

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES EN LAS IGLESIAS ROMÁNICAS DE LA CIUDAD DE SEGOVIA. CASO PARTICULAR DE LA IGLESIA DE LA TRINIDAD

Margarita Arroba Fernández
Patricio Alañón Olmedo - Concepción Diez-Pastor Iribas
Julián García Muñoz - Joaquín Grau Enguix
Universidad SEK
margarita.arroba@sekmail.com

Resumen

La investigación que presentamos ha pretendido desentrañar cómo se han planteado los sistemas de iluminación, acústica, saneamiento y climatización (en general, todos los relacionados con el área de conocimiento que hoy en día englobamos en el capítulo de las instalaciones) en algunas de las iglesias románicas de la ciudad de Segovia – en particular en la iglesia de La Trinidad – a lo largo de la historia, y cual ha sido su relación con los criterios de construcción de cada época.

El análisis de un edificio concreto, en este caso la Iglesia de la Santísima Trinidad de Segovia, ha permitido demostrar hasta qué punto el diseño del mismo ha sido condicionado por la necesidad de dar servicio a ciertas instalaciones en determinados momentos. Desde su concepción inicial (en la que la importancia de la proyección del sonido o de la entrada de luz fue primordial) hasta los ajustes realizados en el barroco (con la diferente concepción de las necesidades de iluminación o tratamiento del sonido que implica), el estudio analiza la Iglesia de la Santísima Trinidad desde una óptica eminentemente funcional, a la vez que repasa las implicaciones constructivas y estructurales que se derivan de la implantación de todas estas instalaciones.

Palabras clave: *Arquitectura, Instalaciones, Construcción, Iluminación, Acústica, Estética.*

Summary

Trough our research project we have tried to figure out how illumination, acoustics or air conditioning (and, in general, all areas related to facilities) were developed in some romanesque churches at the spanish city of Segovia - in particular in the church of The Trinidad - along history. We also tried to find out which has been its relationship with construction techniques of each time.

The analysis of an specific building, the Trinidad of Segovia, has allowed to demonstrate to what extent its design and development has been conditioned by the necessity of giving service to certain facilities in certain moments. From its initial conception (when the importance of sound projection and entrance of light was basic) until the adjustments carried out in the Baroque (with the different conception of its necessities of illumination or treatment of sound), our study analyzes the Trinidad of Segovia with an eminently functional approach. At the same time, it reviews constructive and structural implications that the installation of all these facilities involve.

Key Words: *Architecture, Installations, Construction, Lighting, Acoustics, Aesthaties.*

Un edificio es, en cierta forma, un organismo vivo que debe adaptarse a los tiempos o fenecer. Los diferentes usos a que un edificio es sometido han ido cambiando a lo largo de la historia; en nuestro caso es evidente que el culto cristiano no era el mismo en la Edad Media que en la actualidad (por supuesto no nos referimos a que la doctrina de la Iglesia haya cambiado – aunque sí lo ha hecho la liturgia a partir del Concilio Vaticano II –, sino a que la Sociedad en que los cristianos viven ha evolucionado), y tampoco son idénticas las exigencias de los usuarios del edificio en la actualidad a las que presentaban en el momento de su construcción, a lo cual hay que sumar la evolución técnica en los ámbitos de la construcción y las estructuras, pasando por la importante transformación científica de disciplinas como la geometría, las matemáticas y la física tan ligadas al pensamiento filosófico y, sin duda, también al arquitectónico.

La enorme evolución que han sufrido las instalaciones en los edificios (energía – básicamente electricidad, pero también combustibles líquidos o gaseosos –, iluminación, sonorización, climatización, etc.), fundamentalmente en el último siglo y los años que han transcurrido del actual, han llevado a que multitud de edificios de construcción anterior – entre ellos las iglesias románicas existentes en la ciudad de Segovia como, por ejemplo, la iglesia de La Trinidad, en la que se ha centrado la actividad del equipo investigador – hayan tenido que incorporarlas sin haberlas previsto en su diseño original. Adicionalmente, esto se ha visto aún más obstaculizado por la austeridad cristiana y por la secular falta de fondos de las parroquias.

Esto ha hecho que la integración de dichas instalaciones se haya realizado, con mayor o menor fortuna, unas veces con brillantez, y otras creando, en cierta forma, auténticos parches añadidos al edificio, que le afectan, a veces en forma muy grave, tanto visualmente como, incluso, constructiva y/o estructuralmente.

Teniendo en cuenta el objetivo de analizar las acciones a tomar para acondicionar las iglesias románicas a los estándares actuales de climatización, iluminación y acústica, cabe hacer, inicialmente algunas consideraciones:

En primer lugar es obvia la necesidad de conocer el comportamiento del edificio sobre los aspectos higrotérmicos, de la iluminación, los acústicos y los estructurales. El resultado de los diversos análisis indicará el comportamiento del edificio ante los diversos estímulos tratados pero, naturalmente, este comportamiento tiene que ver con las características del edificio, que realiza-

ron sus constructores, decidiendo su configuración, conscientes o no de la repercusión de cada una de sus decisiones y, averiguar esto, así como sus posibles objetivos, es clave para la valoración de los elementos existentes.

En segundo lugar interesa reflexionar sobre los medios actuales para conseguir la adecuación del edificio a las condiciones características de nuestra época, considerando su impacto y su conveniencia.

La investigación realizada ha concluido la primera fase de los trabajos, es decir, el análisis del comportamiento del edificio en los aspectos higrotérmicos, acústicos, lumínicos y estructurales. Lo que se expone a continuación es un resumen de dicho análisis.

1. Descripción del edificio y su entorno. Desarrollo histórico de la construcción:

La iglesia de la Trinidad se encuentra en el barrio de los Caballeros de Segovia, intramuros, rodeada de palacios y ricas casonas nobiliarias y en buen estado de conservación, pero no siempre fue así.

Esta ubicación se debió con seguridad a que se estaba utilizando el mismo solar que el de otra construcción religiosa anterior, con la intención de sustituirla, cambiando, con la nueva, el significado religioso y las dimensiones. El nuevo ábside se dispone al lado del antiguo, lo que puede ser un tema importante de investigación, el que el centro del culto no coincida, como suele ocurrir en los numerosos casos de edificios religiosos, sobre el anterior.

La elección del solar tiene que ver con las razones que decidieron la del edificio anterior. Entre otras cosas que pueden tener que ver con la posible propiedad del terreno, es de destacar la pendiente del terreno (Sur-Norte) que se desarrolla en el sentido perpendicular al longitudinal de la nave. De este modo, el desnivel es menor que si se hubiese tomado otro terreno de pendiente en la dirección Este-Oeste, en cuyo caso se hubiese podido tener que recurrir a realizar dos plantas, creando una cripta, para compensar el desnivel, ya que un terreno plano no es fácil de localizar en esa zona.

Ubicada en el lado norte de la ciudad amurallada – de hecho, su límite septentrional está constituido por la propia muralla – el terreno de la parroquia es muy extenso, pero durante mucho tiempo estuvo escasamente poblado, tal

y como podemos constatar de los estudios realizados por José Antonio Ruiz Hernando¹.

El hecho de que no existieran muchos edificios en la zona y de que los existentes se encontraran separados por extensos jardines, hace que el entorno de nuestra iglesia no fuera ni siquiera parecido al que tiene en la actualidad y eso, como veremos, ha alterado sus características térmicas y lumínicas.

El templo original sobre el que se alza el actual data de antes de la invasión de los árabes, por lo que se trata de uno de los enclaves de culto más antiguos de Segovia junto a San Juan de los caballeros (hoy museo Zuloaga), San Pedro de los Picos (hoy estudio de pintura) o San Antón.

En el caso de la iglesia de la Trinidad sólo quedan algunos restos – que han sido parcialmente excavados por la Sra. Del Barrio – de una iglesia anterior a la románica que nos ocupa, datada, al parecer, a finales del siglo XI y que fue descubierta al ser derribada en 1984 una capilla barroca adosada a la iglesia en su costado sur². Si la datación de dichos restos es correcta – lo cual presuponemos – la destrucción de un templo construido apenas medio siglo antes debió deberse a un proceso de tipo catastrófico: bien la razzia de Almamún, bien el desplome de dicho templo debido posiblemente a un asiento diferencial o a un deslizamiento del edificio hacia la ladera de la roca donde se asienta Segovia, que comienza un abrupto declive junto a la fachada norte del actual edificio. Las múltiples patologías que presenta el edificio actual, muchas de las cuales son claramente achacables a este deslizamiento, avalan esta última hipótesis.

El edificio actual es probablemente de la primera mitad del siglo XII, aunque su primera mención documentada es de 1.240³.

De estilo románico, compuesto por una sola nave cubierta con bóveda

¹ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 7: “Pese a su longitud (de su demarcación), no fue parroquia de muchos feligreses, pues todo el borde norte permaneció siempre sin edificar en gran parte y el resto estuvo ocupado, en gran medida por la nobleza que construyó grandes palacios provistos de desabogados jardines.”

² Acuerdo 27/2005 de 3 de marzo de 2.005 de la Junta de Castilla y León, por el que se declara la Iglesia de la Santísima Trinidad de Segovia bien de interés cultural con categoría de monumento, párrafo primero: “La actual Iglesia de la Santísima Trinidad es obra del siglo XII, sucedió a otro templo más primitivo de finales del siglo XI, cuyos restos fueron descubiertos tras el derribo en 1984 de una capilla barroca situada al sur. La parte más antigua se corresponde con la cabecera, siendo la portada oeste y el atrio obra posterior. Durante el siglo XVII, el interior del templo se redecoró con yeserías barrocas al gusto de la época.”

³ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 13: “La primera mención documentada es de 1240, pero sin duda fue construida mucho antes.”

de medio cañón – lo que no es normal en el románico segoviano – con tres arcos fajones y ábside semicircular con tramo recto anterior y dos cuerpos de arquerías superpuestas en el interior.

Dicho ábside permanece hoy en día encajonado en un estrecho corredor, lo que hace que su visión se dificulte y modifica en gran medida la entrada de luz natural a la nave por las tres estrechas ventanas ubicadas en él. Asimismo, la cercanía del vecino edificio impide que el soleamiento que recibe la iglesia a primeras horas de la mañana sea igual al que debió tener en origen, alterando significativamente su comportamiento térmico.

La iluminación y el comportamiento térmico de la parte oriental y sur del ábside del edificio se ven asimismo alterados por tener en este momento adosado un cuerpo edificado en los años 80 que protege los restos arqueológicos de la iglesia anterior y en el que se han instalado además el generador de calor para la iglesia y el depósito de gasóleo que alimenta a dicho generador.

Sobre el crucero, señalado en alzado, se alza una torre de tipo normando, evidentemente de concepción y ejecución posterior al cuerpo de la iglesia, puesto que se apoya en un arco de descarga que intersecta la arquería románica anteriormente aludida adosada a la pared en la zona del crucero. Se compone de un cuerpo prismático con bóvedas de arista.

En el lateral sur, la iglesia presenta un atrio cuya construcción es claramente posterior a la nave del edificio – probablemente data de 1.200⁴ – y que estuvo tapiado hasta 1940. Se sabe que tradicionalmente, además de servir de lugar de enterramiento, se reunían en ese atrio los obreros de la catedral gótica – fundamentalmente el gremio de escultores y aserradores – el día de Santiago y, en general, parte de la población, para desarrollar diversos tipos de actividades comerciales, como firmas de contratos, etc. Dicho atrio está compuesto por una galería porticada mediante arcos de medio punto sobre dobles columnas, dotadas de capiteles extremadamente sobrios que únicamente presentan una sencilla y plana decoración vegetal.

La construcción de este tipo de atrios tuvo en origen motivos claramente climáticos – al proteger a los gremios que se reunían en él de las inclemencias del tiempo –, pero al ser adosados a la fachada sur presentan también, de forma secundaria, una acción climática adicional: impiden la llegada de los rayos solares a la parte baja

⁴ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 27: “La reforma habida después del hundimiento de la bóveda podríamos datarla en torno a 1200... Por las mismas fechas habría que fechar el atrio”.

de la iglesia, de modo que, muy previsiblemente, no obtendremos grandes diferencias en la temperatura superficial de los muros de las distintas orientaciones, dentro de lo que se considera “zona ocupada”, es decir, en la parte más baja de dichos muros, como sería lógico esperar, dado que este costado sur de la iglesia se abre a un espacio más desahogado y que, al ser meridional, recibe mucho más soleamiento.

En nuestro caso, el atrio presenta dos entradas: el lateral occidental del mismo que está completamente abierto, y un vano – el quinto –, enfrenteado a la puerta lateral de la nave y que ha sido tratado como una autentica portada de la iglesia, lo que no es usual.

