**Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Superior de Edificación**

**LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO
A FINALES DEL S.XV Y COMIENZOS DEL S.XVI:
EL CASO DE LA CIUDAD Y TIERRA DE SEGOVIA**

TESIS DOCTORAL

Patricia Benítez Hernández
Arquitecto

Enero 2016

**Departamento de
Construcciones Arquitectónicas y su Control
Escuela Técnica Superior de Edificación**

**LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO
A FINALES DEL S.XV Y COMIENZOS DEL S.XVI:
EL CASO DE LA CIUDAD Y TIERRA DE SEGOVIA**

Autor

**Patricia Benítez Hernández
Arquitecto**

Directora

**Mercedes Valiente López
Doctor Arquitecto**

2016

Tribunal nombrado por el Mgco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica
de Madrid, el día de de 20

Presidente D.

Vocal D.

Vocal D.

Secretario D.

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día de
..... de 20

en.....

Calificación:

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

RESUMEN

Este trabajo de investigación se ha centrado en la escalera de caracol con ojo también denominado caracol de mallorca, en sus primeras apariciones a finales del s.XV y comienzos del s.XVI durante el llamado periodo tardogótico. Este elemento aparentemente sencillo presenta, sin embargo, una gran diversidad de esquemas geométricos. Todavía a día de hoy, no hay explicación del por qué de la mayor difusión de unos con respecto a otros. El objetivo de este trabajo ha sido valorar el papel que el confort/seguridad de uso así como la economía en el trabajo –sencillez de ejecución y coste económico– tuvieron en el contexto de la difusión de este elemento arquitectónico. Este estudio ha analizado en base a estos criterios objetivos, la geometría de cada uno de los esquemas tipo que resuelven la formación del hueco central característico este tipo de escaleras, con la intención de determinar las causas objetivas que pudieron motivar la desigual expansión de los mismos.

Una vez determinado el marco teórico, se han establecido dos líneas para abordar el problema. Por un lado se ha planteado el análisis de los modelos teóricos recogidos en los distintos textos de cantería escritos por autores españoles desde finales del s.XVI. Si bien en la época en que se escribieron, la arquitectura gótica como sistema había desaparecido, alguno de sus elementos más característicos, como la escalera de caracol, continuaban empleándose. Las trazas del caracol con ojo recogidas en estos textos, describen habitualmente las soluciones geométricas más frecuentes e incluso los ejemplos contruidos más conocidos, los cuales fueron levantados en su mayoría en el período en el cual se desarrolla esta investigación. Por otro lado, este estudio se plantea el análisis de modelos contruidos existentes en la Ciudad y Tierra de Segovia. La razón que justifica dichos límites geográficos, la encontramos en que la mayor parte del patrimonio gótico existente en este área fue contruido entre finales del s.XV y comienzos del s. XVI. Ambos grupos, modelos teóricos y modelos contruidos, recogen la herencia gótica heredada en la construcción de este elemento arquitectónico.

Cada una de estas dos líneas establecidas han seguido una metodología específica adaptada al objeto de análisis, si bien ambas se basan en un primer análisis individual y posterior análisis comparativo de los modelos seleccionados.

Estos análisis han permitido identificar los distintos esquemas empleados para resolver el hueco central, lo que ha posibilitado establecer una clasificación general de los mismos en tres grupos: caracol con ojo de solución radial, el caracol con ojo de

solución no radial y el caracol con ojo de solución tangencial. A partir de los datos y resultados obtenidos del análisis comparativo de los parámetros geométricos que afectan al confort/seguridad de uso y economía en el trabajo de dichos esquemas, podemos concluir que a pesar que los tres esquemas identificados resuelven el caracol con ojo de forma muy similar, el predominio de la solución radial y la caída en el olvido de las soluciones tangencial y no radial estuvieron justificados.

ABSTRACT

This work focused on the helical staircase, also known as mallorca staircase, in the late 15th and the early 16th centuries. This seemingly simple element, presents however a wide variety of geometrical designs. Still to date, there is no explanation of why some of them were limited use, while others had a wide impact. The aim of this study was to assess the influence which comfort, safety and work economy –ease of construction and financial cost– had on their widespread. This study analysed, following these objective criteria, the geometry of the different designs, which solve the characteristic inner aperture of this type of staircase. And thus, find the reasons, which motivated their uneven spread.

Once the theoretical framework was developed, two research lines were set up to address the problem. On one hand, this study analysed the theoretical helical staircases described in the early Spanish texts, which were written since the end of the 16th century. Although these texts were written after the Gothic Architecture system had already disappeared, some of its more representative elements like the helical staircase were still in use. The traces of the helical stair, which are included in these texts, describe the most frequently-used designs and even the most famous real examples which were usually constructed in the Late Gothic period. On the other hand, this study analysed some real helical staircases, which were constructed in the Ciudad y Tierra de Segovia. The reason for choosing these geographical limits is that most of the Gothic buildings of this area were constructed between the end of the 15th and the early 16th centuries, during the Late Gothic period. Both groups, theoretical and constructed samples, collect the Gothic construction tradition of the helical stair.

Each of these research lines followed a specific methodology, which was adapted to the research object. Nevertheless, both are based on a first individual analysis of each selected example and a later on comparative one.

These analysis allowed the identification of the different layouts which solve the inner aperture of the helical staircase, what made possible to set up a broad classification in three groups, according to the geometrical design strategy that solves the central aperture: the helical staircase by radial solution, the helical staircase by non-radial solution and the helical staircase by tangent solution. The research findings of the comparative analysis of their geometrical parameters, which have an impact in the comfort, safety and work economy, have shown that although all of them solve the

helical staircase in a really similar way, the fade into oblivion of the non-radial and tangent approaches was objectively motivated.

A mis padres, Loli y Bis

A mis niños Julián, Lola, Santiago y Ximena.

...Nadie habrá dejado de observar que con frecuencia el suelo se pliega de manera tal que una parte sube en ángulo recto con el plano del suelo, y luego la parte siguiente se coloca paralela a este plano, para dar paso a una nueva perpendicular, conducta que se repite en espiral o en línea quebrada hasta alturas sumamente variables. Agachándose y poniendo la mano izquierda en una de las partes verticales, y la derecha en la horizontal correspondiente, se está en posesión momentánea de un peldaño o escalón. Cada uno de estos peldaños, formados como se ve por dos elementos, se sitúa un tanto más arriba y adelante que el anterior, principio que da sentido a la escalera, ya que cualquiera otra combinación producirá formas quizá más bellas o pintorescas, pero incapaces de trasladar de una planta baja a un primer piso.

(Julio Cortázar, *Instrucciones para subir una escalera*)

INDICE GENERAL

Resumen

Abstract

Agradecimientos

PARTE I: INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

1. INTRODUCCIÓN.....	27
1.1. Motivación.....	27
1.2. Justificación	28
2. OBJETIVO	29
2.1. Objetivo general.....	29
2.2. Objetivos específicos.....	34
3. ESTADO DE LA CUESTIÓN	36
3.1. La escalera de caracol: concepción, generación, estructura y funcionamiento.....	36
3.2. El período gótico.....	38
4. METODOLOGÍA GENERAL.....	40
5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	42

PARTE II: LA ESCALERA DE CARACOL: VISIÓN GLOBAL

6. INTRODUCCIÓN PARTE II.....	49
7. LA ESCALERA DE CARACOL: DEFINICIÓN	50
8. LA ESCALERA DE CARACOL: TERMINOLOGÍA	51
8.1. Terminología del módulo peldaño	52
8.2. Terminología referida a la escalera como unidad.....	57
9. LA ESCALERA DE CARACOL: ORIGEN Y EVOLUCIÓN.....	58
10. LA ESCALERA DE CARACOL: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.....	64
10.1. Caracol de husillo	65
10.2. Caracol con ojo.....	66

10.2.1. Solución radial: módulo sector circular	67
10.2.2. Solución no radial: módulo intermedio.....	69
10.2.3. Solución tangencial: módulo en abanico	71
11. LA ESCALERA DE CARACOL: ASPECTOS ESTRUCTURALES	73
11.1. La estabilidad estructural: idoneidad del diseño.....	76
11.2. La estabilidad estructural: otras causas de inestabilidad	78
11.2.1. Asentamientos del terreno.....	78
11.2.2. Estabilidad al vuelco.	79
11.2.3. Exceso de cargas	79
11.2.4. Deterioro del material	79
12. LA ESCALERA DE CARACOL: COMODIDAD Y SEGURIDAD	86
13. RESULTADOS PARTE II.....	93
 PORTE III: LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO: MODELOS TEÓRICOS	
14. INTRODUCCIÓN PARTE III	93
15. MODELOS TEÓRICOS: LOS PRIMEROS TEXTOS DE ARQUITECTURA ESPAÑOLES.....	93
14.1. Marco conceptual	96
14.2. Metodología de análisis de los modelos teóricos	98
16. ALONSO DE VANDELVIRA (1544-1626).....	113
16.1. Libro de cortes de cantería.....	113
16.2. Traza analizada: Declaración del caracol de mallorca	116
17. RODRIGO GIL DE HONTAÑON (1500-1577)	119
17.1. Compendio y simetría de los templos.....	119
17.2. Traza analizada: caracol con ojo abierto	120
18. GINES MARTÍNEZ DE ARANDA (1556-1620)	123
18.1. Cerramientos y trazas de montea.....	123
18.2. Traza analizada: Caracol de ojo que dicen de mallorca.....	125
19. ALONSO DE GUARDIA (¿?-¿?)	128
19.1. Sobre un ejemplar del libro Di Battista Pittoni	128

19.2. Traza analizada: caracol de mallorca	129
20. FRAY LORENZO DE SAN NICOLAS (1553-1579).....	133
20.1. Arte y uso de Architectura	133
20.2. Traza analizada: caracol de mallorca	134
21. JOSEPH GELABERT (1621-1666?)	140
21.1. Vertaderas traçes del'art del picapedrer	140
21.2. Traza analizada: el caracol con ojo	141
22. JUAN CARAMUEL (1606-1682)	144
22.1. Arquitectura Civil Recta y Oblicua	144
22.2. Traza analizada: caracol.....	146
23. TOMÁS VICENTE TOSCA (1651-1723).....	150
23.1. Compendio matemático.....	150
23.2. Traza analizada: caracol.....	152
24. JUAN DE PORTOR Y CASTRO (finales 1600- ¿?)	155
24.1. Cuaderno de Arquitectura.....	155
24.2. Traza analizada: caracol de ojo...que llaman de mallorca	156
25. JUAN GARCIA BERRUGUILLA (s.XVIII).....	159
25.1. Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría.....	159
25.2. Traza analizada: caracol de ojo.....	160
26. BENITO BAILS (1731-1797)	162
26.1. De la Arquitectura Civil	162
26.2. Traza analizada:---.....	166
27. ANDREA PALLADIO (1508-1580)	167
27.1. I quattro libri dell'architettura.....	167
28. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS TEÓRICOS.....	170
28.1. Fichas de síntesis	170
29. RESULTADOS PARTE III	193

PARTE IV: LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO: MODELOS CONSTRUIDOS

30.	INTRODUCCIÓN PARTE IV	227
31.	MODELOS CONSTRUIDOS: CIUDAD Y TIERRA DE SEGOVIA	227
31.1.	Delimitación tipológica del edificio.....	227
31.2.	Definición de la muestra y tamaño muestral.....	228
31.3.	Metodología de análisis de los modelos contruidos	231
32.	LA IGLESIA DE SAN SEBASTIÁN EN VILLACASTÍN	247
32.1.	El edificio	248
32.2.	La escalera de caracol de la Iglesia	251
32.2.1.	Descripción arquitectónica.....	251
32.2.2.	Autor y fecha de construcción	254
32.2.3.	Descripción constructiva.....	254
33.	IGLESIA DE NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCIÓN EN VALVERDE DEL MAJANO 260	
33.1.	El edificio	261
33.2.	La escalera de caracol.....	261
33.2.1.	Descripción arquitectónica.....	262
33.2.2.	Autor y fecha de construcción	263
33.2.3.	Descripción constructiva.....	263
34.	IGLESIA DE SAN BARTOLOMÉ EN MARTÍN MIGUEL.....	269
34.1.	El edificio	270
34.2.	La escalera de caracol.....	271
34.2.1.	Descripción arquitectónica.....	272
34.2.2.	Autor y fecha de construcción	273
34.2.3.	Descripción constructiva.....	273
35.	LA CATEDRAL DE NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCIÓN Y DE SAN FRUTOS EN SEGOVIA	277
35.1.	El edificio	277
35.2.	La capilla del Cristo del Consuelo	283

35.2.1. La escalera de caracol de la capilla.....	285
35.2.1.1. Descripción arquitectónica	285
35.2.1.2. Autor y fecha de construcción	287
35.2.1.3. Descripción constructiva	287
35.3. La capilla de la Concepción.....	294
35.3.1. La escalera de caracol de la capilla.....	295
35.3.1.1. Descripción arquitectónica	295
35.3.1.2. Autor y fecha de construcción	296
35.3.1.3. Descripción constructiva	297
36. MONASTERIO DE SANTA CRUZ LA REAL	302
36.1. El complejo conventual.....	302
36.2. La iglesia tardogótica.....	309
36.3. La escalera de caracol.....	312
36.3.1. Descripción arquitectónica.....	313
36.3.2. Autor y fecha de construcción	315
36.3.3. Descripción constructiva.....	316
36.3.4. La estabilidad estructural.....	319
36.3.4.1. Origen de las proporciones	319
36.3.4.2. Idoneidad del diseño	320
36.3.4.3. Análisis del muro.....	326
36.3.4.3.1. Asentamientos del terreno	326
36.3.4.3.2. Estabilidad al vuelco.....	329
36.3.4.3.3. Exceso de cargas.....	329
36.3.4.3.4. Deterioro del material	331
37. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS CONSTRUIDOS.....	335
37.1. Fichas de síntesis.....	335
38. RESULTADOS PARTE IV.....	349

**PARTE V: LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO: ANÁLISIS COMPARATIVO
ESQUEMAS TIPO**

39. INTRODUCCIÓN PARTE V	363
40. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE PLANTAS TIPO.....	363
41. RESULTADOS PARTE V.....	373

CONCLUSIONES

42. CONCLUSIONES.....	389
-----------------------	-----

INDICIOS DE CALIDAD

43. INDICIOS DE CALIDAD.....	401
------------------------------	-----

FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

44. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	407
---	-----

BIBLIOGRAFÍA

PARTE I

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

... el moderno restaurador de catedrales debe ser consciente de que debe abordar el problema como lo haría un verdadero constructor medieval, con las manos desnudas de artificios matemáticos, un profundo sentido de la geometría y la estabilidad, y un afán por sustituir solo aquello que está alterado gravemente con otros elementos similares de resistencia suficiente.

(J.L. Manzanares Japón)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

Este estudio está centrado en la escalera de caracol, concretamente la escalera de caracol con ojo también denominada caracol de mallorca, en sus primeras apariciones a finales del s.XV y comienzos del s.XVI durante el llamado periodo tardogótico.

La idea de realizar este trabajo, surgió a partir del curso de doctorado “Representación y análisis de los elementos constructivos y su normalización” que impartieron los profesores Mercedes Valiente López y Rafael Ferrer Garcés, el cual formaba parte del programa: “Materiales, Sistemas Constructivos y su Control de Calidad Aplicado a la Construcción Actual y a las Nuevas Tecnologías Edificatorias”, durante el curso 2008-2009.

En dicho curso se me animó a la lectura de los grandes tratados de arquitectura como vía de análisis de la misma. Tras un primer estudio observé que en ellos se analizaban fundamentalmente la resolución y trazado de arcos, bóvedas, cúpulas, así como escaleras. Si bien los tres primeros han sido objeto de múltiples investigaciones como por ejemplo las realizadas recientemente por Santiago Huerta, Enrique Rabasa o por el mismo Jacques Heyman, no ha ocurrido lo mismo con el tema de las escaleras y concretamente con las de caracol. Los limitados estudios realizados sobre las escaleras se han centrado en su mayoría en los modelos más espectaculares o escalinatas monumentales. Esto despertó en mí una gran curiosidad por una de las partes menos estudiadas de los tratados: la escalera de caracol con ojo o de mallorca, como por primera vez la define Alonso de Vandelvira en su tratado *Libro de trazas de cortes de Piedras* (Vandelvira,1580).

Otro punto importante que me atrajo y me hizo plantear la posibilidad de realizar esta investigación fue el carácter privado e incluso doméstico de este elemento, que sin embargo es esencial para el buen funcionamiento de muchas construcciones con varias alturas.

En muchas ocasiones ese carácter reservado, propio de este tipo de escaleras de reducidas dimensiones, ha llegado a provocar su olvido e incluso abandono funcional derivando en su ruina física.

1.2. Justificación

En los últimos años, la rehabilitación y reconstrucción de elementos del Patrimonio está cobrando cada vez más importancia en la práctica arquitectónica. La importancia de estas intervenciones no solo está en conservar el bien como parte de la identidad cultural de un territorio, sino también en ayudar al desarrollo económico del mismo mediante el incremento del turismo. No obstante, cuando llega el momento de intervenir, el arquitecto se enfrenta a circunstancias que no le son familiares, más allá de su experiencia personal. Esta falta de comprensión de la construcción histórica lleva frecuentemente a diagnósticos erróneos que a su vez conducen a propuestas y aplicaciones técnicas inadecuadas (González, 2000 noviembre, p.136). En este contexto, la investigación en la Historia de la Construcción es necesaria ya que como Benito Bails afirma, “solo ella puede ilustrarle (al arquitecto) acerca del origen, progresos y revoluciones de su Arte” (Bails, 1783, p.4). Con la investigación se aumenta el conocimiento histórico de las técnicas perdidas con el paso del tiempo, o incluso se modifican aquellas otras que se habían considerado válidas de forma equivocada.

Pese a que en las últimas décadas se ha comenzado a estudiar la corriente tardogótica con mayor interés, los estudios monográficos sobre uno de sus elementos más característicos como es la escalera de caracol con ojo, son escasos. Incluso al estudiar un modelo concreto, no es extraño encontrarse con que la única fuente disponible de conocimiento sea el propio elemento. Para poder tener una mejor comprensión de esta tipología de escaleras y poder intervenir en ellas, resulta necesario profundizar en sus aspectos constructivos y estructurales, ambos dependientes de su geometría. Así pues, el conocimiento de las formas en que se construyeron estos caracoles va a permitir comprender el proceso de diseño que siguieron los maestros góticos, lo cual es un aspecto imprescindible para poder intervenir en la conservación de este tipo de elementos del patrimonio.

Esta investigación pretende ampliar el conocimiento sobre este tema, así como reunir la información que sobre ellas existe y que actualmente está demasiado dispersa. Pretende enfocar la atención sobre las escaleras de caracol, de forma que permita “discutirlas, explicarlas y comprenderlas” para posteriormente “restaurarlas y amarlas” (Escrig & Pérez, 2004, contraportada).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo ha sido el análisis de la escalera de caracol con ojo o de mallorca. Este elemento aparentemente sencillo presenta, sin embargo, una gran diversidad de esquemas geométricos. Todavía a día de hoy no hay explicación del por qué de la primacía de unos sobre otros. Esta investigación busca arrojar luz sobre esta cuestión y determinar las razones objetivas que pudieron motivar el uso generalizado de algunos de estos esquemas en detrimento de otros. Con este objetivo, el trabajo se ha centrado no tanto en la labra de las piezas de cantería – cuestión habitual en el estudio de la arquitectura gótica–, sino en otros conceptos más universales como son la comodidad y la seguridad de uso, aportando con ello un nuevo enfoque de estudio. Todo diseño de escalera debe contribuir a una fácil, rápida y segura circulación de personas. Esta cuestión no solo preocupa a los arquitectos contemporáneos, sino que también preocupó a los antiguos maestros góticos (Templer 1994a, p.vi). En sus trazas, ellos primero resolvían un problema común de confort y seguridad mediante la determinación de una serie de parámetros geométricos del peldaño. Después, planteaban una solución a los problemas de estereotomía que surgían de acuerdo a estos parámetros. Este estudio pretende avanzar en cómo el diseño geométrico empleado para resolver el hueco central de la escalera de caracol con ojo afecta al uso de la misma. Cómo la elección de un diseño concreto puede suponer un cambio en su nivel de confort y seguridad, pero sin ignorar que la elección de uno u otro esquema también condiciona la economía en el trabajo –sencillez de ejecución y coste de la misma– tan valorada por los maestros de aquella época como por los profesionales del sector en la actualidad.

En resumen, esta investigación evalúa, en base a los criterios objetivos de confort, seguridad y economía, cómo el diseño geométrico del caracol con ojo pudo afectar en la mayor o menor difusión del mismo.

2.1.1. Límites de la investigación

Con la intención de definir el problema de forma precisa, se han establecido unos límites temporales, morfológicos, y territoriales que enmarcan la investigación:

Límite temporal

El contexto temporal que define el marco de este estudio abarca desde finales del s.XV hasta mediados del s.XVI, periodo en el que se desarrolla la arquitectura tardogótica española.

El tardogótico fue considerado durante mucho tiempo un lenguaje arquitectónico decadente, desarrollado por unos maestros anclados en el pasado. Sin embargo, como afirma Chueca Goitia, “más que de una decadencia, se trataba de una postura nueva”, en la que los maestros querían ser modernos e innovar (Alonso, 2003, pp.13-15). Esta búsqueda de innovación caracterizó una época dando origen no solo al tardogótico sino también al Renacimiento. La diferencia entre ambas corrientes residía en su fuente de conocimiento: la primera la encontraba en la tradición medieval y la segunda en el lenguaje y las formas clásicas. Si bien ambas corrientes coexistieron durante un período de tiempo, como Chueca continua, el tardogótico “...fue la (postura) que realmente arraigó en nuestra península con tanta fuerza que el Renacimiento se estrelló la más de las veces contra su fuerte pervivencia” (Chueca et al., 2001, p.295) y por su importancia, ha llegado incluso a describirse como un “arte característicamente nacional” (Reinoso, 1985 junio, p.14) o una “arquitectura *ad modum hispaniae*” (Romero Medina, 2006, pp.49-66).

Límite morfológico

Este estudio se centra en uno de los elementos característicos de la arquitectura tardogótica española como es la escalera de caracol con ojo, también denominada caracol de mallorca.

