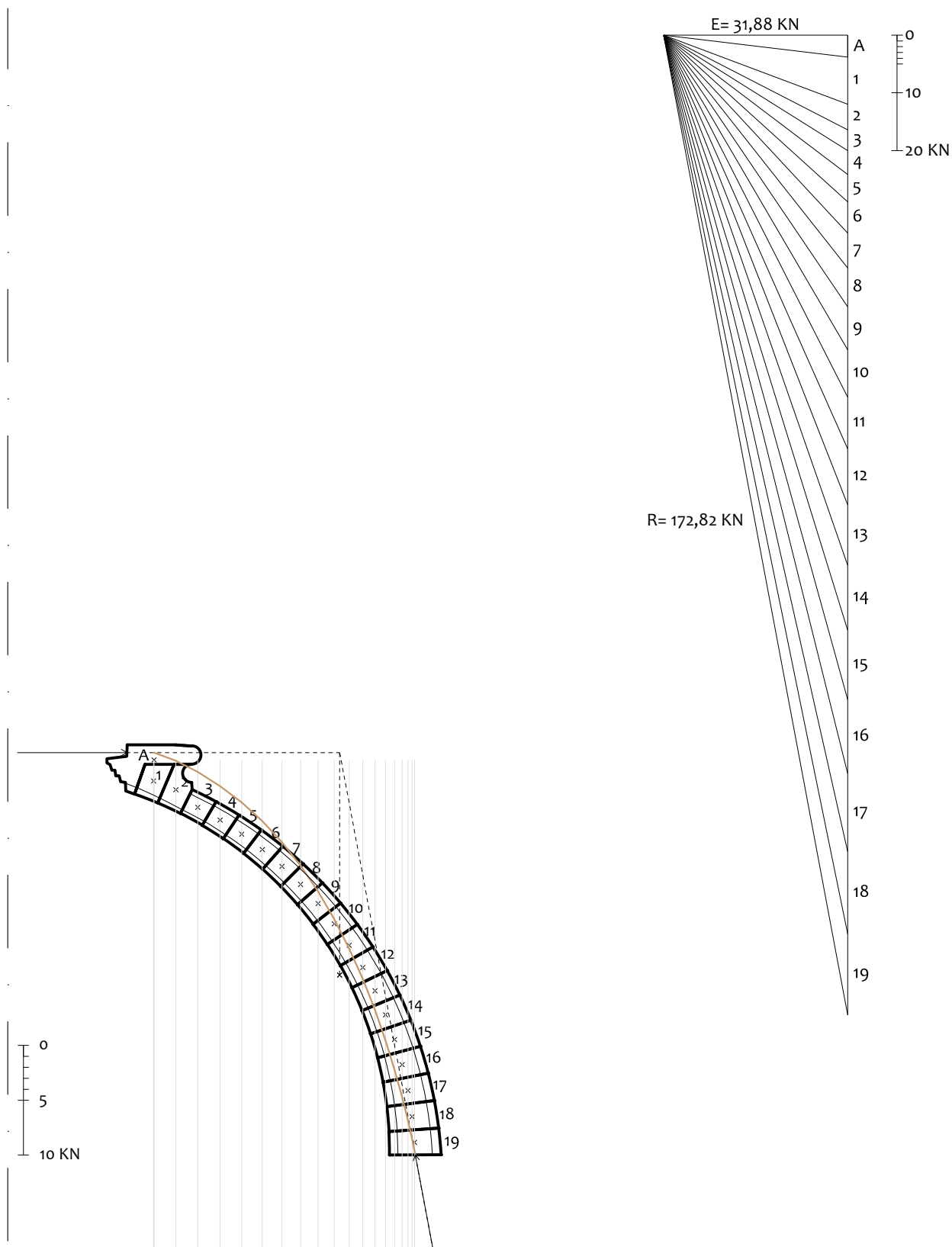


Sección de la media naranja con la distribución de dovelas y pesos. Análisis-A.

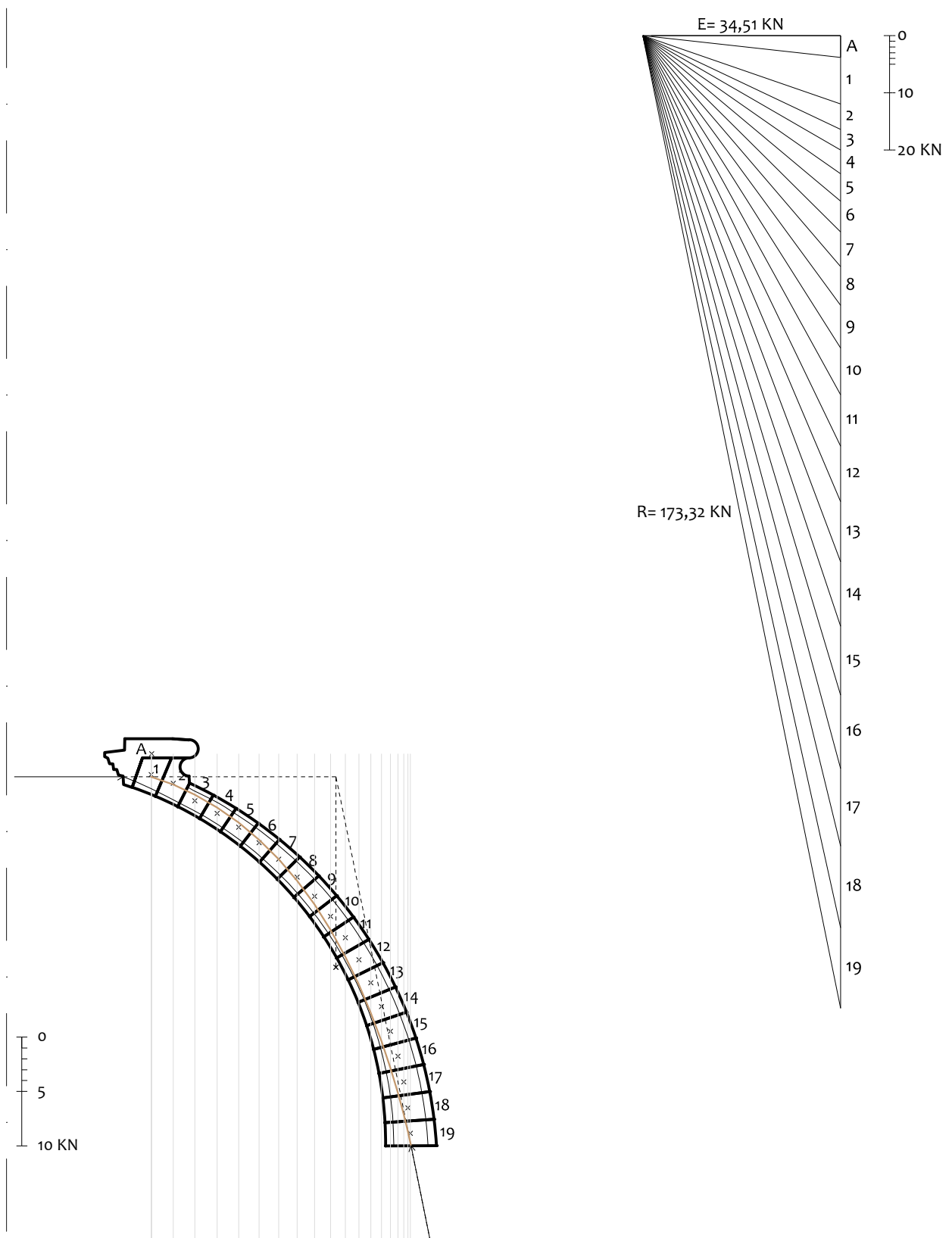


Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .

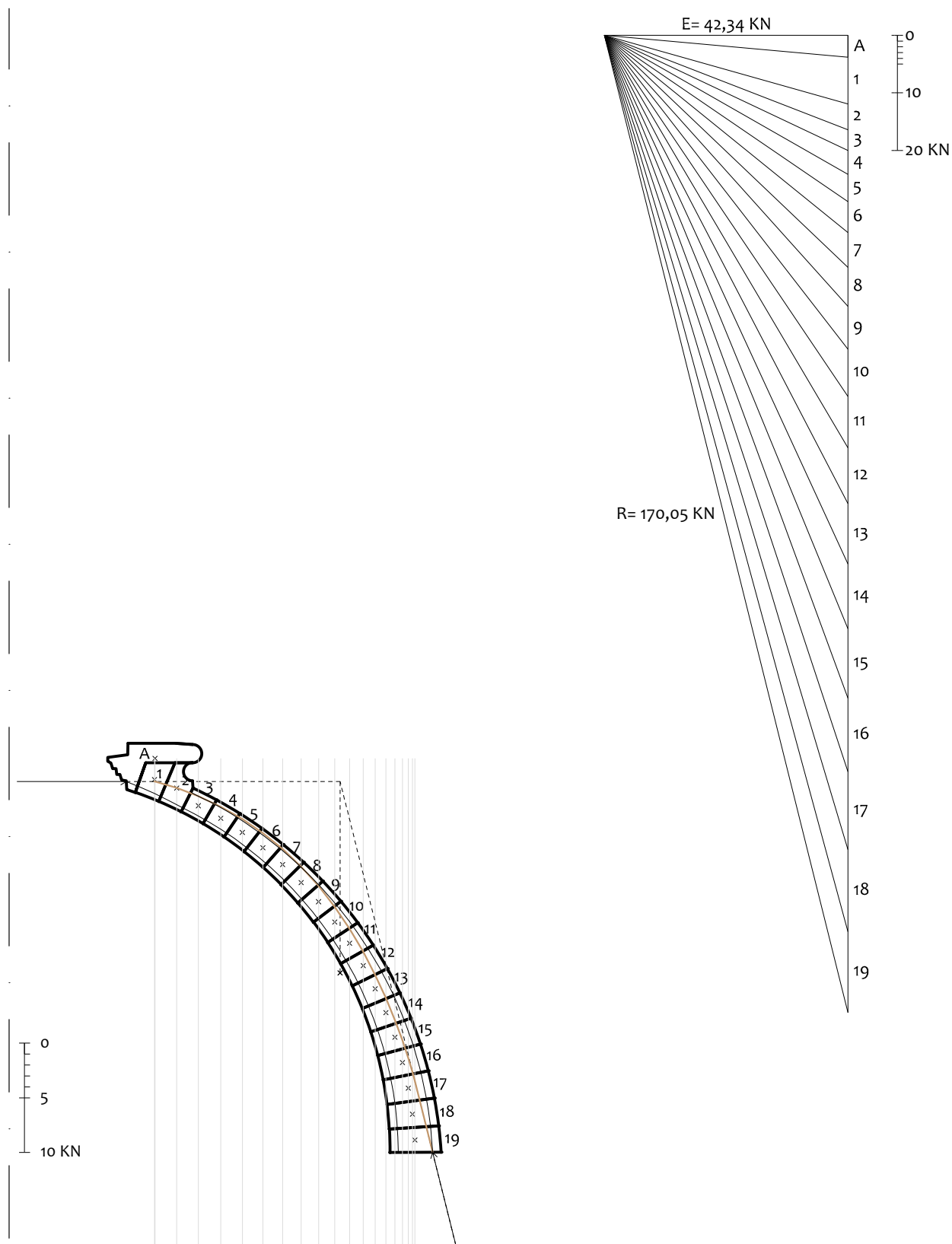
Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.



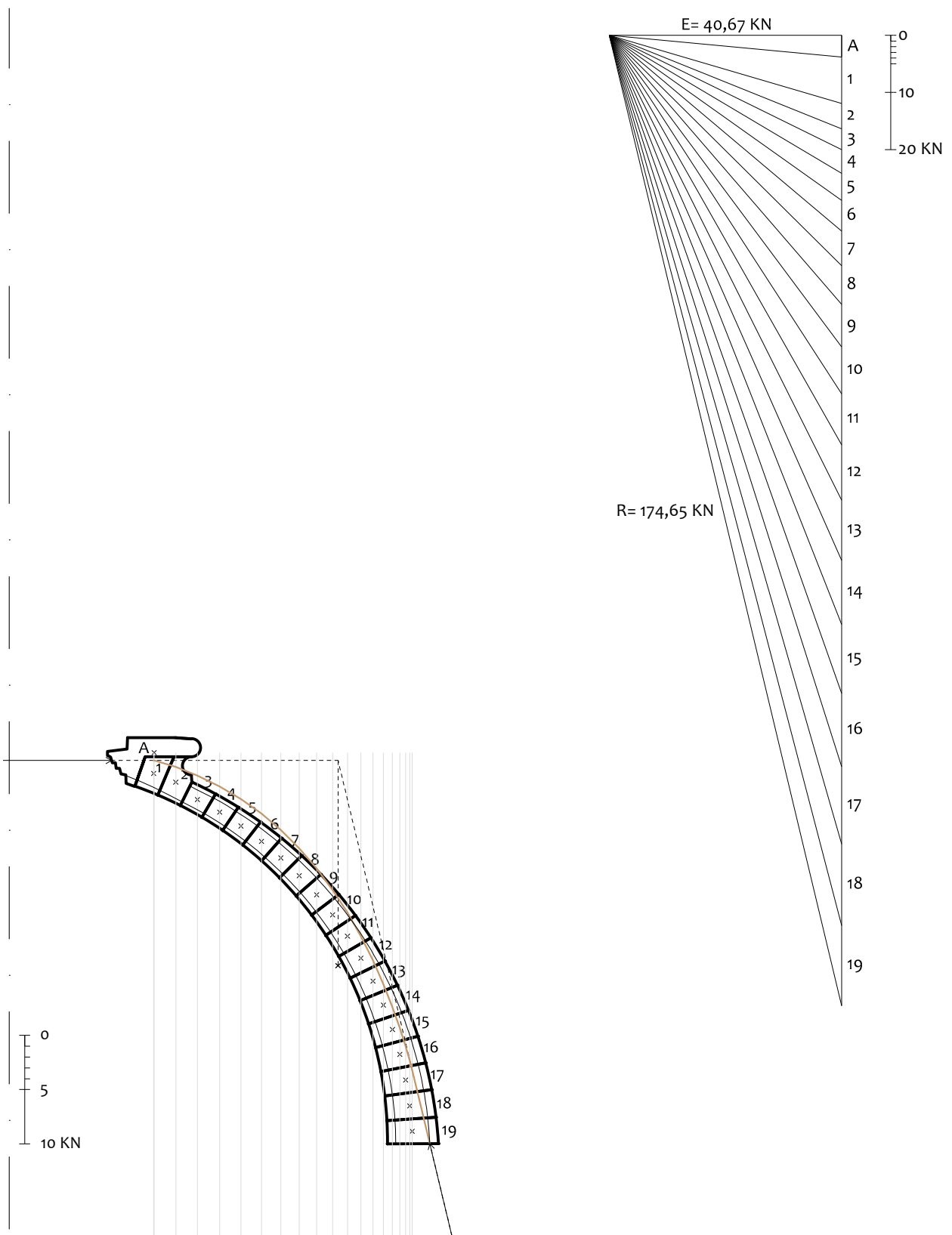
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.