A poniente, el espacio es, al igual que al sur, más amplio que a oriente, pero el edificio adyacente – el convento de Santo Domingo – es de una altura similar a la iglesia, por lo que la luz natural captada por la ventana ubicada en la fachada occidental, sobre la puerta de entrada de la iglesia, que probablemente se previó que iluminara el altar mayor a la caída de la tarde, no ofrece en estos momentos el mismo efecto.

Esta ventana está formada por tres arquivoltas talladas en piedra de Bernuy, y se ubica sobre un forjado intermedio – el coro – de construcción muy posterior y que ha alterado asimismo la introducción de luz en la iglesia por dicha ventana.

Se ubica en el mismo eje vertical que la puerta de poniente de la iglesia; puerta circundada igualmente de arquivoltas, pero en este caso en número de cinco.

Parece que la iglesia de la Trinidad tuvo problemas estructurales casi desde el comienzo. De hecho se cree que la bóveda se desplomó en épocas muy tempranas, quizá alrededor del año 1200⁵⁻⁶, probablemente debido al deslizamiento del edificio hacia el norte, lo que ocasionó que fuera necesaria la construcción de contrafuertes de apeo de la construcción en su facha-

⁵ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 23: “Casi con toda seguridad, la bóveda se desplomó al poco tiempo de ser tendida. A la poca seguridad del terreno sobre el que se asienta – una falla recorre el lado norte de la ciudad – hay que añadir el peso del campanario, construido de forma arriesgada sobre el crucero. Sea como fuere los muros comenzaron a resentirse – aún se nota cierta inclinación en los mismos – por lo que fue necesario voltear un arco fajón por debajo de la bóveda del presbiterio y reforzar los arcos que sostienen el campanario con otros suplementarios, ligeramente apuntados y con sus impostas pintadas de rojo. El desplome se hizo sentir así mismo en el lado norte del cuerpo de campanas, que adoptó otra solución y en la bóveda del mismo que fue rebecha con ladrillo”.

⁶ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 27: “La reforma habida después del hundimiento de la bóveda podríamos datarla en torno a 1200, fecha a la que corresponde la puerta cegada que está en el exterior del muro oeste de la capilla de los Del Campo, es decir, debajo del primer arbotante...”.

da septentrional. Dichos contrafuertes parecen prácticamente coetáneos con la iglesia⁷.

Este deslizamiento hacia la ladera pudo ser potenciado por la escorrentía del terreno, ya que existe en la zona una vaguada que discurre hacia un arroyo existente entre nuestra iglesia y la muralla de la ciudad, pero parece poco probable debido a la existencia de los restos de la anterior iglesia, cuyos hallazgos arqueológicos ya hemos mencionado. Al estar construida a un nivel inferior a la iglesia actual, los muros enterrados conservados y su cimentación actuarán con toda seguridad desviando el agua hacia los laterales de la iglesia y protegiendo, fundamentalmente, la parte más próxima a la cabecera de la iglesia que es, precisamente, la que ha cedido. Es, por tanto, más probable, que el deslizamiento se deba a la falla mencionada por Ruiz Hernando⁵, al sobrepeso de la torre o al efecto ladera.

En 1.513, don Pedro del Campo y su esposa doña Francisca aprovecharon el espacio entre dos de estos contrafuertes, los enfrentados a la puerta meridional de entrada al templo, para construir para su enterramiento una capilla, que en la actualidad lleva su nombre. Esta capilla presenta a la nave una portada de estilo gótico isabelino compuesta por un gran arco conopial. En el interior de dicha capilla se encuentra una gran pila bautismal románica.

Sin embargo, este espacio no se cerró para ejecutar esta capilla, sino que, gracias a la puerta cegada que aparece en su lateral oeste, bajo el primer arbotante, podemos suponer que se había cerrado con anterioridad, probablemente cuando se reconstruyó la bóveda, es decir, como ya vimos, aproximadamente hacia el año 1.200⁶. En cualquier caso, Ruiz Hernando nos dice que dicha puerta aparece documentada ya la primera vez en que encontramos una referencia a la iglesia de la trinidad, hacia 1.240⁸, y que su estado en aquella época debía de ser prácticamente igual que en el momento actual.

Esta puerta parece constituir un elemento anómalo dentro de la iglesia,

⁷ RUIZ HERNÁNDO (1996) "La Parroquia de la Santísima Trinidad", pag. 27: "Fue necesario contrarrestar la inclinación de las paredes con cuatro arbotantes, exactamente en el lado norte, o sea donde el terreno presenta un fuerte declive. El contrafuerte de uno de ellos está rematado por una cornisa idéntica a la de la nave, con canes de curva de nacela y cornisa de medio caveto lo que me hace suponer que sean obras contemporáneas."

⁸ RUIZ HERNÁNDO (1996) "La Parroquia de la Santísima Trinidad", pag. 27.

en tanto en cuanto su tipología es civil y no religiosa⁹, lo que hace que surja la duda en cuanto a su utilidad.

Junto a dicha capilla se localizan en la actualidad dos sacristías barrocas sin mucha relevancia arquitectónica, construidas asimismo, aprovechando los huecos entre los restantes contrafuertes. Estas sacristías parecen que estuvieron edificadas también desde épocas muy tempranas¹⁰.

En el barroco (siglo XVII), la iglesia sufrió importantes modificaciones, cubriendo sus muros de yesos blancos – lo que debió alterar profundamente su aspecto y su comportamiento lumínico y acústico durante el tiempo en que los yesos permanecieron (fueron eliminados en el siglo XX) – pavimentándola y horadando los dos óculos que hoy tenemos en la parte alta de la fachada sur, lo que proveyó a la nave de mayor luminosidad, pero la alteró sin remedio y nos impide ver, en este momento, cómo se concibió inicialmente el espacio interior, desde el punto de vista de la luz.

No existe constancia de que en el siglo XIX se produzca una actuación importante sobre esta iglesia¹¹, aunque, evidentemente, sí pudieron efectuarse obras menores de conservación y de hecho, lo lógico es que a lo largo de 100 años hubiera varias obras.

En el siglo XX se llevó a cabo una intensa labor de restauración en que se intentó dejar la iglesia con el aspecto más parecido posible a su estado original románico, siguiendo, como era costumbre en la época, las ideas de Viollet-le-Duc¹²⁻¹³.

⁹ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 13: “*Portada muy del románico civil y cuya relación con la capilla e iglesia se me escapa.*”.

¹⁰ RUIZ HERNÁNDO (1996) “La Parroquia de la Santísima Trinidad”, pag. 28: “*En 1646 se trabajaba en la sacristía llamada vieja (la cabeza pintada en uno de los arcotantes indica que este espacio, que se extiende entre los dos arbotantes, ya estuvo edificado con anterioridad).*”.

¹¹ CHAVES MARTÍN, M.A. (2006) “Intervenciones en el Patrimonio Monumental de Segovia durante el siglo XIX”, Revista Plaza Mayor de Segovia, nº 1, pag. 6: “*...durante buena parte de la segunda mitad del siglo XIX, las restauraciones se van a limitar, básicamente, a destacados ejemplos arquitectónicos...*”.

¹² CHAVES MARTÍN, M.A. (2006) “Intervenciones en el Patrimonio Monumental de Segovia durante el siglo XIX”, Revista Plaza Mayor de Segovia, nº 1, pag. 6: “*Viollet defendía una recuperación formal de los monumentos a su estado original, eliminando de ellos cualquier añadido posterior.*”.

¹³ CHAVES MARTÍN, M.A. (2006) “Intervenciones en el Patrimonio Monumental de Segovia durante el siglo XIX”, Revista Plaza Mayor de Segovia, nº 1, pag. 6: “*Los defensores de la “restauración en estilo” habían centrado su preocupación precisamente en la opción estilística defendida por Viollet: el mundo medieval, las enseñanzas y valores “modernos” que aporta el estudio del Gótico, la reflexión sobre tipos arquitectónicos centrados en la catedral, el castillo y el monasterio. En definitiva, los paradigmas de una Edad Media a la que se miraba entonces con especial devoción como soporte físico y conceptual del nuevo Historicismo. Y frente a esto, la desconsideración, el desprecio o la ignorancia hacia todo lo demás, hacia otros estilos, hacia otras tipologías arquitectónicas...*”.

Es en este momento cuando se levanta también el coro – en estilo neogótico – y se instalan las vidrieras en las tres ventanas del ábside.

Asimismo, se reponen multitud de elementos pétreos desaparecidos con vaciados de yeso, con tal habilidad que es muy difícil distinguirlos visualmente de los originales, aunque no hay duda de que pueden haber influido en el comportamiento acústico de la nave.

2. Estudio de las características higrotérmicas, acústicas, térmicas y estructurales del edificio:

La inmensa mayoría de las obras arquitectónicas de nuestro patrimonio edificado histórico, así como los objetos que contienen: pinturas, esculturas, etc., fueron proyectadas y ejecutadas en función de su percepción con una iluminación natural e, incidentalmente, con medios de iluminación artificial muy rudimentarios – velas, antorchas o hachones –, ya que la incorporación de métodos eficientes de iluminación artificial es extremadamente reciente. Adicionalmente, en el caso de las iglesias, se las dotó inicialmente en algunos casos – aunque sólo fuera de forma intuitiva – de las características acústicas adecuadas para, como mínimo, facilitar la inteligibilidad de la palabra.

Igualmente, algunas de dichas obras arquitectónicas fueron dotadas de instalaciones que – en una u otra forma – permitían su calentamiento para épocas invernales (este tipo de instalación se hizo más frecuente cuanto más tardía fue la edificación del edificio y, por supuesto, cuanto más fría era la zona donde se ubicaba. A este respecto, nos encontramos con que, antes o después a lo largo de su historia, la mayoría de las iglesias románicas segovianas incorporaron instalaciones térmicas).

La evolución de las técnicas energéticas y su paulatina incorporación a los edificios, así como el paulatino cambio de los criterios de confort en nuestra Sociedad hicieron que la tecnología fuera incorporándose a dichos edificios, modificando sus características.

2.1. Comportamiento térmico del edificio.

La orientación de la nave de la iglesia está determinada por la exigencia del eje Este-Oeste y la disposición de la cabecera o ábside en el oriente.

Esto es muy importante para los aspectos del soleamiento y la iluminación natural. Generalmente los edificios religiosos corresponden a una estructura basilical, caracterizada por una simetría respecto al eje longitudinal de su nave principal, de modo que las fachadas al norte y al sur son idénticas. En la Trinidad, no existe esta simetría, ya que en la fachada Sur hay un pórtico o atrio cuya función podría obedecer, como ya hemos indicado, más a una protección para la lluvia que para el soleamiento; mientras que en la fachada Norte se desarrolla una capilla y las dependencias de la sacristía, ambos de ejecución posterior a la de la nave.

Es obvio que la implantación del edificio en Segovia requeriría en la actualidad la obligada incorporación de algún método de calefacción, pero esto no siempre era condición *sine qua non* en la Edad Media, sobre todo en templos destinados a feligreses de bajo nivel socio-cultural. Sin embargo, se sabe que la incorporación de hipocaustos perduró en la zona, transformados en las tradicionales “glorias”. Al tratarse de un templo dedicado a la nobleza no es ilógico pensar que pudo existir algún método de calentamiento del edificio, sin embargo, no se han encontrado restos del mismo, por lo que, en principio, de debe desechar su existencia.

Evidentemente, no es tampoco imposible que las propias características del edificio en cuanto a aislamiento e inercia térmica hicieran innecesaria la incorporación de una instalación de este tipo, tanto más cuanto los estándares de confort de la época no eran precisamente los actuales.

Para evaluar el comportamiento térmico del edificio se ha realizado una toma de temperaturas superficiales de sus muros en la parte correspondiente a la denominada “zona ocupada” (unos dos metros de altura, es decir, la zona cuya temperatura radiante más puede influir en el confort térmico de los usuarios del edificio) De esta forma se ha pretendido verificar, asimismo, las posibles asimetrías radiantes y la influencia de la orientación en un edificio de estas características, ubicado en el interior de un entorno determinado, comprobando, al mismo tiempo, si este entorno es capaz de modificar dicho comportamiento.

En las figuras 1 y 2 podemos ver un análisis gráfico de las temperaturas superficiales de los muros norte y sur en dicha zona ocupada. Las temperaturas marcadas – en curvas de décimas de grado – se obtuvieron tras un periodo sin calefacción de algo más de 24 horas, durante el tiempo comprendido entre las 16:30 y las 17:00 horas de un día muy soleado de primavera, con

una temperatura seca exterior de 12,2°C, mientras que la temperatura seca ambiental interior era de 17,8°C, lo que manifiesta la enorme inercia térmica de la edificación (hubiera sido conveniente obtener las temperaturas tras un periodo más largo sin calefacción pero, al estar el templo en funcionamiento y tratarse aún de una época fría, no pudimos conseguir un lapso mayor).