Esta surge a finales del s.XV asociada a la arquitectura mediterránea, pero no fue hasta el s.XVI cuando su uso se generalizó, pudiendo encontrarla en multitud de edificios religiosos y civiles de la época. Incluso, no es extraño encontrar dicha tipología claramente tardogótica en construcciones de corriente Renacentista durante el s.XVI. Esto evidencia la herencia gótica de muchos de los nuevos arquitectos renacentistas españoles, así como la influencia que existió entre ambas corrientes durante el período que coincidieron. Un claro ejemplo de ello se encuentra en la figura de Rodrigo Gil de Hontañón. Este maestro de “transición” combinó en sus obras elementos de estilo clásico con otros claramente de tradición gótica, como por ejemplo la escalera de caracol con ojo. Con su uso frecuente en muchas de sus obras, R. Gil de Hontañón, contribuyó no solo a su refinamiento, sino también a su difusión por todo el territorio español.

El caracol con ojo aparece como evolución del tradicional caracol de husillo al sustituir su mástil central por un vacío interior. Y como el de husillo, conserva los mismos principios de sencillez y estandarización propios de la construcción gótica. No obstante esa sencillez, en la búsqueda de innovación característica de la época, los maestros canteros no propusieron un único esquema geométrico. Dentro de esta heterogeneidad, este trabajo se limita a los caracoles con ojo de cantería más sencillos, pero que no obstante fueron de uso más frecuente. Se centra en aquellos que poseen caja circular y se obtienen por la repetición de una pieza de peldaño monolítica en torno al eje central. De esta manera quedan excluidas de este estudio aquellos caracoles abovedados obtenidos mediante su despiece en dovelas, como es el caracol llamado Vía de San Gil.

Límites territoriales

El estudio se centra en la ciudad de Segovia y en su entorno más próximo, concretamente en lo que antiguamente se denominaba la Comunidad de Ciudad y Tierra de Segovia.

La elección de dichos límites esta motivado por el hecho de que los edificios de estilo gótico ubicados en el área de estudio fueron construidos en su mayoría durante el s.XV y s.XVI, período coincidente con los límites temporales establecidos para este estudio (Figura I-1). Si bien existen ejemplos construidos con anterioridad, éstos son poco significativos y son considerados como de transición por carecer de los elementos más características de la arquitectura gótica.

La explicación al florecimiento del gótico en época tan tardía puede encontrarse en el proceso mismo de la repoblación tras la Reconquista. En el s.XI, una vez arrebatado a los árabes el territorio, los nuevos vecinos afincados en la zona procedieron sin dilación a la construcción de nuevas iglesias parroquiales. De esta manera, obtenían una relativa estabilidad y estatus. La mayoría de ellas fueron construidas durante los siglos XII y XIII bajo los cánones del estilo románico. Sin embargo, esta importante actividad constructiva afrontó con la llegada del siglo XIV una importante caída motivada por: el descenso drástico de la población a causa de la peste y el hambre; la inestabilidad política y numerosas revueltas sociales y conflictos en torno a la organización de los gobiernos municipales (Moreno, 1990, pp.5-7).

A comienzos del s.XV, Segovia inicia una lenta recuperación asociada al incremento de la población. Poco a poco la ciudad se convierte en un importante foco de actividad económica gracias al desarrollo de una importante industria del paño y a

su localización clave como cruce de cañadas (Moreno, 1990, p.7). Así mismo la Ciudad encuentra en este período el favor por los reyes, siendo como consecuencia testigo de notables acontecimientos –la coronación de Juan II, la coronación de Isabel la Católica o la revolución comunera, etc.–. A finales del s.XV y comienzos del s.XVI Segovia alcanza el momento de mayor auge hasta el punto de ser considerada “llave de Castilla y eslabón de (la) corona” (Alonso, 2000, pp.153-154).

Figura I- 1. Expansión del Arte Gótico (Autor: A. Ubieto)¹

En este contexto de recuperación económica, la actividad constructiva se retoma: se interviene en edificios existentes y se levantan otros nuevos (Moreno, 1990, pp.7-8). Muestra de ello, son los palacios que muchos nobles mandaron construir en el área de Segovia como consecuencia del favor real del que disfrutaba la ciudad. En consecuencia, el florecimiento de la arquitectura gótica en Segovia se produce durante los siglos XV y XVI, coincidiendo con la etapa llamada tardogótica en la que aparece y se desarrolla la escalera de caracol con ojo objeto de nuestro estudio. Así mismo es necesario destacar que durante este período en el área de Segovia, desarrollan su actividad destacados maestros de la corriente tardogótica como Juan Guas y Rodrigo Gil de Hontañón entre otros.

Juan Guas era hijo de Pedro Guas, uno de los primeros artistas extranjeros que llegaron a la Península. Junto a Egas, Juan Guas fue uno de los artistas más representativos durante el último tercio del s.XV del llamado foco toledano de este estilo arquitectónico. Llegó en 1471 a Segovia desde Ávila probablemente a petición del obispo de la diócesis Juan Arias Dávila, para la construcción del nuevo claustro de

¹ Diapositiva de la obra de Agustín Ubieto “Génesis y desarrollo de España”, digitalizada y transformada a formato jpg por Julián Pelegrín Campo (profesor del Departamento de Didáctica de las Lenguas y de las Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad de Zaragoza). Disponible en <http://clio.rediris.es/n32/atlas/073.jpg> (18-nov-2014)

la antigua catedral. Desde ese momento y hasta su muerte acaecida en 1496, intervino en numerosas e importantes construcciones en la Ciudad, que fueron impulsadas tanto por el clero como por la nobleza: el claustro de la antigua catedral, posteriormente trasladado a su actual ubicación por Juan Campero en 1524; en la iglesia del monasterio de Santa María de El Parral y entre 1483 y 1485, Guas cierra las bóvedas de la capilla mayor e interviene en la sacristía y en la puerta de acceso a la antesacristía; la reedificación, entre 1478 y 1492, del monasterio de Santa Cruz la Real; la Casa de los Picos y la Torre de Juan II en el Alcázar². También participó en la redacción del informe sobre el estado de la muralla y probablemente en su posterior reparación en 1484 –la puerta de San Andrés, un cubo al oeste de la Puerta de Santiago y el tramo entre la Puerta de la Luna y la calle de Santa Ana–(Cooper, 1991, p.48).

Por su parte, Rodrigo Gil de Hontañón fue uno de los maestros más representativos de la última etapa en el que puede dividirse este estilo, la cual se prolonga hasta la década de 1570 (Alonso, 2003, p.27). Esta última etapa se caracteriza por construcciones que combinan la estructura gótica con el empleo de decoración renacentista a lo romano. Rodrigo Gil interviene en relevantes construcciones como: la catedral nueva de Segovia; la iglesia parroquial de San Sebastián en Villacastín; la iglesia de San Miguel y las trazas de la iglesia del Hospital de la Misericordia en Segovia; la parroquia de Santo Tomás en Vegas de Matute (Casaseca, 1988, pp.7-8); y se sospecha sobre la autoría de la iglesia de El Salvador (Casaseca, 1988, pp.167-168).

Los límites territoriales de la Tierra de Segovia no se han mantenido constantes a lo largo del tiempo, sino que han sufrido numerosos cambios. Localizada en la parte sur de la actual provincia de Segovia llegó a ocupar tras su constitución parte de la actual provincia de Madrid. Sin embargo ya desde los últimos años del s.XV solo la parte al norte de la Sierra de Guadarrama se mantuvo bajo el control de la ciudad de Segovia. Este trabajo se centra en el área cuyos límites en el siglo XVI estaban constituidos por: Cuellar y Sepúlveda al norte; Pedraza y la Sierra de Guadarrama al este; Coca, Arévalo y Ávila al oeste; y Ávila y la Sierra al sur.

² De acuerdo al Marqués de Lozoya y a B. Alonso Ruiz (2000, pp.155-162). Sin embargo, otros autores atribuyen su construcción a Juan Gil de Hontañón (Cooper, 1991,p.60)

*Figura I- 2. Mapa de la Tierra de Segovia en el s.XV
(Autor: M. Moreno) (Moreno, 1990, p.23)*

En síntesis, este trabajo se centra en la escalera de caracol con ojo de planta circular y piezas monolíticas construida en la Ciudad y Tierra de Segovia entre el s.XV y el s.XVI.

2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de la investigación son:

- Estudiar la definición y terminología aplicable al estudio del caracol con ojo.
- Estudiar el origen de la escalera de caracol con ojo.
- Estudiar la escalera de caracol con ojo como elemento constructivo.
- Estudiar la escalera de caracol con ojo como elemento estructural.
- Estudiar la influencia de la geometría en el confort y la seguridad en el uso de la escalera de caracol.
- Elaboración de una ficha de síntesis de los parámetros a estudiar en los distintos modelos de acuerdo a los criterios establecidos.

- Realizar la búsqueda y recopilación de los documentos escritos por autores españoles entre finales del s.XVI y finales del s.XVIII que recojan el caracol con ojo entre sus trazas descritas.
- Examinar cada una de las soluciones propuestas en dichos textos e indagar en el sistema de proporción usado por sus autores en dichas soluciones.
- Revisar y analizar comparativamente los datos obtenidos en el punto anterior con la intención de determinar los valores de los parámetros geométricos más frecuentes.
- Caracterizar los esquemas más representativos de cada una de las distintas soluciones del hueco interior descritas en los textos analizados.
- Seleccionar en base a criterios objetivos una muestra de modelos contruidos.
- Definir la geometría de los modelos contruidos seleccionados. Es decir, concretar los valores de los parámetros geométricos del módulo cuya repetición genera el caracol.
- Establecer el estado general de conservación de los modelos contruidos analizados.
- En caso necesario, analizar las condiciones de estabilidad del caracol. Es decir, buscar las posibles causas del fuerte deterioro en el que pueda encontrarse y estudiar si cumple con las condiciones generales que toda estructura de fábrica ha de satisfacer, así como las condiciones que han de cumplir los caracoles en particular.
- Contrastar los datos obtenidos del análisis de los modelos teóricos con la realidad contruida.
- Establecer una clasificación general de la escalera de caracol con ojo atendiendo a la solución del hueco interior.
- Estudiar comparativamente los ejemplos representativos de cada tipo de solución.
- Obtener las causas objetivas que pudieron motivar la mayor difusión de unas soluciones sobre otras.

Con estos objetivos se pretende ampliar el conocimiento de las formas en que se construyeron estas escaleras y poder comprender el proceso que siguieron los maestros canteros. Ambos aspectos son imprescindibles para poder fundamentar los proyectos de intervención para la conservación de este elemento del patrimonio que son las escaleras de caracol tardogóticas.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Conocer el origen es importante. Por esta razón, se ha redactado una breve memoria de las investigaciones realizadas con anterioridad a este trabajo, que afectan al tema que se está tratando y que permiten comprender mejor el objetivo establecido. Para facilitar la tarea, se ha dividido el análisis del estado del arte en las siguientes materias:

3.1. La escalera de caracol: concepción, generación, estructura y funcionamiento.

Es fundamental conocer el origen del elemento a estudiar. Sobre este tema se han analizado los estudios referentes a la evolución general de las escaleras desde la antigüedad hasta el s.XX realizados por Ana María Vicens Pedret (2005), Eva M^a Valenzuela Montalvo (1998, octubre) o A. Ruiz Barbarin junto a otros autores en 2012. Asimismo se han tenido presentes los estudios que respecto a la aparición y evolución de la escalera de caracol presentan J.J. Coulton (1977) y John Templer, de quien destaca la publicación *The Staircase: History and Theories* (1994a).

Una fuente documental esencial sobre esta tipología de escaleras son los textos de cantería escritos en España entre finales del s.XVI y hasta finales del s.XVIII. Estos textos son el reflejo de la manera de construir en la Península en aquella época, consecuencia de la tradición medieval recibida y en alguna ocasión la influencia de autores extranjeros cuyos escritos comenzaban a difundirse. Sin embargo no todos los textos incluyen las trazas del caracol con ojo objeto de nuestro trabajo. Los que así lo hacen y por lo tanto han sido analizados, son los escritos de Andrés de Vandelvira, Rodrigo Gil de Hontañón –a través del tratado de Simón García– Ginés Martínez de Aranda, Alonso de Guardia, Fray Lorenzo de San Nicolás, Joseph Gelabert, Juan Caramuel, Tomás Vicente Tosca, Juan de Portor y Castro, Juan García Berruguilla y Benito Bails. Todos estos textos digitalizados se encuentran disponibles a través de: la Biblioteca Digital Hispánica de la Biblioteca Nacional de España; La Colección Digital de la Biblioteca Universitaria de la Universidad Politécnica de Madrid; la Biblioteca Virtual de Defensa; y la Biblioteca Digital promovida por La Sociedad Española de Historia de la Construcción y el Instituto Juan de Herrera.

Existe una considerable literatura complementaria sobre estos textos. Sobre la cuestión general de los tratados destaca el resumen *Los tratados de cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII* escrito por Antonio Bonet Correa en 1989. En

lo que respecta a las investigaciones sobre un autor y texto específico es necesario señalar la importancia de las llevadas a cabo por Genievève Barbe-Coquelin de Lisle, quién publicó en 1977 la edición anotada y comentada *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira. Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés del autor*. Desde entonces, es llamativa la proliferación de nuevas ediciones anotadas de muchos de estos textos que contienen un análisis crítico de los mismos. Así se puede reseñar la edición del tratado de arquitectura de Benito Bails junto a un análisis crítico a cargo del profesor Pedro Navascués *Elementos de matemática: De la Arquitectura Civil. Estudio Crítico* publicado en 1983. En muchos casos estas publicaciones son el resultado de las investigaciones correspondientes al trabajo de tesis. Este es el caso de: José Carlos Palacio y su tesis *Intervención y convención en las técnicas constructivas del Renacimiento Español (estereotomía renacentista del tratado de Vandelvira)* (1986); José Calvo López quien en 2000 escribe *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda*; Félix Díaz Moreno quien en 2003 escribe *Fray Lorenzo de San Nicolás: Arte y uso de Architectura. Edición anotada*; o Carlos Pena Buján quien en 2007 redacta *La arquitectura civil recta y obliqua de Juan Caramuel de Lobkowitz en el contexto de la Teoría de la Arquitectura del siglo XVII*; o incluso la tesis aún inconclusa de Rocío Carvajal Alcaide sobre el texto y figura de Portor y Castro, así como otras publicaciones de la misma autora sobre esta figura (2011, octubre; 2011). Recientemente también puede encontrarse la edición anotada *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert titulado Verdaderas traças del Art de picapedrer: transcripción, traducción, anotación e ilustración del texto y los trazados* llevada a cabo por Enrique Rabasa Díaz en 2011.

Novedosas e interesantes son también las investigaciones que Alberto Sanjurjo Álvarez ha realizado sobre la presencia de las escaleras de caracol en dichos tratados como por ejemplo *El caracol de Mallorca en los tratados de cantería españoles de la edad moderna* publicado en 2007.

En el tema de las escaleras el autor extranjero que mayor peso tuvo sobre los tratadistas españoles fue Andrea Palladio. Sobre su figura, trabajo y difusión destacan las publicaciones de *Palladio 1508-2008. Una visión de la Antigüedad* de Joaquín Arnau Ramos y *Los cuatro libros de arquitectura de Andrea Palladio. Traducidos del italiano al castellano por Juan de Ribero Rada* de M^a Dolores Sánchez Campos-Bordona de 2003.

Desde el punto de vista constructivo, se han examinado las investigaciones que E. Rabasa Díaz ha enfocado en la estereotomía de la piedra. Uno de los puntos en los

que centra sus estudios, es la generación de esta tipología de escaleras como revolución de una pieza de peldaño en torno a un eje central. Destaca la publicación *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX* de 2000.

Para el entendimiento del comportamiento estructural de las escaleras de caracol construidas durante el período gótico en general, ha sido fundamental la lectura y análisis de las investigaciones realizadas por autores como Jacques Heyman (1995, 1999, 2001, 2004), Santiago Huerta Fernández (2001, 2005, 2013) y puntualmente Antonio Mas Guindal (2005), sobre las estructuras de fábrica. En ellos se analizan los conceptos estructurales aplicados por los maestros de obra de la época. Destaca en este punto *El esqueleto de piedra: mecánica de la arquitectura de fábrica* de J. Heyman de 1999.

Respecto a las patologías presentes en las construcciones de piedra se han estudiado los trabajos llevados a cabo por J. Heyman sobre la restauración de estructuras de fábrica, así como otros numerosos estudios realizados por Rafael Fort González sobre la piedra y su presencia en el Patrimonio Histórico. Destaca *Utilización de la piedra natural en restauración* de R. Fort González y publicado en 2006.

Respecto a los conceptos universales de confort y seguridad de uso en las escaleras se han analizado las investigaciones llevadas a cabo por John Templer (1994a y 1994b), James Campbell y Michael Tutton (2014), María Carreiro Otero (2007), Henry Fidler (1891) e incluso el tradicional Ernst Neufert (2013). Destaca *The Staircase: Studies of Hazards, Falls and Safer Design* de J. Templer publicado en 1994.

3.2. El período gótico

Son cuantiosas las publicaciones sobre la corriente gótica. Unas abarcan la totalidad del periodo, otras se centran en alguna de sus etapas e incluso en algún área específica o construcción concreta. Entre todas ellas destacan los numerosos trabajos sobre el gótico español de José María de Azcárate (1958, 2007) y en concreto su libro *La arquitectura gótica toledana del siglo XV* (1958); el trabajo de Félix Escrig Pallarés y Juan Pérez Valcarcel recogido en *La modernidad del gótico: seis puntos de vista sobre la arquitectura medieval* (2004); así como las investigaciones de Paul Frankl resumidas en su libro *Arquitectura Gótica* (2002).

En lo referente al desarrollo de este estilo gótico en la ciudad de Segovia destacan las investigaciones llevadas a cabo entre otros muchos por: José Miguel Merino de Cáceres (1991), M^a Teresa Cortón de las Heras (1997) y José Antonio Ruiz Hernando (2003a, 2003b) sobre la catedral segoviana; Arturo Hernández (1947) o más recientemente por María López Díez (2005) sobre la actividad de Juan Guas en dicha ciudad; y por último las llevadas a cabo por M^a José Llorente Tabanera (1961), Eduardo Carrero Santamaría (1999), M^a Luisa Herrero García (1999) o Miguel Larrañaga, Bermúdez, Egaña, Arroba y Birlanga (2005) sobre el convento de Santa Cruz la Real.

En cuanto al desarrollo de este estilo arquitectónico en el área circundante a la ciudad, destaca el trabajo realizado por María Moreno para su tesis doctoral, cuyo contenido sintetiza *La arquitectura gótica en la Tierra de Segovia* publicado en 1990.

Respecto al entorno físico de la ciudad de Segovia, se han tenido presentes las investigaciones sobre la geología llevadas a cabo por Antonio Díez Herrero (2010). Sus estudios se han realizado dentro del Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos del Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Igualmente se ha tenido en cuenta las consideraciones recogidas en la Memoria Informativa de Suelo Rústico del Plan General de Ordenación Urbana de Segovia. Sobre las características de la piedra empleada en el área geográfica de Segovia se han analizado las diferentes publicaciones que la Junta de Castilla y León ha realizado sobre las clases de piedra natural empleadas en la construcción, que se pueden encontrar en su comunidad.

Así mismo, no puede olvidarse la significativa aportación de Diego de Colmenares *Historia de la insigne ciudad de Segovia y compendio de las historias de Castilla* escrito en 1637 (2005) sobre la historia de la ciudad de Segovia y de muchos de sus edificios.

Por último, aunque este trabajo se centra en la Ciudad y Tierra de Segovia, no se puede olvidar la estrecha relación existente entre el caracol con ojo y el gótico valenciano. Existen varias publicaciones recientes al respecto, entre las que cabe destacar las llevadas a cabo de Arturo Zaragoza Catalán recogidas en el libro *Arquitectura gótica valenciana* publicado en 2004.

El conocimiento de todas las investigaciones previas ha facilitado determinar el punto de partida así como el marco teórico de esta investigación.

4. METODOLOGÍA GENERAL

La elaboración de este trabajo de investigación ha requerido de una metodología específica adaptada al problema planteado al comienzo del mismo. Basándose en principios básicos de rigurosidad y orden, la metodología del trabajo puede concretarse en las siguientes fases de investigación:

En una primera fase se ha procedido a la delimitación del objeto de análisis, así como a determinar los objetivos a alcanzar en la investigación.

En segundo lugar, se ha procedido a la recogida de información, tanto escrita como gráfica, que ha permitido la elaboración de un contexto teórico, marco y punto de partida de la misma.

A continuación, se han establecido dos líneas para abordar el problema: por un lado se plantea el análisis de los modelos teóricos recogidos en los distintos textos de cantería escritos por autores españoles; por otro el análisis de modelos construidos existentes en la Ciudad y Tierra de Segovia. Esto permite conocer las fuentes de conocimiento que estaban al alcance de los maestros: la observación de modelos construidos, bien directamente o a través de los textos que los describen. Cada una de estas dos líneas establecidas ha seguido una metodología específica adaptada al objeto de análisis.

De esta manera la metodología a seguir en el caso de los modelos teóricos ha sido: definición del marco conceptual necesario para acotar el número de escritos a considerar; investigación documental sobre cada uno de estos textos; elección entre todas las trazas propuestas en el texto, de la traza representativa del caracol con ojo; integración de la información mediante el diseño de una ficha de síntesis elaborada para tal fin; valoración individual de cada modelo; y por último el estudio comparativo del conjunto de modelos teóricos analizados, en el que se ha cruzado la información sistematizada y analizada sobre cada uno de ellos. Su análisis y contrastación se ha realizado desde los enfoques de confort/seguridad de uso y economía en el trabajo. De este análisis se han obtenido una serie de resultados.

Por su parte, la metodología a seguir en el análisis de los modelos construidos ha supuesto las siguientes fases: delimitación tipológica del edificio en el que se encuentra localizado el modelo construido; investigación documental sobre el edificio en general así como sobre el caracol objeto de estudio; inspección in-situ o toma de datos de cada uno de los modelos seleccionados; integración de la información

mediante el diseño de una ficha de síntesis elaborada para tal fin; valoración individual de cada modelo; y por último, el estudio comparativo de los modelos construidos seleccionados, en el que de nuevo se ha cruzado la información sistematizada y analizada sobre cada uno de ellos. Su análisis y contrastación se ha realizado, como sucediera con los modelos teóricos, desde los enfoques de confort/seguridad de uso y la economía en el trabajo. De este análisis se han obtenido una serie de resultados.