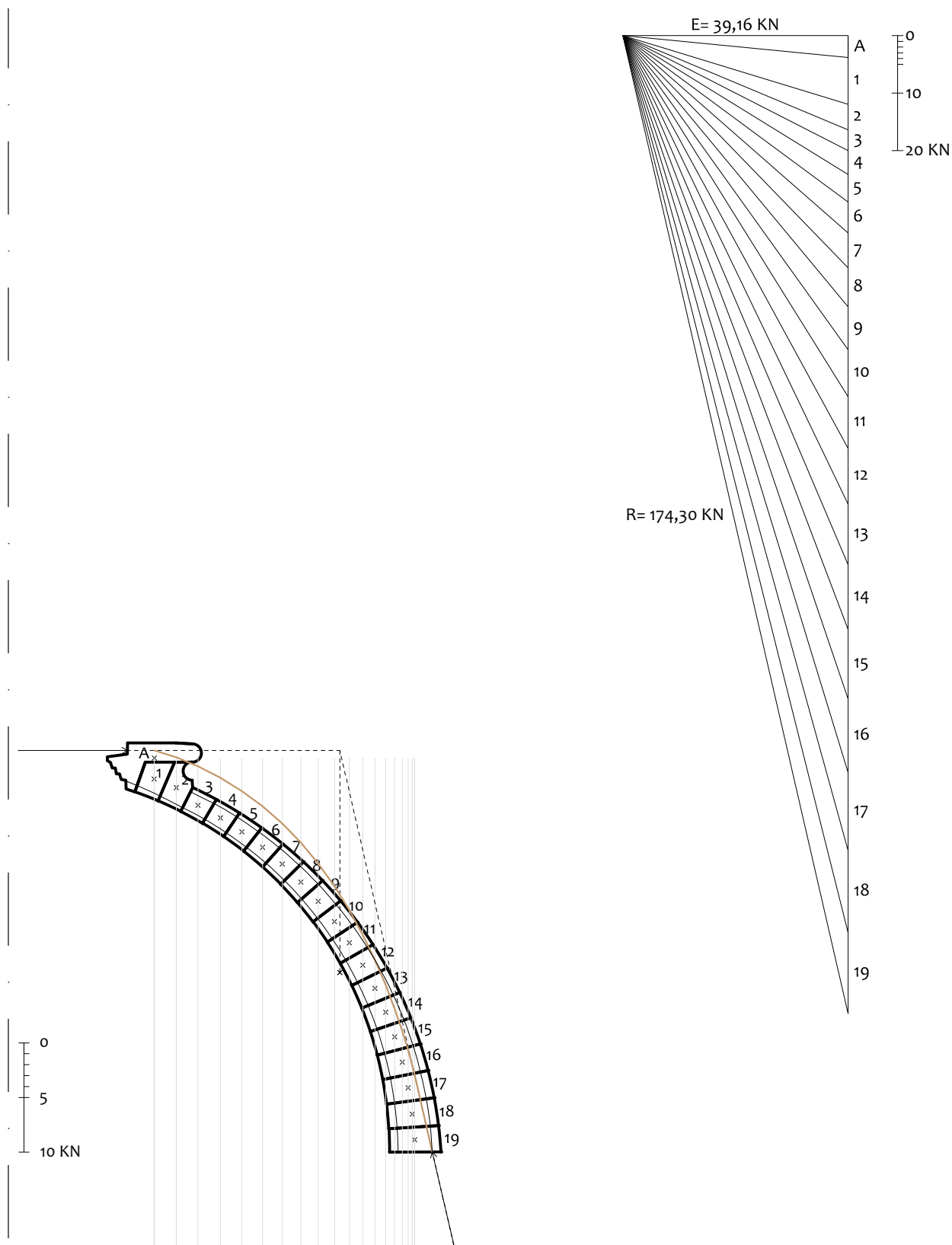
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del intradós de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.



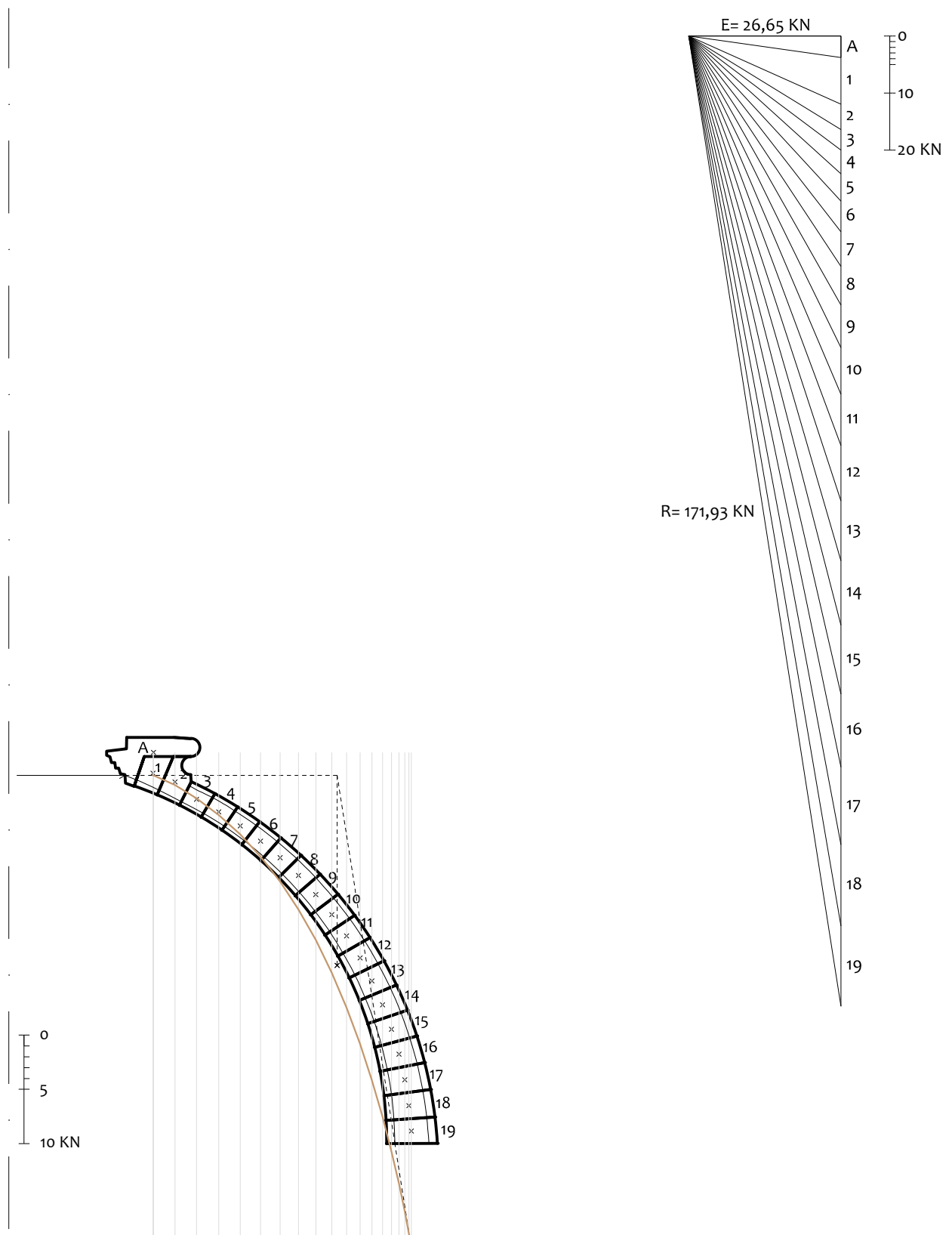
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14°. Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del intrasdós de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14°. Condiciones: línea de empuje pasa el centro de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del extradós de la dovela base.

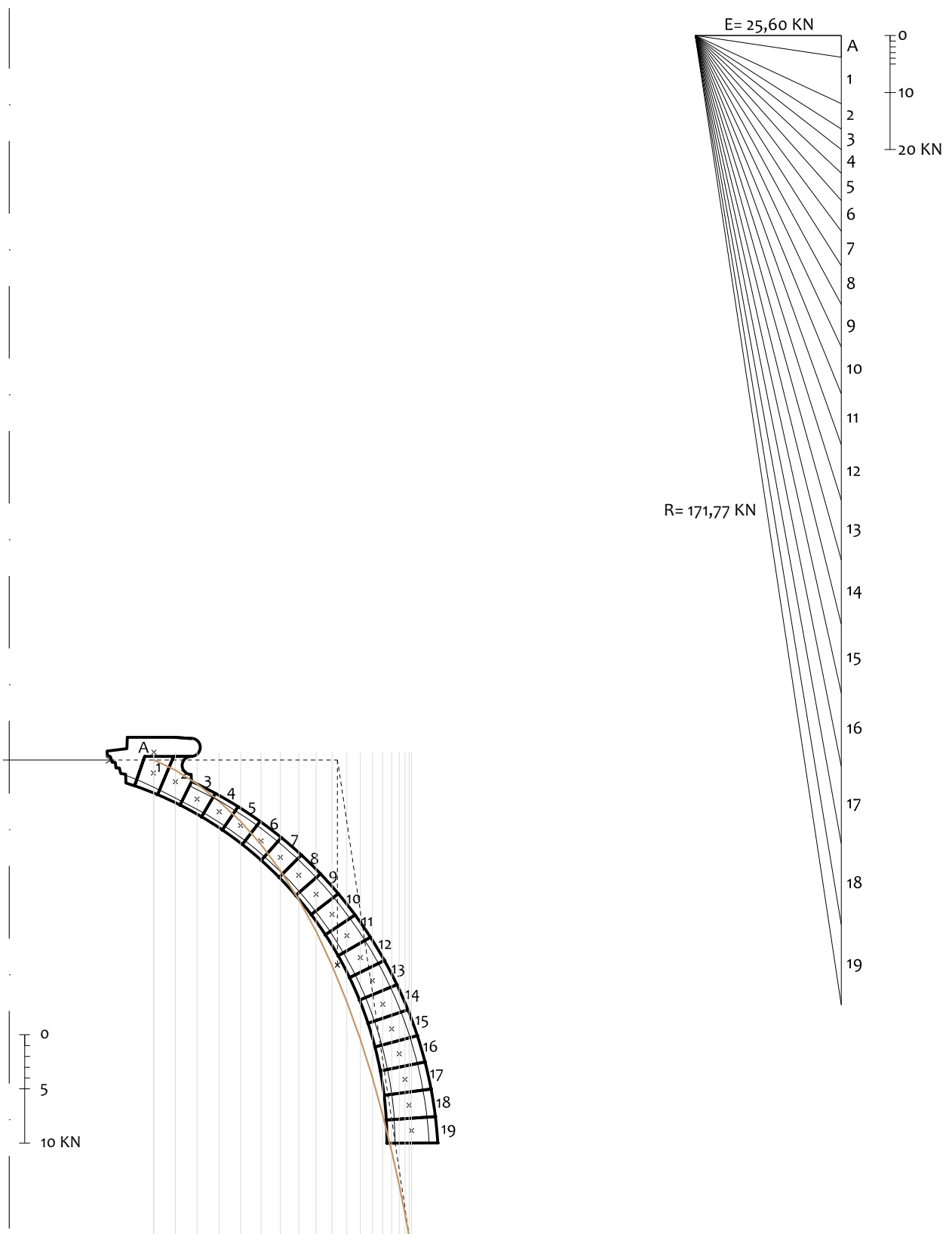


Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.