Observamos en este gráfico que no existen grandes diferencias en los valores de esta temperatura superficial, oscilando desde 16,1°C a 17,8°C, es decir, menos de dos grados de gradiente térmico y con su valor superior coincidente con la temperatura ambiente, lo que hace que podamos considerar un valor ligeramente inferior a ese como la temperatura operativa de la nave.

Aunque la temperatura más fría – 16,1 °C – se localiza en el muro norte, en la parte más cercana a la fachada occidental del templo, seguida a corta distancia por la pared norte del ábside, lo que es razonable ya que es la parte no protegida por capillas de la zona septentrional, sólo podemos explicar la poca variación de la temperatura superficial de la edificación basándonos en dos motivos: el primero es la anteriormente mencionada inercia térmica de la edificación que hace que se mantenga largo tiempo la temperatura captada por los muros de las cargas internas del edificio – fundamentalmente de la ocupación – y, en parte, de la calefacción (ya veremos un poco después que la deficiente distribución del calor producida por la instalación de calefacción de que se ha dotado a la iglesia hace que el aporte de la calefacción no pueda explicar en absoluto la homogeneidad de las temperaturas de los muros, aunque sí algunas de las pequeñas anomalías observadas). El segundo de los motivos explica no sólo la distribución homogénea de las temperaturas sino también su rango; se trata del hecho de que, en realidad ninguno de los muros del templo recibe soleamiento a la altura de la zona ocupada. Tal y como ya indicamos en la introducción de este artículo: a mediodía encontramos el cuerpo edificado para proteger los restos arqueológicos, que es medianero con la nave, y el átrio sombreando el resto del muro sur de la iglesia; a oriente, el ábside se encuentra casi adosado al edificio colindante, del que sólo le separa un estrecho pasaje, por lo que se encuentra permanentemente en umbría; a poniente, el sol sólo llega al muro de la iglesia cuando se encuentra bastante alto, ya que en el lado opuesto de la plazoleta – de dimensiones no demasiado generosas – a la que se abre esta zona del templo, se encuentra un edificio bastante alto. Un sol tan vertical sólo calienta el muro en menor cuantía al llegar los rayos a él de forma muy oblicua. Por último, la fachada norte no recibe nunca sol por razones obvias.

Esto hace que el comportamiento térmico de los muros de las cuatro orientaciones sea muy similar en la parte inferior de la pared. Además muy probablemente debe producir un efecto adicional un poco más curioso: en las tres fachadas que sí reciben sol por su parte superior, los muros se calentarán a esta altura, produciendo casi con toda seguridad un efecto de inversión térmica que, muy probablemente, logrará estabilizar bastante la temperatura en la parte inferior de la nave en las horas diurnas. Cuando procedamos a realizar la medición de las temperaturas de todo el volumen de la nave, podremos verificar esta hipótesis.

El hecho de que el suelo de piedra de la nave se haya cubierto de una tarima de madera, ha permitido, asimismo, que el aislamiento que esta tarima ha supuesto frente a la pérdida de calor y a la entrada de humedad desde el terreno, potencie esta calidez de la parte inferior del templo.

En la distribución de temperaturas, se observan, no obstante dos pequeñas anomalías fácilmente explicables, pero para cuya aclaración necesitamos analizar previamente la instalación de calefacción de que se ha dotado a la iglesia.

Para calentar, o más bien para atemperar la fría temperatura que muy probablemente encontraríamos en el interior del templo en invierno sin su implantación, se ha realizado una instalación de calefacción compuesta por un generador de aire caliente con quemador de gasóleo. El aire calentado es conducido por un conducto enterrado – cuyo trazado exacto aún no hemos podido determinar – que lo conduce a una rejilla de grandes dimensiones ubicada en el eje longitudinal de la nave, en el punto que, en la figura 1, se ha indicado con una flecha. El retorno se realiza por una rejilla, instalada en un orificio practicado en la pared sur de la nave – marcado en dicha figura 1 con una “R” – que comunica de forma directa la nave con un pequeño recinto donde se ubica el generador.

Aunque la decisión de dotar a un edificio de estas características – con usos intermitentes y ocupaciones variables – de un sistema de poca inercia térmica y rápido poder de calentamiento, es en sí correcta, el hecho de impulsar la totalidad del caudal de aire caliente por un único punto va a proporcionar un gradiente térmico excesivo al ambiente: existirá una zona muy caliente en las proximidades de esta gran rejilla y en el área que conecta este punto con la rejilla de retorno (por donde el aire es devuelto al generador), dejando el resto del templo tanto más frío cuanto más nos alejemos de esa área.

Probablemente a eso se debe la primera de las anomalías a que nos referíamos anteriormente, ya que vemos cómo en el muro sur, la zona más caliente está, precisamente, entre ambas rejillas (lógicamente la temperatura del muro se eleva ligeramente con la altura por mera estratificación térmica). El hecho de que esta elevación de la temperatura oscile sólo entre dos y tres décimas de grado se debe a que este método de calefacción no es el más adecuado si lo que se pretende es modificar la temperatura radiante media elevando la de estos cerramientos, ya que se trata, como ya hemos dicho, de un método que, aunque rápido, proporciona muy poca inercia térmica.

La segunda anomalía puede verse en el muro norte, en la zona que linda con las dependencias de la sacristía. Aquí, justo en la zona donde el ábside comienza a curvarse se encuentra el punto más caliente de la nave, y este calentamiento no puede deberse en absoluto al efecto de la calefacción, puesto que, como ya hemos observado, el flujo de calor va desde el centro de la nave hasta el muro sur, alejándose, por ende, del muro norte.

La única explicación lógica es achacar este efecto al soleamiento que se introduce en el interior de la nave a través de los óculos practicados en la época barroca en la parte superior del muro sur. A la hora en que se tomaron las temperaturas, el sol había estado calentando esa zona, y sus rayos se concentraban en ese momento un poco más a la derecha del punto más caliente del muro, por lo que obviamente, se habían concentrado en ese punto exacto pocos minutos antes. De hecho, la amplitud de la zona caldeada y su forma alargada es una manifestación clara de que su gradiente térmico se debe a una fuente de calor itinerante, como se manifiesta el sol en su recorrido. La forma casi horizontal se debe, probablemente, a que el calentamiento de los muros en el área ubicada a la altura de la zona ocupada sólo se produce cuando el sol está en las proximidades del cenit o en este punto extremo, que es cuando se alza más al sur y puede, por ello, penetrar por los óculos. En el punto en que la pared norte de la nave deja de estar protegida por la adyacente sacristía y se pone en contacto directo con el exterior, se produce la lógica caída brusca de temperatura, igual que ocurre en el extremo occidental de ese muro, donde acaba la protección de la capilla de los Del Campo; en ese área, en menos de dos metros se produce una caída de temperatura de alrededor de medio grado en la parte superior y casi un grado en la inferior.

2.2. Comportamiento acústico del edificio.

La incorporación de los modernos métodos de telecomunicaciones – específicamente los de sonorización – ha desvirtuado la configuración acústica original del edificio.

Son sobradamente conocidos los conocimientos acústicos que dominaban ya los antiguos romanos, pero, ¿se conservaron y aplicaron dichos conocimientos durante la Edad Media?. Parece claro que en algunas de las más importantes catedrales sí se utilizaron, y parece obvio que en los humildes edificios eclesiásticos de la Castilla rural, la intervención de un maestro de obras lo bastante experimentado como para aplicarlos hubiera sido económicamente inviable; sin embargo se ignora si en edificios de tipo intermedio – como podría ser una iglesia parroquial destinada a la nobleza de la ciudad – se llegó a aplicar algún tipo de configuración de elementos arquitectónicos que mejorara la acústica del edificio (sobre todo, y tratándose de una iglesia, habría que comprobar que la inteligibilidad de la palabra en su interior es la adecuada para la predicación, aunque evidentemente, al tratarse de un edificio anterior a la aparición en la ciudad de los frailes predicadores, y edificarse en una época en que los ritos litúrgicos se desarrollaban en latín y este idioma sólo era dominado por la élite de la sociedad, es posible que la correcta audición del sacerdote no fuera una prioridad. Parte del objeto de este proyecto es comprobar este aspecto).

El edificio es de piedra vista y además hay una intención de expresar la bóveda, de ladrillo como si fuese de sillares a base de dibujarlos. Todo ello contrasta con el supuesto de unas paredes enyesadas con pinturas, como probablemente fue originalmente. Esto tiene mucho que ver con el tema acústico ya que el recubrimiento es un amortiguador respecto a la dureza de la piedra, teniendo también en cuenta la porosidad de esta última.

Para la consideración acústica hay que analizar, previamente los distintos objetivos del edificio. Los focos de emisión sonora son el altar, el coro, el púlpito y naturalmente toda la sala si hay una actividad del público. El púlpito representa un acercamiento de un foco débil a la concurrencia, por lo que se acerca al centro de la nave y a la bóveda. El coro y el altar son dos focos extremos pero de distinta intensidad, estando el coro a una media altura, es decir, aproximándose a la bóveda para conseguir una reflexión más inmediata (en cualquier caso, hay que considerar que la construcción del coro se realizó el

siglo pasado, por lo que en ningún caso pudo considerarse al planificar la iglesia original, aunque su erección sí ha modificado la cualidad acústica del templo). El altar está configurado por el ábside, que con sus características de reflexión, y la sobreelevación en la torre, configura una caja de resonancia. A esta geometría hay que añadir las características de las superficies. Lo importante, después de analizar los resultados de los análisis, es determinar que variaciones cabría o no hacer para modificar la acústica; por supuesto sobre un nuevo objetivo que se plantee del comportamiento de este espacio, para lo cual es imprescindible el estudio del comportamiento actual.

Dentro del plan de trabajos previsto se contemplaba la caracterización acústica del recinto de la nave de la Iglesia, con objeto de valorar su comportamiento dentro de la acústica asociada a los ritos que se desarrollaban en su interior.

Conceptualmente este intento de entender el comportamiento acústico del recinto está en el planteamiento inicial de una idea más compleja que se basa en relacionarlo con su posible evolución.

No parece aventurado admitir que dentro de la percepción arquitectónica que los usuarios del recinto en un sentido amplio tienen, está la asociada a los sentidos naturales y dentro de estos al oído.

El concepto que se puede encontrar dentro de la frase “que suene bien”, parece una percepción muy moderna pero sin duda estaba también relacionada con las exigencias que se podían tener en las épocas de concepción del proyecto de la nave.

El recorrido que plantea el ejercicio de modelización acústica, de un entorno como el que nos ocupa es amplio dentro del arte de la acústica si bien hay que señalar que hasta no hace más de diez años la consideración del comportamiento acústico se realizaba con las mismas técnicas de campo prácticamente, que las que se podían disponer en la época de la concepción y uso del templo.

En los últimos tiempos se ha producido un avance considerable en la definición de los parámetros que pudieran resultar útiles para la caracterización de los locales.

En este sentido se ha optado por considerar como objetivos de medición los siguientes parámetros:

- Tiempo de reverberación.
- Variación del tiempo de reverberación en función de la frecuencia.

El tiempo de reverberación de un recinto se define como el tiempo transcurrido para que el nivel de presión sonora descienda 60 dB después de haber cesado la fuente.

Este valor está relacionado con la frecuencia, caracterizándose en consecuencia con un valor determinado para cada intervalo de descomposición de frecuencias del espectro audible.

El procedimiento de medida que se ha seguido está realizado en consonancia con la Norma ISO 354.

La evaluación del tiempo de reverberación del recinto receptor se ha realizado por el método del ruido interrumpido, obteniendo las curvas de caída mediante la grabación directa de la caída del nivel de presión acústica después de excitar un recinto con ruido de banda ancha.

Se realiza la excitación del recinto mediante una sola fuente (globo).

El número mínimo de medidas requerido para cada banda de frecuencias es de seis caídas, por lo que se efectuarán un mínimo de una posición de altavoz y tres posiciones de micrófono con dos lecturas en cada caso, debiendo respetarse como mínimo las distancias separadoras indicadas en la norma.

El tiempo de reverberación ha medido en bandas de tercio de octava utilizando frecuencias centrales de 63 a 8000 Hz.