A partir de los resultados obtenidos del análisis comparativo de cada uno de estos grupos, modelos teóricos y modelos construidos, se han identificado las diferentes plantas tipo empleadas para resolver el hueco central del caracol. Su identificación ha permitido abordar su análisis siguiendo las siguientes fases metodológicas: trazado de plantas tipo de cada grupo de la clasificación para un valor concreto del diámetro de la caja y un diámetro del hueco central variable; medición de los parámetros geométricos asociados a la huella cada uno de los módulo-peldaño resultante; definición del bloque mínimo necesario; análisis comparativo de los datos obtenidos. De este análisis se han obtenido una serie de resultados.

Del conjunto de los resultados obtenidos de los análisis llevados a cabo, tanto individuales como comparativos, se han extraído las conclusiones finales que responderán al problema planteado al comienzo de la investigación.

El proceso de metodológico queda esquematizado en la Figura I-3.

5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

La estructura del trabajo es reflejo de la metodología propuesta para la investigación. El contenido está dividido en cinco Partes, cada una de las cuales está dividida en varios apartados. Además las Partes II, III, IV y V se completan con los resultados obtenidos, así como su difusión a través de publicaciones en revistas y/o congresos. A estas Partes se añaden las Conclusiones, las Futuras líneas de investigación así como la Bibliografía referenciada durante el trabajo.

La Parte I reúne los principios y cuestiones generales de la investigación. En esta parte se precisa el problema planteado como origen del trabajo, así como se recogen todos los datos que ayudan a acotar y precisar dicho problema: límites geográficos, temporales y morfológicos. También incluye un breve estado de la cuestión. Por último se establecen los objetivos, así como la metodología propuesta para obtener respuesta al problema planteado.

La Parte II conforma el marco teórico en el que se encuadra la investigación. En ella se recogen los conceptos básicos asociados a diversos ámbitos de estudio de los que parte nuestro trabajo. Comienza con la definición del término caracol con ojo, así como la definición de los distintos parámetros que determinan su geometría. Continúa con la precisión de su origen y evolución a lo largo del tiempo y la agrupación de los aspectos constructivos y de los aspectos estructurales de este elemento arquitectónico. Para finalizar se abordan las cuestiones relativas al confort y a la seguridad de uso de esta tipología de escalera.

La Parte III aborda el estudio y análisis de los modelos teóricos. Esta Parte comienza con una introducción y el planteamiento de una metodología específica de análisis de los mismos. Cada modelo teórico se presenta en un capítulo completo. En el último capítulo de esta parte se reúnen las fichas de síntesis obtenidas para cada uno de los modelos estudiados, de cuyo análisis individual y comparativo se obtendrán los resultados del capítulo.

La Parte IV aborda el estudio y análisis de los modelos contruidos. Como la anterior, esta Parte comienza con una introducción y el planteamiento de una metodología específica de análisis adaptada al estudio de los ejemplos de caracol contruidos. Cada uno de ellos se estudia en un capítulo completo. En el último capítulo de esta parte se reúnen de nuevo las fichas de síntesis obtenidas para cada uno de los modelos estudiados, de cuyo análisis individual y comparativo se obtendrán los resultados del capítulo.

La Parte V aborda el estudio y análisis de los distintos esquemas de planta que resuelven el hueco interior del caracol, identificados como resultado del estudio y análisis de los modelos teóricos –Parte III– y los modelos construidos –Parte IV–. De igual forma que en las otras Partes de la investigación, esta comienza con una breve introducción así como la descripción de la metodología específica a seguir en el análisis.

Al final de cada una de estas Partes, se recogen los Resultados obtenidos del trabajo llevado a cabo. La razón que justifica dicha situación es la necesidad de conocer parte de estos resultados para proceder al análisis de los mismos en la Parte V de esta investigación. Además esta estructura, al ofrecer los datos de manera más dosificada y asociados directamente a los capítulos de los que se han obtenido, ayuda a su comprensión e interpretación.

El conjunto de los resultados obtenidos ha permitido establecer unas Conclusiones donde se describen los elementos más destacados de la investigación.

A continuación, como Indicios de Calidad de la investigación llevada a cabo, se incluye la difusión de resultados y conclusiones en congresos nacionales, internacionales así como revistas.

En base a las conclusiones obtenidas, se proponen unas sugerencias de futuras investigaciones para ampliar el conocimiento de las escaleras de caracol.

El trabajo se completa con las referencias bibliográficas que han sido utilizadas y referenciadas durante la investigación.

La organización de la tesis y la metodología han quedado resumidas en la Figura I-3.

Figura I- 3. Metodología y estructura del trabajo
(Autor: P. Benítez)

PARTE II

LA ESCALERA DE CARACOL: VISIÓN GLOBAL

(...) La escalera es incómoda; defecto que debe resultar necesariamente quando a los peldaños se da alguna mayor altura de la que corresponde al paso vertical descuidado del hombre en razón de lo que acostumbra abrir sus piernas en el paso horizontal.

(Bosarte, Viaje artístico a varios pueblos de España)

6. INTRODUCCIÓN PARTE II

En la actualidad el arquitecto e ingeniero del llamado mundo desarrollado centra su formación y posterior experiencia profesional en la construcción mediante materiales modernos como el acero, el hormigón e incluso los actuales materiales textiles. La aparición y uso de estos nuevos materiales ha supuesto un avance arquitectónico enorme. No obstante, también ha conllevado el paulatino abandono de la fábrica de piedra hasta tal punto, que en la actualidad se carece del conocimiento básico y esencial sobre su construcción y ejecución. Como afirma el profesor, S. Huerta, se carece de la experiencia del antiguo constructor que seleccionaba la piedra, dibujaba las plantillas para cortarla y dirigía el proceso de construcción (2005, p.74).

A la hora de afrontar el estudio y rehabilitación de grandes o pequeñas construcciones en piedra, como son las escaleras de caracol con ojo objeto de nuestro estudio, los profesionales del sector deben ser conscientes que los antiguos maestros manejaban una teoría radicalmente distinta a la actual, más no por ello errónea, basada en la geometría:

(...) El moderno restaurador de catedrales debe ser consciente de que debe abordar el problema como lo haría un verdadero constructor medieval, con las manos desnudas de artificios matemáticos, un profundo sentido de la geometría (...) ¹

Esta afirmación es relativa ya que la geometría no deja de ser una rama fundamental de las Matemáticas. Sin embargo, es incuestionable el carácter esencial que la geometría jugó en el diseño y posterior construcción de los edificios medievales, y en consecuencia el carácter fundamental que debe jugar en la rehabilitación y restauración de los mismos.

Cualquier diseño de escalera de caracol con ojo está ligado a una serie de conceptos geométricos, de los que destacan como los más relevantes y comunes a todas ellas:

- Hélice (una de las curvas más relevantes empleadas en el diseño).
- Línea quebrada (base de las escaleras).
- Modulación (repetición de elementos iguales).
- Proporción (relación entre cada una las partes con el todo).

¹ Escrito por J.L. Manzanares Japón. Catedrático de Estructuras de la Universidad de Sevilla y Académico de la Real Academia de Ciencias de Sevilla en el prólogo del libro de ESCRIG y PÉREZ (2004).

Estos conceptos geométricos deben contribuir no solo a dar la característica forma arquitectónica de la escalera –línea quebrada– de caracol –hélice–, sino también al cumplimiento de una serie de funciones básicas:

- Estructural
- De Comodidad
- De Seguridad
- Económica
- Ornamental

De esta forma, la modulación de la escalera en monolíticas piezas-peldaño permite no solo la facilidad y sencillez constructiva, y en consecuencia la economía de la obra, sino también la regularidad dimensional necesaria para la seguridad y comodidad de las personas que ascienden o descienden por ella. Por su parte, las proporciones entre las distintas partes del peldaño y entre el peldaño y la escalera en su totalidad garantiza su estabilidad, a la vez que contribuyen igualmente a la seguridad y comodidad del usuario siempre y cuando se adapten a las medidas del hombre.

Por lo tanto, el diseño geométrico óptimo de la escalera de caracol implica un proceso complejo en el que se debe conjugar construcción, estructura, comodidad, seguridad, economía y ornamento. Todas estas funciones deben satisfacerse para que la solución geométrica aportada tenga el éxito y difusión necesarias (Alsina, 2005, p.8).

7. LA ESCALERA DE CARACOL: DEFINICIÓN

La escalera de caracol recibe su nombre por la similitud que tiene con la concha de un caracol, como muestra la Figura II-1.

Son muchas las definiciones que se han hecho de la escalera de caracol. La Real Academia de la Lengua la define como una “serie de escalones que sirven para subir a los pisos de un edificio o a un plano más elevado, o para bajar de ellos”², que además posee “forma espiral, seguida y sin ningún descanso”³. Algún autor la complementa afirmando que no solo sirve, para salvar espacios o acceder a otras

² Primera acepción del término escalera en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua.

³ Acepción de escalera de caracol en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua.

estancias superiores o inferiores sino que también se emplean para “rodear un volumen vacío o sólido”.

*Figura II-1. Estructura interior de concha de caracol Marino
(Fuente: L. Cabrera)*

Estas definiciones de caracol, al igual que otras muchas, hacen referencia al sentido del desplazamiento de personas o a su elemento básico —el escalón—, sin embargo olvida la cuestión fundamental de que para un adecuado funcionamiento las dimensiones de dicho peldaño deben mantener una relación que permita desplazarse por ella sin esfuerzo.

Recientemente, Carreiro (2007) refuerza con esta idea su definición de escalera:

(...) La escalera es un corredor plegado, a cuyos pliegues llamados escalones, que han de adecuarse al paso humano, permitir el apoyo del pie y mantener un ritmo y cadencia constantes (pp.10-12).

8. LA ESCALERA DE CARACOL: TERMINOLOGÍA

Desde el punto de vista geométrico, la escalera de caracol, ya sea de husillo o con ojo, está generada por una única pieza de peldaño de huella más o menos triangular, que se repite uniformemente en el plano horizontal en torno a un eje central fijo, a la vez que se desplaza verticalmente (Templer, 1994a, p.175). De esta manera la arista intersección de la huella y la tabica forma un helicoides recto al desplazarse uniformemente en la dirección del eje central a la vez que se traslada a lo largo de la hélice contenida en el muro de la caja.

En consecuencia, el análisis de la geometría de la escalera de caracol conlleva el análisis: por un lado, de la escalera como una pieza única; por otro, de la geometría del peldaño, como módulo elemental en cuya repetición se encuentra el origen de la misma (Carreiro, 2007, p.15). Para ello, previamente es imprescindible la identificación de algunos parámetros geométricos básicos. La intención general no es elaborar un diccionario de términos, sino precisar el significado de los parámetros geométricos que se han manejado en esta investigación y cuyo significado en algunos casos resulta ambiguo debido a la falta de unidad de criterio en su definición. Se ha distinguido entre los parámetros relativos a la escalera completa como pieza única y los parámetros relativos al módulo-peldaño generador.

8.1. Terminología del módulo peldaño

Los conceptos básicos asociados al módulo-peldaño de la escalera de caracol con ojo son los siguientes:

Peldaño

Pieza poliédrica elemental cuya repetición genera la escalera. En el caso de la escalera de caracol con ojo, esta pieza posee planta triangular. Consta de huella y tabica.

Línea de paso

Línea imaginaria por donde se espera que la gente transite en la escalera. La posición de esta línea determina el punto donde el ancho de la huella debe ser el adecuado, así como condiciona los valores útiles de las dimensiones del peldaño. En el caso concreto de las escaleras de caracol, no existe unidad de criterio en cuanto a la posición de esta línea (Templer, 1994b, p.38). Algunos autores y normativas consideran su localización en el punto medio del peldaño. Otros la establecen en otros puntos: 25cm del muro de la caja; a 40cm del ojo de la escalera; a 50cm del ojo interior, etc. En este trabajo se ha determinado la línea de paso a una distancia de 25cm medidos desde el punto más exterior del peldaño junto al muro de la caja (Carreiro, 2007, p.157).

Huella

Superficie horizontal de la pieza del módulo-peldaño entre dos tabicas sucesivas, sobre la que se apoya el pie al ascender o descender la escalera. En las

escaleras tardogóticas, donde el peldaño se labra a escuadra –huella y tabica perpendiculares sin ningún tipo de acabado añadido ni mamperlán– la huella coincide con el paso.

En las escaleras de caracol con ojo, objeto de esta investigación, existen tres tipos de huellas básicas, consecuencia de la solución adoptada para resolver el hueco central. **Esta se ha obtenido como resultado de esta misma investigación** (Benítez & Valiente, 2015, p.20). Estas son tres:

- Huella radial

Esta huella está constituida por un sector circular donde la arista de intersección con el plano de la tabica se dirige al centro geométrico de la caja de la escalera.

- Huella tangencial

Esta huella se obtiene al trazar la arista de intersección con el plano de la tabica tangencialmente al ojo central.

- Huella no radial

Esta huella es una solución intermedia a las dos anteriores. Esta se obtiene al trazar la arista de intersección con el plano de la tabica secante al ojo central. El peldaño con huella no radial con frecuencia posee además una tabica curva.

Figura II-2. Esquemas tipo en base a solución de hueco interior (Autor: P. Benítez)

Ancho de huella

El ancho de la huella es la distancia horizontal entre dos tabicas sucesivas. Debido a la geometría de estas escaleras, el ancho de la huella varía dependiendo de la distancia al centro desde la que se mida. Por este motivo es importante determinar la línea de paso o línea imaginaria por donde se espera que la gente circule. La

posición de esta línea determina el punto donde el ancho de la huella debe ser el adecuado y ajustarse a las dimensiones establecidas. En este trabajo se ha considerado los siguientes valores del ancho de la huella (Figura II-3):

- Ancho máximo: valor del ancho de la huella medido en el punto más exterior junto al muro de la caja.

- Ancho mínimo: valor del ancho de la huella medido junto al hueco interior.

Figura II- 3. Valores del ancho de huella en función del tipo de peldaño (Autor: P Benítez)

- Ancho mínimo útil I: valor del ancho de la huella igual a 10cm medido perpendicularmente a la tabica exterior (Neufert, 2013, p.175). Puede suponerse que la distancia entre el ojo de la escalera y la curva definida por la unión de los puntos cuyo ancho de huella es igual a 10cm, es despreciable a la hora de considerar el área útil del peldaño.

- Ancho mínimo útil II: valor del ancho de la huella medido perpendicularmente a la tabica a 15 cm de distancia del hueco interior (Neufert, 2013, p.175). De igual manera que en el punto anterior, puede suponerse que la distancia entre el borde del ojo de la escalera y la curva definida por la unión de los puntos distantes 15cm de éste, es despreciable a la hora de considerar el área útil del peldaño.

- Ancho Lp: Valor del ancho de la huella medido en los puntos de intersección de la línea de paso con las tabicas interior y exterior del peldaño

Área de la huella

Como ya se ha señalado, debido a la geometría de estas escaleras, el ancho de la huella varía dependiendo de la distancia al centro desde la que se mida. En base a los valores del ancho considerados como límite del área, se han supuesto los siguientes valores (Figura II-4):

- Área total (A_t): el área comprendida entre el ancho máximo junto a la caja de la escalera y el ancho mínimo considerado junto al ojo interior.

	AREA TOTAL	AREA ÚTIL I	AREA ÚTIL II	AREA ÚTIL III	AREA ÚTIL IV
HUELLA RADIAL					
HUELLA TANGENCIAL					
HUELLA NO RADIAL					

Figura II- 4. Valores de área útil en función del tipo de huella (Autor: P. Benítez)

- Área útil I (A_{ulI}): área comprendida entre el ancho máximo junto a la caja de la escalera y el ancho mínimo útil I considerado igual a 10cm medidos perpendicularmente a la tabica exterior.

- Área útil II (A_{ulII}): área comprendida entre el ancho L_p –ancho medido en la línea de paso considerada a 25cm del muro de la caja– y el ancho mínimo útil I igual a 10cm como en el caso anterior.

- Área útil III (A_{ulIII}): área comprendida entre el ancho máximo junto a la caja de la escalera y el ancho mínimo útil II considerado a 15cm de distancia del hueco central (Neufert, 2013, p.175).

- Área útil IV (A_{uIV}): área comprendida entre el ancho L_p –ancho medido en la línea de paso considerada a 25cm del muro de la caja– y el ancho mínimo útil II considerado a 15cm de distancia del hueco central.

Tabica / contrahuella / alzada

Superficie vertical de la pieza del módulo-peldaño entre dos huellas consecutivas. Se define como Altura de la tabica (T), la distancia vertical entre dos huellas contiguas.

Pendiente

La pendiente es la relación que existe entre el ancho de la huella (H) y la altura de la tabica (T). Puede expresarse en grados, porcentaje o directamente por la relación H/T.

Longitud del peldaño

La longitud total de un peldaño (L_t) es la distancia medida entre el punto más exterior junto al muro de la caja y el punto más interior y cercano al centro geométrico de la misma. Lo que es lo mismo, distancia entre el punto de ancho máximo de huella y el punto de ancho mínimo de huella. En las escaleras de caracol de disposición radial coincide con el ancho del tramo de la escalera o el también llamado ámbito de la misma (Tamborero, 1996, p.2). No obstante no ocurre lo mismo en las soluciones tangencial y no radial, en las que la longitud del peldaño es mayor que el ancho del tramo.

Además de la longitud total definida, pueden distinguirse distintos valores de longitud útil del peldaño en función de los distintos valores de ancho de huella tomados como referencia de medida (Figura II-5):

- Longitud útil I (L_{uI}): es la distancia entre el punto más exterior del peldaño junto al muro de la caja o ancho máximo de huella y el punto en el que el ancho de huella medido perpendicularmente a la tabica es igual a 10cm.

- Longitud útil II (L_{uII}): es la distancia entre el punto que determina la línea de paso y el punto en el que el ancho de huella medido perpendicularmente a la tabica es igual a 10cm.

- Longitud útil III (L_{uIII}): es la distancia entre el punto más exterior del peldaño junto al muro de la caja o ancho máximo de huella y el punto situado a 15 cm de distancia del hueco interior.

- Longitud útil IV (L_{uIV}) es la distancia entre el punto que determina la línea de paso y el punto situado a 15 cm de distancia del hueco interior.

	LONGITUD TOTAL	LONGITUD ÚTIL I	LONGITUD ÚTIL II	LONGITUD ÚTIL III	LONGITUD ÚTIL IV
HUELLA RADIAL					
HUELLA TANGENCIAL					
HUELLA NO RADIAL					

Figura II- 5. Valores de longitud de huella en función de tipo de huella (Autor: P. Benítez)

Intradós

Superficie inferior de la pieza del peldaño. Existen diferentes tratamientos de la misma: escalonado, continuo, acanalado, estriado, etc.

8.2. Terminología referida a la escalera como unidad

Los conceptos básicos asociados a la escalera de caracol en su conjunto son los siguientes:

Caja de la escalera

Espacio en el que se desarrolla la escalera. En el caso de las escaleras de caracol las formas más frecuentes de la caja son: (i) planta circular la cual queda definida por el diámetro; (ii) planta elíptica la cual queda definida por sus ejes; y (iii) planta cuadrada la cual definida por el valor del lado.

Ojo de la escalera

Es el espacio libre que queda en la parte interior entre piezas de peldaño enfrentadas. En el caso de la escaleras de caracol helicoidal el ojo de la escalera es el hueco central habitualmente de sección circular, que sustituye al machón del correspondiente caracol de husillo. El ojo de la escalera viene definido por su diámetro.

Altura libre

Distancia medida verticalmente desde el borde anterior del peldaño al intradós.

Arranque / Sentido de giro

Es el punto donde comienza la escalera y el sentido de giro determinado por el movimiento de rotación ascendente del peldaño en torno al eje central. En las escaleras de caracol se distinguen dos tipos de arranque:

- arranque dextrógiro: a derechas en sentido horario.
- arranque levógiro: a izquierdas en sentido antihorario.

El arranque levógiro es característico de las escaleras defensivas. Este sentido de giro permitía mantener libre la mano derecha del defensor para desenfundar la espada, lo que facilitaba la protección del sitio.

Pasamanos

Elemento fijo y continuo que permite el apoyo y sujeción de la mano del usuario durante el ascenso o descenso de la escalera. En el caracol con ojo o helicoidal tardogótico suele ser: (i) de piedra embebido o adosado al muro de la caja de la escalera; o (ii) de hierro anclado al muro de la caja y que usualmente fue añadido con posterioridad a la construcción de esta.

9. LA ESCALERA DE CARACOL: ORIGEN Y EVOLUCIÓN.

La escalera de caracol, ya sea el tradicional caracol de husillo o el caracol con ojo, tiene sus orígenes en la arquitectura Griega y en la arquitectura Romana.

El ejemplo más antiguo del caracol de husillo conocido a día de hoy se encuentra en el templo A en la colonia griega de Selinunte (c. 490-460 d.C.) en Sicilia. El templo conserva entre la pronaos y la naos, las trazas de dos escaleras de caracol

enfrentadas que permitían el acceso al bajo cubierta. También en Roma, las columnas conmemorativas de Trajano (113 d.C.) y de Marco Aurelio (176-192 d.C.) poseen una escalera de caracol de husillo que las recorren interiormente hasta una plataforma superior desde la que se obtiene una vista panorámica de la ciudad. No obstante, a pesar de la existencia de estos ejemplos tan tempranos, los romanos no emplearon de forma habitual el caracol de husillo hasta el s. III d.C. (Beckmann, 2011, pp.61-76). Desde entonces pueden encontrarse caracoles de husillo en numerosos edificios, como por ejemplo: las termas de Caracalla (212-216 d.C.), las termas de Diocleciano (298-305 d.C.), el mausoleo de Constanza (c. 350 d.C.), etc. En España, el ejemplo más antiguo se encuentra en la “Villa Romana de las Gabias” (s.VI d.C.). Se trata de una zona declarada Bien de Interés Cultural con la categoría de Zona Arqueológica y localizada en Las Gabias, al sur de la ciudad de Granada. En la esquina noreste de una estructura enterrada, a la que se accede por una galería, se conserva una escalera de caracol de husillo con intradós escalonado, cuyo objetivo era conectar directamente dicha cámara con la superficie (Figura II-6).