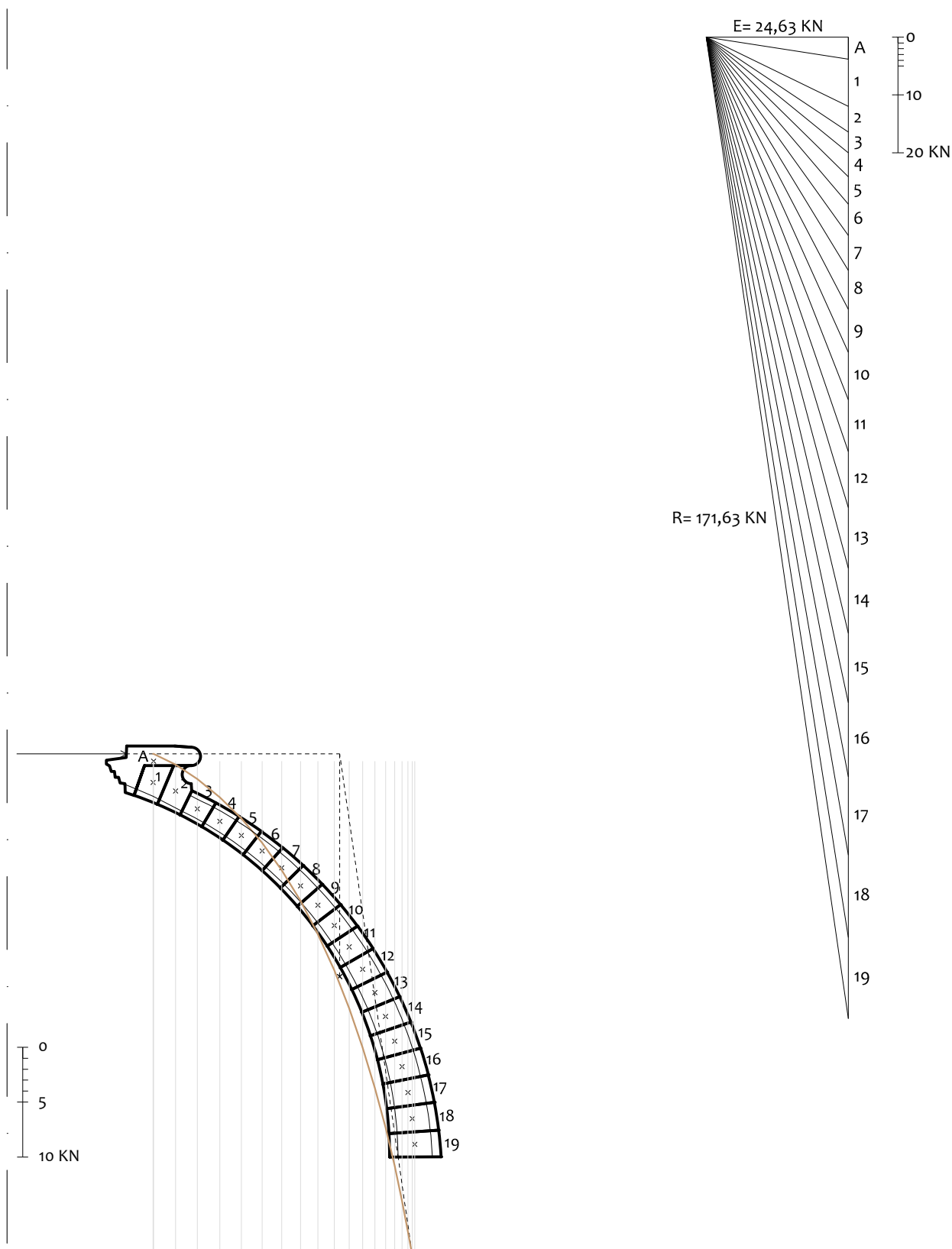


Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .

Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del intradós de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del intradós de la dovela base.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del intradós de la dovela base.

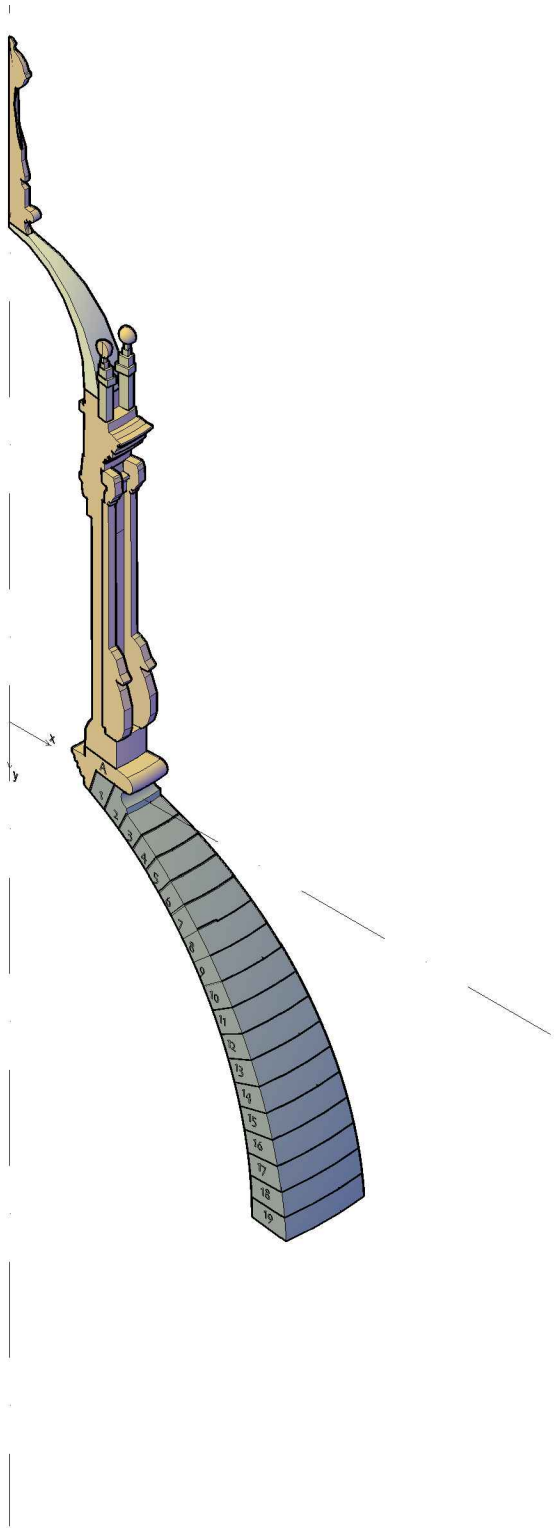


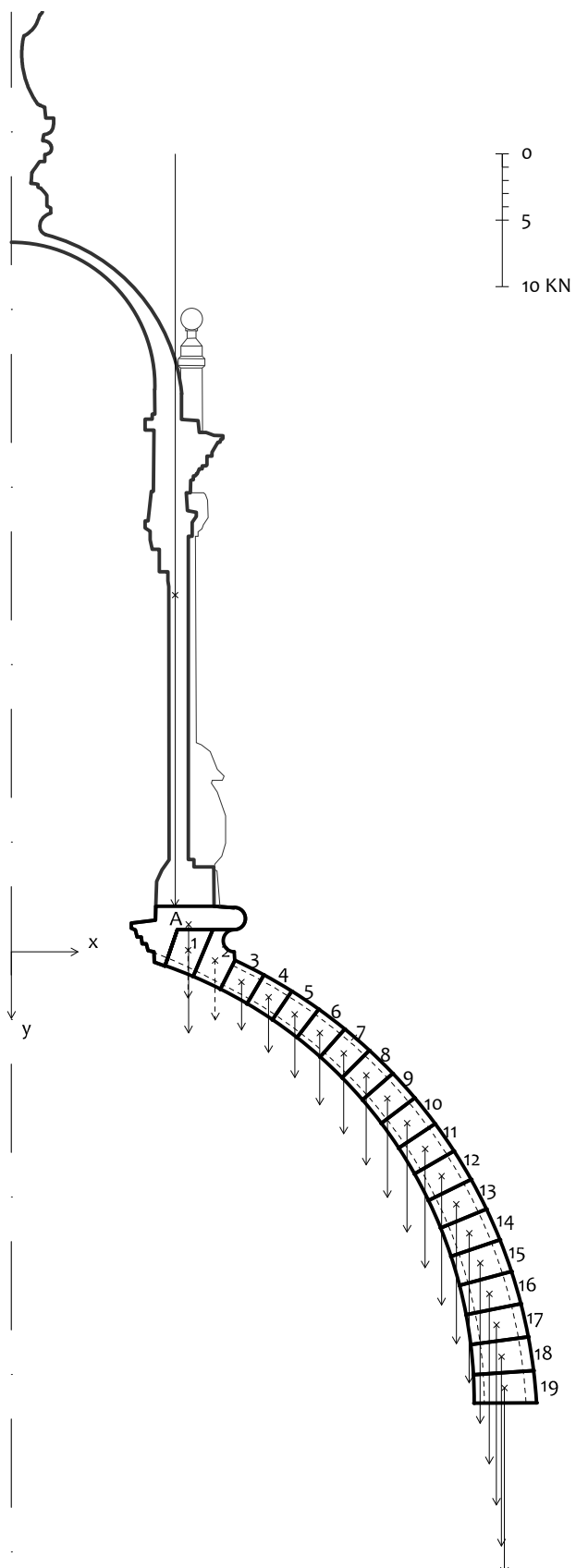
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-A: luna de 14° .

Condiciones: línea de empuje pasa por la línea de seguridad del extrados de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del intrados de la dovela base.

ANEXO B

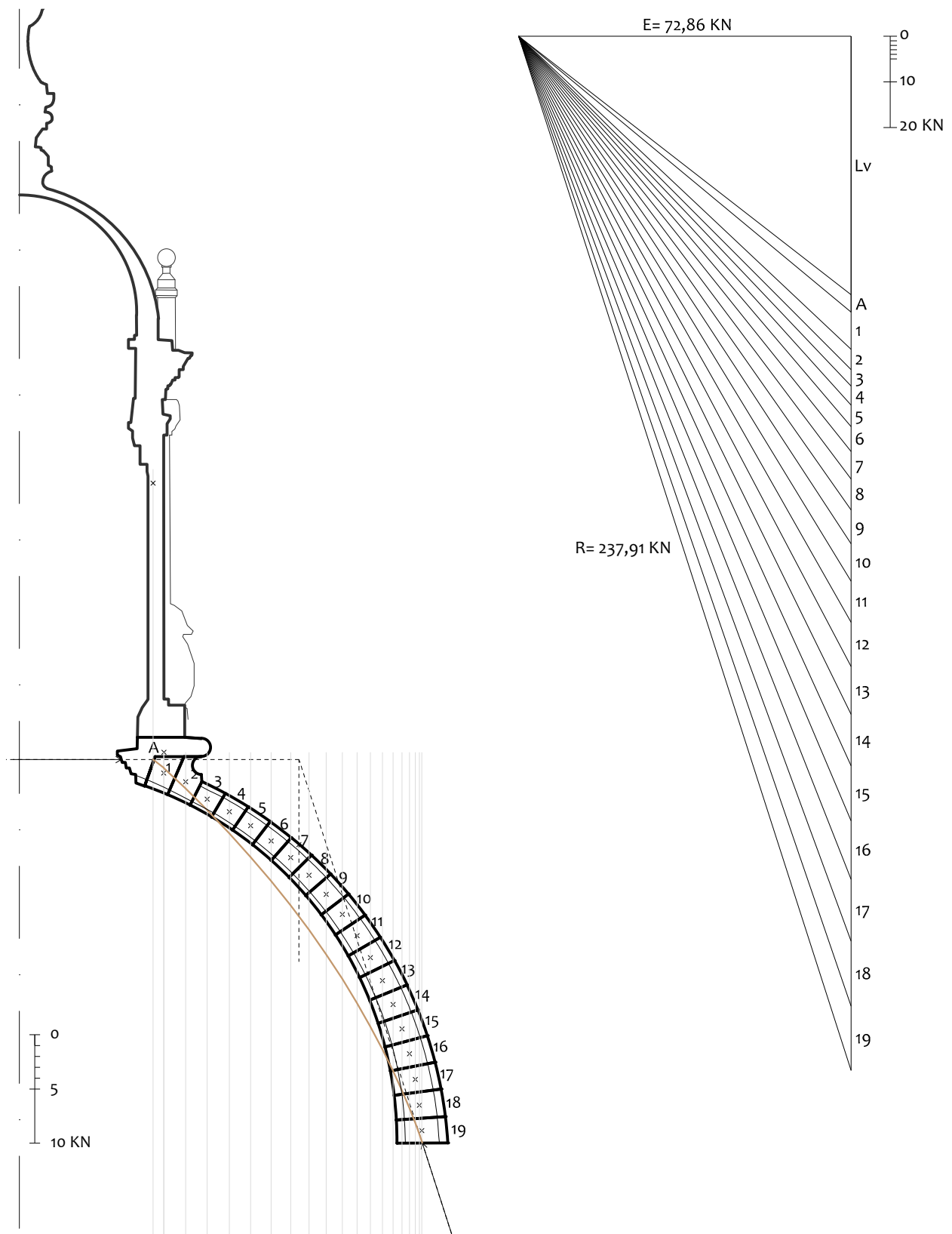
Este anexo recoge los gráficos de las diferentes hipótesis con las que se ha trabajado para la comprobación de estabilidad de la media naranja sin nervios y soportando la carga de la linterna. A esta serie de gráficos obtenidos de la sección compuesta por la cáscara de la cúpula y la linterna se le ha denominado Análisis-B.