Las medias obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

(Hz)	01(s)	2(s)	3(s)	4(s)	5(s)	6(s)	7(s)	8(s)	9(s)	10(s)	11(s)	12(s)	13(s)	Prm. (s)	Desv Est.
50	2.80	1.77	N/D	N/D	N/D	1.19	1.09	2.48	4.05	2.62	1.98	N/D	N/D	2.25	0.90
63	1.72	1.82	N/D	2.47	2.17	2.44	N/D	2.65	0.97	1.92	2.08	1.77	N/D	2.00	0.45
80	2.49	1.48	4.85	1.85	2.52	3.17	2.69	2.23	2.58	1.98	2.55	N/D	N/D	2.58	0.83
100	2.55	2.04	2.21	2.16	2.16	1.84	2.58	2.47	2.35	2.63	2.71	N/D	N/D	2.34	0.26
125	2.48	2.00	2.41	2.52	2.41	2.57	3.45	2.24	2.32	2.31	2.20	2.02	0.81	2.29	0.54
160	2.24	2.19	2.47	2.37	2.15	2.68	2.47	2.32	2.34	2.29	2.48	1.72	N/D	2.31	0.22
200	2.42	2.39	2.36	2.62	2.61	2.62	2.41	2.35	2.47	2.44	2.34	N/D	N/D	2.46	0.10
250	2.45	2.64	2.51	2.57	2.48	2.62	2.61	2.82	2.64	2.42	2.70	3.12	N/D	2.63	0.18
315	2.74	2.71	2.71	2.87	2.79	2.89	2.68	2.63	2.69	2.64	2.81	2.83	N/D	2.75	0.08
400	2.98	2.71	2.76	2.92	2.76	2.75	2.69	2.94	2.79	2.90	2.78	2.60	N/D	2.80	0.10
500	2.66	2.87	2.78	2.92	2.82	2.76	2.74	2.80	2.79	2.74	2.89	2.75	N/D	2.79	0.07
630	2.84	2.63	2.75	2.86	2.65	2.77	2.89	2.75	2.65	2.84	2.71	2.74	N/D	2.76	0.08
800	2.61	2.65	2.50	2.54	2.69	2.67	2.66	2.59	2.69	2.77	2.66	2.67	N/D	2.64	0.06
1 k	2.54	2.62	2.42	2.50	2.57	2.57	2.43	2.52	2.54	2.66	2.53	2.61	0.12	2.36	0.64
1,25 k	2.40	2.42	2.33	2.43	2.42	2.43	2.44	2.43	2.25	2.42	2.51	2.56	0.39	2.26	0.54
1,6 k	2.23	2.36	2.30	2.31	2.33	2.24	2.25	2.23	2.28	2.35	2.35	2.42	0.11	2.14	0.58
2 k	2.07	2.17	2.11	2.13	2.06	2.13	1.95	2.12	2.09	2.21	2.17	2.15	N/D	2.11	0.06

(Hz)	01(s)	2(s)	3(s)	4(s)	5(s)	6(s)	7(s)	8(s)	9(s)	10(s)	11(s)	12(s)	13(s)	Prm. (s)	Desv Est.
2,5 k	1.67	1.94	1.97	1.99	1.93	1.85	1.76	1.85	1.80	1.87	1.94	1.89	N/D	1.87	0.08
3,15 k	1.71	1.59	1.60	1.69	1.70	1.64	1.49	1.69	1.60	1.69	1.71	1.66	N/D	1.65	0.06
4 k	1.40	1.41	1.43	1.44	1.46	1.45	1.31	1.45	1.31	1.46	1.47	1.43	N/D	1.42	0.05
5 k	1.15	1.17	1.10	1.21	1.26	1.19	1.12	1.14	1.10	1.23	1.22	1.19	N/D	1.17	0.05
6,3 k	0.93	0.94	0.79	0.97	1.00	0.95	0.85	0.90	0.85	0.95	0.99	0.98	N/D	0.93	0.06
8 k	0.68	0.72	0.69	0.76	0.73	0.77	0.67	0.69	0.66	0.73	0.85	0.73	N/D	0.72	0.05
10 k	0.52	0.54	0.48	0.57	0.53	0.54	0.50	0.53	0.51	0.55	0.70	0.53	N/D	0.54	0.05

La representación gráfica de las medidas obtenidas ponderadas y las curvas de distribución de cada una de las trece medidas podemos verlas en las figuras 3 y 4 respectivamente

Como conclusiones del estudio se indican las siguientes:

- Las medidas realizadas son homogéneas y consistentes en los rangos de frecuencia de 125 Hz a 10 KHz.
- En los rangos de frecuencias bajas (50-125 Hz) se observa una dispersión de 4 medidas que se asocian a problemas de la fuente sonora utilizada, dada la ausencia de correlación en los parámetros estudiados con factores de incidencia.
- El comportamiento del recinto se explica razonablemente con la fórmula de Sabine en todos los espectros de frecuencia.
- El comportamiento de la sala desde el punto de vista acústico y con los criterios de caracterización considerados es óptimo y de cara a la comparación con otros auditorios (lista adjunta). Se indica que los posibles decorados y tratamientos de las paredes hubiesen sin duda incrementado los niveles de absorción sobre todo a frecuencias medias y altas con lo que la curva de asimilación sería, lógicamente, distinta.

Auditorium	RT(125Hz)	RT(500 Hz)	RT(2000 Hz)
Symphony Hall, Boston	2.2	1.8	1.7
Orchestra Hall, Chicago	...	1.3	...
Severance Hall, Cleveland	...	1.7	1.6
Carnegie Hall, New York	1.8	1.8	1.6
Opera House, San Francisco	...	1.7	...
Arie Crown Theatre, Chicago	2.2	1.7	1.4
Royal Festival Hall, London	1.4	1.5	1.4
Royal Albert Hall, London	3.4	2.6	2.2
Concertgebouw, Amsterdam	2.2	2.1	1.8
Kennedy Center, Washington	2.5	2.2	1.9
CASO ESTUDIADO	2.3	2.8	2.1

2.3. Comportamiento lumínico del edificio.

La iluminación es uno de los elementos más importantes y sutiles de la configuración de los espacios construidos, que además modifica de forma concluyente la forma de ver las obras artísticas incluidas en los edificios, por lo que no es admisible que la incorporación de la iluminación artificial – aunque permita alargar el periodo de uso de los edificios – sea incoherente con la imagen inicial de dichos edificios, la planeada por sus autores originales y que se percibe bajo la luz natural.

Este problema – muy frecuente en los edificios restaurados o simplemente adaptados a la vida moderna – se ve agravado por el hecho de que en muchas ocasiones se diseña la iluminación sin pensar en el espacio arquitectónico, en el edificio en sí, sino que se centra en reforzar la visión de elementos particulares que por algún motivo se consideran de alto interés – los más decorados, los más curiosos o que tienen alguna particularidad específica – o en ocultar determinadas partes cuya visión se considera perjudicial, entre ellas, en muchos casos, las propias instalaciones.

Esto hace que la luz incida en el espacio arquitectónico de forma extraña, modificando su caracterización espacial inicial, pensada básicamente con iluminación natural.

Sin embargo, la prioridad en la restauración de edificios se centra fun-

damentalmente en los elementos portantes y en los acabados, decoraciones y elementos artísticos que forman parte de dichos edificios, por lo que la iluminación artificial se plantea para resaltar al máximo estos aspectos, de forma que su incorporación cambia tanto la visualización del interior y, en ocasiones, también el exterior del edificio que hoy en día resulta prácticamente imposible disfrutar los edificios con su iluminación – y por ende con su aspecto – original.

Pero ¿cómo fue ésta?. En edificios de menos de dos centurias podemos encontrarnos que existió ya en su concepción una iluminación artificial – fundamentalmente de gas en los edificios más antiguos – pero en la época románica la única iluminación artificial factible era a base de velas y antorchas, lo que nos lleva a pensar que probablemente el uso de las iglesias era fundamentalmente diurno (al fin y al cabo se sabe que en la época inicial del medioevo la gente se levantaba y se acostaba con el sol por lo que sólo irían a la iglesia de noche en forma excepcional, excepto, evidentemente, en el caso de las iglesias incorporadas a un monasterio, en las que rezaban las horas, tanto de día como de noche). Así pues, si elegimos un edificio románico y estudiamos su iluminación diurna natural, podemos hacernos una idea bastante clara de lo que el maestro de obras que lo proyectó quiso hacer con la luz y cómo pensó que debía verse su iglesia. Estudiando adicionalmente la iluminación eléctrica de la que la iglesia disfruta en la actualidad, podemos evaluar qué modificación ha sufrido su percepción al incorporarla a la tecnología del siglo actual o, al menos, del precedente y si esta modificación ha afectado de forma ligera o excesiva a su carácter arquitectónico.

Los puntos de luz de que disponía la iglesia de La Trinidad en la época de su construcción eran muy escasos. Incluían las dos pequeñas ventanas ubicadas en las paredes occidental y oriental de la parte alta del crucero, en los muros añadidos de la torre, sobre la clave de los arcos, con escasa capacidad de iluminación salvo en las últimas horas de la tarde y a primera hora de la mañana, tres estrechas ventanas ubicadas en el ábside y una última ventana – de entidad ligeramente mayor – ubicada en la fachada occidental, sobre la puerta de entrada de la iglesia. Los seis huecos son de pequeño tamaño.

Como hemos dicho en la primera parte de este artículo, la iglesia se encontraba en su origen ubicada en una zona escasamente edificada, por lo que todas estas ventanas recibían luz abundante, aunque es posible que se tamizara con algún material interpuesto (en la época era corriente el uso del alabastro y de las pieles de animales). En cualquier caso, el escaso tamaño de las ven-

tanás garantizaba que la luz que aportaban al interior del templo fuera mínima, aunque no estuvieran ocluidas con ningún tipo de apantallamiento.

La ubicación de dichas ventanas – orientadas a oriente y poniente – manifiesta que la intención de los constructores de esta iglesia era que la luz más abundante se recibiera en su interior a primera hora de la mañana y a última de la tarde, iluminando en el primero de los casos la zona del altar a un contraluz levemente matizado por lo aportado por la ventanas occidentales, lo que manifestaba un aspecto místico, velando la visión del rito y propiciando la identificación de la luz con la divinidad. A última hora de la tarde, la parte más iluminada sería, asimismo, el altar, pero en ese momento ya no a contraluz sino directamente, permitiendo la correcta visión de la zona y de todo lo que allí acontecía.

El hecho de que nos encontremos en el hemisferio norte, haría que estas dos luces entraran ligeramente sesgadas desde el sur, iluminando sutilmente mejor la zona norte de la cabecera de la iglesia, la parte del evangelio, dejando algo más en penumbra el área de la epístola, aunque de forma casi imperceptible.

Lo que es dudoso es que iluminaran algo más que muy someramente el resto de las paredes del templo, lo que no deja de ser extraño dado que las iglesias románicas solían ser profusamente decoradas con pinturas pensadas, según se cree, con el objetivo docente de enseñar las Escrituras a una población analfabeta. En la realidad también servían de protección de la piedra y la escasa luminosidad del local nos hace plantearnos grandes dudas sobre la veracidad de la primera hipótesis acerca del objetivo de los acabados de los muros, sobre todo teniendo en cuenta que muchas veces las pinturas se han realizado en sitios difícilmente accesibles, es decir, que su visión no era el motivo único. Actualmente quedan restos de policromía en algunos capiteles y paredes. El tratamiento de las superficies y la configuración del local además de ser importantes para el resultado acústico del edificio, también lo son para la posible relación entre acústica e iluminación, relación que podría ir más allá de un plano meramente físico.

En la actualidad, la mayor parte de estas seis ventanas originales reciben mucha menos luz que cuando fueron construidas, ya que, como ya vimos, la cercanía del vecino edificio oriental prácticamente impide el acceso al soleamiento que debiera recibir la iglesia a primeras horas de la mañana y el convento de Santo Domingo obstruye la llegada de los postreros rayos del sol ponien-

te a la ventana ubicada sobre la puerta al oeste. Sólo se mantiene en estos momentos con una luminosidad similar a la original las ventanas ubicadas en los muros occidental y oriental de la torre.

La iluminación inicial del templo se vio enormemente alterada en el Barroco (siglo XVII), con la perforación de dos óculos en la parte alta de la fachada sur. La nave se convirtió en un lugar mucho más luminoso y este efecto permanece hasta nuestros días. Los yesos blancos que, en esta época, cubrieron los muros y que aumentarían aún más la luminosidad del templo, fueron eliminados en el siglo XX, dejando la piedra desnuda y probablemente eliminando la mayor parte de la policromía románica que pudiera subyacer debajo del enlucido. La percepción luminosa de las paredes actuales no es, en ningún caso, similar a la original, pero sí mucho más próxima que la que se disfrutó durante la época barroca, ya que las paredes románicas estaban, asimismo, enlucidas, pero la policromía que previsiblemente las cubría oscurecería su aspecto en gran medida. En cualquier caso, las ventanas incorporadas en ese siglo alteraron sin remedio la iluminación de la iglesia y nos impiden ver, en este momento, cómo se concibió inicialmente el espacio interior, desde el punto de vista de la luz.