Figura II- 6. Escalera de caracol. Las Gabias⁴

⁴ Imagen disponible en: <http://www.turismo-prerromanico.com/es/visigodo/monumento/-20130209171107/>

En lo que se refiere a la escalera de caracol con ojo, el ejemplo más antiguo se encuentra en las bien conservadas torres de Agios Petros en la Isla de Andros y de Pyrgos Chimarrou en la isla de Naxos, ambos del período helenístico (c.IV-III a.C.). Estas escaleras circulares que recorren el interior de las torres, están formadas por peldaños embebidos en el muro exterior dejando en el centro de la torre el característico hueco interior de las escaleras de caracol con ojo (Coulton, 1977, pp.149-150).

Sin embargo ninguna de estas escaleras, ni el caracol de husillo y ni el caracol con ojo, llegaron a tener un uso habitual antes de la caída del Imperio Romano (Templer, 1994b, p.53). A partir de entonces, el edificio fue adquiriendo cada vez mayor importancia en detrimento de la escalera. Y por este motivo ésta se fue transformando en un elemento básicamente funcional, ubicado en un lugar apartado y con el objetivo de ocupar el mínimo espacio (Vicens, 2005, p.17). Fue entonces cuando la escalera de caracol resurgió con fuerza. La aparición y desarrollo de los gremios durante la Edad Media fue también decisivo para su amplia y rápida difusión, ya que los gremios aportaron las técnicas estandarizadas necesarias para su construcción (Templer, 1994b, p.54). A partir de ese momento la escalera de caracol de husillo empezó a gozar de cierta popularidad y fue repetida en todo tipo de edificios en muy diferentes países: la abadía de Cluny y la catedral de Notre Dame de Paris en Francia; la Basílica St. Aposteln en Köln y la catedral de St. Peter en Worms, en Alemania; y las catedrales de Durham y Canterbury en Inglaterra son solo algunos ejemplos. No obstante, la escalera de caracol con ojo no reapareció hasta el período tardogótico a finales del siglo XV. El primer caracol de este tipo que fue construido en España data entre 1435 y 1446. Fue obra de Guillem Sagrera y se encuentra localizado en una de las cuatro torres que rematan las esquinas de la Lonja en la ciudad de Palma.

Originalmente el carácter estrictamente funcional propio de estas escaleras circulares relegó al caracol con ojo a espacios reducidos. Un claro ejemplo puede encontrarse en la subida al torreón del castillo de la isla de Cabrera (Aparicio, 2012). En algunos casos quedaba completamente oculto entre los muros de carga de estructuras de cierta envergadura. Otras veces, sin embargo, el volumen se apreciaba al quedar adosado al mismo. Fuera cual fuera el caso, los estrechos huecos abiertos puntualmente en el muro para la iluminación permitían intuir su existencia. Sin embargo a comienzos del siglo XVI la escalera de caracol con ojo despertó un mayor interés en los maestros de la época y adquirió un uso cada vez más frecuente. Con el

tiempo, el caracol con ojo fue desarrollando: mayores proporciones; una decoración cada vez más rica compuesta principalmente por la moldura hacia el interior del hueco y la moldura del pasamanos adosado al muro; la apertura de grandes huecos en los muros de la caja para favorecer el uso de la luz natural (Figura II-8); la disposición de peldaños de tabica curva; así como un tratamiento cada vez más elaborado de la superficie del intradós.

*Figura II- 7. Escalera de caracol del Monasterio de Santa M^a de Bonaval
(Autor: J. Antonio⁵)*

Respecto al tratamiento del intradós, es interesante observar como fue transformándose con el transcurso del tiempo. Los primeros ejemplos empleaban piezas de peldaño con la sección transversal de forma rectangular. De este modo se creaba una superficie inferior igualmente escalonada. Esta solución de intradós si bien es considerada menos elegante que otras propuestas, posee la ventaja de ser mucho más fácil de ejecutar (Campbell & Tutton, 2014, p.81). Puede encontrarse ejemplos de dicho intradós principalmente en caracoles de husillo: la vieja catedral de Salamanca, en el abandonado monasterio cisterciense de Santa María de Bonaval en Guadalajara (Figura II-7), el castillo Caernarfon en Gales, etc.

Con el tiempo, el intradós se transformó en una superficie continua constituyendo un helicoide recto. En este caso la sección del peldaño se cortaba con el ángulo necesario para generar la continuidad entre un peldaño y otro. De esta forma

⁵ Imagen disponible en: <http://www.elestanque.com/foro/phpBB2/viewtopic.php?f=37&t=10781#.VV8-ssYzIEQ>

la sección rectangular del peldaño en la solución escalonada pasaba a ser triangular, excepto una porción en la parte exterior del peldaño, que se mantenía rectangular para poder integrarlo en la fábrica del muro que constituía la caja de la escalera. Pueden encontrarse ejemplos con dicho intradós tanto en caracoles de husillo –la Catedral de Segovia, la de Salamanca, etc.– como en caracoles con ojo –el templario convento de Cristo en Tomar (Portugal) (Figura II-8), el monasterio de Santa Cruz la Real en Segovia, etc.–. Aunque este intradós conlleva una mayor dificultad en la labra del peldaño, su elección tiene la ventaja de aportar mayor ligereza y carácter escultórico al conjunto (Fidler, 1891, p.107).

*Figura II- 8. Escalera de caracol. Convento de Cristo
(Autor: P. Benítez)*

Existen soluciones intermedias donde los peldaños no poseen ni sección rectangular ni sección triangular: a veces la parte inferior del peldaño posee una pequeña panza que interrumpe la continuidad de la superficie helicoidal como por ejemplo en la escalera de la Iglesia de San Miguel en Jerez de la Frontera (España); otras veces las esquinas del intradós escalonado se eliminan formando un chaflán como en Notre Dame de París (Francia) (Sanjurjo, 2010, p.558). Una versión todavía más elaborada es el intradós acanalado como el localizado en el Castel Nuovo en Nápoles (Italia) o el de la Lonja de los Mercaderes en Valencia.

Todos estos cambios dieron como resultado una escalera que poco a poco fue convirtiéndose en un elemento escultórico y relevante en los edificios Renacentistas. Si originalmente por su carácter funcional, el caracol con ojo era utilizado para acceder

a las cubiertas, coros y galerías de servicio, con el tiempo fue incrementando su importancia y comenzó a emplearse como acceso a espacios más representativos como bibliotecas, archivos, etc. Un bello ejemplo de ello puede encontrarse en el Castillo de Hartenfels en Torgau (Alemania), diseñado por Konrad Krebs entre 1533 y 1535, el cual articula la fachada este que da al patio interior.

En el camino hacia la perfección, se llegó incluso a combinar varios caracoles en una misma caja. Esto dio lugar a uno de los ejemplos más refinados e importantes de caracol con ojo: el caracol diseñado por Donato Bramante para el papa Julio II en el palacio Belvedere (Templer, 1994b, p.68). Esta doble escalera helicoidal fue diseñada con la intención de separar la circulación de personas y animales. En realidad son dos rampas de igual diámetro con un centro común, cuyo arranque difiere 180° (Figura II-9). Otra escalera bien conocida de este doble caracol con ojo puede encontrarse en el Chateau de Chambord en Francia, cuyo diseño es atribuido a Leonardo Da Vinci. Incluso se logró integrar tres escaleras en el mismo hueco como demuestra el caracol del Convento de Santo Domingo de Bonaval en Santiago de Compostela (1695) del arquitecto Domingo de Andrade.

*Figura II-9. Escalera de D. Bramante en el palacio del Belvedere
(Fuente: Martino⁶)*

6

http://www.storiaeconservazione.unirc.it/Docenti/Martino/CEGA/immagini/13/04_Bramante_Belvedere_scala_.jpg (3 de diciembre de 2015)

El caracol con ojo ha sido repetido desde entonces en numerosos edificios. Construida en piedra o con nuevos materiales como el aluminio, el acero, el hormigón, e incluso el cristal es fácil de encontrar en modernas construcciones. En algunos casos mantienen el reducido tamaño, el carácter utilitario y la escasa decoración característica de la primera etapa como por ejemplo los caracoles localizados en apartamentos, bibliotecas o incluso fábricas; otras veces son amplias, elegantes o incluso las piezas centrales del edificio, como por ejemplo: la ubicada en la salida de los Museos Vaticanos en Roma, diseñada por Giuseppe Momo en 1932; el caracol con ojo exento bajo la pirámide del museo del Louvre en París (1989) o la localizada en el nuevo Exhibition Hall del Deutsches Historisches Museum en Berlín (2003) ambas diseñadas por Ieoh Ming Pei; en algún caso incluso el caracol no se limita tan solo a un elemento de comunicación entre espacios, sino que constituye el espacio mismo como por ejemplo el Museo Guggenheim en Nueva York diseñado por Frank Lloyd Wright en 1959.

10. LA ESCALERA DE CARACOL: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

La escalera de caracol se ajusta perfectamente a los principios de construcción gótica, la cual se caracteriza por la búsqueda de diseños de reducida ocupación en planta y por el uso de procedimientos sencillos y estandarizados, con el objetivo esencial de alcanzar la facilidad constructiva (Rabasa, 2007, p.746). La repetición de la pieza-peldaño como principio para formar la escalera, es una forma de construir sencilla y eficaz que conlleva una mayor economía de la obra y supone un ahorro de tiempo en su ejecución.

El proceso constructivo es sencillo: en sentido transversal, las piezas de peldaño van empotradas en el muro de la caja. En sentido longitudinal las piezas apoyan unas sobre otras. Esto permite que su montaje no requiera grandes medios auxiliares ya que los mismos peldaños sirven de andamiaje a los dispuestos inmediatamente después que ellos. De esta manera, la escalera va levantándose a la vez que el muro de la caja que la contiene. Esto supone un importante ahorro en los gastos de obra y en el tiempo de ejecución.

A lo anteriormente dicho hay que añadir que las funciones de peldaño, estructura y ornato quedan recogidas en la única pieza-peldaño. En las escaleras es frecuente que dichas funciones sean llevadas a cabo por distintos elementos (Vicens, 2005, p.23). Sin embargo en las escaleras objeto de nuestro análisis, el propio

peldaño constituye: (i) la estructura, ya que forma parte del muro de la caja en la que queda empotrado, así como sirve de apoyo a la pieza siguiente; (ii) elemento ornamental, ya que el remate interior del mismo conforma la moldura que rodea el ojo de la escalera; (iii) el acabado mismo, ya que no posee ningún material añadido.

Las escalera de caracol se clasifican de forma general en dos grupos: el caracol de husillo y el caracol con ojo o de mallorca.

10.1. Caracol de husillo

Esta escalera de caracol es la de esquema más sencillo. La pieza monolítica que constituye el módulo-peldaño está rematada en la parte interior en una sección cilíndrica. En los caracoles del período gótico el peldaño tiene habitualmente forma de sector circular de forma que la tabica se dirige hacia el centro geométrico de la caja. Al tratarse de una estructura de revolución, el pilar central característico de este tipo de escaleras se genera por superposición de la parte interior cilíndrica de los peldaños al repetirse estos en torno al eje central (Ramírez, 1999, p.204). En este grupo, los tratamientos más comunes del intradós de la pieza son el escalonado y el continuo.

Como se ha comentado en el punto anterior, este caracol comenzó a emplearse con frecuencia al comienzo de la Edad Media y su uso continuó siendo habitual incluso en época tardogótica. Pueden encontrarse ejemplos de este tipo de caracol en infinidad de construcciones, como por ejemplo: la catedral de Salamanca o el monasterio Santa María de Bonaval en Guadalajara, ambos con intradós escalonado; la catedral de Segovia (Figura II-10) o la torre de Juan II en el Alcázar de Segovia, ambos con intradós continuo; etc.

Figura II- 10. Caracol de husillo Catedral de Segovia: planta e intradós continuo. (Autor: P. Benítez)

10.2. Caracol con ojo

La escalera de caracol con ojo o de mallorca, objeto de nuestro estudio, es considerada una evolución de la escalera de husillo gótica (Sanjurjo, 2007, p.835). Desde el punto de vista constructivo, este caracol comparte el mismo principio generador que el caracol de husillo: la revolución de una pieza-peldaño en torno a un eje central. En este caso, sin embargo, el característico pilar parece que hubiera sido sustituido por un hueco central. No obstante, este pilar no desaparece sino que se mantiene –moldurado la mayor parte de las veces–, no localizado en el centro geométrico de la escalera, sino alrededor de él (Calvo, 2000, p.224). Incluso puede presuponerse que este sinuoso pilar actúa de forma similar al del caracol de husillo (Campbell & Tutton, 2014, p.37).

Frente al caracol de husillo, el caracol con ojo suma valiosas ventajas. Mediante la apertura del hueco central se logra mejorar la circulación de personas en la escalera, ya que: por un lado, a igual número de huecos que el caracol de husillo, el caracol con ojo permite una distribución más uniforme de la luz; por otro, el hueco posibilita la visión de la escalera en su totalidad lo que permite comprobar si alguien se encuentra circulando por ella y así poder evitar el cruce con ella, complicado debido a la estrechez de la misma. Andrea Palladio lo resume muy bien en el primer libro de su tratado *Cuatro libros de la Arquitectura* (1797):

Las huecas en su medio salen mejor por poder tomar luz desde arriba por el hueco mismo, y tienen la circunstancia de que las personas que están en los alto ven a las que van subiendo, y están también á aquellas (p.39).

Así mismo el caracol con ojo se caracteriza por poseer un valor ornamental añadido al carácter funcional propio de las escaleras de caracol en general.

De acuerdo al diseño empleado para resolver el hueco central, las escaleras de caracol con ojo pueden clasificarse en tres grupos (Benítez &Valiente, 2014, p.8). **Esta clasificación es resultado de esta misma investigación y como tal, queda recogido en las conclusiones de este trabajo:**

- Caracol helicoidal de solución radial
- Caracol helicoidal de solución no-radial
- Caracol helicoidal de solución tangencial

10.2.1. Solución radial: módulo sector circular

Este tipo de caracol con ojo posee dos características fundamentales: (i) la primera es que las aristas del peldaño coinciden con uno de los radios de la circunferencia de la caja de la escalera; (ii) la segunda característica común es que la longitud del peldaño nunca excede la longitud de dicho radio. Teniendo en cuenta ambas condiciones, la escalera se genera por un peldaño monolítico de piedra con forma de sector circular y el hueco central aparece por la reducción de la longitud del peldaño del caracol del husillo equivalente.

Esta solución de caracol con ojo es la que se ha repetido con mayor frecuencia a lo largo de la historia. Es posible encontrarla rematada con distintos tipos de intradós en numerosas construcciones de la época tardomedieval. Este grupo incluye importantes ejemplos como el caracol con ojo que hoy por hoy es considerado el primer ejemplo construido en España y al que debe su designación general: la escalera de mallorca. Este caracol está localizado en una de las cuatro torres de la Lonja de la ciudad de Palma. Fue construida con una intradós continuo entre 1435 y 1446 por el maestro Guillem Sagrera. Este mismo esquema, pero con un intradós acanalado, fue repetido por el maestro Pere Compte en la Lonja de Valencia entre 1482 y 1498 y hasta el día de hoy es reconocido como el primer caracol con ojo construido en la Península Ibérica.

Inicialmente asociada a la arquitectura mediterránea, el caracol de solución radial se extendió por toda la Península. Muchos maestros de la época contribuyeron no solo a su perfeccionamiento sino también a su rápida difusión. Entre ellos destacan las figuras de: Rodrigo Gil de Hontañón autor de las trazas del caracol con ojo de la catedral de Segovia o de la catedral Nueva de Salamanca entre otras; y Pedro de Ybarra autor de las trazas del caracol de la concatedral de Santa María y la iglesia de San Mateo, ambos en la ciudad de Cáceres o el de la Catedral de Coria (Cáceres) entre otras muchas.

Otros edificios en los que puede encontrarse este esquema de caracol con ojo mediante diseño radial con diferentes tipos de intradós son: la capilla de los Vélez de la Catedral de Murcia, con intradós acanalado; el Colegio Mayor del Arzobispo Fonseca en Salamanca con una solución intermedia mediante un intradós suavemente escalonado (Figura II-11); la torre de la Iglesia de Nuestra Sra. De la Encarnación en Illora y la Iglesia de la Inmaculada Concepción en Huelma, ambas en Granada y ambas con intradós continuo; etc. (Sanjurjo, 2007 junio, p.836).

Figura II- 11. Caracol con ojo. Colegio Mayor del Arzobispo Fonseca: planta y alzado (Autor: P. Benítez)

Versiones de este tipo de caracol con diseño radial fueron incluidas desde los primeros textos de cantería españoles, probablemente como consecuencia de ser el diseño construido más habitual. Como puede comprobarse en la segunda parte de esta investigación, la “Declaración del caracol de mallorca” incluido en el tratado de Alonso de Vandelvira *Libro de trazas de cortes de piedras* describe un caracol con este mismo esquema (Figura II-12) (Vandelvira, 1646, p.51v). También describen diseños similares: el llamado “Caracol de ojo abierto” atribuido a R. Gil de Hontañón e

incluido en los primeros seis capítulos del tratado de Simón García *Compendio de arquitectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano* (García S., c1681-1683, pp.10v-11r); el “Caracol de ojo que dicen de mallorca” que Martínez de Aranda detalla en su tratado *Cerramientos y trazas de montea* (Martínez, c.1600, p.234v); o los ejemplos incluidos en los textos de Alonso de Guardia (Guardia, c.1600, pp.50v-51v) o Juan de Aguirre (Aguirre, c.1600, p.2r). Durante el s. XVII Fray Lorenzo de San Nicolás (San Nicolás, 1639, p.119r-121v), Joseph Gelabert (Gelabert, 1977, pp.44v-45v) y Juan de Caramuel (Caramuel, 1678, p.18) también describieron esta solución en sus tratados. Igualmente en el siglo XVIII, Juan de Portor y Castro incluyó en su cuaderno de Arquitectura ejemplos de la solución radial para el caracol con ojo (Portor, 1708, p.24v).

Figura II- 12. Caracol de mallorca
(Autor: A. de Vandelvira)

10.2.2. Solución no radial: módulo intermedio

En este tipo de esquema el módulo-peldaño no posee ni forma de sector circular ni disposición en abanico, como en la solución tangencial. El módulo peldaño empleado en este esquema, se caracteriza por poseer una tabica que ni se dirige al centro geométrico de la caja, ni se dispone tangencialmente al ojo interior, sino secante al mismo. Por lo tanto, la longitud del peldaño supera la longitud del radio pero

sin alcanzar la longitud de la solución tangencial. Se trata por tanto de una solución intermedia entre las dos anteriores.

Al igual que en las otras disposiciones, la geometría de la parte inferior del peldaño depende del tratamiento que se le dé al mismo, ya sea escalonado, continuo, acanalado, etc.

La única referencia a dicha solución en los textos españoles analizados se ha encontrado en el tratado *Arte y Uso de Architectura* de Fray Lorenzo de San Nicolás (Figura II-13). En su tratado Fray Lorenzo describe junto a la tradicional disposición radial de los peldaños, otro esquema en el que las gradas “van torcidas”. Como él mismo señala el objetivo de dicha disposición es la obtención de peldaños de mayor longitud con la intención de aumentar el ancho del tramo y por lo tanto incrementar la comodidad de uso, sin aumentar la ocupación en planta. No es una aportación original, ya que como él mismo referencia, fue el arquitecto italiano Andrea Palladio quien ya recogía dicha solución en su tratado *Los cuatro libros de la arquitectura*:

...En estos mismos se hacen dos diferencias de gradas, unas que van derechas a su centro: otras que van torcidas: y estas ultimas son mas aprovechadas que las passadas, por ser mas largas. De uno y otro haze demostracion Andrea Paladio en su libro I.cap.28 (San Nicolás, 1639, p.119r).

No obstante se trata de una gran novedad, ya que es el único autor español que describe dicho esquema entre sus trazas (Benítez & Valiente, 2015 octubre). Como se comprobará más adelante, la solución con “gradas torcidas”, si bien posee peldaños de mayor longitud, no implica por ello un aumento significativo del área útil de la huella y por lo tanto del confort en el uso de la misma.

Figura II- 13. Caracol con ojo
(Autor: F.L. de San Nicolás)

10.2.3. Solución tangencial: módulo en abanico

Esta solución emplea un módulo-peldaño en forma de abanico (Carreiro, 2007, p.137). La configuración de este tipo de escalera implica la disposición de la tabica tangencialmente al hueco central, y por lo tanto el incremento de la longitud del peldaño con respecto al radio de la circunferencia de la caja de la escalera. De tal manera, que un mayor hueco central supone mayor longitud del peldaño y viceversa.

Este es un esquema realmente inusual, aunque puede encontrarse con diferentes tratamientos del intradós en edificios construidos en el interior de la Península Ibérica incluso antes de finalizar el s.XV. Este es el caso de la escalera localizada en el muro sur del ábside de la iglesia del Monasterio de Santa Cruz la Real en Segovia (Benítez, 2013). Como se demuestra en la Parte IV de esta misma investigación, fue diseñada con un intradós continuo por el maestro real Juan Guas entre 1478 y 1492, aproximadamente por las mismas fechas en las que se construyó el supuestamente primer caracol con ojo en la Península –en la cuarta parte de esta investigación se hace un análisis detallado de la misma–. Pero Santa Cruz no es el único ejemplo. Otras escaleras también siguen este mismo diseño tangencial. Por ejemplo el tercer tramo de la escalera localizada en la Torre de Tolosa en la iglesia de

Santiago Apóstol en Villa del Prado (Madrid) (Figura II-14). Este caracol fue construido con un intradós escalonado por el maestro Tolosa a mediados del s.XVI. Aparentemente parece ser un tradicional caracol de husillo, sin embargo entre el séptimo y el vigésimo séptimo peldaño, el pilar central se desvía ligeramente del eje vertical de la caja. A pesar de ello, no llega a generarse suficiente hueco interior como para reconocerla visualmente como caracol con ojo. No por ello deja de cumplir todas las condiciones para ser considerada como tal. El peldaño de este caracol se corresponde además con el módulo en abanico característico del diseño tangencial (Benítez & Valiente, 2014, pp.3-5).

También repiten este esquema: el acceso al bajo cubierta del Convento de Santa Catalina en Talavera de la Reina, y el acceso al órgano en la Catedral de Plasencia, ambos ejecutados con un intradós continuo (Sanjurjo, 2013, p.39); o en el acceso desde las terrazas de las naves laterales a la cúpula de la Capilla Real en la Catedral de Sevilla (Jiménez, 2006, pp.289-291).

Como queda comprobado en Parte III de esta investigación, aunque la solución tangencial es contemporánea a la solución radial, no se incluyó en los ninguno de los tratados de cantería de finales del s.XVI, s.XVII o s.XVIII.