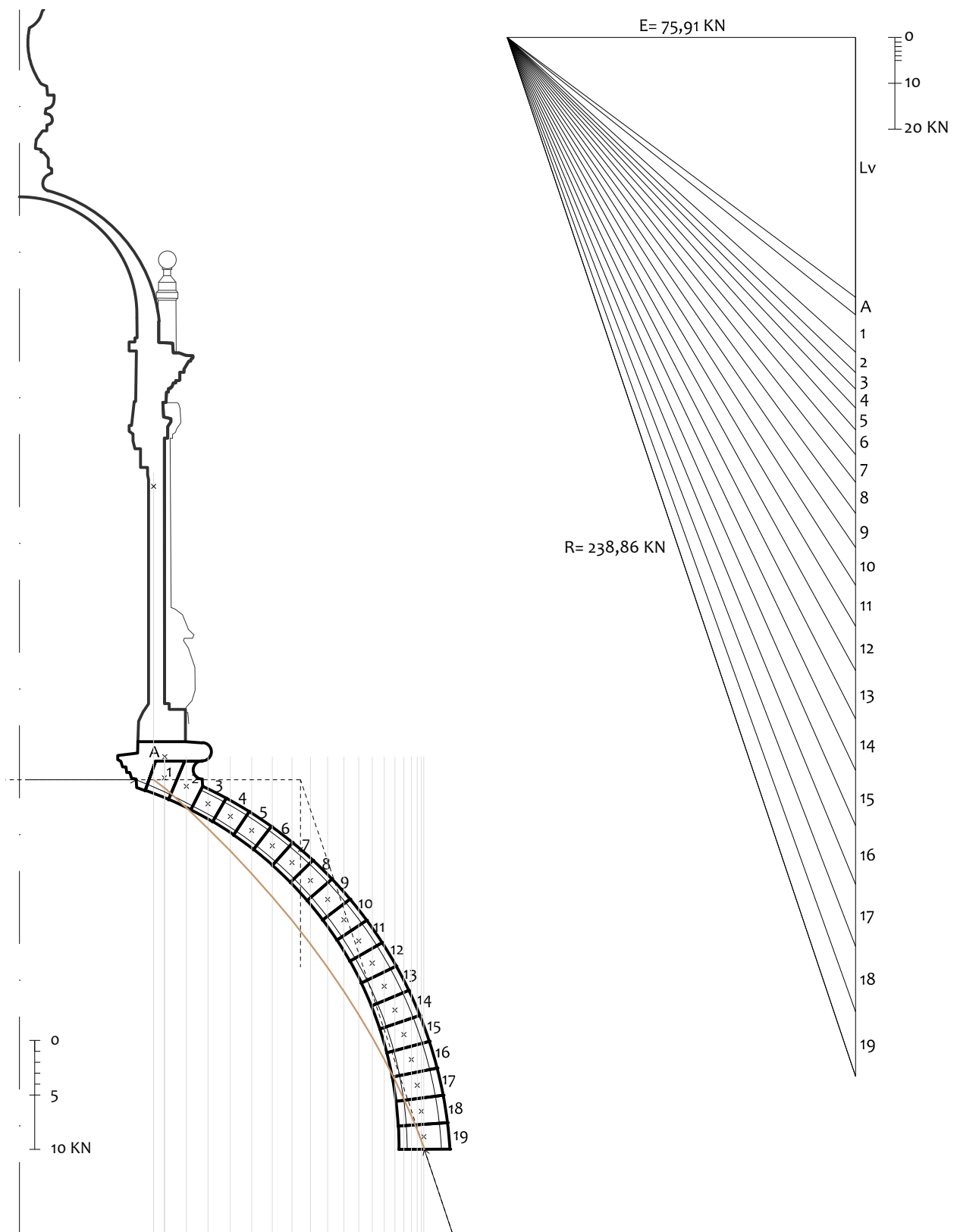


Obtención de la línea de empujes de la media naranja, sin considerar los nervios, soportando una carga de la linterna de 57,19 KN, correspondiente al gajo de estudio, un sector radial de 14° . Este análisis, junto con el análisis de la estabilidad de la cúpula con nervios (análisis-C), ayudará a conocer el comportamiento estructural de los nervios.

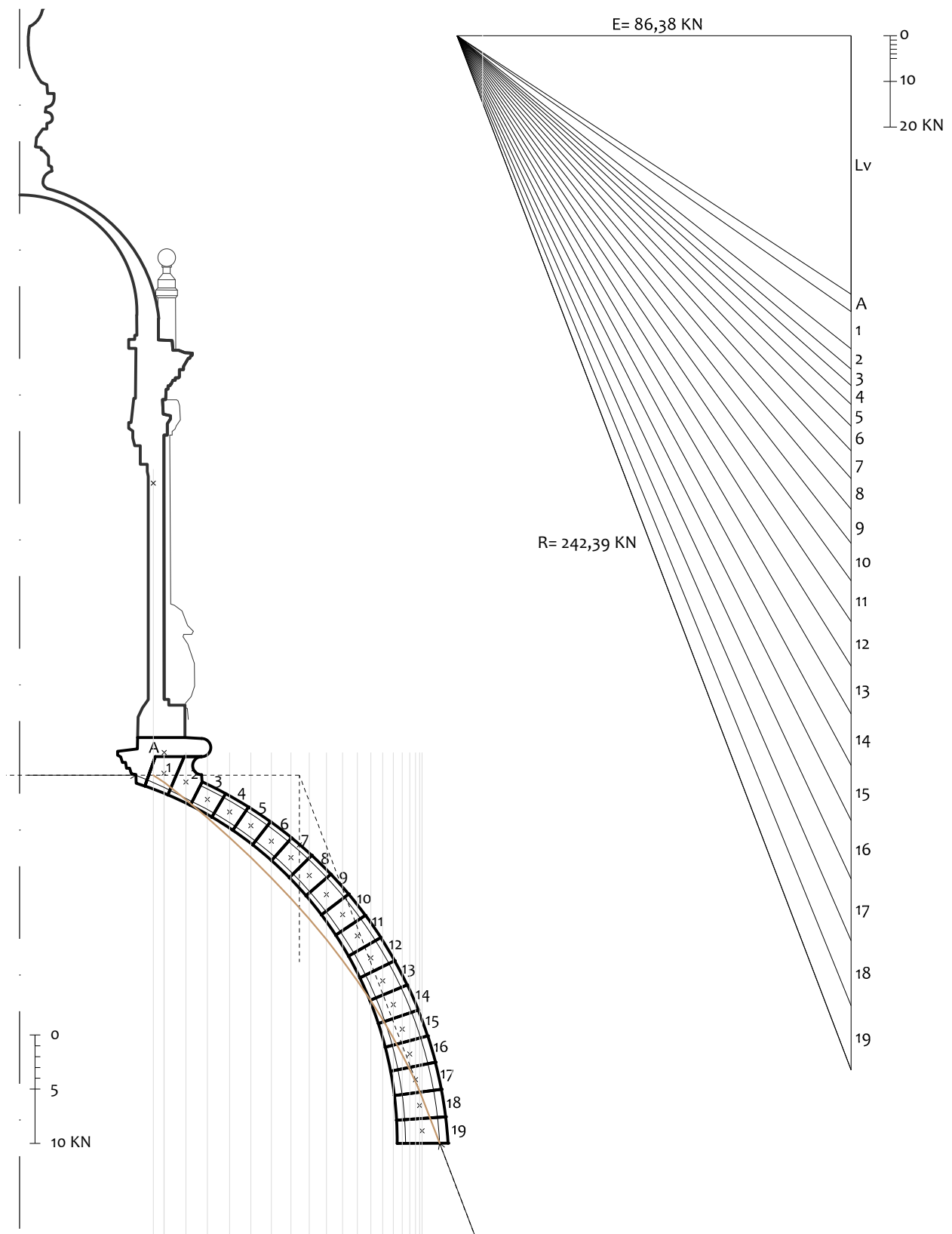
Sección de la media naranja con la distribución de dovelas y pesos. Análisis-B.



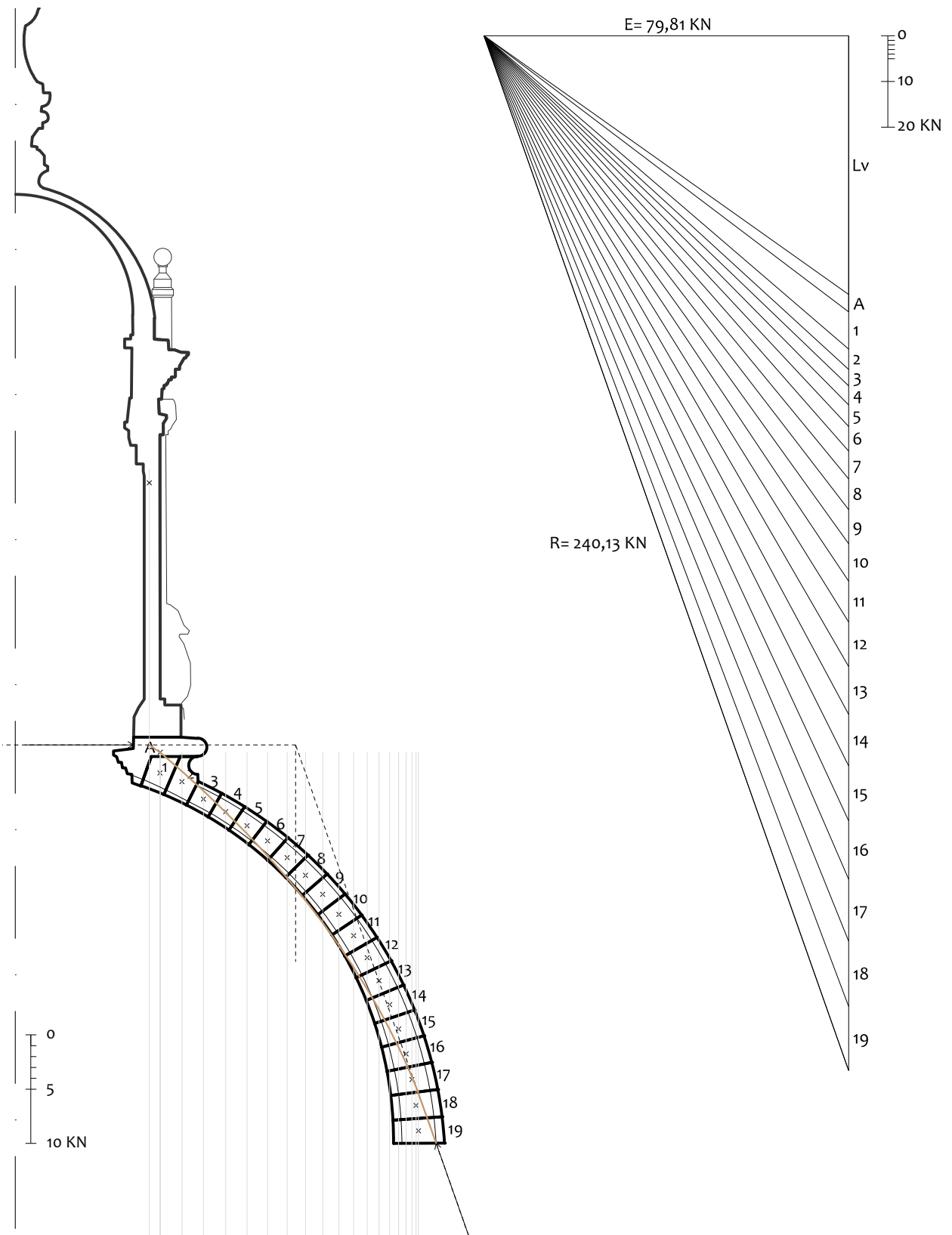
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.



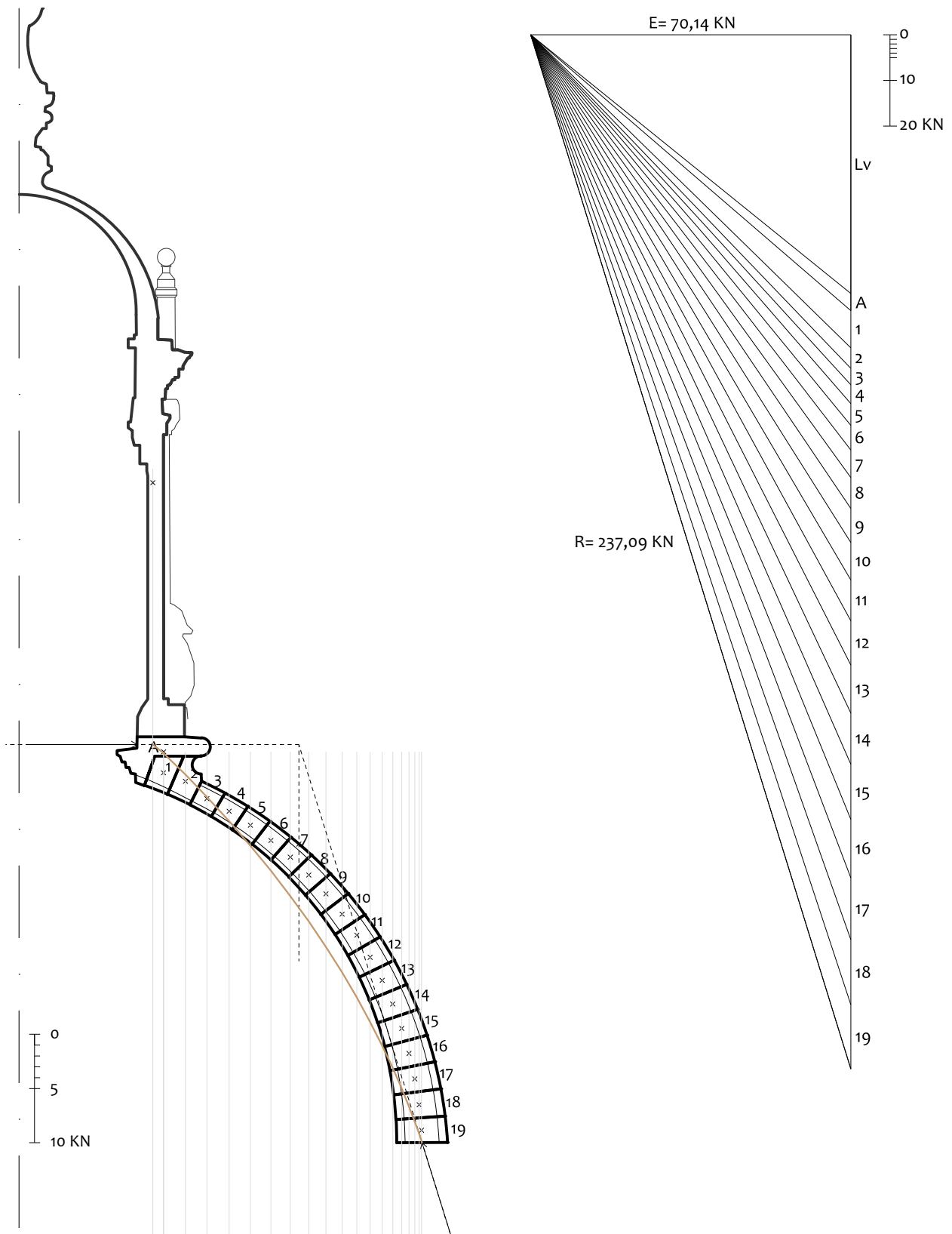
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del intradós de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.