En el siglo XX se instalaron también las vidrieras en las tres ventanas del ábside, coloreando la luz que se introduce por ellas. Esto, que podría haber sido un problema en el caso de que se conservara la policromía original de los muros, ya que nos hubiera impedido percibir los colores correctamente, sólo altera de forma insignificante en estos momentos la cantidad de luz aportada a través de esos huecos con respecto a la que se hubiera dispuesto con inexistencia de cristal o con un vidrio transparente (sobre todo si, como suponemos, originalmente los huecos estaban cubiertos con alabastro), pero sí modifica en gran medida su cualidad.

Por tanto, para analizar la iluminación natural disponible hoy en la iglesia hay que tener en cuenta que los huecos existentes no son exactamente los originales, y, aunque siguen siendo escasos, aportan muchísima más luz de la prevista por los constructores del edificio.

Resumiendo, disponemos de los siguientes huecos: Los tres pequeños huecos abocinados en los arcos del segundo cuerpo del ábside, que iluminan especialmente en el amanecer; dos ojos de buey, en la parte superior del muro Sur, en las crujiás 2ª y 4ª, que iluminan principalmente a mediodía y un hueco sobre la puerta principal, en el coro, que hubiera debido iluminar principalmen-

te al atardecer y hacerlo como un foco, como un cañón de luz que hace desaparecer los muros y la bóveda, pero cuyo efecto se ve muy minorado por la existencia del convento de Santo Domingo. También hay dos huecos en los muros añadidos de la torre, sobre las claves de los arcos, con escasa capacidad de iluminación salvo en la zona del ábside. Tres más uno en el oriente, dos en el lateral y uno más uno a occidente (están ubicados en puntos demasiado separados para considerarlos como una unidad), el transcurso del día según la luz, ¿por qué no se ha abierto otro ojo de buey en la tercera crujía, sobre la entrada del atrio, aumentando la iluminación y reforzando el número tres? Convendría considerar que, también en el Barroco, aparte de la luz natural solo se contaba con velas y antorchas, en cualquier caso con una iluminación muy débil que condicionaba la iglesia para un uso eminentemente diurno. ¿Qué habrían hecho los constructores si hubiesen dispuesto de nuestros medios? No lo sabemos, pero probablemente también un edificio muy oscuro, un lugar, quizás, para el recogimiento. Si hubiesen querido más huecos los abrían abierto, aunque probablemente con mayores espesores de los muros y con la incorporación de mayor número de contrafuertes. Evidentemente hay que admitir el cuidado estructural que tomaban para abrirlos, solo hay que observar los arcos que cubren los ojos de buey pero, el abocinamiento, aparte de orientar los rayos luminosos, también pretende que el hueco sea lo más pequeño posible para un cierto resultado, por razones de seguridad y protección de índole no estructural.

Más iluminación requeriría más altura y con ello, más espesor de los muros y más contrafuertes, este era una de las características del románico. En este caso, más altura significaba un cambio en las proporciones de la nave que probablemente no era deseada, lo que puede explicarse, quizás, porque no se deseaba más iluminación. Menos altura podría haber significado un nivel tenebroso, e intranquilizante que se alejaría, posiblemente, de la intención de favorecer el recogimiento.

Se han realizado multitud de medidas de niveles de iluminación, tanto natural a diversas horas del día y con variados niveles de iluminación exterior, como artificial, con diversas combinaciones de luces encendidas.

Dadas las limitaciones de espacio de este artículo, sólo se aporta una planta – figura 5 – con las curvas isolux correspondiente a la iluminación natural del día 14 de marzo de 2006 a última hora de la tarde, pensando que es la que mejor ilustra la hipotética potente iluminación de la zona del altar mencio-

nada anteriormente. Podemos ver claramente como la inclusión de los óculos barrocos ha alterado tan profundamente este efecto lumínico que prácticamente lo ha eliminado. La luz que penetra por la ventana de la fachada occidental, ya minorada respecto a la inicial tras la construcción del convento de Santo Domingo, desaparece ante el aporte luminoso que penetra por los óculos. Sólo permanece ligeramente un énfasis lumínico sobre la zona del ábside gracias a la claridad que se introduce por la ventana ubicada en el muro de la torre, y debido a que la parte de la luz que penetra por dichos óculos que incide en esa área es tan insignificante que aún puede apreciarse ligeramente el aumento de luminosidad causado por la otra ventana. Sin embargo, el espectador que contempla el interior del edificio ve su mirada inexorablemente atraída hacia la zona de la capilla de los Del Campo, debido a la alta luminosidad del área, por lo que la ligera luminosidad del altar no causa de ninguna forma el efecto inicialmente buscado.

Aún con la iluminación proporcionada por los óculos, la iluminancia media no llega ni siquiera al nivel mínimo previsto por la actual normativa de incendios para un desalojo sin incidentes del edificio (sólo se alcanzan los preceptivos 3 luxes en el punto más iluminado, en la portada de la capilla de los Del Campo), aunque hay que considerar que al tratarse de un día de invierno y a la caída de la tarde, la iluminación proporcionada por el sol era ya bastante escasa, aún así, los niveles de iluminación exterior a dicha hora eran de 590 luxes en el interior del pórtico sur – área cubierta aunque con dos paredes conformadas por arquerías, es decir, con mucha captación de luz –, y de 860 luxes en la zona exterior adyacente más iluminada: la plaza occidental anexa al convento de Santo Domingo.

2.4. Comportamiento estructural del edificio.

Para determinar si han existido alteraciones en el edificio achacables a la incorporación de las instalaciones se decidió estudiar la totalidad de las patologías constructivas y estructurales del mismo, de modo que pudiéramos, por una parte, conocerlo más en profundidad y por otra parte entendimos que el conocimiento de la totalidad de las alteraciones; su ubicación temporal relativa facilitaría el evaluar cuáles de ellas se debían, en su caso, a la incorporación de las instalaciones y cuales se debían a otras causas.

El tamaño de la edificación obedece al programa del mismo. Teniendo que ver en primer lugar la afluencia prevista, el ritual a realizar en su interior y también e incluso a veces, sobre todo, la importancia que se le quiera dar al edificio. Naturalmente, en el tamaño, su primera decisión consiste en la definición de la planta, correspondiendo a determinar la ocupación de suelo que se abarca y que se dibuja sobre el terreno, delimitando así, al mismo tiempo una relación entre la forma y la dimensión. Por supuesto, tiene que existir un plan global del edificio en el que los volúmenes estén contemplados. La realidad es que el edificio siempre tiene una ubicación y ello representa un lugar y una delimitación de su ocupación, sobre la que descansan las demás dimensiones. En este caso está clara la tipología basilical que era la más frecuente pero no la única. Ello, entre otras cosas representa un desarrollo lineal en el sentido ya descrito.

Las plantas tienen un orden estructural que definen la organización de las partes y los criterios de la estructura resistente del edificio. En este caso la decisión es que tenga una sola nave. Esta decisión no obedece principalmente a evitar un ancho excesivo que representase una modificación importante del terreno ya que a ambos lados se han adosado construcciones. También cabría pensar en una proporción basada en las necesidades reales de superficie, de modo que tres naves, por ejemplo, significarían acortar considerablemente la longitud del conjunto. Además, desde el punto de vista simbólico no predomina necesariamente el número tres sobre el uno en la representación del concepto de trinidad. En cualquier caso es evidente que la decisión de una sola nave tiene una prioridad en el plan del edificio.

Hay que destacar que las decisiones no obedecen a un esquema que se desarrolla según se construye o plantea su realización. El conjunto de las decisiones obedecen a un sistema de criterios que estructuran la idea del edificio, pero sí que es evidente que todos los criterios tienen que subordinarse según un Orden para que pueda hablarse de Arquitectura y, ese orden puede entenderse según diferentes razonamientos siendo evidente que el resultado acaba indicando un cierto orden que corresponde a su proceso de realización y que este tiene que ser congruente con el real que haya existido en su verdadera historia.

La planta acaba siendo la definición de los muros y de estos su espesor que depende de su responsabilidad estructural. Su espesor está del orden de $1/5$ del ancho de la nave y, si consideramos incluido el contrafuerte en el espesor, este sería de $1/4$.

La planta consta de seis crujías más el semicírculo del ábside. La crujía contigua al ábside (6ª) es mayor que las otras, estando en cierto modo dividida en dos por un arco fajón que arranca desde el segundo nivel del ábside, por lo que no se manifiesta en planta, de este modo cabría hablar de siete crujías. La crujía siguiente (5ª) corresponde a una especie de crucero que no sobrepasa la nave, su planta es la de la torre y tiene una mayor elevación por lo que el peso aumenta considerablemente. Las otras cuatro crujías (1ª, 2ª, 3ª, y 4ª) tienen unas dimensiones similares siendo su longitud aproximadamente la mitad del ancho de la nave. En la tercera está la puerta de acceso desde el atrio del Sur y la puerta de entrada a la capilla del Norte. En la primera está la puerta principal y central del edificio y en ella se ubica el coro en una entreplanta con estructura de madera. La longitud de la nave es de alrededor de tres veces su ancho, aparte del ábside.

La altura total del edificio es de tres veces el ancho de la nave y la altura de la nave es de vez y medio su ancho. Sobre estas proporciones hay que hacer varias consideraciones. En primer lugar hay que destacar que esta altura está organizada en tres partes de tamaño aproximadamente similar, de modo que las dos inferiores corresponden a la altura de los muros y configuran una sección casi cuadrada, correspondiendo la tercera superior a la bóveda, resultando que el conjunto de la sección del interior de la nave se aproxima a las proporciones áureas. En el ábside, estas tres partes son más evidentes, estando la inferior organizada por una arcada de cuatro arcos ciegos, mientras que la superior, correspondiente al cuerpo intermedio, lo está por tres arcos con cristalera e importantes pilastras entre ellos. El conjunto de las proporciones indicadas manifiesta la existencia de un plan muy preciso del edificio con el que se conjugan los distintos factores que intervienen en él. Sus proporciones parecen buscar un equilibrio en el que destaque la idea de unidad en su organización de tres partes, alejándose de la noción de escala. Esa moderación deberá manifestarse en los factores visuales y acústicos.

La bóveda es de cañón, ligeramente apuntada, y dividida en siete tramos por arcos fajones que se apoyan en columnas con las que se decora el muro de los contrafuertes por el interior de la nave. El muro entre las crujías 5ª y 6ª está doblado, de modo que uno de ellos corresponde al final de la zona del culto y el doblado a la torre, teniendo un arco con clave más alta a la cota de los fajones de la nave. El muro correspondiente al arco fajón entre la 4ª y la 5ª ha sido reforzado con un contrafuerte hacia el exterior que no existe en el arco doblado. En general no está clara la relación de esos arcos con la plemen-

tería de la bóveda. En realidad, están atirantados por su arranque los tres arcos de las cuatro primeras crujías.

La bóveda ha sido atacada por las humedades, aunque actualmente parecen resueltas después de una reforma en la que se eliminó el sobrado con el que se cubría la bóveda, por una cubierta directamente planteada sobre la bóveda, reduciendo la altura y el peso, falta determinar si esa reducción del peso es ventajosa para el equilibrio estructural del edificio,

El edificio presenta problemas estructurales debidos a su cimentación por el desnivel del terreno, lo que se manifiesta en una serie de fisuras características de los asientos de las fábricas. También presenta problemas a causa del sobrepeso de la torre y de la falta de un crucero o unos contrafuertes de mayor entidad. En el ábside se pueden observar fisuras radiales en la bóveda que acaban en los tres arcos del segundo cuerpo.

2.4.1. Informe sobre el estado de la estructura.

A continuación se anotan algunas consideraciones acerca del comportamiento de la estructura de la Iglesia de la Santísima Trinidad de Segovia. No se han tenido en cuenta algunos movimientos particulares de la zona del ábside, pese a ser estos los que generan patologías de mayor importancia aparente. Un estudio detallado, basado en mediciones más precisas, podría establecer conclusiones concretas sobre esa zona. La intención de este pequeño análisis no es la de estudiar patologías concretas, sino la de conocer el comportamiento de la estructura del edificio desde un punto de vista general.

El informe completo consta de tres partes; de un lado, una toma de datos completa, incluyendo mediciones y registros de patologías estructurales; de otro, un estudio del proceso de construcción del edificio, que en este caso constituye la primera parte, ya vista, del trabajo; y de otro, un análisis de la problemática estructural asociada a los movimientos cuyas marcas se detectan.

2.4.1.1.- Sobre la toma de datos.