*Figura II- 14. Caracol de la Iglesia de Santiago Apóstol. Villa del Prado
(Autor: P. Benítez)*

11. LA ESCALERA DE CARACOL: ASPECTOS ESTRUCTURALES

Son pocos los estudios que se han realizado sobre el funcionamiento y mecánica de las escaleras de piedra, y aún más escasos aquellos realizados sobre la escalera de caracol.

A la hora de estudiar el comportamiento de cualquier estructura, es imprescindible identificar los elementos que la conforman. En el caso del caracol con ojo se distinguen dos elementos: (i) la pieza de peldaño y (ii) el muro de la caja.

- La pieza de peldaño

Como ya se comentó en la descripción constructiva, la pieza monolítica que constituye el módulo peldaño posee además de la función constructiva y ornamental, una función estructural esencial: en su sentido longitudinal, cada peldaño sirve de apoyo al inmediatamente posterior. En algunos casos el área de apoyo necesaria posee forma de sector circular y se obtiene ampliando radialmente el área de la huella. Puede encontrarse dicha configuración del área de apoyo en las trazas propuestas por Vandelvira y Martínez de Aranda entre otras muchas (Figura II-15). En otros casos el área de apoyo se obtiene ampliando la huella mediante el trazado de una paralela a la tabica. Las trazas propuestas por Gil de Hontañón y García Berruguilla resuelven de esta forma dicho área, al igual que otras muchas.

En cualquier caso el área de apoyo condiciona el volumen de la pieza-peldaño, el cual queda determinado: (i) horizontalmente por la suma del área de huella y el área necesaria de apoyo; (ii) y verticalmente por la altura de la tabica.

- El muro de la caja

Las piezas peldaño, sea cual sea el acabado de su intradós, poseen así mismo sección rectangular en su parte más exterior. Esto permite empotrarlas en su sentido transversal en la fábrica que conforma el muro de la caja. Dicha fábrica va quedando configurada simultáneamente a la ejecución de la escalera misma.

*Figura II- 15. Área de apoyo radial según Martínez de Aranda
(Autor: P. Benítez)*

Una vez identificados sus elementos estructurales, como cualquier estructura construida con fábrica de piedra, la escalera de caracol con ojo debe de cumplir y satisfacer una serie de criterios estructurales básicos (Heyman, 1999, pp-302-324):

- Resistencia
La escalera de caracol debe soportar toda carga aplicada incluido su peso propio.
- Rigidez
Debe ser capaz de resistir las cargas aplicadas sin deformarse o desplazarse excesivamente.
- Estabilidad
Debe ser capaz de mantener su configuración frente a las acciones exteriores. Es decir, la estructura debe encontrarse en un equilibrio estable, sin grandes desplazamientos inestables globales ni locales.

En el diseño de estructuras de fábrica los dos primeros criterios no son dominantes: por un lado, las tensiones de compresión a las que se encuentra sometida la estructura son generalmente muy inferiores a tensión admisible del material, por lo que el riesgo de fallo por aplastamiento es despreciable (Huerta, 2005, p.74). Por otro lado, las deformaciones bajo estas cargas son mínimas e igualmente pueden considerarse despreciables. Por consiguiente, el criterio más relevante y restrictivo es la estabilidad.

La estabilidad por su parte, queda asegurada esencialmente mediante criterios geométricos. Expresado en otros términos, el equilibrio queda garantizado siempre y cuando la estructura posea una forma idónea, donde los distintos elementos de la

misma mantengan unas proporciones adecuadas. Si la forma no cambia, la estabilidad queda garantizada (Heyman, 1999, pp.91, 112 y 242).

Esto era bien conocido y puesto en práctica por los maestros tardogóticos. En aquella época el dimensionado de las estructuras de fábrica se basaba en reglas estrictamente geométricas basadas en la proporción de sus elementos –relación flecha-luz de los arcos, relación altura contrafuerte-volumen del pináculo, etc.–, ya que desconocían el concepto de tensión y sus aplicaciones (Heyman, 1999, pp.30-31 y Huerta, 2005, p.73). Esta manera de abordar el dimensionado no era algo novedoso, sino herencia adquirida desde la Antigüedad. Ya Vitrubio, hablaba de la proporción en su tratado *Los diez libros de la arquitectura*:

La proporción es la correspondencia entre las medidas de la obra completa, y del todo a una cierta parte seleccionada como módulo o norma (2010, p.40).

Esta idea recibida acerca de las proporciones junto a la comprensión de los errores cometidos en la construcción de estructuras previas derivó en unas reglas geométricas y de proporción mucho más precisas. Los maestros de la época aprendían y asimilaban dichas reglas mediante la observación de ejemplos contruidos y la posterior práctica constructiva de las mismas. La observación de dichos ejemplos bien podía ser a través de la observación directa o a través de los textos de cantería de la época. Estos textos, con el objetivo fundamental de enseñar, recogían y definían estructuras reales, que habían sido ejecutadas, en muchos casos incluso por los mismos autores de los manuscritos. De esta manera servían de ejemplos a otros maestros.

Las reglas de proporción fueron aplicadas durante mucho tiempo, hasta que Galileo a principios del XVII, demostró que no eran siempre válidas. Así Galileo en sus Diálogos afirma:

Por todo ello Sagredo, abandonad esta opinión que sustentabais, tal vez al unísono con otros muchos que han hecho estudios de mecánica, de que las máquinas y los artefactos compuestos de la misma materia y que mantienen con toda exactitud las mismas proporciones entre sus partes hayan de ser igualmente, o por decirlo mejor, proporcionalmente dispuestas a resistir y a ceder a los choques y violencias externas, puesto que se pueden demostrar geoméricamente que las más grandes son siempre, proporcionalmente menos resistentes que las menores (Heyman, 2001, p.62).

En la actualidad, autores como J. Heyman o más recientemente J.A. García Ares, plantean el cálculo de las estructuras de fábrica y por lo tanto de las escaleras objeto de nuestro estudio, desde el punto de vista del Análisis Límite (García Ares, 2007, 1999). Este moderno planteamiento de cálculo de las estructuras de fábrica tiene la ventaja respecto al empleado en la Edad Media, de poder aplicarse a cualquier tipo de estructura de fábrica, incluso la construcción renacentista y barroca, en las que las reglas de proporción del gótico ya no son válidas. Este método de cálculo, considerado actualmente como el más apropiado para comprender y analizar las construcciones de fábrica, considera que una construcción segura es una estructura en equilibrio. Partiendo de las hipótesis básicas de (i) resistencia infinita a compresión, (ii) resistencia nula a tracción e (iii) imposibilidad de fallo por deslizamiento, este método sostiene que el análisis de una estructura implica el análisis de sus posibles estados de equilibrio trabajando a compresión (Huerta, 2005, p.74). La estructura será estable si en al menos uno de los casos analizados la línea de empujes queda dentro de la sección de la fábrica (Heyman, 1995, p.331). Así pues, los estados de equilibrio dependen básicamente de la geometría.

Este moderno método de cálculo reafirma por lo tanto, la indiscutible relevancia de la geometría, que es la base fundamental del cálculo tradicional empleado durante el período tardogótico para el dimensionado de las estructuras de fábrica (Huerta, 2005, p.74). En conclusión, el diseño de las estructuras de fábrica es una cuestión de geometría y estabilidad.

Por lo tanto, para estudiar la estabilidad del caracol con ojo es imprescindible:

- (i) verificar en primer lugar la idoneidad del diseño geométrico propuesto, es decir, de las proporciones geométricas establecidas entre sus elementos
- (ii) una vez confirmada, analizar las posibles causas que pueden provocar una cambio en su geometría de forma que ponga en cuestión su estabilidad.

11.1. La estabilidad estructural: idoneidad del diseño

Durante el gótico, la manera de darle seguridad a una estructura de fábrica consistía en darle la forma adecuada (Heyman, 2004, prólogo). Como parte del proceso de diseño y para comprobar la idoneidad del esquema propuesto, previamente a su ejecución era habitual realizar modelos que reproducían la

estructura a pequeña escala. Esto permitía comprobar si las soluciones planteadas a problemas constructivos eran acertadas, y por lo tanto verificar si las proporciones entre los distintos elementos de la estructura garantizaban su equilibrio. Si el modelo era correcto, podía ser construido a cualquier escala. En otras palabras, determinada la unidad de medida de la obra, las dimensiones para cada uno de los elementos que componían el edificio se obtenían por las reglas de proporción obtenidas en el modelo previamente ejecutado. El empleo de modelos a pequeña escala o maquetas fue un recurso empleado por muchos maestros de la época. No fueron los primeros en emplearlas, ya que se conservan maquetas de épocas anteriores –egipcia, griega, romana, etc.– pero sí aquellos que hicieron un uso sistemático de las mismas como método de trabajo para la materialización de la idea y la obtención del diseño estable definitivo. Por ejemplo Brunelleschi empleaba nabos para realizar sus modelos, porque eran sencillos de cortar y enlazar; para S. Petronio de Bolonia se ejecutó un modelo de ladrillo construido a finales del s.XIV, el cual tenía más de 18m de largo (Heyman, 1999, p.31); etc. Así mismo muchos textos de cantería, avalan la fiabilidad de las trazas propuestas, afirmando que han sido previamente ejecutadas en modelos a escala reducida. Este es el caso por ejemplo de Joseph Gelabert:

...Debo advertir que todas las trazas dificultosas, antes de ponerlas, las he hecho en modelo, y con mucha precisión. (Rabasa, 2011, p.25)

F.L. Goiti (1646) editor del tratado de Alonso de Vandelvira, también reitera la correcta solución de las trazas, afirmando que ha comprobado todas y cada una de ellas realizando las correspondientes maquetas en yeso:

(...) Pero he gastado mucho tiempo en disponerlos, corregir defectos en los lineamentos, por no ser fieles a las copias, y en probar los más de los cortes haciendo sus piezas de yeso: porque este arte no se alcanza solo con la lectura, sino que es necesario modelar y contrahacer una y muchas veces. Lo cual ha sido como examinar los dichos papeles en la piedra (...) y registrarlos en el contraste de la experiencia madre de todas las facultades (p.3).

Una vez verificada la idoneidad del diseño se procedía a su ejecución.

Como se ha visto, este punto de vista medieval sobre las fábricas, es básicamente correcto siempre y cuando las tensiones sean bajas, lo cual se cumple incluso en los elementos más cargados de las grandes construcciones de la época. Por este motivo y con la intención de emplear los mismos métodos que los maestros tardogóticos tenían al alcance de su mano, se ha empleado la construcción de

modelos a pequeña escala como método para verificar la validez de las proporciones empleadas en el caso concreto de la escalera del monasterio de Santa Cruz la Real.

11.2. La estabilidad estructural: otras causas de inestabilidad

Una vez construida la escalera de acuerdo a un diseño estable, si la forma no cambia con el tiempo, la seguridad inicial se mantiene. Sin embargo, en alguna ocasión la aparición de alguna fuerza exterior origina una variación de su forma. E incluso, causar desplazamientos que afectan directamente al muro que conforma la caja de la escalera, donde se empotran las distintas piezas de peldaño. A causa de estos desplazamientos, es relativamente frecuente que aparezcan grietas. Una vez agrietado y deformado el muro, se puede llegar a producir la pérdida del equilibrio original de la estructura de la escalera, pudiendo incluso provocar su desmoronamiento. Aunque lo más habitual en las estructuras de fábrica es que se alcance un nuevo estado de equilibrio (Heyman, 1999, pp.27-30). En ese caso, dichas grietas son consecuencia de la adaptación de la fábrica al nuevo estado, y no llegan a suponer peligro para la estabilidad, a no ser que se produzca de nuevo algún movimiento. Es lo que se denomina el Teorema Fundamental: si la fábrica se halla en un estado de equilibrio, donde las líneas de empuje se encuentran dentro de los límites de la fábrica, ésta puede llegar a moverse bruscamente, pero la estabilidad está asegurada.

Los desplazamientos que puede sufrir el muro de la caja de la escalera pueden estar provocados por:

- La variación de las condiciones de contorno a causa de:
 - Asentamientos del terreno en el que se cimenta el muro
 - Existencia de fuerzas horizontales que pueden llegar a producir el vuelco de la estructura.
 - Exceso de cargas permanentes
- Deterioro del material con el paso del tiempo

11.2.1. Asentamientos del terreno

Una vez construida la estructura de fábrica, el suelo sobre el que se cimenta se consolida, provocando la aparición de unos asentamientos que pueden afectar de forma considerable a la fábrica. Se estima que la consolidación puede extenderse a lo largo de un período de 20 años. Pasado esa fase de peligro y si no se producen nuevos

cambios en las condiciones generales del suelo –cambios en el nivel freático, construcción de ampliaciones o nuevas edificaciones cercanas, ejecución de drenajes, procesos gravitacionales, etc.–, la estructura puede considerarse segura desde el punto de vista estructural. Es la llamada “regla de la generación” (Heyman, 1995, pp.241-242).

11.2.2. Estabilidad al vuelco.

Los elementos de fábrica de gran altura y esbeltez como arbotantes, campanarios, torres de crucero, etc. pueden estar sometidos a fuerzas horizontales que pueden llegar a provocar el vuelco de la estructura. La más común es el viento, y ocasionalmente los terremotos.

En el caso de las escaleras de caracol analizadas su estabilidad está fuertemente ligada al elemento al que se encuentran adosadas. Su naturaleza utilitaria original promueve que se encuentren ocultas y localizadas anexas a otros elementos estructurales, superando tan solo en raras ocasiones la altura del mismo. Estas circunstancias hacen que la escalera, a pesar de ser un elemento que aisladamente posee cierta esbeltez, quede protegida y la zona expuesta a la acción del viento reducida considerablemente. Por esta razón, el viento no suele ser motivo de inestabilidad al vuelco de las mismas.

11.2.3. Exceso de cargas

La existencia de cargas permanentes excesivas, puede causar deformaciones continuas de la estructura que pueden llegar a motivar su inestabilidad. En muchos casos dichas cargas tienen su origen en la construcción de edificaciones anexas con posterioridad a la construcción original que apoyan sobre la estructura.

11.2.4. Deterioro del material

Respecto al deterioro del material, la fábrica es una construcción de piedra con un comportamiento que deriva directamente de las propiedades del material. Hay que asegurarse, por tanto, que la piedra no esté excesivamente alterada para poder garantizar sus características resistentes.

Para estudiar el estado y posible degradación del material a lo largo del tiempo, no sólo es importante caracterizarlo y determinar el tipo de deterioro o alteración que

le afecta, sino establecer las causas que han provocado dicha degradación, con el principal objetivo de minimizarlas en todo lo posible. Las causas de degradación pueden dividirse en (Figura II-16) (Fort, 2005, pp.155-182):

- Factores intrínsecos
Relacionados con la naturaleza del material mismo.
- Factores extrínsecos
Relacionados con el ambiente y entorno o fuerzas externas
- Factores constructivos/arquitectónicos
Relativos a incompatibilidad de materiales, modificaciones de uso, mala resolución de detalles constructivos, etc.
- Factor humano
Relacionados con la falta de educación cultural y medioambiental de la sociedad, conflictos bélicos, etc.

*Figura II- 16. Factores que inciden en el deterioro del Patrimonio
(Autor: R. Fort)*

Sin pretender elaborar un diccionario de patologías y alteraciones de la piedra, a continuación se resumen las alteraciones más habituales que pueden encontrarse en los modelos construidos en la área de estudio, donde la piedra más empleada es la caliza y puntualmente el granito. Las definiciones de los distintos procesos patológicos se han extraído del *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos* (Esbert, Ordaz, Alonso & Montoto, 1997).

Los procesos patológicos más frecuentes que pueden encontrarse en el interior de las escaleras objeto de este análisis son:

Depósitos superficiales

Se trata de la acumulación de materiales ajenos a la piedra, de diferente naturaleza, con escasa coherencia y adherencia como la tierra o el polvo.

Pátina negra

Se trata de una fina capa o película que se forma en la superficie de la piedra al depositarse partículas de la contaminación. Por sí misma no implica procesos de degradación del material, sin embargo al favorecer la absorción del vapor de agua de la atmósfera y por tanto aumentar la humedad, puede facilitar las reacciones entre la piedra y los contaminantes (Figura II-17).

*Figura II- 17. Pátina negra. Caracol de la Capilla de la Concepción. Catedral de Segovia
(Autor: P. Benítez)*

Excrementos de ave

Los excrementos de ave, principalmente de paloma, no solo suponen un problema de suciedad. Estos excrementos contienen ácidos y sales. Cuando las soluciones salinas generadas por la acumulación de los excrementos interaccionan con la piedra, se producen nuevas sales cuya cristalización en los poros de la roca produce fuertes presiones que acaban disgregando el material, como así confirma Miguel Gómez-Heras, investigador del Instituto de Geología Económica. A este proceso hay que añadir la capacidad que tienen estos excrementos de tomar agua del ambiente, lo cual puede facilitar las reacciones entre la piedra y las sales (Figura II-18).

Pérdidas volumétricas

Se refiere a la pérdida de material, el cual puede deberse a muy diferentes causas: físicas, químicas o biológicas.

- **Pérdidas volumétricas por erosión**

Desgaste importante a causa del uso continuado. En las escaleras de caracol el mayor nivel de erosión se produce en la línea de paso. Se puede distinguir entre la erosión producida durante el ascenso y durante el descenso de la escalera. Durante el ascenso, la erosión se produce en la parte interior del peldaño. Y durante el descenso la erosión se produce en la parte exterior (Figura II-18).

*Figura II-18. Restos de aves, pérdida volumétrica y pérdida de mortero de agarre
Iglesia de San Bartolomé en Martín Miguel (Autor: P. Benítez)*

- **Pérdidas volumétricas por corrosión de elementos de hierro**

Los cambios en la humedad relativa del aire y las variaciones en la temperatura ambiente producen la corrosión de los elementos de hierro integrados en la piedra. Esto implica el aumento de volumen de las piezas y en consecuencia la generación de nuevas tensiones en la piedra que provocan su rotura (Figura II-19).

- **Fracturas**

Pérdidas de volumen debido a causas físicas, principalmente impactos o exceso de cargas (Figura II-18).

Figura II-19. Pérdidas volumétricas por corrosión. Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real. Segovia (Autor: P. Benítez)

Modificaciones antrópicas

Este tipo de modificaciones se refieren a intervenciones que carecieron de sensibilidad estética, empleando materiales de distinta naturaleza a los originales. En las escaleras de caracol son frecuentes este tipo de intervenciones, favorecidas por su localización en lugares más o menos ocultos y su acceso restringido.

Estas modificaciones no implican en sí mismas el deterioro del material, por lo que se debe realizar un análisis detallado de los nuevos materiales empleados para evaluar su acción negativa sobre la fábrica. Las más comunes encontradas han sido

- Mortero
Es uno de los materiales más frecuentes empleados en este tipo de intervenciones. Puede verse en: el cegado parcial o total de huecos, el rejuntado de piezas de la fábrica, recomposición de pérdidas volumétricas, etc. (Figura II-20).
- Cableado eléctrico
Ante la falta de suficiente iluminación natural que suele caracterizar a las escaleras de caracol, es habitual encontrar sistemas de iluminación aparentemente provisional.
- Otros materiales y estructuras
Excepcionalmente, también puede encontrarse que las piezas de peldaño fracturadas son sustituidas por nuevas piezas de materiales ajenos a la estructura original.

*Figura II-20. Modificaciones antrópicas. Iglesia de San Sebastián.
Villacastín (Autor: P. Benítez)*

Los procesos patológicos más habituales encontrados en el exterior de las escaleras analizadas, son:

Agrietamiento

Un agrietamiento es una hendidura que no implica fractura (Figura II-21). Suponen zonas por las que pueden penetrar otros agentes de alteración así como producir un colapso estructural. Están originadas por tensiones de tracción, derivadas de:

- sobrecargas externas o mal repartidas
- movimientos diferenciales en cimentación
- asentamientos defectuosos de sillares

*Figura II-21. Grietas. Caracol de la iglesia.
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

Depósitos superficiales (ver patologías resultantes del análisis interior)

Pérdida de volumen

Se refiere a la pérdida de material, el cual puede deberse a muy diferentes causas: físicas, químicas o biológicas. Al exterior las pérdidas de volumen más comunes son:

- Picaduras

Se trata de una erosión que se caracteriza por la formación de pequeños orificios o cavidades en la piedra. Suele formarse a partir de núcleos o nódulos del material más alterables que el resto, o bien por disolución de sales. Este proceso suele desembocar en alveolización (Figura II-22).

- Alveolización

Se trata de una degradación de origen físico-químico en forma de alvéolos, característica de los materiales rocosos con alto índice de poros, que suele estar relacionado con la presencia de sales solubles (Figura II-22).

*Figura II-22. Picaduras y alveolización.
Monasterio de Santa Cruz la Real. (Autor: P. Benítez)*

Modificaciones antrópicas (ver patologías resultantes del análisis interior)

12. LA ESCALERA DE CARACOL: COMODIDAD Y SEGURIDAD

La escalera de caracol con ojo, al igual que cualquier otra escalera, correctamente diseñada debe posibilitar un fácil y cómodo ascenso y/o descenso a aquellas personas que circulan por ella. Esta cuestión preocupa no solo a los modernos arquitectos sino también a los maestros del período tardogótico (Templer, 1994, p.vi). En las trazas que incluían en sus tratados y textos, ellos primero resolvían un problema de confort y seguridad: determinaban una serie de requisitos para un conveniente desplazamiento de personas por la escalera. Solo después, ellos proponían una solución al problema de estereotomía asociado, para cumplir estos requisitos (Benítez & Valiente, 2015, p.8). Así Palladio en su tratado *Los cuatro libros de la arquitectura* (1797) referencia en numerosas ocasiones la comodidad y seguridad de los usuarios, como por ejemplo:

En general, las escaleras serán loables si son anchas, claras y cómodas en la subida, de modo que conviden a ella.(...) Serán cómodas (...)y á las personas lo serán si la subida no es agria ni difícil. (p.39)

O también:

(...) Si llegando á esta altura se hubiese de subir mas, se hará un llano que se llama descanso, para que en él reposen los débiles y fatigados con la subida. También aprovechan los descansos para que se detengan en ellos algunas cosas que pueden caer de arriba rodando por los escalones (p.39).