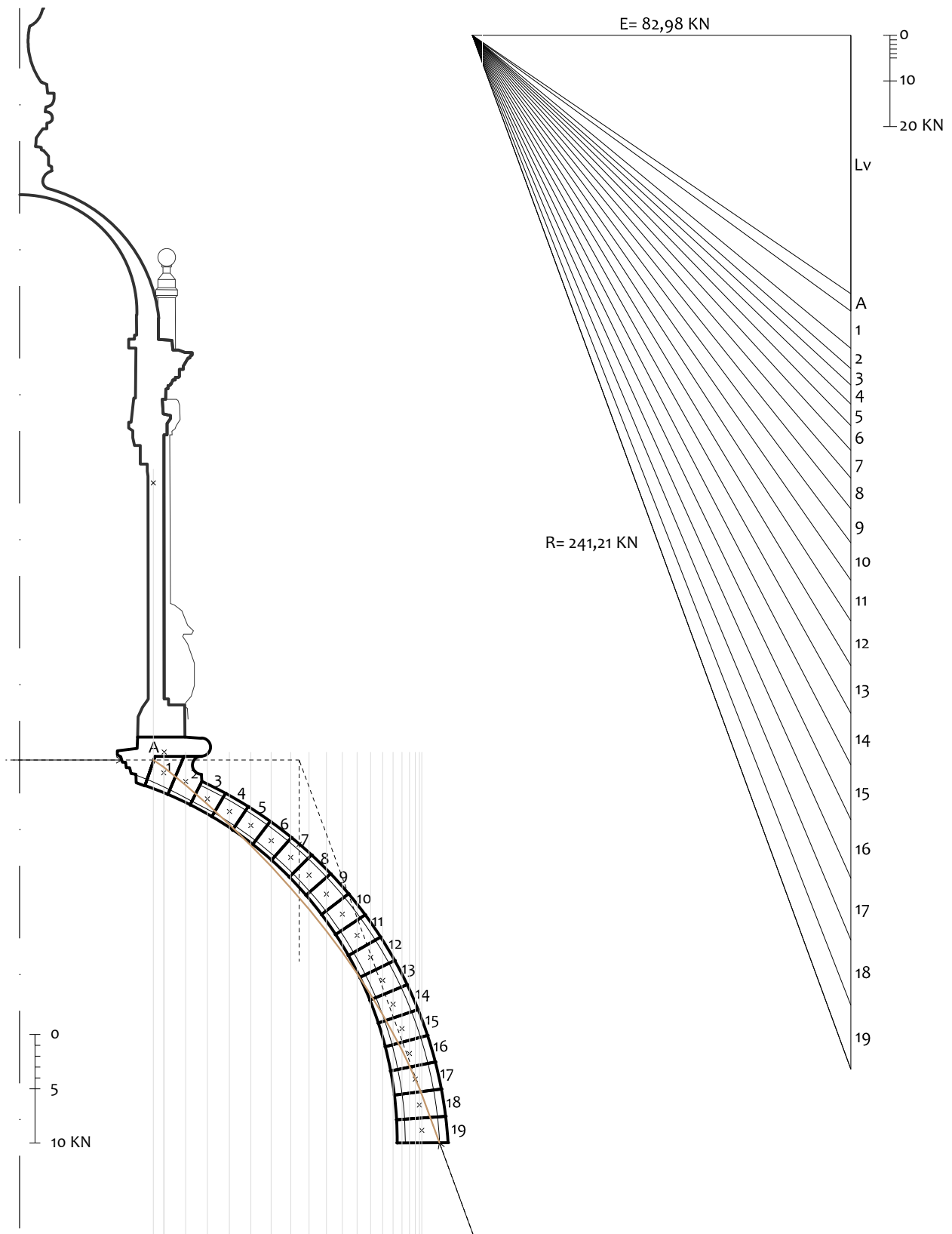
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del intradós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del extradós de la dovela base.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.



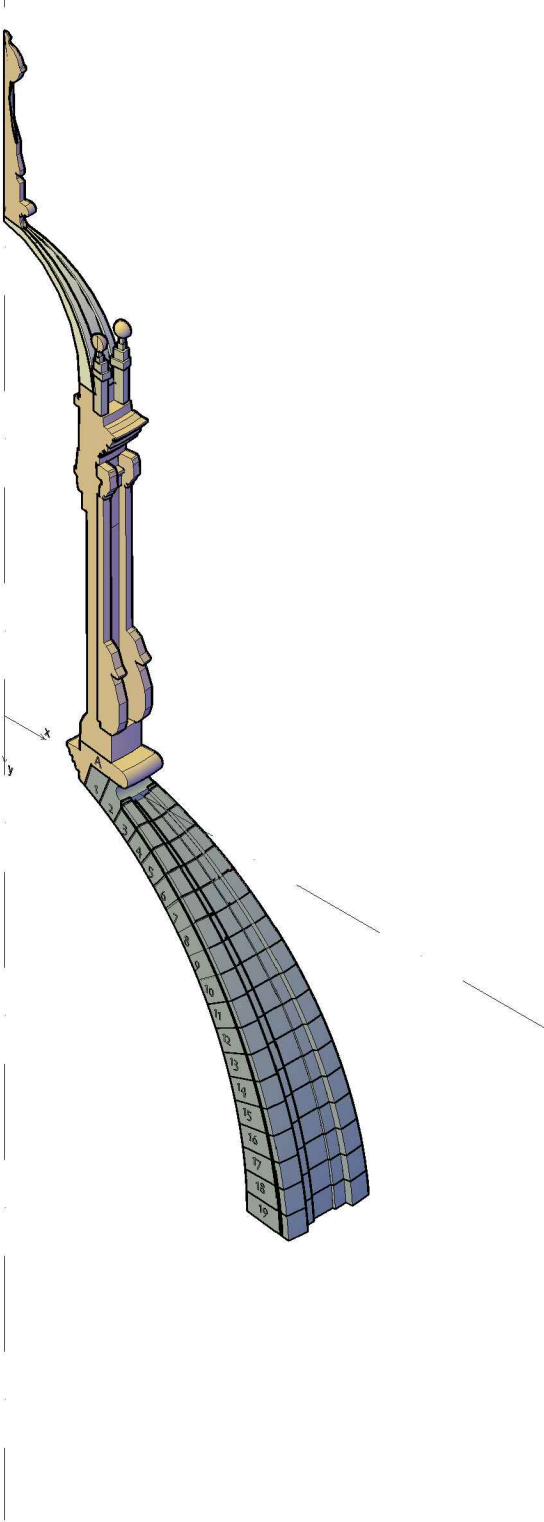
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14°. Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.

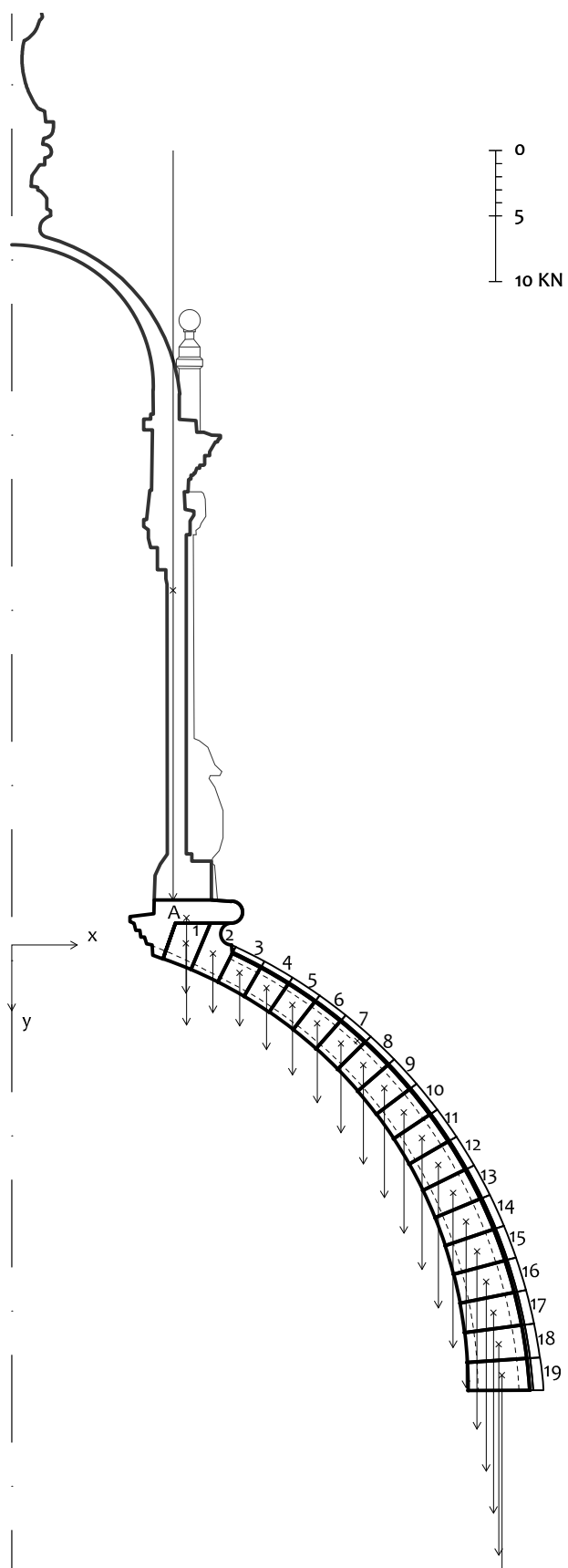


Línea de empujes en la media naranja. Análisis-B: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.

ANEXO C

Este anexo recoge los gráficos de las diferentes hipótesis con las que se ha trabajado para la comprobación de estabilidad de la media naranja con nervios y soportando la carga de la linterna siendo ésta la disposición real de la estructura. A esta serie de gráficos obtenidos de la sección compuesta por la cáscara de la cúpula, nervios y linterna se le ha denominado Análisis-C. Además, este anexo recoge los sub-apartados análisis-C.a y análisis-C.b. El primero se centra en la búsqueda de una línea de empujes imponiendo la condición de estar dentro de los límites de seguridad a lo largo de todo su recorrido y, una vez encontrada esta línea, pasamos al sub-apartado C.b en el que se presenta la prolongación de dicha línea a lo largo del tambor.