Para estudiar el comportamiento estructural de la iglesia, en primer lugar se procedió a estudiar la geometría del edificio para conocer la relación

entre los módulos que lo forman. Posteriormente se tomaron dos tipos de datos; por un lado se ha realizado un registro de las patologías de carácter estructural, y un pequeño registro fotográfico del estado actual del edificio en lo tocante a las manifestaciones externas de los movimientos de la estructura. Por otro se ha estudiado la geometría del edificio, con objeto de intentar comprender el encaje de las distintas piezas que lo componen; para ello, se han realizado distintas mediciones.

A través de esta medición hemos tomado algunos datos aproximados, de precisión media. Todas las mediciones que se adjuntan se han llevado a cabo con un nivel, un distanciómetro láser y algunas miras, en pocas sesiones. En ningún caso se ha pretendido realizar un levantamiento preciso; tan sólo se han extraído algunas referencias aproximadas que pueden ser de interés para el análisis estructural. Los datos que se han tomado son los que se acompañan en las páginas siguientes. También se ha realizado, en base a esta medición, una estimación de las cargas a las que puede estar sometido el edificio.

En lo relativo a asientos y movimientos verticales (figuras 6 y 7) se han medido los descensos de la fábrica en dos líneas del interior de la nave, teóricamente horizontales; la más baja, coincidente con el tendel de una hilada de sillares situada aproximadamente a un metro del pavimento interior de la iglesia; la más alta, coincidente con la línea de imposta situada en el arranque de las bóvedas. Ambas son, evidentemente, más fiables que el solado actual para dar una idea de cual debía ser la horizontal original, pero deben verse con cautela; la línea de imposta, por ejemplo, cambia de altura en dos ocasiones a lo largo de la nave (esto ha sido retocado en el croquis para simplificar su comprensión), algo que también sucede, a menor escala, con el tendel al que nos hemos referido. También se han estudiado los movimientos en los arcos y bóvedas más próximos a la torre (figura 8).

En lo que respecta a movimientos en el plano horizontal, se han revisado los desplomes del muro en la zona norte (figura 9). También se ha realizado un pequeño estudio del movimiento de los muros (algo tosco; tan sólo se han hecho algunas triangulaciones de comprobación) entre la cota del pavimento interior de la iglesia y en la línea de imposta situada en el arranque de las bóvedas (figura 10).

2.4.1.2.- Breve análisis de los movimientos verticales.

Sobre la posibilidad de asientos. En apariencia, el mayor de los asientos diferenciales que se produce en un mismo plano, el muro norte, sería el correspondiente a uno de los contrafuertes de la torre, en el que la hilada principal desciende 9,0 cm. en la medición realizada a la altura del primer tendel. La diferencia de asiento puede ser debida a la diferente carga que soportan los dos elementos (la nave es mucho más ligera que la torre) o puede tener su origen en alguna irregularidad del terreno (la topografía podría hacer pensar que exista una vaguada natural, mínima, bajo esa zona).

En la zona de los pies de la iglesia, la carga lineal estimada generaría una tensión en el terreno (siempre suponiendo que el muro no tenga una zarpa, o que esta no sea significativa) de: $40,54 \times 1000 / (100 \times 120) = 3,38$ Kp/cm². Se trata de una tensión relativamente alta, pero seguramente muy fácil de asumir por el terreno en el que nos encontramos. Algo más complicada es la que habría en la pila bajo la torre cuyo machón principal, medido in situ, es relativamente esbelto: $60,10 \times 1000 / (140 \times 50) = 5,58$ Kp/cm². Aunque es relativamente probable que la tensión no se comuniqué al terreno sólo por este machón, sino que sea reconducida también por los muros laterales. Ninguno de estos valores supera los 12 Kp/cm² para una profundidad de 0,50 m. establecidos en la NBE - AE - 88.

En el peor de los casos, la diferencia entre ambas tensiones de trabajo es de aproximadamente 5,20 Kp/cm²; si suponemos que esta diferencia es la responsable de los 9 cm. de asiento diferencial debemos comprobar que los asientos proporcionales a esa carga en torre y portada sean lógicos. Por una simple regla de tres deducimos que el asiento real en los pies es de 5,9 cm. y en la pila más afectada de la torre 9 más, 14,9 cm. Sin poseer datos concretos del terreno es imposible estimar si estos números son razonables; máxime en un plazo de siete-ocho siglos, durante los cuales el edificio se ha visto sometido a numerosos cambios. Puede interesar, como referencia genérica, el valor que ofrece la NBE-AE-88, que estima unos asientos admisibles en edificios de muros de fábrica de 75 mm. (no se establece para qué distancia se estima este índice) en terreno coherente; éste es un valor de uso en obra nueva, lo que puede dar idea de la escasa importancia de los que aquí tratamos. Por otro lado, en el reciente estudio sobre la muralla de Segovia se habla de asientos estimados de hasta 40 cm en paños de 12 metros, sin que estos hayan generado pro-

blemas que un mantenimiento correcto no haya podido solventar. En este trabajo se han estudiado los movimientos activos del terreno, que han generado, desde que se registran datos, alteraciones de más de 1,0 mm. por metro; tengamos en cuenta que hay 17 metros entre los elementos que analizamos.

Deformaciones por compresión en los muros. Además de este movimiento en la base del muro, la toma de datos realizada desvela que se han producido movimientos entre la línea de imposta y el tendel empleado como referencia inferior. Teniendo en cuenta los datos que se ofrecen en el gráfico, el muro parece haberse comprimido casi 7 cm. en una altura de 7 metros, también en la pila de la torre. Es un movimiento menor, de importancia escasa, pero que podría llegar a ser grave relacionado con los movimientos horizontales que vamos a considerar más tarde.

Tal vez estas dos líneas nunca fueran paralelas. Podríamos pensar que la desviación que se aprecia hoy se produjo durante la construcción y fue asumida por el constructor, que podría haberla considerado, con cierta razón, imperceptible. No obstante, esta observación se contradice con lo afirmado en cuanto al proceso de construcción del edificio; la torre y los pies de la nave fueron construidos en momentos distintos, de modo que debería aparecer algún corte en el tendel o la línea de imposta en el que se manifestara este cambio. De hecho, hay otras zonas de cambio entre módulos (muy evidente el que se produce entre la torre y ábside) en los que estos arreglos sí pueden notarse. Así es que vamos a suponer que estas dos líneas, la de imposta y el tendel a 1 m. del nivel de piso, fueron alguna vez paralelas.

La posibilidad de compresiones en muros de sillería ha sido analizada en numerosos estudios. Es evidente que la piedra de los muros de la Iglesia de La Santísima Trinidad, una caliza de Bernuy empleada en muchos edificios segovianos, no puede haber reducido su volumen como consecuencia de una mayor compresión en la zona de la torre, pero sí puede haber sido así en las juntas de mortero, que tal vez fueran, además, de mayor tamaño —o de un material más susceptible de degradarse— en las fábricas de esa zona. Esta sería una primera explicación, probablemente la más lógica. El movimiento de 7 cm. en 7 m. debe repartirse entre aproximadamente 30 sillares, y suponiendo una junta de 1,0 cm. entre ellos: $7,20/30 = 0,24$ cm.

Es decir, las juntas deberían haber pasado de 1 a 0,75 cm., aproximadamente. Puede parecer una explicación razonable, a la vista de los movimientos de los que hablamos. Las consideraciones que J.M. Ávila hace al respecto

en los informes contenidos en sus *Tres Tristes Torres* (Ávila, 2001) son de ese orden.

Existe también la posibilidad de que esa deformación de compresión en los muros se deba a cierto pandeo, apreciable a simple vista en algunas zonas. Simplificadamente, tal como se aprecia en el croquis, la idea es que los muros podrían no haber sufrido un acortamiento como aparentan, sino tan sólo una modificación en su geometría. Aproximando ésta, con los cálculos que se adjuntan, a los valores obtenidos en las mediciones adjuntas, comprendemos que esta hipótesis sólo ofrece valores despreciables en el entorno que estamos considerando.

2.4.1.3.- Breve análisis de los movimientos horizontales.

En el ábside. Son los de mayor entidad, pero exigen para su análisis una medición más compleja que la que hemos podido realizar. Hay algunas grietas de importancia -que se citan en las descripciones de patología- y claves de los arcos sueltas que parecen estabilizadas, ya que están documentadas desde la rehabilitación realizada en los años 30.

En fajones y bóvedas principales. Considerando las cargas estimadas en el análisis, el empuje horizontal de la bóveda sobre los muros (teniendo en cuenta las convenciones clásicas al respecto: Heyman, 1999 y Huerta, 2004) sería del orden de $4,52 \times 0,30 = 1,36T/m$. Se ha supuesto que los rellenos actúan en la vertical del volumen del muro, no generando esfuerzos sino compensándolos. También se han modificado algunas de las consideraciones que se hicieron inicialmente sobre las cargas del muro: concretamente, se ha modificado la estimación de cargas entre la zona de apoyo de la bóveda y el tramo que sostiene la cubierta, suponiendo un grueso menor para estar del lado de la seguridad.

A continuación se acompaña un pequeño desglose de las cargas que intervienen y su situación. Lo primero que se ha comprobado es que el ángulo de aplicación de la carga no compromete el rozamiento entre piezas; es decir, que la suma de las componentes V_1 , V_2 y H en la línea de apoyo no es excesivamente horizontal. Después se ha verificado el equilibrio del sistema, que tampoco parece verse comprometido. Ateniéndonos a las consideraciones geométricas del cálculo tradicional de fábricas, es cierto que la línea de fuerzas parece salir del tercio central, pero también es cierto que éste, limitado a unos

40 cm. en el centro del muro, sólo se supera en 10 cm. La línea de fuerzas se mantiene en todo momento, eso sí, en el interior del muro.

También se ha considerado a estos efectos el ligero desplome en la cabeza del muro que se aprecia en la figura EE. Esta desviación pudiera deberse al empuje de la cubierta antigua, que probablemente fuera en origen de par y nudillo, a la vista de la geometría de la iglesia (hay que tener en cuenta que la clave de las bóvedas es más alta que los muros laterales). En la primera reforma documentada, la realizada en los años treinta, se levantaron estos muros para poder montar un sistema de cerchas atirantadas por encima de la bóveda. La reforma de Berdugo, Moreno y Yagüe ha recuperado la volumetría original, solucionando la estructura de cubierta mediante un sistema de cerchas Polonceu peraltadas.

2.4.1.4.- Conclusiones sobre las patologías estructurales.

El análisis realizado permite relativizar la importancia de los problemas que se observan al estudiar los registros de patología. Efectivamente es cierto que la iglesia tiene problemas (el peso excesivo de la torre normanda, inacabada de un modo razonable; y también el empuje de las bóvedas) y manifiesta las consecuencias de ellos (fundamentalmente un cierto deslizamiento a favor de la pendiente del terreno en la zona; como todos los edificios de la vertiente norte de la ciudad, por otra parte). A causa de estos problemas, detectados desde antiguo, las sucesivas reformas han ido sumando soluciones para solventarlos o, al menos, minimizar las consecuencias. El añadido de arbotantes y contrafuertes, la inclusión del tirante, la propia condición de inacabada de la torre son actuaciones en ese sentido. El edificio resultante de todas estas intervenciones parece ser perfectamente capaz de sobrellevar los problemas a los que hemos hecho referencia.

Berdugo, Moreno y Yagüe, los arquitectos responsables de la última reforma, opinaban en la misma dirección. En la memoria del proyecto consideran que la deformación “puede deberse a la torre, apoyada atrevidamente (...) sobre dos arcos triunfales y los muros laterales”. Esto habría obligado a demoler el campanario original (dan por supuesto que existió otro románico centrado, o que al menos se intentó; no hay constancia de ello, pero parece factible a la vista del actual), y al montaje de los contrafuertes. Se sorprenden de que el campanario que conservamos esté desplazado “incomprensiblemente”

hacia el sur, aunque es evidente que tiene cierta lógica estructural; la zona que no se desea sobrecargar, en ningún caso, es justamente la contraria. Tampoco comprenden que solo se montaran contrafuertes en uno de los laterales (teniendo en cuenta que hay deformaciones en los dos) y estiman excesivo el empuje de las bóvedas sin atirantar, aunque no justifican esta apreciación.

También existe la posibilidad de que los problemas que afectan a la zona central del edificio no se deban al mayor peso de la torre sino a algún problema puntual de cimentación. Como se aprecia en los croquis de alzado (figura EE), la iglesia desemboca al norte en una pequeña vaguada que arranca bajo la torre. Tal vez la recogida de aguas en esa zona haya colaborado en el desgaste del terreno y en el consecuente movimiento de la torre. Sin embargo, este movimiento puede justificarse plenamente sólo con las acciones que la torre genera sobre el terreno; para confirmar esta última posibilidad, y para que estas conclusiones fueran realmente precisas, sería necesaria una toma de datos más detallada y un estudio completo del terreno.