El simple hecho de caminar conlleva por un lado un consumo de energía y por otro el mantenimiento del equilibrio. El ascenso o descenso por una escalera no debe implicar un cambio significativo, en ninguno de los dos aspectos, con respecto al desplazamiento en el plano horizontal. Por lo tanto, a la hora de diseñar una escalera se debe tener en cuenta que: (i) mantener un nivel de consumo energético más o menos estable contribuye a mantener el grado de comodidad; (ii) durante el uso de la escalera existe un mayor riesgo de pérdida del equilibrio, donde los tropiezos y/o resbalones conllevan un riesgo de caída importante que hay que intentar minimizar (Templer, 1994b, p.3). Estos riesgos son peores durante el descenso que durante el ascenso, por lo que suele considerarse más restrictivo a la hora de dimensionar la escalera el sentido descendente que el ascendente.

Ambos aspectos, la comodidad y la seguridad, son fundamentales a la hora de diseñar cualquier escalera.

Como es conocido, el movimiento a lo largo de una escalera está principalmente afectado por: (i) el diseño y construcción de la misma, (ii) su mantenimiento y (iii) el comportamiento del usuario (Templer, 1994b, p.15). Cualquiera de estos factores o la combinación de varios puede provocar accidentes y/o falta de comodidad de uso.

Si se supone que cualquiera de las escaleras que se van a analizar en este estudio se conservan en buen estado –limpia de sustancias y objetos extraños que entorpezcan el tránsito, sin huellas rotas, y una buena iluminación y estado del pasamanos– y el usuario mantiene una actitud consciente en el uso de la misma –sin correr, sin jugar, sin cargar cosas y siendo consciente del número y dimensiones de los peldaños–, la diferencia en el nivel de confort y seguridad queda determinada por el diseño y construcción de la escalera.

Los factores de diseño que influyen en el desplazamiento y circulación en la escalera de caracol son:

Emplazamiento

La ubicación inesperada de una escalera implica un posible riesgo de accidente. La escalera debe ubicarse de tal forma que no entorpezca puertas, ventanas, pasillos, etc. Es decir, debe permitir una comunicación fluida entre los diferentes espacios que conecta. Palladio en el capítulo XXVIII ya advertía sobre “la dificultad de hallar sitio á propósito para ellas, tal que no causen embarazo al resto del edificio” (Palladio, 1797, p.38).

Altura libre

Como en cualquier otra escalera, en la escalera de caracol es necesario garantizar 2m de altura libre mínima, de forma que se evite la cabezada.

Número de peldaños.

La existencia de un único peldaño supone un factor de riesgo ya que es más difícil de percibir. Sin embargo esto no suele suceder en las escaleras de caracol, las cuales se disponen para salvar una altura más o menos importante con el objetivo de ocupar poco espacio, por lo que suele ser habitual que posean más de 12 peldaños.

El número de peldaños es un factor que está íntimamente relacionado con la altura libre, la altura de la tabica y el ancho de la huella: cuantos más peldaños se

disponen por vuelta, mayor es la altura libre y menor es la altura de la tabica y el ancho de huella. De acuerdo a los estudios de Templer, el número de peldaños por vuelta suele establecerse entre 11 y 20 peldaños, de forma que el ángulo entre tabicas en un peldaño varía entre 30° y 18° (Templer, 1994b, pp. 38 y 175).

Ancho de huella.

Todo estudio sobre la geometría de la escalera pretende determinar la dimensión óptima del ancho de huella (Carreiro, 2007, p.9), adaptándola a las medidas del pie humano: el mínimo necesario que permita apoyar el pie con seguridad. Huellas demasiado estrechas no permiten apoyar todo el pie durante el ascenso. Y huellas excesivamente anchas pueden provocar tropiezos al chocar el tacón con la arista del peldaño inmediatamente superior cuando se desciende por la escalera.

Teniendo en cuenta dichas cuestiones, diferentes estudios han determinado el valor óptimo del ancho de la huella alrededor de 27,9-28cm. Estos mismos estudios establecen un ancho mínimo entre los 22,9cm y 25cm y un ancho máximo de 32cm (Templer, 1994b, pp.25-41). En el caso de la escalera de caracol, dichas dimensiones deben cumplirse en la llamada línea de paso. El valor máximo de la huella junto al muro también queda acotado a un valor máximo de 44cm.

Altura de la tabica

Como ocurriera con el ancho de la huella, los estudios geométricos de escaleras buscan determinar la dimensión óptima de la tabica: la máxima que permita un ascenso o descenso de la escalera de forma segura y sin esfuerzo (Carreiro, 2007, p.9; Templer, 1994b, p.70). La altura de la tabica debe ser constante y uniforme con poco margen a la tolerancia.

Estudios previos han establecido un valor a la altura de la tabica que suele oscilar entre 13 y 18,3cm-19cm, dependiendo del uso. Así mismo establecen los valores óptimos entre los 16cm y los 19cm (Templer, 1994b, pp.25-41).

Regularidad dimensional

El desplazamiento no solo está afectado por el ancho de la huella (H) o la altura de la tabica (T), sino también por la relación existente entre ambos parámetros. Para mantener un adecuado nivel de confort así como evitar la pérdida de equilibrio durante el desplazamiento, los peldaños además deben mantener unas proporciones constantes y uniformes (Carreiro, 2007, p.9). En este caso el término “proporciones”

se refiere a la relación entre el ancho de huella (H) y la altura de la tabica (T) (Vicens, 2005, p.59).

La primera relación genérica entre ambos parámetros es la pendiente determinada por el valor de su cociente (H/T). A mayor valor de la pendiente más dificultosa de subir es la escalera. Vitrubio abordó esta cuestión en su tratado, y determinó la escuadra de Pitágoras como referencia para establecer la “proporción exacta a los peldaños” (Vitruvio, 2010, p.104) o lo que es lo mismo, determinó la adecuada pendiente de la escalera como la relación 4/3. No obstante, existe un amplio intervalo de tamaños de peldaño que se ajustan a esta pendiente. Por lo que además de establecer la relación entre ambas dimensiones del peldaño, hay que adaptar las mismas a las proporciones del hombre para que su desplazamiento sea cómodo y seguro.

Alberti y Palladio establecen unas dimensiones de huella y tabica de acuerdo a ambos criterios, comodidad y seguridad del usuario. Sin embargo, el primero en determinar una relación entre ambos parámetros adaptada a las dimensiones del cuerpo humano, en concreto al paso horizontal, fue François Blondel en 1675 en su *Course d'architecture* (Blondel, 1675, p.693). Esta relación matemática denominada regla de la longitud del paso o simplemente regla del paso, no solo determina la pendiente sino que también establece una relación directa con el cuerpo humano con el indiscutible objetivo de alcanzar una mayor comodidad y seguridad en su uso:

$$2T + H = \text{Paso humano horizontal}$$

Con esta ecuación Blondel entiende que en el ascenso el paso se reduce, de tal forma que la distancia que cubre el paso verticalmente es la mitad que horizontalmente. Blondel además estableció las dimensiones del paso en 24 pulgadas, que de acuerdo a las nuevas unidades, se corresponden con 71cm. Esto daría lugar a peldaños muy grandes (Templer, 1994, p.27), por lo que desde entonces, si bien se ha mantenido la relación, se ha ido modificando el valor medio del paso. Por ejemplo Neufert (2013) establece su valor entre 61cm y 64cm, adoptando el valor medio de 63cm, adoptado a su vez por Carreiro (2007, p.146). Actuales normativas como el Código Técnico establece dichas dimensiones entre 54cm y 70cm cuyo valor medio son 62cm (CTE-SU, 2010, p.SUA1-4). No obstante la falta de unidad de criterio para establecer unas dimensiones concretas al paso humano, lo usual es tomar el valor 63cm.

Existen otras expresiones que relacionan ambos parámetros:

La llamada Regla de la Comodidad de nuevo relaciona el ancho de la huella y la altura de la tabica. Fue desarrollada por primera vez por G. Lehmann y B. Englemann e incluida en *Der zweckmassigste Bau einer Treppe* (1933). Estos autores partían de las dimensiones óptimas de ancho de huella y altura de la tabica, de 29cm y 17cm respectivamente. Sin embargo en caso de que no fuera posible adoptar dichos valores, aportaban una nueva regla para que aún así quedara garantizada la comodidad de la escalera:

$$H - T = 12\text{cm}$$

El valor 12cm surge de la diferencia entre los valores ideales de H y T. De esta forma, la comodidad estaba garantizada siempre y cuando la diferencia entre H y T mantuvieran igual relación que los valores ideales.

Esta regla fue luego adoptada por Neufert en su *Arte de proyectar en Arquitectura* (2013).

Heinrich Schmitt recoge en su *Tratado de Construcción* (1978), además de la anterior regla de la comodidad, una expresión matemática inédita que relaciona las dimensiones de la huella y la tabica, conocida como la Regla de la Seguridad:

$$H + T = 46\text{cm}$$

El valor 46cm surge de nuevo de los valores considerados ideales de H y T. Según Schmitt, en caso de no poder adoptar dichos valores, las dimensiones asignadas darían lugar a una escalera igualmente segura, siempre y cuando la suma de las mismas fuera igual a 46cm.

Estas no son las únicas reglas. Otros autores han establecido otras relaciones más complejas como R. Schindler-Bassegoda, etc. Pero sí las más básicas.

Longitud del peldaño

Usualmente asociado con el ancho del tramo de la escalera.

La anchura de las escaleras también tiene relación con el nivel de seguridad de la misma, ya que una escalera excesivamente estrecha puede complicar el movimiento de la persona que circula por ella o el cruce de dos. El valor del ancho de la escalera depende lógicamente del número de personas que vayan a utilizarla. En el caso de los caracoles que se están estudiando, cuyo uso suele ser puntual, suele ser

utilizada por una única persona de cada vez, por lo que el cruce de varias personas es improbable más no imposible. Es más, el hueco interior que las caracteriza surgió con el objetivo de evitar el cruce de más de dos personas en ella, y de esta manera contribuir a mejorar su seguridad.

De nuevo no existe unidad de criterio a la hora de establecer un valor mínimo del ancho del tramo. Según Templer el ancho mínimo es 91,4cm. Otros autores establecen dicho valor en 90cm (Tamborero, 1996, p.6). En el CTE las escaleras de uso restringido, como podría clasificarse la analizada en este estudio, está en 800mm. Y el ancho del tramo en las de uso general lo determina en 1000mm. En esta investigación se ha establecido criterio en 90cm.

Iluminación

La escalera debe estar suficientemente iluminada. Para ello la uniformidad de la luz es fundamental debiendo evitarse zonas de sombra (Templer, 1994b, p.145).

Pasamanos

El objetivo fundamental del pasamanos es evitar caídas, pero también ayudar durante el ascenso, o incluso servir de guía en situaciones de visión reducida. Sin embargo su utilidad y eficacia ante el riesgo de caídas depende de varios factores: (i) la altura respecto de la huella, (ii) la forma, (iii) el tamaño, (iv) material, y finalmente (v) su visibilidad.

Respecto al primer punto, la altura del pasamano se ha de medir verticalmente desde el nivel del pavimento acabado hasta el límite superior del pasamano. No existe un único valor universal establecido para la altura del pasamano. No obstante, casi todos los autores coinciden en que se disponga entre 90cm y los 110cm de distancia medida en vertical desde el punto medio de la huella. Los estudios de J. Templer, basados en datos experimentales, reduce este intervalo y determina la altura óptima entre los 90cm y los 102cm para el descenso de la escalera, que es el sentido más desfavorable y por lo tanto el que condiciona el dimensionado (Templer, 1994b, pp.122-134).

Respecto a la forma, es necesario señalar que el pasamanos también puede transformarse en fuente de lesiones durante una caída. Por este motivo, suele poseer secciones sencillas que además de facilitar su agarre, evitan cortes o lesiones al golpearse contra él. Lo ideal son las formas de sección circular o aunque también

suele ser común la sección ovalada o incluso la rectangular con las aristas redondeadas. El tamaño del mismo debe ser suficiente para permitir su fuerte agarre. Templer establece un diámetro de 3,8cm como el tamaño óptimo.

En cuanto al pasamanos se refiere, las escaleras dextrógiras –aquellas que ascienden en el sentido de las agujas del reloj– son preferibles a las escaleras levógiras. Estas tienen la ventaja de poseer el pasamanos en el lado derecho del usuario durante el descenso, el cual es el sentido más desfavorable en cuanto a la seguridad.

Material de acabado

Actualmente suelen emplearse materiales antideslizantes como acabado de los peldaños para que evitar caídas. Como se ha comentado anteriormente, en la escalera de caracol tardogótica el módulo peldaño realiza funciones estructurales, ornamentales y constructivas. De esta manera, la piedra que conforma el módulo peldaño se emplea así mismo como acabado.

Mamperlán

El mamperlán dispuesto para proteger el borde del peldaño y cubrir la unión de las pieza de la huella y la tabica, puede ser causa de tropiezos y caídas. Nunca debe sobresalir demasiado sobre la huella del peldaño siguiente para evitar tropezar con ella, y aprovechar la huella del peldaño inferior en su totalidad durante el descenso. Las escaleras de caracol objeto de nuestro análisis, al estar labradas a escuadra – huella y tabica perpendiculares– no suelen poseer mamperlán.

13. RESULTADOS PARTE II

En esta Parte de la investigación puede extraerse el siguiente resultado:

Primer compendio monográfico sobre la escalera de caracol.

Como primer resultado de esta investigación, se ha obtenido el primer compendio sobre la escalera de caracol con ojo en España. La información reunida en esta Parte II de la investigación sintetiza los conceptos básicos y fundamentales acerca de esta tipología de escalera, que hasta el momento se encontraban dispersos en distintas publicaciones. Esto era debido a que se tratan en su mayoría de aportaciones puntuales que forman parte de investigaciones más amplias y generales.

Este compendio supone una importante aportación al estudio de este tipo de escaleras, ya que va a facilitar posteriores estudios sobre el tema.

PARTE III

LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO: MODELOS TEÓRICOS

14. INTRODUCCIÓN PARTE III

Como parte de este trabajo de tesis, se ha propuesto el análisis de escritos que recogen entre sus trazas la escalera de caracol con ojo. Si bien en la época en que se escribieron estos textos, la arquitectura gótica como sistema había desaparecido, alguno de sus elementos más característicos, como la escalera de caracol, continuaban empleándose. Las trazas del caracol con ojo recogidas en estos textos, describen habitualmente las soluciones geométricas más frecuentes e incluso los ejemplos contruidos más conocidos, los cuales fueron levantados en su mayoría en el período en el cual se desarrolla esta investigación. Por este motivo se han analizado dichos escritos.

Con la intención de limitar el problema, se han analizado solo textos españoles. Esta elección está motivada por el hecho de que dichos textos recogen no solo la tradición española, sino que también añaden aquellos aspectos más influyentes de escritos de autores extranjeros.

Con este análisis pretende identificarse y evaluar las proporciones establecidas en las trazas descritas en ellos, las cuales son consecuencia en la mayor parte de los casos, de la experiencia personal de sus autores, y que sirvieron a su vez de ejemplo a muchos otros maestros.

15. MODELOS TEÓRICOS: LOS PRIMEROS TEXTOS DE ARQUITECTURA ESPAÑOLES

Los tratados de Arquitectura, Construcción e Ingeniería son una de las fuentes fundamentales para el estudio de la Historia de la Construcción.

Ya desde finales del s.XVI y hasta mediados del s.XVIII se divulgaron por España varios textos dedicados al despiece de las piedras, también llamado estereotomía o arte de la montea (Bonet, 1989). Una característica común a todos estos escritos es que sus autores destacaban por el control tanto de la geometría como de la arquitectura, de ahí que también se hable de la llamada geometría de la piedra.

El origen fundamental de los primeros de estos textos está en el deseo de legitimar la herencia gótica recibida por sus autores, adaptándola a las formas de la nueva corriente renacentista (Bork, 2011, p.5). A finales del s.XV y comienzos del

s.XVI la arquitectura gótica había comenzado a ser puesta en cuestión, siendo calificada como una arquitectura desordenada y tosca de entender, en contraposición a la ordenada y sutil corriente clásica. En un intento por equiparar ambas corrientes, algunos maestros canteros recogieron sus métodos de trabajo en escritos a semejanza de los tratados renacentistas que comenzaban a circular por Europa. Muchos de estos primeros escritos son básicamente recopilaciones de “recetas” más que tratados propiamente dichos. Por este motivo no es de extrañar que muchos fueran olvidados en favor de los nuevos escritos renacentistas italianos como: la nueva edición del tratado Vitruvio⁹, o los nuevos tratados de Alberti¹⁰, Serlio¹¹, Vignola¹² o Palladio¹³. Posteriores escritos fueron incluyendo una organización mucho más clara, con una estructura más organizada y constantes referencias a los grandes tratadistas italianos del Renacimiento.

Por lo general, estos textos eran manuales que consultaban solo los especialistas en la materia. En ellos se abordaban los problemas geométricos que surgían en la construcción de tipologías concretas de cierta complejidad. La gran variedad de propuestas que circulaban a la hora de solucionar una misma traza,

⁹ El tratado de Vitruvio *De Architectura* fue traducido por primera vez al castellano por Lázaro Velasco entre 1554 y 1564. Sin embargo no fue publicado en castellano por primera vez hasta 1582: Vitruvio (1582). M. Vitruvio Pollion de architectura, dividido en diez libros, traducidos de Latin en Castellano por Miguel de Urrea. Alcalá de Henares, Juan Gracián. Véase también García Melero, J. E. (2012). Literatura española sobre artes plásticas / 1: Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII, Encuentro. pp. 23-53

¹⁰ El tratado *De re aedificatoria* escrito por Leo Battista Alberti se publicó por primera vez en Florencia (Italia) en 1485: Alberti, L. B. (1485). *De re aedificatoria*. Florence, Niccolo di Lorenzo. Su primera traducción al castellano a cargo de Francisco Lozano data de 1582: Alberti, L. B. t. F. L. (1582). Los diez libros de architectura de Leon Baptista Alberto. Traducidos del Latin en Romance. Madrid, Casa de Alfonso Gómez. Véase también García Melero, J. E. (2012). Literatura española sobre artes plásticas / 1: Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII, Encuentro. pp. 58-60

¹¹ El tercer y cuarto libro del tratado de Sebastian Serlio *Libri d'Architettura* (1537), fueron traducidos por primera vez al castellano por F. de Villalpando en 1552: SERLIO, S. (1552). Tercero y cuarto Libro de Architectura de Sebastia Serlio Boloñes. En los cuales se trata de las maneras de cómo se puede adornar los edificios con los ejemplos de las antigüedades. Agora nuevamente traducido de Toscano en Romance Castellano por Francisco de Villalpando Architecto. Toledo, Casa de Iván de Ayala). Véase también GARCIA MELERO, J. E. (2012). Literatura española sobre artes plásticas / 1: Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII, Encuentro. pp. 56-58

¹² El tratado *Regole delli cinque ordini d'architettura* escrito por Vignola en 1562 (Véase VIGNOLA (1562). *Regola delli quincue ordini d'architettura*. Roma) fue traducido al castellano en 1593: VIGNOLA (1593). *Regla de los cinco ordenes de architectura de Iacome de Vignola*. Agora de nuevo traducido de toscano en romance por Patricio Casexi. Madrid, Patricio Caxesi. Véase también GARCIA MELERO, J. E. (2012). Literatura española sobre artes plásticas / 1: Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII, Encuentro. pp. 61-63

¹³ El primer libro del tratado *I quatro libri d'architettura* escrito 1570 por Andrea Palladio fue publicado por primera vez en castellano en 1625: PALLADIO, A. (1625). Libro primero de la Architectura de Andrea Palladio. Que trata de cinco ordenes para fabricar, y otras advertencias. Traducido de Toscano en Castellano por Francisco de Praves. Valladolid, Iván Lasso. Sin embargo existe una traducción manuscrita previa, del de año 1578 perteneciente a la biblioteca personal del arquitecto Juan de Ribero Rada. Véase CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, M. D. (2003). Los cuatro libros de arquitectura de Andrea Palladio. Traducidos del italiano al castellano por Juan de Ribero Rada. León., Junta de Castilla y León. Véase también GARCIA MELERO J. E. (2012). Literatura española sobre artes plásticas / 1: Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII, Encuentro. pp. 64-78

generaba entre los nuevos maestros una gran incertidumbre en el momento de optar por la mejor entre todas ellas. Con el propósito de resolver esta cuestión, los autores de estos escritos pretendían aportar soluciones de incuestionable estabilidad. La fiabilidad de sus propuestas la justificaban con la referencia y descripción de ejemplos reales contruidos de acuerdo a ellas o bien mediante el levantamiento de modelos a menor escala levantados para tal fin. Es decir, en aquella época los modelos no solo se realizaban por cuestiones artísticas para facilitar la visión final del elemento constructivo, sino que también venían a confirmar la exactitud geométrica de la traza propuesta.

Joseph Gelabert, maestro de obras mallorquín, así lo manifiesta en el prólogo al lector (folios 4r y 4v) de su manuscrito *Vertaderas traçes del Art de picapedrer*:

Lo que me ha movido, curioso lector, a escribir este libro....ha sido observar reiteradamente que cada cual enseña esta facultad a su manera, según su propia opinión. (...) Pero el caso es que, como las opiniones de los tracistas son tan diferentes, parece que se transmite una gran confusión a los que empiezan a practicar este oficio. Por lo menos a mí que, por curiosidad, a los dieciocho años de edad, poco más o menos, quise indagar el parecer de algunos acerca de ciertas trazas dificultosas, y viendo tanta diversidad de opiniones, no podía determinar a quién debía de dar crédito. Así que, (...) movido de buen celo, me puse a estudiar para ver si encontraría una regla segura, tal que, siguiéndola, no hubiese peligro de engañarse, (...) y con mi esfuerzo he encontrado lo que buscaba. Debo advertir que todas las trazas dificultosas, antes de ponerlas, las he hecho en modelo, y con mucha precisión. (Rabasa, 2011, p.25)

De igual manera, Martínez de Aranda (c.1600) afirma en su prólogo dirigido al lector que:

(...) siempre tuve cuidado (...) de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura.

Los tratados analizan modelos concretos, fundamentalmente arcos, bóvedas, órdenes arquitectónicos así como escaleras. Cada traza se describe habitualmente en un dibujo acompañado por una pequeña explicación. Con ello se buscaba la definición geométrica de cada una de las piezas del elemento de manera que se pudiera poner en práctica el modelo descrito. Esto significaba la definición tanto de las plantillas de las caras de las piezas como los ángulos entre las aristas, ambas cosas necesarias para su labra. En el llamado arte de la arquitectura esta cuestión era fundamental,

como así lo explica Ginés Martínez de Aranda al comienzo de su manuscrito *Cerramientos y trazas de montea* (c.1600):

Como considerase que muchos de los sabios arquitectos antiguos que escribieron en el arte de Arquitectura y la experimentaron en grandes edificios que al presente hay hechos no pusieron en plática los lineamentos de las trazas de montea [...] me pareció ponerlas por escritura [...] especialmente sabiendo la necesidad que el arte de arquitectura tiene de estas dichas trazas de montea por ser principal parte suya (Calvo, 2004, p.115).