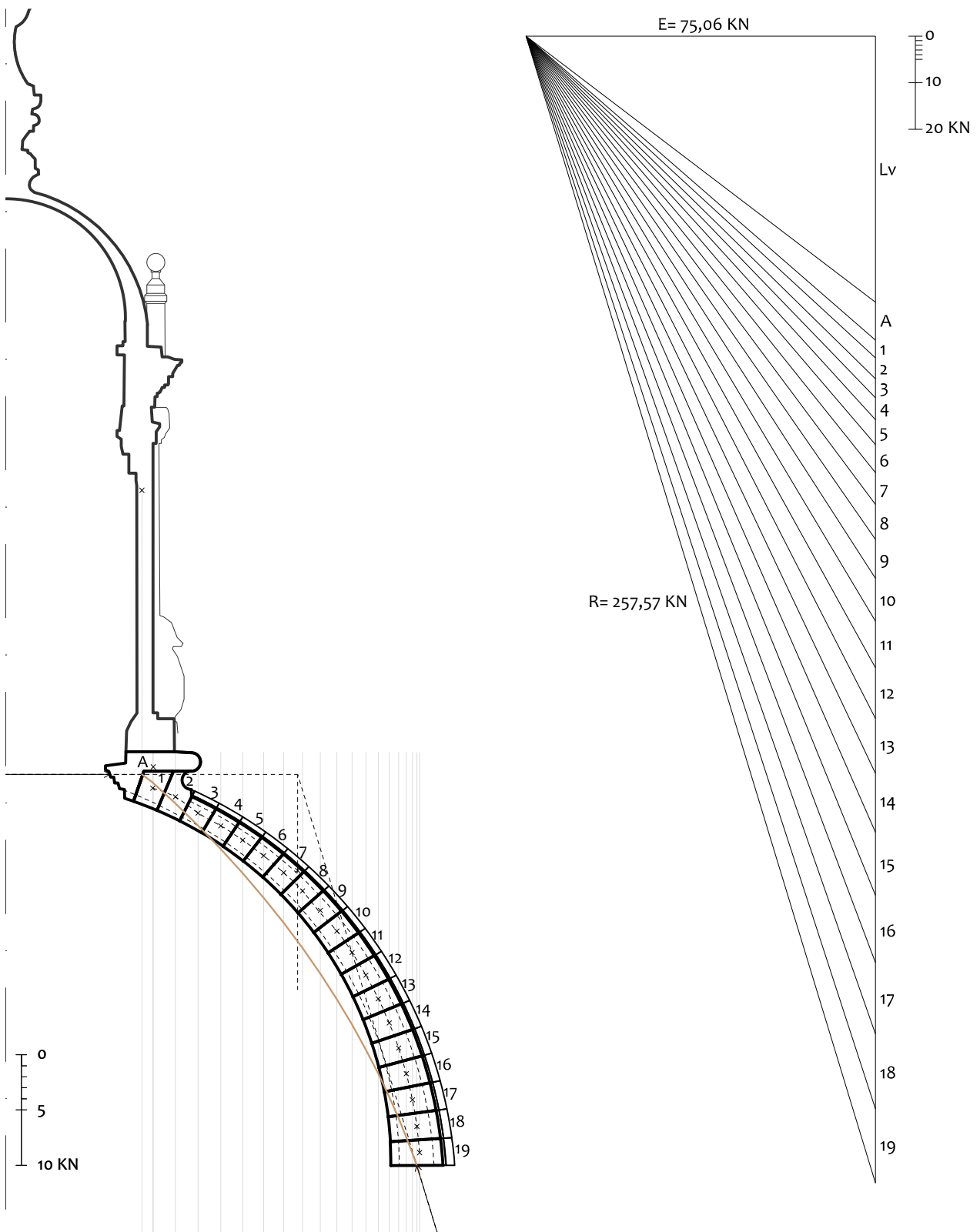




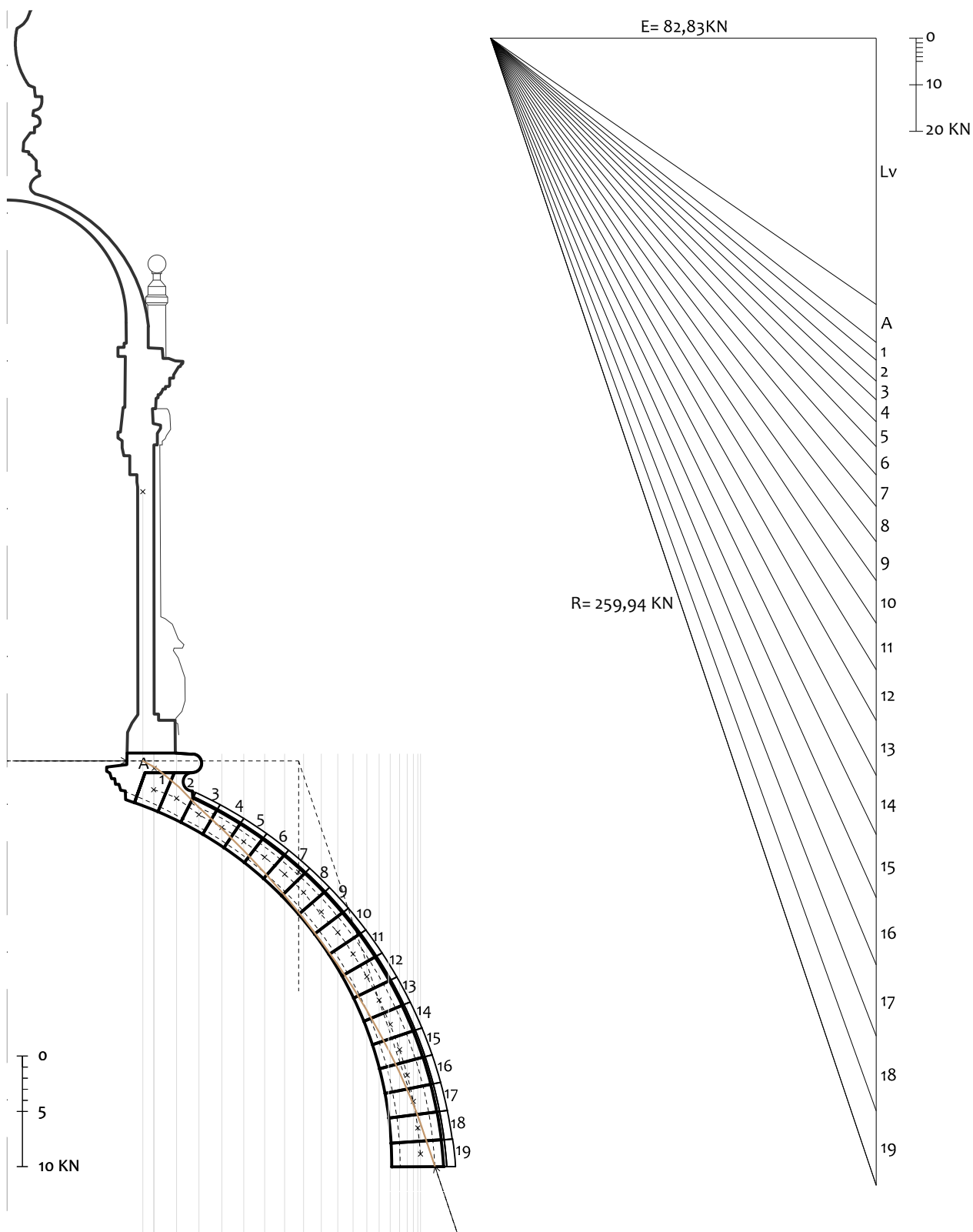
Obtención de la línea de empujes de la media naranja y nervios de un sector radial de 14° soportando una carga de la linterna de 57,19 KN, correspondiente al gajo de estudio.

Este análisis, junto con el análisis de la estabilidad de la cúpula sin nervios (análisis-B), ayudará a conocer el comportamiento estructural de los nervios.

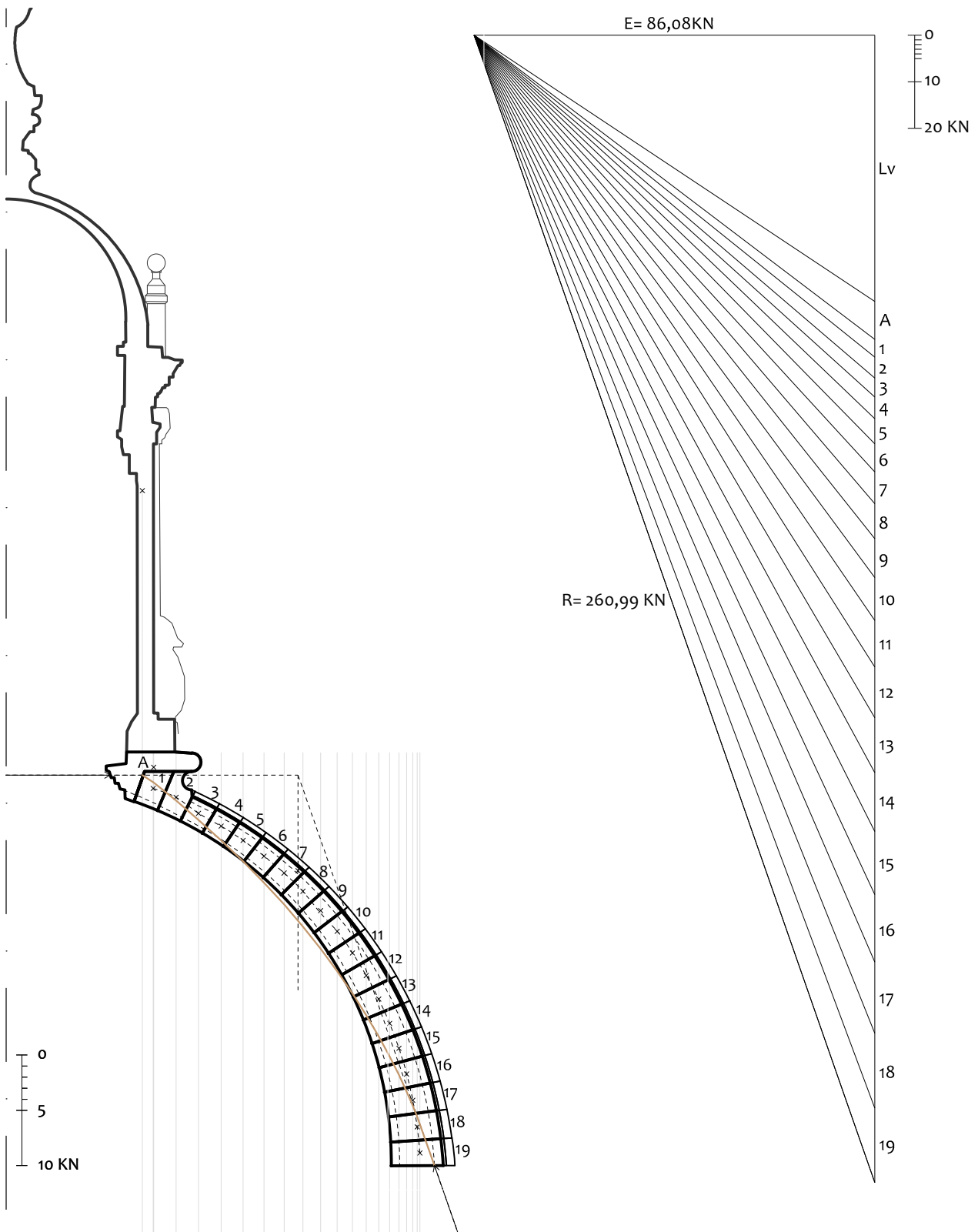
Sección de la media naranja con la distribución de dovelas y pesos. Análisis-C.



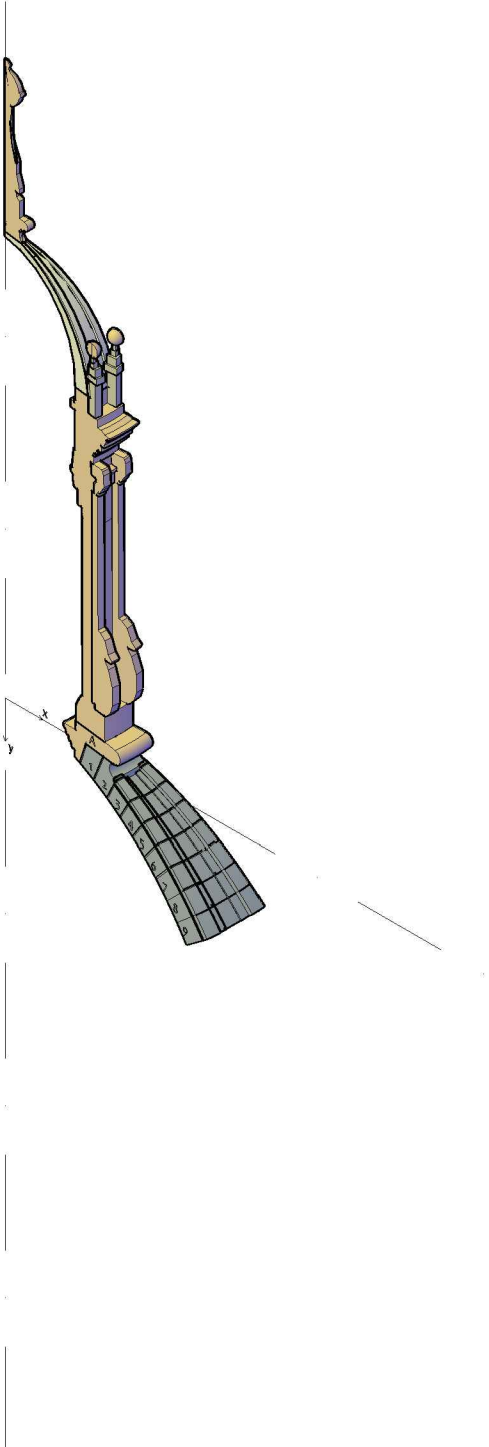
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por el centro de la dovela base.