3.- Desarrollo estético del edificio:

En la actualidad muchos edificios de culto se han convertido además en valores históricos representativos de un periodo, de una sociedad y de un modo de hacer, por lo cual son considerados como ejemplos de todo ello. La sociedad demanda que sean conocidos y reconocibles, y tiende a considerarlos como objetos bellos, dispersos en el entramado urbano que contribuyen a “adornar”, trasladando en cierta medida el concepto doméstico de distribución, decoración y cuidado por el entorno – junto con todos los conceptos que sirven para definirlo, incluido el de belleza –, a la ciudad que habitan. No en vano decía Alberti: “la arquitectura ha nacido para hacer feliz la vida”. Pero la evolución arquitectónica a lo largo de estos diez siglos ha sido tal que al enfrentarse a la renovación de un edificio de estas características es necesario recordar con qué parámetros compositivos fue construida¹⁴.

¹⁴ Esto sostienen tanto Chueca Goitia, en *Breve historia del urbanismo*, Madrid, 1968, como Portoghesi, *El ángel de la historia*, 1982 al tratar las relaciones de los edificios y los monumentos con su entorno urbano más inmediato, e incluso con su área de influencia, que según ambos, a veces abarca a una sociedad, cultura o civilización entera.

Lo que en la actualidad consideramos un edificio bello asociado a un momento histórico concreto como fue el periodo Románico, no era tal en el siglo XI¹⁵. Lo bello asociado a las Bellas Artes es un concepto que data del siglo XVIII, momento en el que deja de ir unido exclusivamente a la vinculación del objeto con la naturaleza. Son precisamente las ciencias las que operan el cambio al permitir el dominio del entorno físico del hombre y del cosmos, y la naturaleza y sus representaciones resultan insuficientes para satisfacer las necesidades que dicho cambio produce.

Por otro lado, el hecho de que belleza y fealdad estén ligadas a lo perceptible constituye otra innovación que aparece también en el siglo XVIII. Ambos conceptos dejan de tener sentido si no van ligados a colores, líneas, planos, sonidos, ritmos. Antes, y durante los 2000 años que precedieron, la belleza perceptible –la aparente– era sólo un peldaño más para alcanzar la “belleza auténtica”, invisible, inaudita e intangible¹⁶. Lo bello, lo verdadero y lo bueno eran conceptos inseparables.

Como consecuencia de todo ello, la sociedad contemporánea demanda que los valores incuestionables de la cultura, aquellos que la historia ha consolidado, sean resaltados y exhibidos para poder ser considerados como bellos, y se adapten a las condiciones actuales de vida sin por ello sufrir perjuicio alguno. El edificio, pues, debe ser reconocido como el objeto bello que es, pero al mismo tiempo debe de poder utilizarse con comodidad –con la comodidad que la técnica permite en el momento actual–, sea cual la función que cumpla¹⁷.

Sólo un cuidadoso estudio del edificio puede permitirnos llegar a esa conciliación necesaria para realizar una intervención óptima. Por ello es necesario recordar que la distribución del edificio obedecía estrictamente a la función que debía cumplir: la celebración de una ceremonia litúrgica, que necesi-

¹⁵ Ver Bodei, *La forma de lo bello*, Madrid, Visor.

¹⁶ Cfr. Bodei.

¹⁷ Como dice Philippe Gruloos de la Escuela de Arquitectura St. Lucas de Bruselas, en “*Elargir les oportunités architecturales par une approche systémique de la conception architecturale*”, en *Workshop on Architectural Theory*, Hasselt, 2006, «L’examen des relations spatiales engendrées au sein d’un ordonnancement spatial y révèle une hiérarchie spatiale entre les composants architecturaux et un degré d’autonomie spatiale et de visibilité pour chacun d’eux. Le degré d’autonomie spatiale établit le niveau d’indépendance de composants entre eux. Le degré de visibilité du composant architectural, ou des éléments qu’il contient, s’exprime par rapport aux espaces d’occupation. Quant à la hiérarchie spatiale, elle est induite par la définition d’espace architectural, du but pour lequel l’abri est créé et par l’activité que chaque composant abrite. Les espaces d’occupation occupent une position majeure dans l’ordonnancement spatial et ils sont ponctués par des éléments pleins, des cavités et aussi par des espaces de circulation».

taba de unas condiciones edilicias específicas para poder desarrollarse. Así, la direccionalidad estaba marcada por la necesidad de mirar hacia un punto concreto impuesto por dicha ceremonia; los huecos practicados en la cabecera, tres, tenían un valor simbólico además de la función de iluminar, puesto que debían recordar a la Santísima Trinidad; la altura de los techos estaba motivada por razones climáticas, puesto que así se conseguía un ambiente cálido en invierno y fresco en verano; la iluminación era de dos clases: simbólica –como la de la cabecera y los diminutos huecos de los muros–, que jugaba con los colores e intensidades de la luz a lo largo del día, y práctica, por medio de velas, lámparas de aceite y antorchas; los ritmos que marcaban los elementos estructurales no tenían una razón de ser decorativa –por más que se acompañasen con cenefas, capiteles historiados u otro tipo de adornos–, sino estructural, a pesar de que, para evitar una excesiva austeridad y gravedad del edificio, se adornaran con elementos en relieve, capiteles tallados o frescos en los muros.; éstos rara vez estaban desnudos, mostrando el material, sino decorados con coloridos frescos que, junto con las esculturas y los relieves, cumplían una importante función didáctica. Los conceptos de composición y proporción no existían tal y como los entendemos ahora y, en todo caso, estaban supeditados a los dictados de la construcción y la geometría, los cuales venían dados por la naturaleza del material.

No obstante estas observaciones, y a pesar de ser románica, la iglesia de la Trinidad tiene claras influencias de la arquitectura hispano-musulmana¹⁸. La arquería o soportal previo a la entrada –elemento típico de la arquitectura románica de Segovia que cambia las relaciones entre interior y exterior y lo público y lo privado¹⁹, al constituir un elemento mixto- neutraliza la “secuencia de planos puros”²⁰, o pantallas macizas, que hay que atravesar, con lo que se recalca la aversión a la naturaleza gravitatoria de las cosas y su tendencia a

18 Ver Chueca Goitia, *Invariantes castizos de la arquitectura española*, Madrid, Dossat, donde hace un intensivo estudio de las influencias que la arquitectura hispano-musulmana ha dejado en la vida y en la arquitectura española de todos los tiempos, constituyendo parte esencial de la “koiné” arquitectónica que, como no podía ser menos, tiene su reflejo también en la arquitectura moderna y contemporánea.

¹⁹ En palabras de Laurent Stalder, “*New Approaches to Architectural Theory*”, en *Workshop on Architectural Theory*, Hasselt, 2006, “The threshold separates the public and private sphere, private and common property, self-determined and over-directed action. As an architectural element or spatial configuration, it highlights historically specific, culturally determined zones of transition, in which certain gestures and activities are performed.”

²⁰ En expresión del propio Chueca Goitia.

las soluciones flotantes, algo que algunos consideran una evidente conexión con la arquitectura moderna²¹.

Todo ello debe considerarse objeto de la intervención, por cuanto el edificio y sus partes constituyen un conjunto difícilmente divisible, una unidad compositiva y arquitectónica de la que nada debe quedar al azar. Todas las relaciones espaciales que se establecen entre ellas, así como las compositivas, dependen para su existencia de dicha unidad, sin la cual sólo son elementos caprichosos. Como sostiene el profesor Gruloos²², “la unidad entre los sistemas funcionales [instalaciones] y los componentes arquitectónicos (...) puede manifestar una actitud favorable a conceptos arquitectónicos que hagan ver los elementos del sistema portante o de las instalaciones técnicas en los espacios de ocupación”, y esto no le convence como solución, puesto que debe darse una perfecta integración de todos ellos, sin interferir a función que todos ellos cumplen. A pesar de que esto no siempre es sencillo ni posible al enfrentarse a edificios históricos, es necesario procurarlo por todos los medios. Por ello puede jugarse con los colores, los recovecos que los elementos estructurales juegan con los paramentos, las líneas de imposta y las zonas menos visibles que permitan repetir los tonos originales del interior dados por la escasa luz natural, ambarina al amanecer, azulada en las horas vespertinas y de tonos rojizos en las horas intermedias del día, así como por el tenebrismo posterior a las horas de sol fomentado por la rudimentaria luz artificial de la época – con lámparas de aceite y velas –, debería de ser uno de los objetivos de la intervención en toda edificación románica, a lo cual debería añadirse la búsqueda de las condiciones acústicas del momento en el que el edificio fue pensado. Sin embargo, todo ello debería supeditarse a lo que dentro de dichos parámetros se considere actualmente óptimo y más conveniente, y siempre sin olvidar la necesidad de proporcionar a estos edificios unas condiciones de habitabilidad como las que se exigen actualmente a cualquier otra construcción.

Así pues, la consideración actual de que esta clase de edificios representa un vínculo espiritual e histórico para una sociedad y un entorno de cuya “koiné” cultural forman parte, constituye la razón principal de las políticas de preservación del patrimonio. Sin embargo, la mirada, en cierto modo idealista, que la sociedad actual dedica al pasado, lleva a considerar las posibilidades de actuación como limitadas cuando en realidad no lo son tanto.

²¹ Cfr. Chueca Goitia, op. cit.

²² Cfr. Gruloos, op. cit.

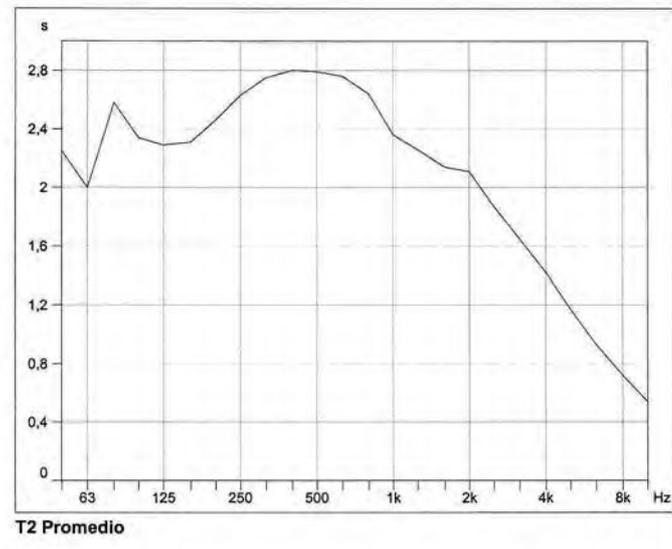


Figura 3. Representación gráfica de las medidas acústicas obtenidas ponderadas.

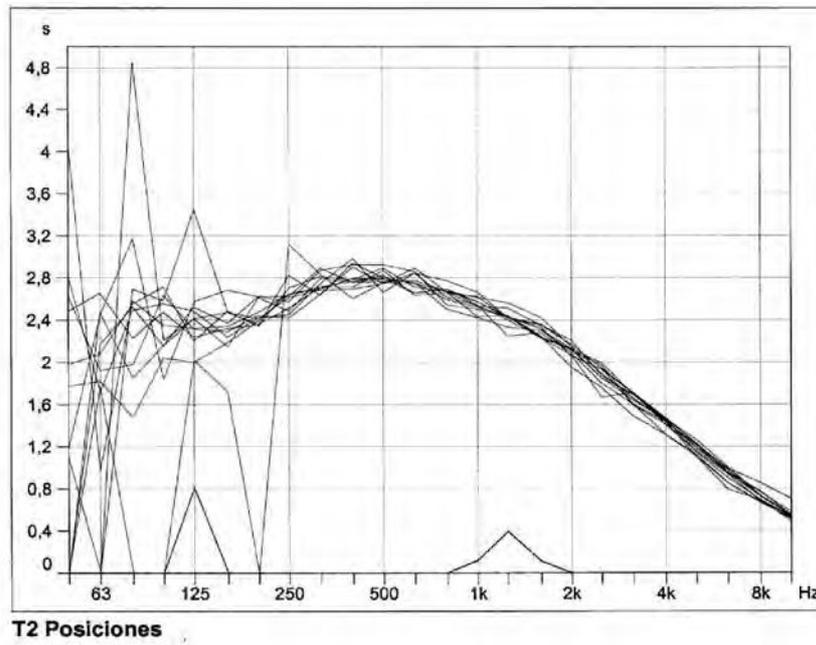


Figura 4. Curvas de distribución de cada una de las trece medidas acústicas realizadas.