Pero estos textos no solo aportaron soluciones a problemas constructivos, sino que también ayudaron a aumentar el reconocimiento público de los maestros de obra frente a los canteros. La capacidad para resolver las trazas más complejas contribuyó a convertir a los maestros en auténticas autoridades y distinguirles de los canteros (Calvo, 2004, p.115).

Si bien estos primeros escritos de cantería circulaban por la Península desde el s.XVI, no siempre tuvieron una amplia divulgación ni fueron accesibles a todos los maestros. Por este motivo, no es extraño que autores de escritos posteriores desconocieran la existencia de estos textos y que el contenido de su obra fuera resultado de su propia experiencia o de su entorno profesional más cercano. Este es el caso de J. Gelabert, el cual desconocía la existencia de textos especializados como el de Andrés de Vandelvira o Martínez de Aranda (c.1600) como así lo señala él mismo:

Sólo me queda advertir que hay libros impresos sobre muchas ciencias y artes (...) pero yo (...) no he podido aprovechar en mi escrito la autoridad de nadie, porque no ha salido a la luz ningún libro sobre este arte, sobre la lectura y explicación de las trazas (Rabasa, 2011, p.25).

14.1. Marco conceptual

Si bien es cierto que la arquitectura gótica como sistema había desaparecido en la época en que se escribieron los primeros manuscritos de cantería españoles, algunas de sus elementos como bóvedas o escaleras de caracol, continuaban empleándose (Bork, 2011, p.434). Por este motivo no es extraño que entre las trazas detalladas en estos primeros manuscritos que circulaban en los siglos XVI, XVII y XVIII puedan encontrarse las soluciones correspondientes al caracol de husillo junto al caracol con ojo, dos elementos muy característicos de la arquitectura tardogótica.

Los primeros textos de arquitectura escritos y publicados en España por autores no italianos son *Medidas del Romano...* de Diego Sagredo (1526) y el *Libro de arquitectura* de Hernán Ruiz el Joven (1560). Ambos escritos recogen enseñanzas de importantes maestros italianos (Cruz, 2001, p.49) junto con la novedosa descripción de elementos propios de la arquitectura española (García Melero, 2012, p.79), sin embargo ninguno de ellos incluye las escaleras de caracol con ojo. Los últimos folios del tratado de Hernán Ruiz recogen trazas de caracoles abovedados, así como de caracoles de piezas monolíticas que apoyan en un machón central (Navascués, 1974, p.18). Sin embargo, no incluye el caracol con ojo objetivo de nuestro estudio.

El primer autor español que describe ambas trazas, el caracol de husillo y el caracol con ojo, es Alonso de Vandelvira, que en su tratado *Libro de traças de cortes de Piedra* escrito en 1580, incluye la llamada “declaración del caracol de mallorca” junto a la tradicional “declaración del caracol de husillo”. También Rodrigo Gil de Hontañón en torno a las mismas fechas escribe un manuscrito del cual se conserva tan solo lo que Simón García recogió en los seis primeros capítulos de su libro *Compendio de architectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometría recoxido de dibersos autores naturales y estrangeros por Simón Garçía, architecto natural de Salamanca* (c.1681-1683). En él hace referencia tanto al “caracol de husillo” como al “caracol de ojo abierto”. Ya en el siglo XVII, Martínez de Aranda incluye la definición del “caracol de ojo que dicen de mallorca” junto al “caracol de husillo” en su tratado *Cerramientos y trazas de montea* (c.1600). Durante el mismo siglo, autores como Alonso de Guardia (c. 1600), Fray Lorenzo de San Nicolás (1639), Joseph Gelabert (1653) o Juan de Caramuel (1678) reúnen también en sus escritos las trazas de ambos caracoles. Para finalizar, en el siglo XVIII Juan de Portor y Castro (1708), Tomás Vicente Tosca (1712), Juan de Berruguilla (1747) o finalmente Benito Bails (1783) también incluyen en sus escritos estos caracoles (Sanjurjo, 2007 junio).

Otros autores, al igual que ocurriera con Hernán Ruiz, aún considerando el caracol entre sus trazas no incluyen el caracol con ojo o de mallorca. Este es el caso de Cristóbal de Rojas, el cual incluye en su tratado *Teoría y práctica de la fortificación* (1597) el dibujo correspondiente a un caracol de emperadores. A pesar de no poseer texto aclaratorio que lo acompañe puede apreciarse una cierta similitud con el definido por Vandelvira en su tratado. Sin embargo en el caso de Rojas, el caracol interior es de husillo y no de mallorca como el detallado por Vandelvira (Calvo, 1998 y Cámara, 2014). Por este motivo su análisis en este trabajo ha sido desestimado. Igual sucede con Joseph Ribes. Este escribe en 1708 *Libre de traces de biaix y montea*, en el que

incluye las trazas del caracol de husillo sin embargo omite la traza del caracol con ojo (Tellia, 2011, octubre).

No obstante, otros autores españoles de este tipo de textos no describen escalera de caracol alguna. Este es el caso Juan de Torija quien en su *Breve tratado de Género de bóvedas* escrito en 1661, centra su atención en el despiece de las bóvedas. O también Andrés Julián de Mazarrassa, autor entre 1750-1760 del *Tratado de Arquitectura*, el cual dedica un capítulo a la Montea y Cortes de Cantería. Por las numerosas citas de importantes tratadistas italianos y españoles, demuestra poseer un notable conocimiento de la literatura publicada sobre el tema, sin embargo entre las trazas objeto de su estudio no incluye ninguna escalera de caracol (Mazarrassa y Fernández, 1988). Por último, otros textos como el de Joseph Ximenez Donoso, escrito en el s.XVII, quedaron perdidos y se desconoce si su contenido incluía dichas trazas (Bonet, 1989, p.49).

En síntesis, este trabajo se centra en aquellos manuscritos y tratados españoles que describen entre sus trazas la escalera de caracol con ojo también denominada de mallorca.

14.2. Metodología de análisis de los modelos teóricos

Una vez establecidos los criterios de selección de la muestra y seleccionados los textos y sus trazas más representativas, se ha procedido a la recopilación de datos y su integración con el objetivo de elaborar una documentación completa de cada una de ellas. Esto ha facilitado posteriormente su análisis comparativo para finalmente obtener una serie de resultados y conclusiones. La metodología ha supuesto, por lo tanto, los siguientes pasos:

1. Documentación: el texto origen

En primer lugar se ha procedido a la selección, recopilación y revisión de todo tipo de documentación que aporte datos interesantes sobre cada uno de los textos seleccionados. Se han analizado tanto documentos escritos como documentos gráficos. Es interesante señalar que durante los últimos años, muchos de estos textos han sido objeto de numerosas investigaciones monográficas.

A partir de los datos extraídos se ha obtenido una breve memoria del texto origen de la traza a analizar. Esto permite situar la traza en un contexto.

2. Traza representativa del texto

De entre todas las trazas propuestas por el autor se ha seleccionado la correspondiente al caracol con ojo o de mallorca. En el caso que en el mismo texto se describieran distintas variantes de la misma, se ha seleccionado la traza más representativa. Se ha considerado como tal, la traza básica mencionada por el propio autor como traza de referencia para las demás variantes.

3. Integración de la información

Una vez identificados los textos sobre el caracol con ojo esenciales para la investigación, se ha elaborado como herramienta de trabajo una ficha de síntesis normalizada. El objetivo de dicha ficha ha sido sistematizar el estudio de cada una de los modelos teóricos seleccionados para su análisis. Esta ficha ha permitido identificar y extraer de cada traza analizada la información más relevante necesaria para llevar a cabo este estudio. Así mismo, al registrar los datos de una manera clara y homogénea, la ficha ha proporcionado un método perfecto para posteriormente relacionar los datos de los diferentes textos revisados.

El cuerpo de la ficha se ha estructurado en dos partes, cada una de las cuales se corresponde con la cara de una hoja.

Estructura de la ficha: Primera parte

La primera parte de la ficha recoge los datos generales sobre la fuente de la cual procede la traza, así como la información general sobre el conjunto de los caracoles contenidos en dicho texto-fuente. Esta primera parte queda organizada en los siguientes campos:

- Campo 1: Encabezado o título: “La escalera de caracol con ojo en los textos”.

Indica el tema a que se refiere el contenido de la ficha y permite, sin pérdida de tiempo tener una idea general de lo que contiene la ficha.

- Campo 2: Identificación

Esta se lleva a cabo mediante (Figura III-1):

- Número de identificación: Las fichas han sido ordenadas en base a criterios cronológicos y posteriormente se les ha asignado un número de identificación que ha permitido archivarlas ordenadamente.
- Nombre: Nombre del autor de la traza analizada.

*Figura III-1. Identificación. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)*

- Campo 3: “Línea temporal”

En un gráfico cronológico se han ordenado las distintas trazas analizadas (Figura III-2). Esto permite visualizar rápidamente la secuencia de los modelos estudiados a lo largo del tiempo y su localización relativa, e incluso observar la coexistencia de algunos de ellos. Sobre la línea de tiempo queda referenciada la traza correspondiente a la ficha y bajo ella las demás trazas analizadas.

Figura III- 2. Línea temporal. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)

- Campo 4: “Texto origen”

En este campo queda registrada la fuente de la traza cuyos datos quedan recogidos en la ficha (Figura III-3). Por un lado se identifica el texto original del cual procede la traza: nombre texto, autor y fecha de redacción. Y por otro el ejemplar de dicho texto que se ha examinado en este estudio: tipo de ejemplar —original, copia manuscrita, o ejemplar impreso indicando en este último caso el editor y el nº de edición—, nombre del texto, autor, fecha, localización —archivo o biblioteca— y signatura.

The figure shows a form titled 'Texto origen' (Text origin). It is divided into two main sections: 'Texto fuente' (Text source) and 'Ejemplar analizado' (Analyzed exemplar). The 'Texto fuente' section has fields for 'Nombre' (Name), 'Autor' (Author), and 'Fecha' (Date). The 'Ejemplar analizado' section has fields for 'Tipo' (Type), 'Nombre' (Name), 'Autor' (Author), 'Fecha' (Date), 'Localización' (Location), and 'Signatura' (Signature). There are also checkboxes for 'Original' and 'Copia' (Copy).

Figura III-3. Texto origen. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)

- Campo 5: “El caracol en el texto”

Como el propio nombre indica, este campo proporciona información sobre el conjunto de los caracoles incluidos en el texto-fuente. Estos datos contribuyen a enmarcar en un contexto la traza analizada:

[illegible]

Seguidamente se han señalado las alusiones a otros autores, ejemplos contruidos u otras reseñas, que el autor incluye en la descripción del conjunto de trazas de caracol (Figura III-5). Estas referencias son importantes ya que contribuyen a determinar las fuentes de conocimiento del autor, a parte de la propia experiencia que como garantía de estabilidad de los diseños propuestos aluden la mayoría de los autores, usualmente en el prólogo general.

EL CARACOL EN EL TEXTO	¿Caracol o escalera?	Definición escalera									
			Definición caracol									
		Referencias definición caracol	Otros autores									
			Ejemplos									
			Otros									
		Trazos de caracol							Trazos caracol helicoidal			
		Nº total trazos caracol	Forma de la caja		Nº trazos caracol con ojo	Solución ojo central						
			Tipo			Tipo						
			Circular	Nº		Radial	Nº					
			Cuadrada			No radial						
Ovalada, otras...			Tangencial									

Se continúa con el número total de trazas de caracol definidas en el tratado, sin distinción alguna entre husillo, con ojo, de emperadores, etc. El número de caracoles es señal también de la importancia que otorga el autor a este elemento. A continuación se ha registrado el número de trazas en función de la configuración de la

caja, ya sea circular, cuadrada, u ovalada y elíptica. Primeramente se ha señalado si el autor advierte sobre la posibilidad de trazar el caracol de acuerdo a alguno de esos diseños: con la “x” se indica que así es; el guión “-” apunta que el autor no alude dicha posibilidad. En segundo lugar se indica el número de trazas que el autor define específicamente con esa forma de caja. La distinción de ambos puntos se debe a que en algunos casos, el autor tiene presente la viabilidad de algunos diseños, más no aporta su definición concreta, lo más probable por considerarlas poco prácticas, poco habituales o de resolución similar a las previamente definidas (Figura III-6).

Caracol	Definición	Forma de la caja	nº trazas descritas
Caracol helicoidal	Definición helicoidal	Forma de la caja	nº trazas descritas
Caracol radial	Definición radial	Forma de la caja	nº trazas descritas
Caracol tangencial	Definición tangencial	Forma de la caja	nº trazas descritas

Figura III- 6. Número total de trazas de caracol. Ficha de síntesis modelos teóricos (Autor: P. Benítez)

Por último y concretando el tema, se indica el número de trazas de caracol con ojo o caracol helicoidal que se detallan en el texto, así como la solución adoptada para resolver el hueco central: solución radial, solución no radial, o solución tangencial. De nuevo aquí se advierte entre la posibilidad de llevar a cabo una solución y su definición en una traza concreta, ya que esto manifiesta de nuevo su interés para el autor (Figura III-7).

Caracol	Definición	Forma de la caja	nº trazas descritas
Caracol helicoidal	Definición helicoidal	Forma de la caja	nº trazas descritas
Caracol radial	Definición radial	Forma de la caja	nº trazas descritas
Caracol tangencial	Definición tangencial	Forma de la caja	nº trazas descritas

Figura III-7. Número de trazas de caracol con ojo. Ficha de síntesis modelos teóricos (Autor: P. Benítez)

- Campo 6: “Traza analizada”.

Cuando en un mismo tratado se definen varias trazas de caracol con ojo, se ha seleccionado la traza más elemental que los propios autores han señalado como

referencia para la definición de las demás. En este campo se precisa: su designación en el texto; el número de orden ocupado en el conjunto de las trazas de caracol definidas en el texto; y por último su definición mediante texto aclaratorio y/o dibujo. De estos últimos se añaden las miniaturas así como su localización en el texto mediante la designación del folio o página correspondiente (Figura III-8).

TRAZA ANALIZADA	Designación en tratado	Nº orden
	Texto aclaratorio	Dibujo
	Folio XXX	Folio XXX

*Figura III- 8 Trazas analizadas. Ficha de síntesis de modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)*

Estructura de la ficha: Segunda parte

La segunda parte de la ficha, coincidente con la cara posterior, como se ha señalado al comienzo de la descripción, recoge los parámetros geométricos que definen la traza y condicionan su seguridad y comodidad de uso. Como ya se señaló al comienzo de este trabajo, este estudio se centra en dos cuestiones importantes: la comodidad-seguridad de uso del caracol y en el consumo de material. En lo que se refiere al primer punto y como se ha indicado en apartados anteriores, la circulación de personas en el caracol se ve afectada por una serie de parámetros geométricos como son: la altura libre, el número de peldaños, la altura de la tabica, la profundidad de la huella o la longitud de la misma. Sin embargo existen también otros factores no geométricos que igualmente influyen en la circulación: la iluminación o la existencia de un pasamanos. En esta segunda parte de la ficha se han recogido todos aquellas datos que condicionan alguno de los factores antes mencionados.

Estos datos se han extraído bien de: (i) el texto aclaratorio, señalándose en dicho caso con una (T); (ii) el dibujo o gráfico señalándose con una (G); o bien (iii) se trata de un dato derivado de los anteriores, quedando señalado entonces con una (D).

La información se ha agrupado en los siguientes cinco campos:

- Campo 7 : “Caja”

Este campo reúne la información geométrica sobre la caja que contiene la escalera de caracol (Figura III-9):

- Tipo (de caja): pudiendo ser ésta circular, cuadrada, elíptica u otras
- Diámetro caja: dimensión del diámetro interior de la caja de la escalera. Cuando el autor no precisa un valor concreto se fija el valor genérico “L”.
- Diámetro del ojo: dimensión del diámetro del hueco interior u ojo de la escalera. Usualmente es proporción del diámetro de la caja y por lo tanto queda en función del mismo.
- Moldura interior: dimensión de la moldura interior. Al igual que el diámetro del ojo, la moldura suele fijarse en relación al diámetro de la caja.

Figura III-9. Datos geométricos de la caja. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)

- Campo 8: “Planta”

Este campo recopila los datos acerca de la configuración general de la planta del caracol, concretamente reúne información sobre (Figura III-10):

- Arranque: el cual puede ser dextrógiro o levógiro
- Nº de peldaños/vuelta: los cuales definen junto con la altura a salvar por la escalera, la altura de la tabica del módulo-peldaño.
- Ángulo del peldaño: obtenido al dividir 360° entre el número de peldaños.

- Altura a salvar por vuelta

CAJA	
Tipo	
Diámetro caja (2c)	
Diámetro del ojo (2a)	
Moldura interior (m)	

PLANTA	
Aranque	
Nº peldaños /vuelta	
Ángulo peldaño (α)	
Altura a salvar por vuelta	

Figura III-10. Datos geométricos de la planta. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)

- Campo 9: “Peldaño”

Este bloque recoge la información geométrica acerca del módulo-peldaño cuya repetición genera la escalera (Figura III-11):

- Solución hueco central: se distingue entre la tradicional solución radial, la solución no radial o la solución tangencial.
- Longitud del peldaño: el cual condiciona el ancho del tramo. Se ha distinguido entre el valor total y los valores útiles I, II, III y IV, cuya definición queda establecida gráficamente en los dibujos.
- Huella: de la cual se especifica el ancho, el área y el perímetro de la misma. Se ha distinguido entre el valor total y los valores útiles I, II, III y IV de los mismos, cuya definición queda establecida gráficamente.
- La altura de la tabica: estrechamente relacionada con el número de peldaños y altura a salvar.
- Relación H/T: es decir, la relación entre el ancho de la huella y la altura de la tabica
- Tipo de intradós: este puede ser escalonado, escalonado con pendiente, continuo con panza, continuo, acanalado, etc.
- Área de apoyo de un peldaño sobre otros: éste puede obtenerse por disposición radial o bien por disposición paralela a la tabica.

Solución hueco central			
Longitud	Longitud total (cm)		
	Longitud útil I (cm)		
	Longitud útil II (cm)		
	Longitud útil III (cm)		
	Longitud útil IV (cm)		
Huello	Ancho (a)	Ancho mínimo (cm)	
		Ancho máximo (cm)	
		Ancho útil I (cm)	
		Ancho útil II (cm)	
		Ancho útil III (cm)	
		Ancho útil IV (cm)	
	Área (A)	Área total (cm ²)	
		Área útil I (cm)	
		Área útil II (cm)	
		Área útil III (cm)	
	Perímetro (P)	Perímetro total (cm ²)	
		Perímetro útil I (cm)	
		Perímetro útil II (cm)	
		Perímetro útil III (cm)	
Tabica	Altura total (cm)		
	Relación H/T	Longitud total (cm)	
Tipo de intradós			
Área de apoyo sobre peldaño anterior-disposición			

Figura III-11. Valores parámetros geométricos del peldaños. Ficha de síntesis modelos teóricos (Autor: P. Benítez)

- Campo 10: "Consumo de material"

Reúne la información acerca del gasto de material necesario para la ejecución de la traza (Figura III-12):

- Dimensiones del sólido mínimo capaz que contiene la pieza de peldaño: incluida en este caso el área de apoyo de una pieza sobre otra. El sólido queda definido por las dimensiones en centímetros: "a" es ancho del sólido; "b" es la longitud del sólido; y "h" la altura.
- Volumen mínimo necesario por pieza: expresado en cm³
- Volumen total necesario por vuelta: obtenido al multiplicar el dato anterior por el número de peldaños por vuelta.

CONSUMO MATERIAL	
Dimensiones sólido capaz pieza peldaño (x, y, z) [cm]	
Volumen mínimo necesario por pieza [cm³]	
Volumen mínimo necesario por vuelta [cm³]	

Figura III- 12. Consumo de material. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)

- Campo 11: “Otros”

En este punto se recopila la información sobre aquellos factores no geométricos, que igualmente afectan a la seguridad y comodidad de personas que circulan por la escalera (Figura III-13):

- Pasamanos: en primer lugar se señala si el autor considera necesaria o recomendable su existencia; en segundo lugar, la distancia vertical hasta la huella.
- Iluminación: en primer lugar se señala si el autor considera explícitamente necesaria la existencia de luz; en segundo lugar el número de ventanas por vuelta.

OTROS		
Pasamanos	Existencia	
	Distancia al peldaño [cm] [px]	
Iluminación	Existencia	
	Huecos por vuelta	

Figura III-13. Otros. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)

Para finalizar se ha incluido un último campo:

- Campo 12 : “Notas”

Recoge las observaciones o aclaraciones a los campos definidos previamente. Así como los datos que no se corresponden con ninguno de los campos establecidos, pero aportan información complementaria para la identificación completa de la traza.

*Figura III- 14. Notas. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)*

Esta ficha se ha completado de forma individualizada para cada modelo teórico seleccionado.

4. Análisis individual y comparativo

Al reflejar de manera comprimida y manejable la información sobre cada uno de los modelos teóricos, las fichas de síntesis elaboradas ha permitido realizar la valoración individual de cada uno de ellos. Las fichas, al registrar los datos de una manera clara y homogénea, han permitido también comprobar y comparar lo que cada autor escribe acerca de los parámetros que determinan la geometría de estas escaleras. A partir de estas, se han elaborado gráficos y/o tablas que integran los distintos valores propuestos en los distintos modelos a un mismo parámetro. De esta manera se ha obtenido una visión conjunta que facilita el estudio comparativo de los mismos. La comparación gráfica de las distintas dimensiones, ha supuesto otro método rápido y eficaz de observar las variaciones en la morfología y las singularidades de unos casos respecto a otros.

La utilización de estos estudios comparativos ha constituido una valiosa vía de estudio.

De esta recopilación, integración y comparación minuciosa de datos, junto a toda la información documental reunida se han extraído los resultados de esta Parte III así como las conclusiones del trabajo de investigación.