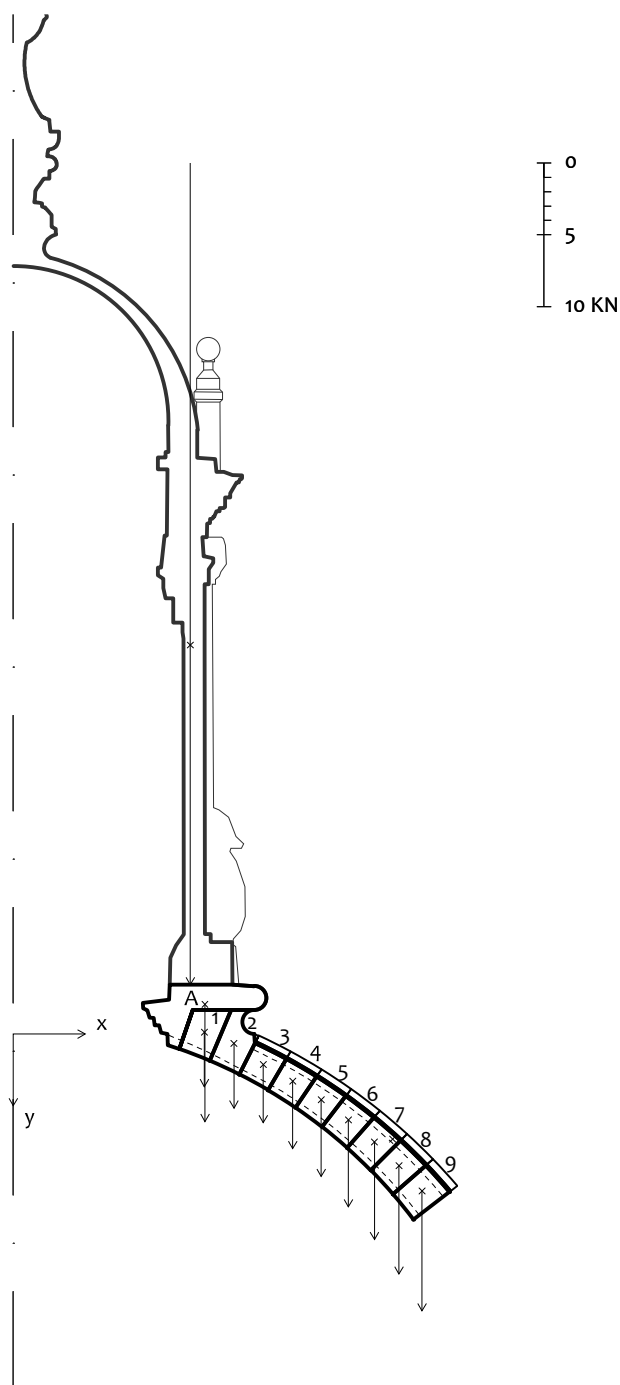


Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.



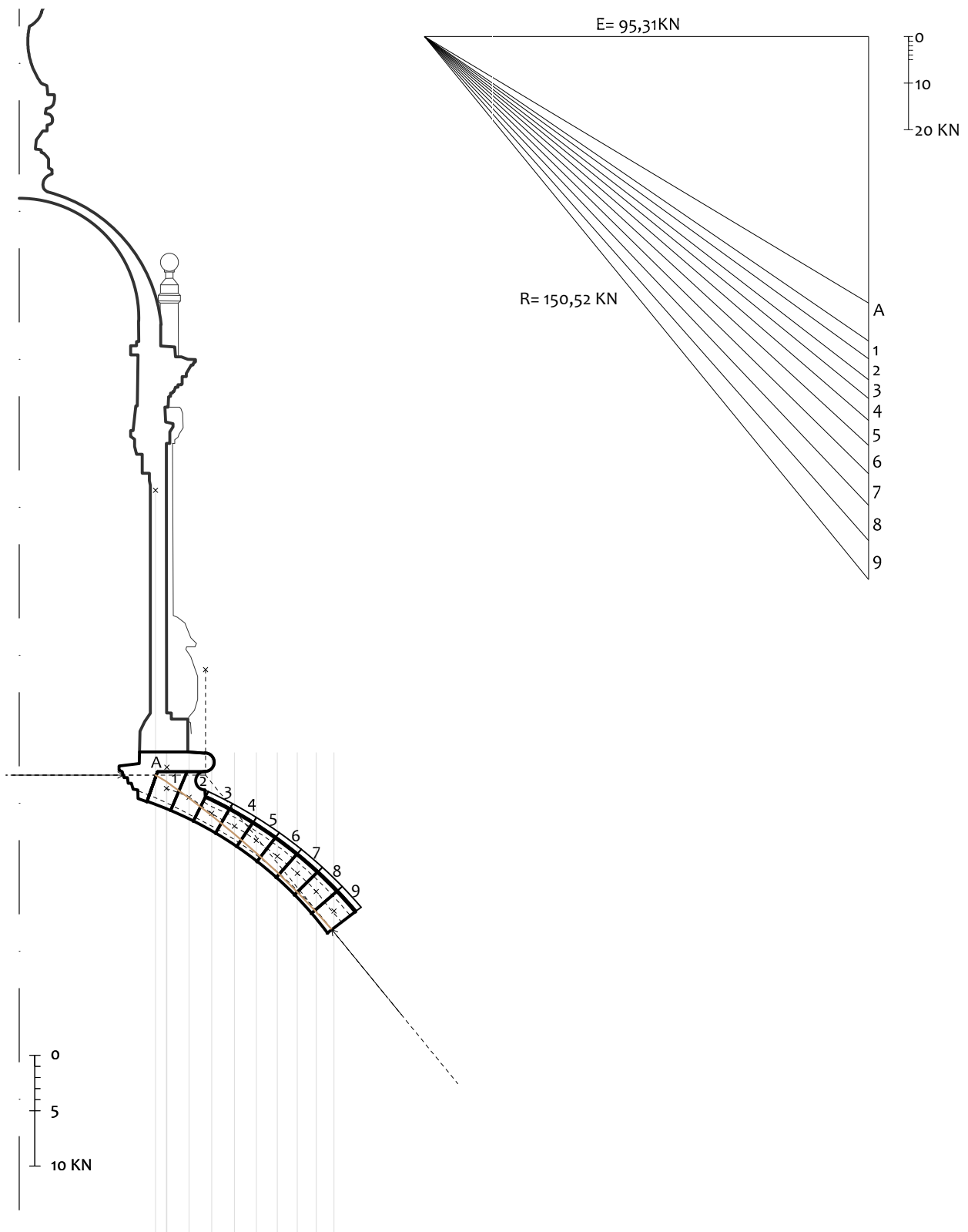
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C: luna de 14°.
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante pasa por la línea de seguridad del extrasdós de la dovela base.



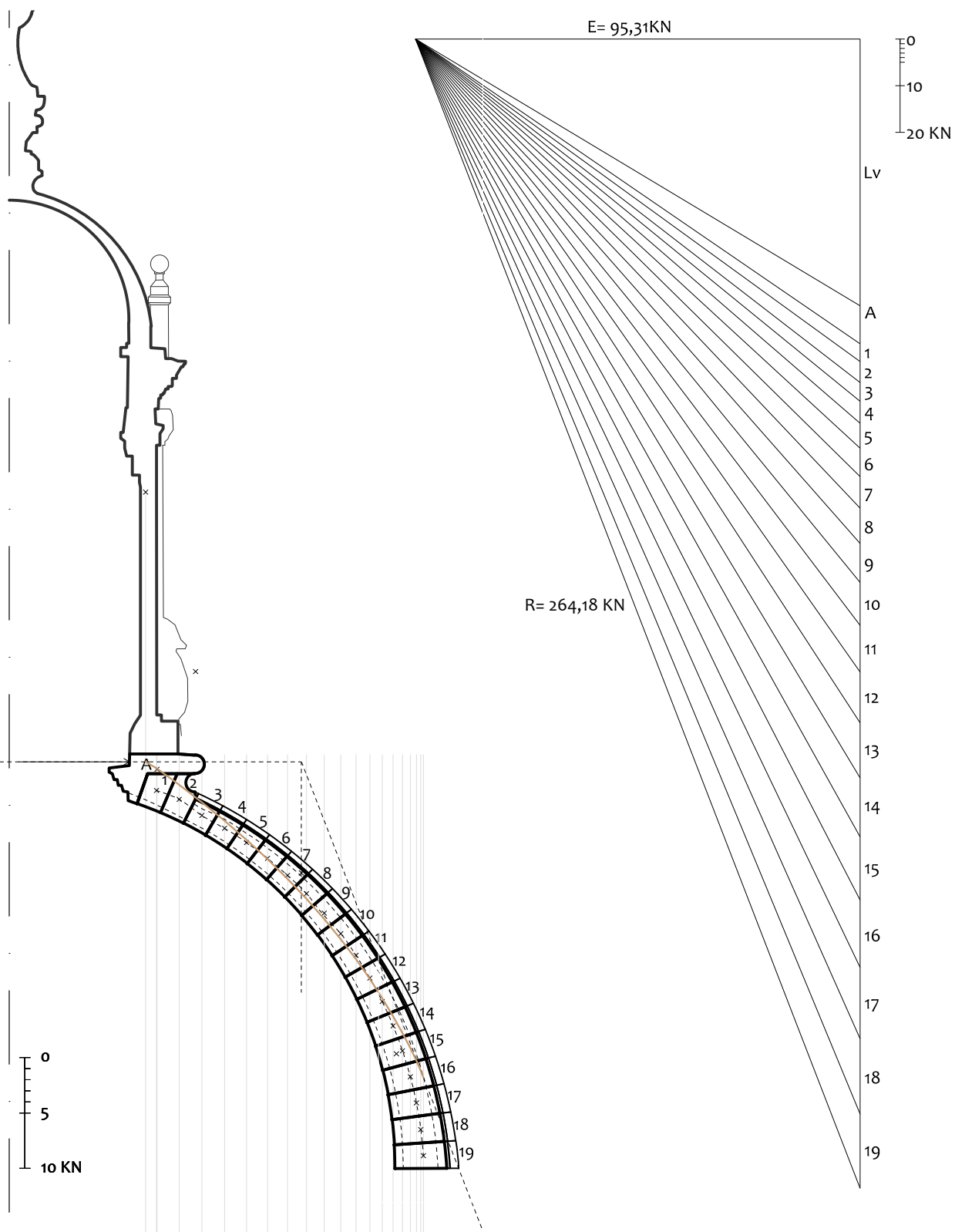


Obtención de la línea de empujes de la media naranja y nervios de un un sector radial de 14° soportando una carga de la linterna de 57,19 KN, correspondiente al gajo de estudio. Se impone una interacción entre las dovelas 9 y 10 dentro de las líneas de seguridad de la fábrica.

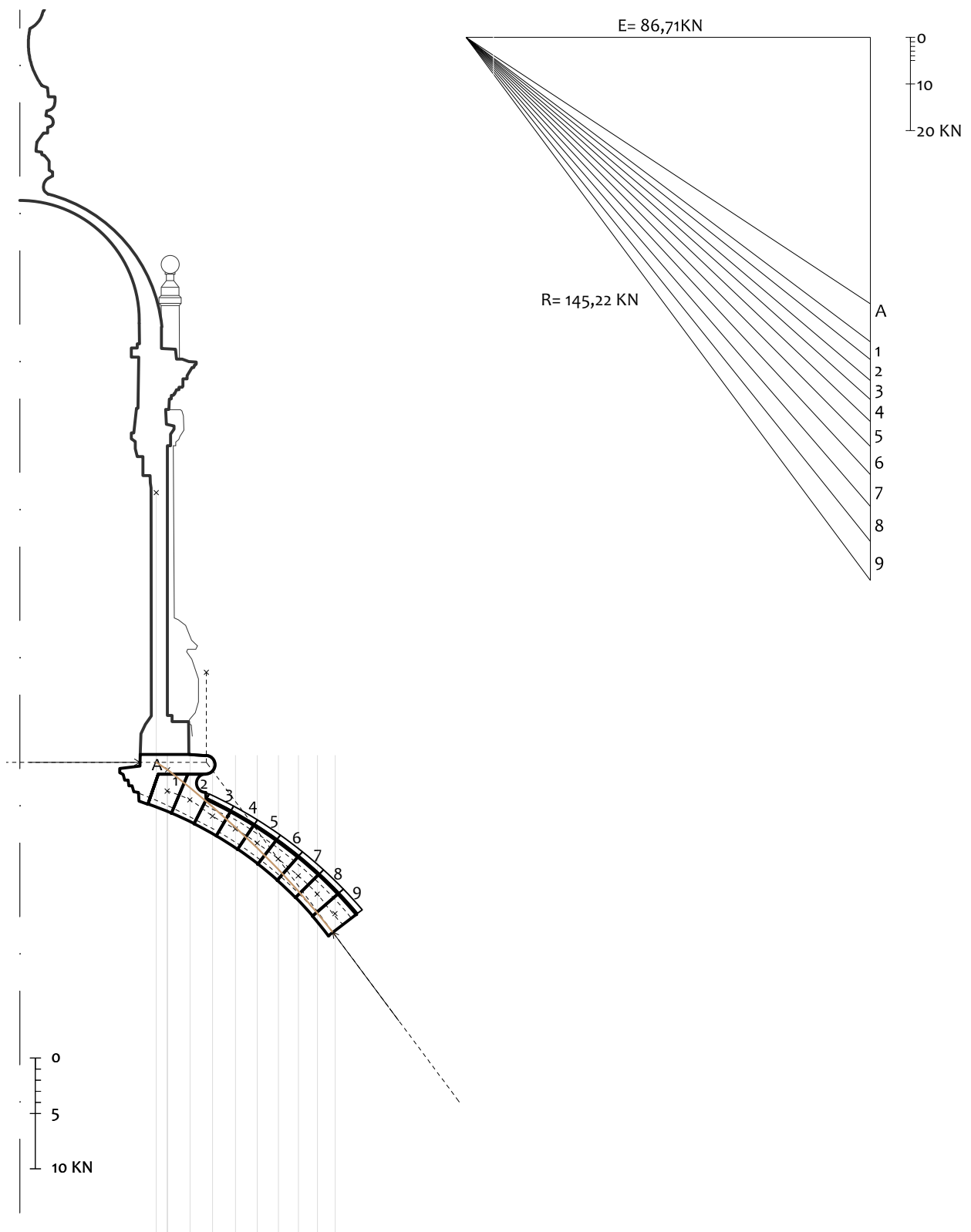
Sección de la media naranja con la distribución de dovelas y pesos. Análisis-C.a.