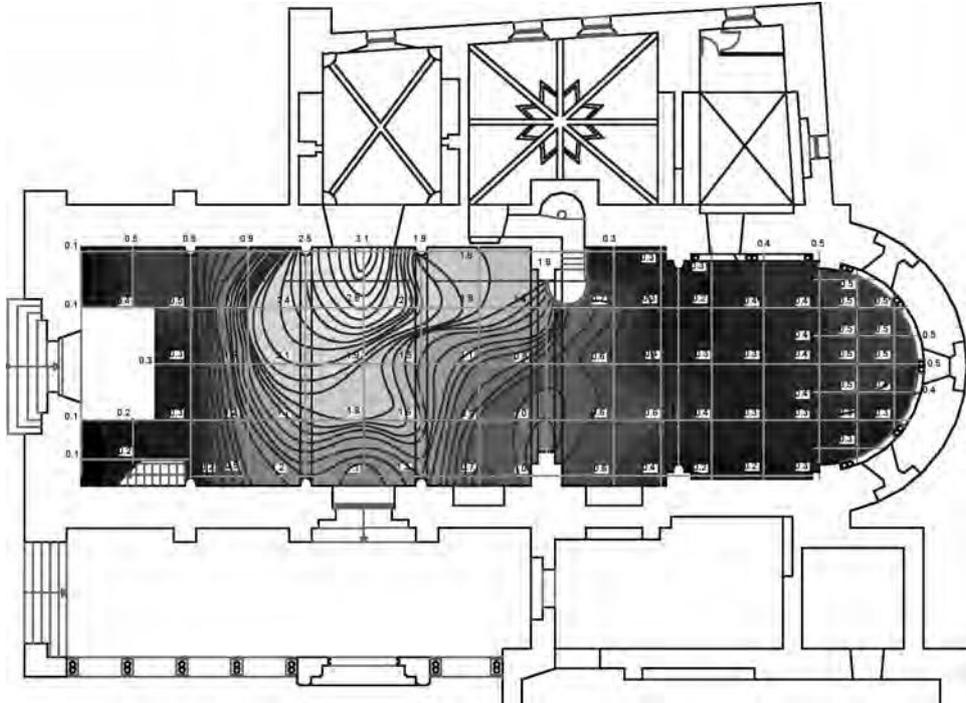


Figura 5. Curvas isolux correspondiente a la iluminación natural del día 14 de marzo de 2006 a ultima hora de la tarde.

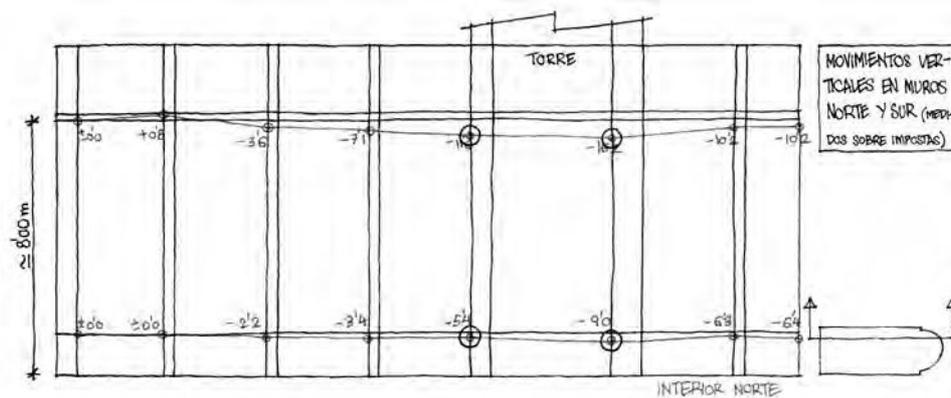


Figura 6. Asientos y movimientos verticales del muro norte de la nave.

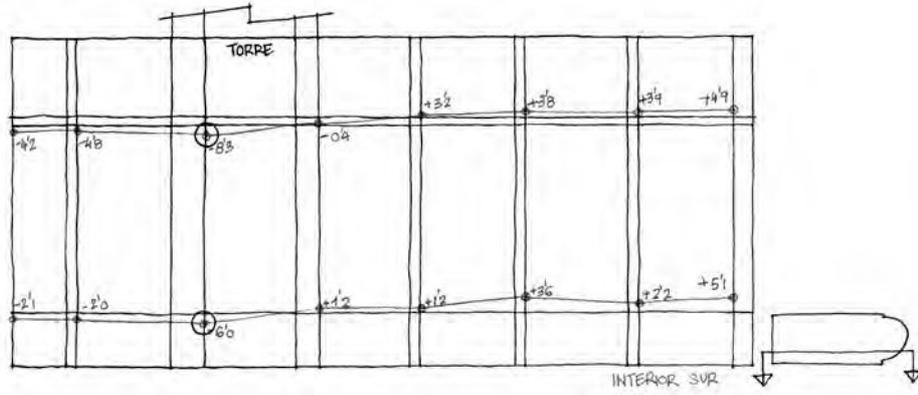


Figura 7. Asientos y movimientos verticales del muro sur de la nave.

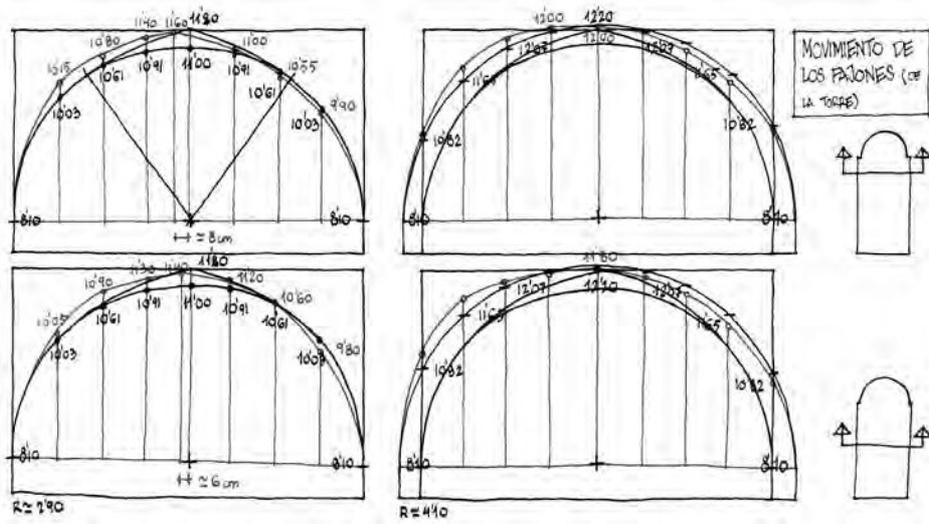


Figura 8. Movimientos estructurales en los arcos y bóvedas más próximas a la torre.

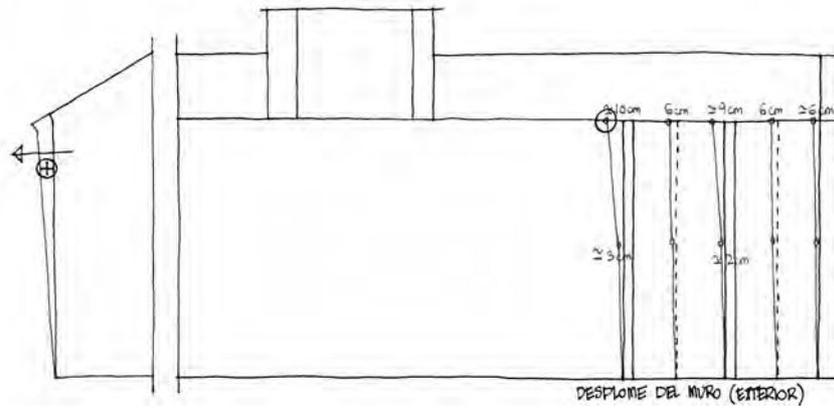


Figura 9. Desplomes del muro en la zona norte.

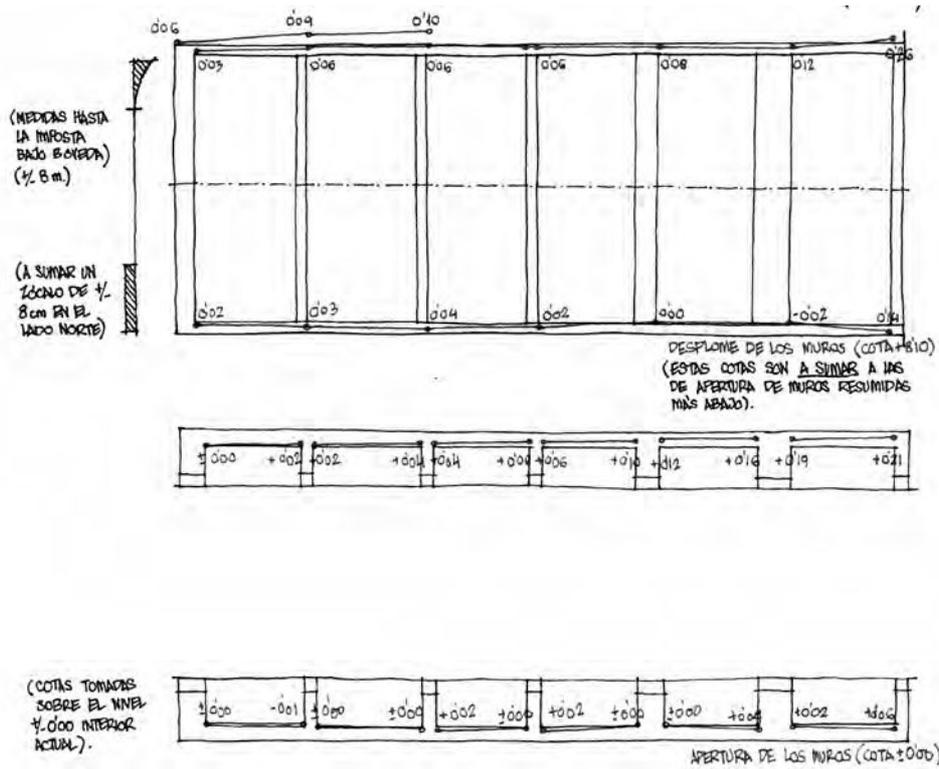


Figura 10. Movimiento de los muros entre la cota del pavimento interior de la iglesia y en la línea de impostas situada en el arranque de las bóvedas.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁVILA, JALVO, J.M. (2001): “*Tres triestes torres*”, Madrid, Instituto Juan de Herrera.
- BODEI, REMO. (1985): “*La forma de lo bello*”, Madrid, Visor, [Le forme del bello, Bolonia, Il Mulino, 1995].
- CHAVES MARTÍN, M.A. (2006): “*Intervenciones en el Patrimonio Monumental de Segovia durante el siglo XIX*”, Plaza Mayor de Segovia, nº 1. Segovia.
- CHUECA GOITIA, F. (1998): “*Breve historia del urbanismo*”, Madrid, Alianza Editorial.
- CHUECA GOITIA, F. (1981): “*Invariantes castizos de la arquitectura española*”, Madrid, Editorial Dossat.
- GERRITSEN, F. (1976): “*Color: apariencia, medio de expresión artística y fenómeno físico*”, Barcelona, Ed. Blume.
- GRULOOS, P. (2006): “*Elargir les oportunités achitecturales par une approche systémique de la conception architecturale*”, en Workshop on Architectural Theory, Hasselt.
- KULTERMANN, U. (1969): “*La arquitectura contemporánea*”, Barcelona, Labor, [Des Schlüssel zur Architektur von Heute, Viena-Duseldorf, Econ-Verlag GMBH, 1969]
- PORTOGHESI, P. (1985): “*El ángel de la historia*”, Madrid, H. Blume, [L’angelo della storia, Roma-Bari, Laterza, 1982]
- RUIZ HERNÁNDO, J.A. (1988): “*La arquitectura del ladrillo en la provincia de Segovia. Siglos XII y XIII, Segovia*”, Excma. Diputación Provincial de Segovia.
- RUIZ HERNÁNDO, J.A. (1996): “*La Parroquia de la Santísima Trinidad*”, Segovia, Gráficas Ceyde.
- SANTOS SANCRISTOBAL, S. (1974): “*La Parroquia de la Santísima Trinidad y sus Agregadas*”, Segovia, Publicaciones de la Caja de Ahorros Monte de Piedad de Segovia.
- STALDER, L. (2006): “*New Approaches to Architectural Theory*”, en Workshop on Architectural Theory, Hasselt.
- TAFURI, M. Y DAL CO, F. (1997): “*Teorías e Historia de la Arquitectura*”, Madrid, Celeste, [Teoria e storia dell’architettura, Roma-Bari, Laterza, 1968].
- TORRES BALBÁS, L. (1996): “*Sobre monumentos y otros escritos*”, Madrid, COAM.
- TORROJA, E. (2000): “*Razón y ser de los tipos estructurales*”, Madrid, CSIC.
- YARZA, J. (1987): “*Arte y arquitectura en España 500/1250*”, Madrid, Cátedra.