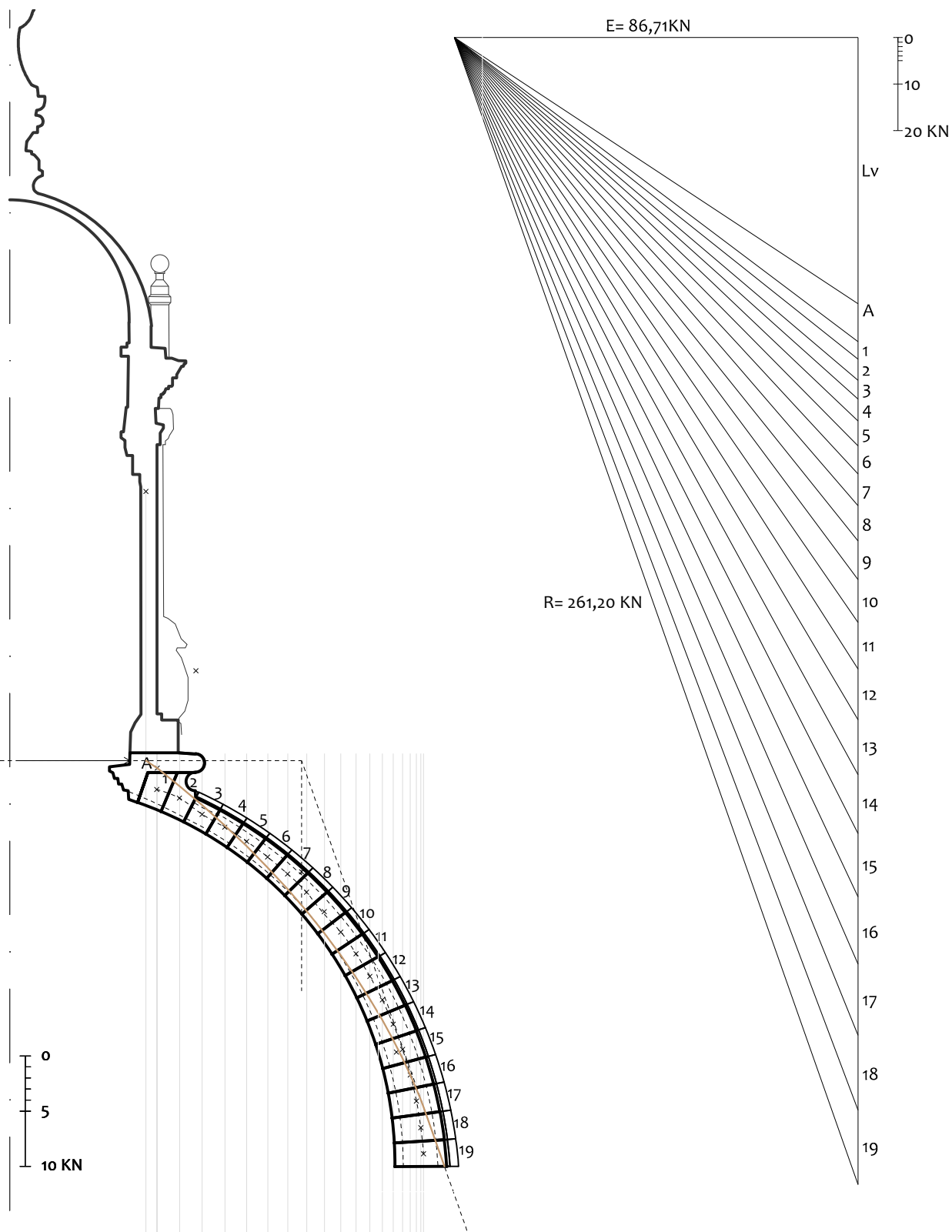
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C.a: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.



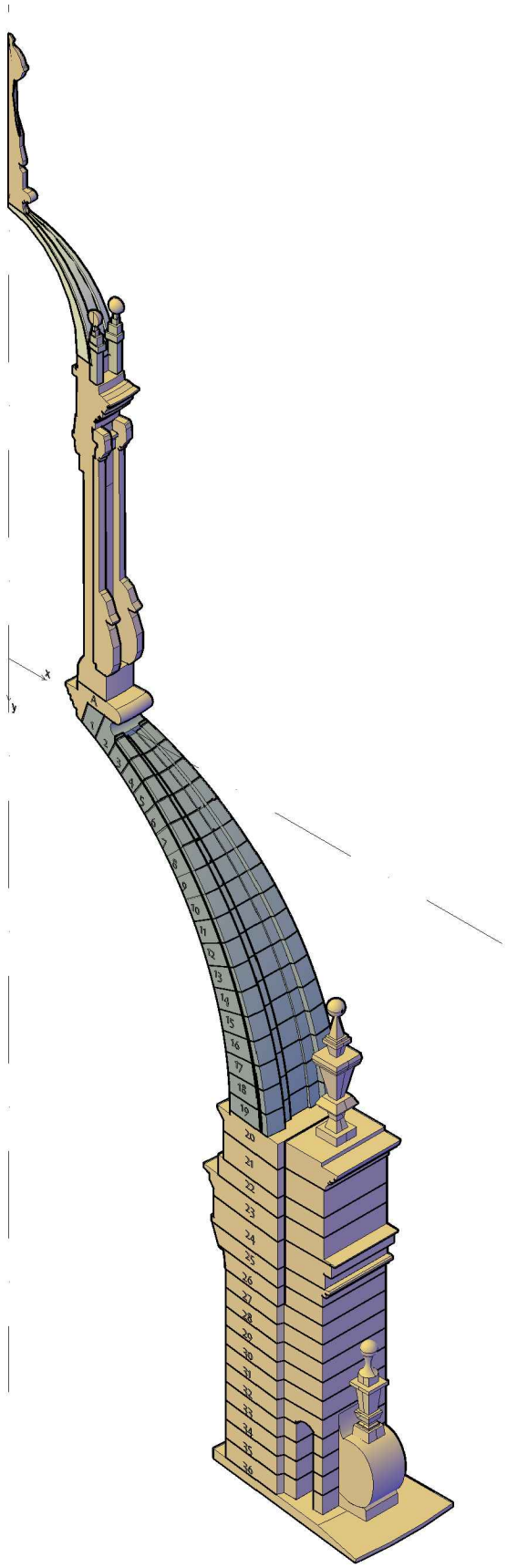
Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C.a: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por el centro de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del intradós de la junta entre las dovelas 9 y 10.

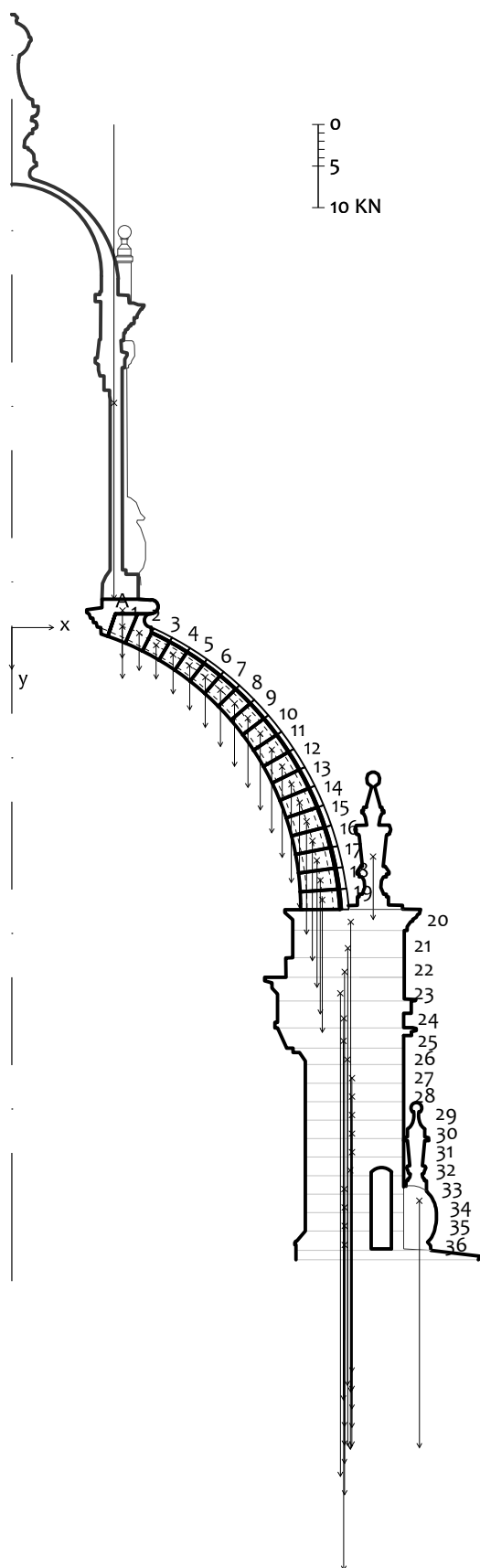


Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C.a: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.



Línea de empujes en la media naranja. Análisis-C.a: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.

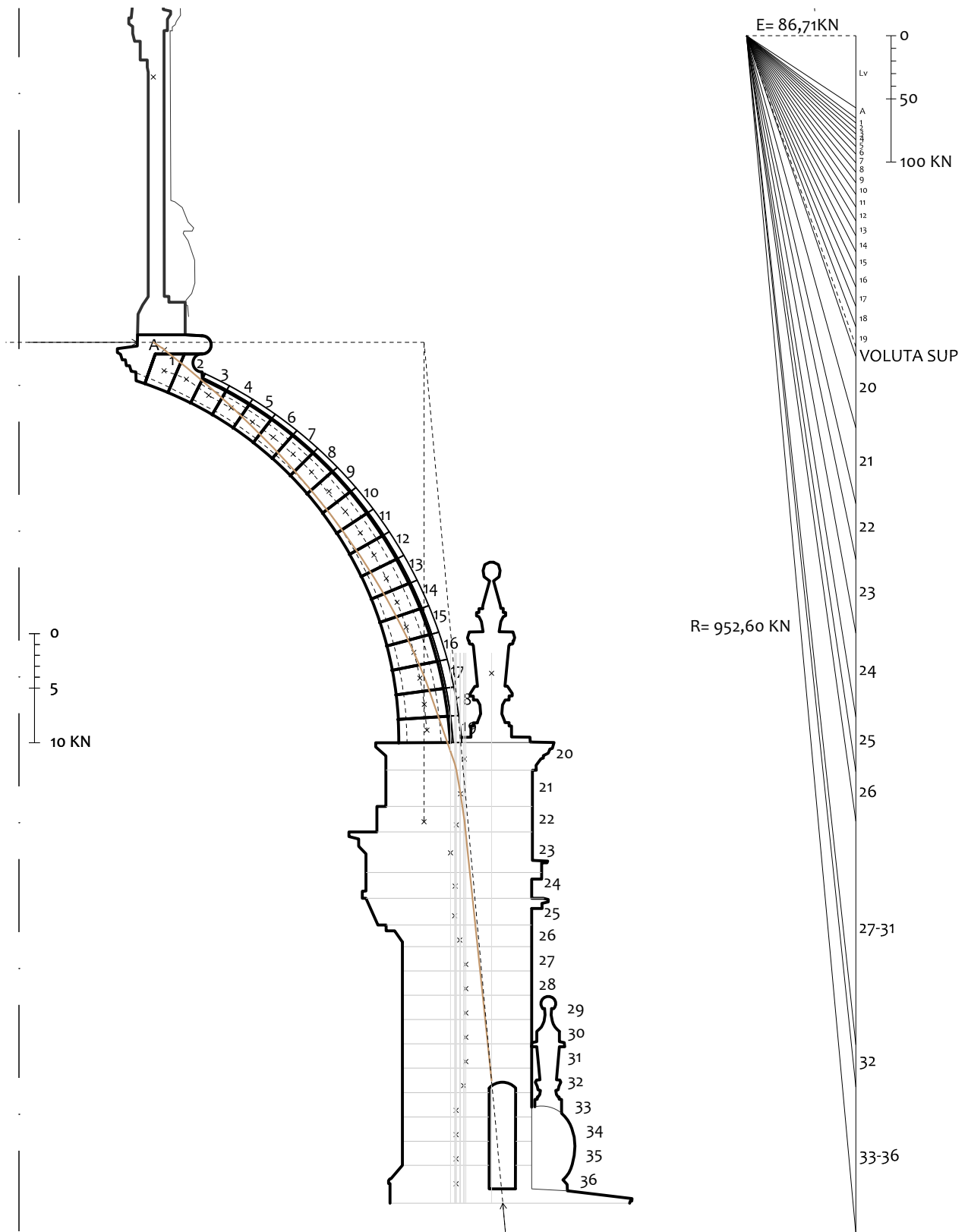




Representación de la línea de empujes completa de la estructura, cúpula y tambor de un sector radial de 14° soportando una carga de la linterna de 57,19 KN.

Dentro del análisis-C, prolongación de la línea de empujes que mejor encaja en los límites de seguridad de la cúpula para conocer su recorrido a lo largo del tambor.

Sección de la media naranja y tambor con la distribución de dovelas y pesos. Análisis-C.b.



Línea de empujes en el tambor y la media naranja. Análisis-C.b: luna de 14° .
 Condiciones: línea de empuje pasa por línea de seguridad del extrasdós de la dovela del anillo y
 la resultante por línea de seguridad del intrasdós de la junta entre las dovelas 9 y 10.