16. ALONSO DE VANDELVIRA (1544-1626)

Alonso de Vandelvira fue un importante arquitecto y maestro cantero andaluz, nacido en Úbeda en 1544. Fue maestro de innumerables obras por toda Andalucía entre la que cabe destacar la Lonja o la Iglesia del Sagrario en Sevilla

16.1. Libro de cortes de cantería

Como tratadista escribió el *Libro de trazas de cortes de Piedras* entre 1575 y 1580, basándose en las enseñanzas y papeles de su padre, Andrés de Vandelvira, al igual que en su propia experiencia (Calvo, 2003, p.8). Lo redactó con la intención de publicarlo como demuestra la uniforme estructura del libro y similitud en la definición de las trazas, tanto en los dibujos como en la descripción textual del método. Sin embargo nunca llegó a la imprenta (Cruz, 2011, p.50). A pesar de ello logró una cierta difusión y prueba de ello es que circuló entre los maestros durante las obras del Monasterio del Escorial (Bonet, 1989, p.38). De éste tratado, el primero español dedicado enteramente a la estereotomía y labra de la piedra, se tiene conocimiento gracias a copias manuscritas que han llegado hasta nuestros días. La primera de ellas lleva por nombre *Libro de cortes de cantería de Alonso de Vande Elvira, arquitecto; sacado a luz y aumentado por Philipe Lázar de Goiti, arquitecto, maestro mayor de obras de la Santa Iglesia de Toledo..., dirigido a su Ilustrísimo Cabildo* fue transcrita por Felipe Lázar Goiti en 1646 y actualmente se conserva en la Biblioteca Nacional de España con la signatura Mss/12719. Este no es el único ejemplar atribuido a Goiti sobre el tratado, pero sí el primero, más completo y por ello el más estudiado. El segundo ejemplar escrito por Bartolomé de Sómbrigo y Salcedo aproximadamente en 1671 se conserva en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. En los años 90 del siglo pasado el manuscrito fue objeto de un minucioso análisis llevado a cabo por José Carlos Palacios como parte de su trabajo de tesis (Calvo, 2000).

Repetidamente se ha querido ver la influencia que sobre el tratado de Vandelvira tuvo el tratado del francés de Philibert de L'Orme, llamado *Le premier tome de l'architecture* (1567). Concretamente de los libros III y IV, los cuales están dedicados a la estereotomía de la piedra. Sin embargo, las coincidencias existentes en ambos tratados en cuanto a planteamientos y métodos son resultado de la herencia de una tradición medieval del corte de la piedra común tanto en el sur de Francia como en España y recibida por ambos autores (Bonet, 1989, p.37; Cruz, 2001, p. 48; García Melero 2012, p. 83).

El texto tiene un carácter eminentemente práctico, y de forma clara y muy bien estructurada, detalla las trazas y despieces de las soluciones más comunes a un problema constructivo, de forma que permite resolver con ellas cualquier variante que el arquitecto se pueda encontrar. Así lo indica P. L. Goiti (Vandelvira & Goiti, 1646) en el prólogo al lector:

(...) si bien no trate de todas las trazas que al arquitecto se le pueden ofrecer (porque en su infinidad fuera imposible) trataré a lo menos de las más esenciales, por las cuales bien entendidas fácilmente se puede venir en conocimiento de lasque más frecuentemente se les ofrezcan (...) (p.3)

Cada modelo queda definido con un dibujo acompañado por un sencillo texto que emplea “los vocablos vulgares más usados entre canteros” para facilitar al máximo su comprensión y hacerlo accesible a los distintos profesionales que intervienen en la construcción (Vandelvira & Goiti, 1646, p.3).

Las trazas que propone, quedan avaladas con frecuentes referencias a la obra de su padre, Andrés de Vandelvira. F.L. Goiti (1646) también reitera la correcta solución de las trazas, afirmando que ha comprobado todas y cada una de ellas realizando las correspondientes maquetas en yeso:

Pero he gastado mucho tiempo en disponerlos, corregir defectos en los lineamentos, por no ser fieles a las copias, y en probar los más de los cortes haciendo sus piezas de yeso: porque este arte no se alcanza solo con la lectura, sino que es necesario modelar y contrahacer una y muchas veces. Lo cual ha sido como examinar los dichos papeles en la piedra (...) y registrarlos en el contraste de la experiencia madre de todas las facultades (p.3).

El texto comienza con la “definición de la traza de cortes” así como con las definiciones básicas de geometría –punto, línea, tipos de línea, superficies, etc.– las cuales van acompañadas de pequeños dibujos aclaratorios. Seguidamente aborda la solución de pechinas, arcos, capialzados, troneras, caracoles, escaleras y capillas romanas. Para concluir incluye una tabla de contenidos del libro de cortes de piedra (Figura III-15).

Traza de una gran escalera	fol. 1	Traza de una gran escalera	fol. 1
Traza de una gran escalera	fol. 2	Traza de una gran escalera	fol. 2
Traza de una gran escalera	fol. 3	Traza de una gran escalera	fol. 3
Traza de una gran escalera	fol. 4	Traza de una gran escalera	fol. 4
Traza de una gran escalera	fol. 5	Traza de una gran escalera	fol. 5
Traza de una gran escalera	fol. 6	Traza de una gran escalera	fol. 6
Traza de una gran escalera	fol. 7	Traza de una gran escalera	fol. 7
Traza de una gran escalera	fol. 8	Traza de una gran escalera	fol. 8
Traza de una gran escalera	fol. 9	Traza de una gran escalera	fol. 9
Traza de una gran escalera	fol. 10	Traza de una gran escalera	fol. 10
Traza de una gran escalera	fol. 11	Traza de una gran escalera	fol. 11
Traza de una gran escalera	fol. 12	Traza de una gran escalera	fol. 12
Traza de una gran escalera	fol. 13	Traza de una gran escalera	fol. 13
Traza de una gran escalera	fol. 14	Traza de una gran escalera	fol. 14
Traza de una gran escalera	fol. 15	Traza de una gran escalera	fol. 15
Traza de una gran escalera	fol. 16	Traza de una gran escalera	fol. 16
Traza de una gran escalera	fol. 17	Traza de una gran escalera	fol. 17
Traza de una gran escalera	fol. 18	Traza de una gran escalera	fol. 18
Traza de una gran escalera	fol. 19	Traza de una gran escalera	fol. 19
Traza de una gran escalera	fol. 20	Traza de una gran escalera	fol. 20
Traza de una gran escalera	fol. 21	Traza de una gran escalera	fol. 21
Traza de una gran escalera	fol. 22	Traza de una gran escalera	fol. 22
Traza de una gran escalera	fol. 23	Traza de una gran escalera	fol. 23
Traza de una gran escalera	fol. 24	Traza de una gran escalera	fol. 24
Traza de una gran escalera	fol. 25	Traza de una gran escalera	fol. 25
Traza de una gran escalera	fol. 26	Traza de una gran escalera	fol. 26
Traza de una gran escalera	fol. 27	Traza de una gran escalera	fol. 27
Traza de una gran escalera	fol. 28	Traza de una gran escalera	fol. 28
Traza de una gran escalera	fol. 29	Traza de una gran escalera	fol. 29
Traza de una gran escalera	fol. 30	Traza de una gran escalera	fol. 30
Traza de una gran escalera	fol. 31	Traza de una gran escalera	fol. 31
Traza de una gran escalera	fol. 32	Traza de una gran escalera	fol. 32
Traza de una gran escalera	fol. 33	Traza de una gran escalera	fol. 33
Traza de una gran escalera	fol. 34	Traza de una gran escalera	fol. 34
Traza de una gran escalera	fol. 35	Traza de una gran escalera	fol. 35
Traza de una gran escalera	fol. 36	Traza de una gran escalera	fol. 36
Traza de una gran escalera	fol. 37	Traza de una gran escalera	fol. 37
Traza de una gran escalera	fol. 38	Traza de una gran escalera	fol. 38
Traza de una gran escalera	fol. 39	Traza de una gran escalera	fol. 39
Traza de una gran escalera	fol. 40	Traza de una gran escalera	fol. 40
Traza de una gran escalera	fol. 41	Traza de una gran escalera	fol. 41
Traza de una gran escalera	fol. 42	Traza de una gran escalera	fol. 42
Traza de una gran escalera	fol. 43	Traza de una gran escalera	fol. 43
Traza de una gran escalera	fol. 44	Traza de una gran escalera	fol. 44
Traza de una gran escalera	fol. 45	Traza de una gran escalera	fol. 45
Traza de una gran escalera	fol. 46	Traza de una gran escalera	fol. 46
Traza de una gran escalera	fol. 47	Traza de una gran escalera	fol. 47
Traza de una gran escalera	fol. 48	Traza de una gran escalera	fol. 48
Traza de una gran escalera	fol. 49	Traza de una gran escalera	fol. 49
Traza de una gran escalera	fol. 50	Traza de una gran escalera	fol. 50
Traza de una gran escalera	fol. 51	Traza de una gran escalera	fol. 51
Traza de una gran escalera	fol. 52	Traza de una gran escalera	fol. 52
Traza de una gran escalera	fol. 53	Traza de una gran escalera	fol. 53
Traza de una gran escalera	fol. 54	Traza de una gran escalera	fol. 54
Traza de una gran escalera	fol. 55	Traza de una gran escalera	fol. 55
Traza de una gran escalera	fol. 56	Traza de una gran escalera	fol. 56
Traza de una gran escalera	fol. 57	Traza de una gran escalera	fol. 57
Traza de una gran escalera	fol. 58	Traza de una gran escalera	fol. 58
Traza de una gran escalera	fol. 59	Traza de una gran escalera	fol. 59
Traza de una gran escalera	fol. 60	Traza de una gran escalera	fol. 60
Traza de una gran escalera	fol. 61	Traza de una gran escalera	fol. 61
Traza de una gran escalera	fol. 62	Traza de una gran escalera	fol. 62
Traza de una gran escalera	fol. 63	Traza de una gran escalera	fol. 63
Traza de una gran escalera	fol. 64	Traza de una gran escalera	fol. 64
Traza de una gran escalera	fol. 65	Traza de una gran escalera	fol. 65
Traza de una gran escalera	fol. 66	Traza de una gran escalera	fol. 66
Traza de una gran escalera	fol. 67	Traza de una gran escalera	fol. 67
Traza de una gran escalera	fol. 68	Traza de una gran escalera	fol. 68
Traza de una gran escalera	fol. 69	Traza de una gran escalera	fol. 69
Traza de una gran escalera	fol. 70	Traza de una gran escalera	fol. 70
Traza de una gran escalera	fol. 71	Traza de una gran escalera	fol. 71
Traza de una gran escalera	fol. 72	Traza de una gran escalera	fol. 72
Traza de una gran escalera	fol. 73	Traza de una gran escalera	fol. 73
Traza de una gran escalera	fol. 74	Traza de una gran escalera	fol. 74
Traza de una gran escalera	fol. 75	Traza de una gran escalera	fol. 75
Traza de una gran escalera	fol. 76	Traza de una gran escalera	fol. 76
Traza de una gran escalera	fol. 77	Traza de una gran escalera	fol. 77
Traza de una gran escalera	fol. 78	Traza de una gran escalera	fol. 78
Traza de una gran escalera	fol. 79	Traza de una gran escalera	fol. 79
Traza de una gran escalera	fol. 80	Traza de una gran escalera	fol. 80
Traza de una gran escalera	fol. 81	Traza de una gran escalera	fol. 81
Traza de una gran escalera	fol. 82	Traza de una gran escalera	fol. 82
Traza de una gran escalera	fol. 83	Traza de una gran escalera	fol. 83
Traza de una gran escalera	fol. 84	Traza de una gran escalera	fol. 84
Traza de una gran escalera	fol. 85	Traza de una gran escalera	fol. 85
Traza de una gran escalera	fol. 86	Traza de una gran escalera	fol. 86
Traza de una gran escalera	fol. 87	Traza de una gran escalera	fol. 87
Traza de una gran escalera	fol. 88	Traza de una gran escalera	fol. 88
Traza de una gran escalera	fol. 89	Traza de una gran escalera	fol. 89
Traza de una gran escalera	fol. 90	Traza de una gran escalera	fol. 90
Traza de una gran escalera	fol. 91	Traza de una gran escalera	fol. 91
Traza de una gran escalera	fol. 92	Traza de una gran escalera	fol. 92
Traza de una gran escalera	fol. 93	Traza de una gran escalera	fol. 93
Traza de una gran escalera	fol. 94	Traza de una gran escalera	fol. 94
Traza de una gran escalera	fol. 95	Traza de una gran escalera	fol. 95
Traza de una gran escalera	fol. 96	Traza de una gran escalera	fol. 96
Traza de una gran escalera	fol. 97	Traza de una gran escalera	fol. 97
Traza de una gran escalera	fol. 98	Traza de una gran escalera	fol. 98
Traza de una gran escalera	fol. 99	Traza de una gran escalera	fol. 99
Traza de una gran escalera	fol. 100	Traza de una gran escalera	fol. 100

Figura III- 15. 2ª página de contenidos. Libro de cortes de Piedras
(Autor: Vandelvira & Goiti)

Las trazas concernientes a los caracoles quedan recogidas en una única sección junto con las escaleras. Es importante subrayar que en el manuscrito no se designa nunca a los caracoles como escaleras, realizando una distinción evidente entre ambos. Este capítulo incluye la definición de siete trazas de caracol, organizadas de acuerdo a su complejidad y comenzando por la más sencilla:

- declaración del caracol de husillo
- declaración del caracol de mallorca
- declaración del caracol exento
- declaración del caracol exento alrededor de una columna
- caracol de mallorca oval
- caracol de emperadores
- caracol de emperadores cuadrado

Son pocas las referencias incluidas en sus definiciones de esta sección. En ningún momento menciona Vandelvira a otros autores. Si cita sin embargo ejemplos contruidos: el caracol de emperadores cuadrado contruido en la torre de la Iglesia Mayor de Sevilla; y el caracol Vía de San Gil –cuyo nombre según indica procede de la villa de San Gil en Francia– contruido en la Casa Real de la Alhambra en Granada.

16.2. Traza analizada: Declaración del caracol de mallorca

De los siete caracoles detallados en el manuscrito se ha seleccionado para su análisis el caracol de mallorca al tratarse de ejemplos elemental de caracol con ojo (Figura III-16).

La trascripción del mismo se ha extraído de la publicación *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira. Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés del auto* (Barbe-Coquelin, 1977).

Declaración del caracol de mallorca

Para trazar este caracol harás así que trazarás la caja, luego partirás el diámetro en seis partes y con la una harás el ojo A. que viene a tener dos partes y la otra parte será moldura y las cuatro restantes será el paso; luego trazarás la planta del paso que tiene un pie de ancho por la cercha B. y sin la ligazón de la una parte del 2. Al 3. y medio pie de alto. Luego, trazado el molde con aquella moldura que parece, echarás aquella línea desde el punto que llegue al bocel; luego, para echar esa otra línea D., lo que hay del punto 4. al punto C. echarlo has del punto 4. en la cercha, luego llevarasla al punto del medio o centro y hace aquella línea D., luego para haber de labrar un paso sacarás un contramolde por las líneas C. y D: y la planta del paso; y con este contramolde labrarás la piedra que tenga medio pie de alto como dicho tengo; luego, labrada la piedra con el contramolde como dicho tengo, trazarás el lecho alto de la misma manera que está en la traza con la moldura y señalarás la línea 2. que es la ligazón del paso de encima; luego, para trazar el lecho bajo trazarás en él la línea 5. y revirarás el molde hasta que la línea 3. llegue a la línea 5. y el bocel de la moldura a la línea D.; luego traza la moldura en el lecho bajo estando el molde de esta manera, luego labra a regla por el dicho lecho bajo lo que hay de la línea 5. a la línea y arista 3. Luego para haber de labrar la moldura se han de sacar aquellas cerchas extendidas, las cuales se sacan de esta manera: lo que hay de la F. a la G. son dos anchuras de paso junto a la moldura y traídas al centro y en ellas echarás aquellas cerchas de la moldura, luego en una línea echarás dos alturas de paso que son de la I. a la M., luego las dos anchuras que hay de la F. a la G. echarás de la I. a la N., luego para sacar la cercha R. echarás una línea de la M. a la N. y partirás el medio, y en él echarás lo que hace de cercha en la planta y por la misma orden las demás, y las que son para el medio bocel hacia dentro o centro han de ser redondas y las que han de ser de medio bocel hacia el paso han de ser cavadas; hanse de acoplar las cerchas que miren al centro y la regla que mire hacia la línea D. y C.

Si quisieres echar pasamano, echarlo has a trainel de los pasos como parece en la línea T., que suba a plomo hasta cuatro pies, luego vuelva a trainel de las gradas como dicho tengo; el molde V. es cuadrado para la junta x. y el molde g. es extendido para la junta Z. y porque el entenderle es manifiesto no diré más de ello. Lábrese el pasamano con las cerchas de aquí debajo de la traza, las cuales se extienden de este manera: lo que hay de la N. a la F. son dos alturas de paso y lo que hay de la N. a la h. son dos alturas y allí las extenderás como dije en las pasadas y con estas labrarás la moldura del pasamano que va a trainel de las gradas porque lo que deciente a plomo ha de ir a regla; por estas dos cerchas sacarás las demás.

La basa O. podrás echar en el primer paso, la cual ha de guardar las molduras de la planta, las de la basa las de la planta a plomo y las de la basa a nivel; el que la labrare bien no dejará de entender bien el labrar trainel porque tiene de guardar esta moldura la moldura del molde de paso y la de la basa y ha de ir revirada conforme al paso (pp.91-92).

Figura III- 16. Caracol de mallorca. Libro de cortes de Piedras
(Autor: Vandervira & Goiti)

17. RODRIGO GIL DE HONTAÑÓN (1500-1577)

Rodrigo Gil de Hontañón nació en el 1500 en Rascafría, provincia de Segovia. Fue un destacado arquitecto que intervino como maestro mayor y tracista en numerosas e importantes obras de la época, como por ejemplo las catedrales de Segovia, Salamanca, Santiago de Compostela y Ciudad Rodrigo.

Es una figura esencial en la corriente tardogótica española, que supo combinar elementos de clara tradición medieval con elementos de la nueva corriente renacentista que comenzaba a florecer en Europa.

17.1. Compendio y simetría de los templos

Como tratadista, escribió entre 1550 y 1580 un manuscrito del cual se conserva tan solo lo que Simón García recogió en los seis primeros capítulos de su libro *Compendio de architectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometría recogido de diversos autores naturales y extranjeros por Simón García, architecto natural de Salamanca* escrito en 1681 (Bonet, 1989 y Huerta, 2013) y conservado en la Biblioteca Nacional de España con la signatura Mss/8884. En él aborda de forma general las dimensiones de muros y contrafuertes, en función de las luces que cubren las bóvedas; arranque de los estribos, así como torres de fachadas de iglesias, ventanas, escaleras de caracol y linternas.

El tratado busca constantemente la conciliación del gótico con el renacimiento. Muestra de ello es el establecimiento de dichas dimensiones conforme a las medidas del cuerpo humano continuando lo que Vitruvio, fuente fundamental de la nueva corriente renacentista, propuso en su primer libro:

Aquí se prueba lo que él (Vitruvio) dice en el capítulo primero (...) Y siendo todos juntos vinieron a decir que los edificios fuesen repartidos por el menor mundo que era el cuerpo del hombre (...) en el hallaron dos cuerpos regulares que es cuadrado y redondo. Y así dice Vitruvio que fue mandado en este concilio que desde allí adelante todos los artistas labrasen y rigiesen por la medidas del cuerpo humano (García, S., c.1681-1683)

Se trata del nuevo concepto renacentista de referir las dimensiones de la arquitectura a la figura humana. Es decir, las partes del edificio deben conservar una cierta relación al igual que las distintas partes del cuerpo humano, las cuales

determina Gil de Hontañón en el capítulo 2 del tratado. En él se establece que la altura de un cuerpo contiene diez rostros, o cuatro codos, u ocho cabezas, u ocho palmos o seis pies. Dado que el cuerpo se podía inscribir en un cuadrado, la distancia horizontal de un cuerpo con los brazos extendidos hasta la punta del dedo mayor, es igual a la altura de seis pies.

17.2. Traza analizada: caracol con ojo abierto

Gil de Hontañón aborda el tema de los caracoles en el capítulo cuatro titulado “Cap.4 que trata de luces, torres y caracoles”. Es importante señalar, que Gil de Hontañón al igual que Vandelvira no emplea la palabra escalera para designar a los caracoles.

Un breve texto aclaratorio acompañando a un único dibujo, recogidos en los folios 10v y 11r, reúne la información relativa a ambas tipologías de escalera circular, el husillo y el caracol con ojo (Figura III-17). Sin embargo, al igual que en el resto del tratado solo se limita a establecer las dimensiones generales por analogía a las medidas del cuerpo humano. De esta forma, para determinar las dimensiones del nabo o del ojo del caracol acude al rostro, mientras que para la longitud del paso recurre a los brazos abiertos. En ningún momento entra en grandes detalles en lo que al despiece y la labra se refiere, por considerar evidente su conocimiento (Bonet, 1989, p.35; Huerta, 2013, p.112). De este modo la traza del caracol con ojo expuesta en el folio 11r, podría tratarse de un tradicional caracol de mallorca o bien del denominado Vía de San Gil o incluso de una variante de este último (Calvo, 2004, p.109):

los caracoles o husillos que se suele hacer en estas plantas y edificios porque vaya medido todo con la Razón del cuerpo humano, se harán de esta manera que tendida una figura con los brazos abiertos, lo que tiene de ancho la cabeza que son tres tercios como ¿? Es, tenga de cabeza el ¿?

caracol o husillo, y siendo caracol por tener el ojo abierto, se le podrá dar el ancho de la cabeza declaro, y más su grueso conforme una tercia parte de la anchura del mismo ojo. Lo que tiene de allí a la mano es el ancho de los pasos, los cuales han de ser de una altura medida que vengan a conformar dando una vuelta por encima de la puerta porque no ocupen ni queden altos que es feo ni bajos que es falso. común se les suele dar una cuarta de alto o una quinta de vara esto quede según la disposición; lo que tiene se allí de las manos desde la junta al cabo de los dedos, significa pared, si le sacaren fuera la groseza del

ojo, pueden licenciosamente darle fuera de los dedos la pared. Y así lo muestra esta figura (García S., c.1681-1683, pp.10v-11r).

Gil de Hontañón es el maestro que generalizó el uso del caracol con ojo, hasta el punto de ser uno de los elementos más representativos de su arquitectura.

Caracol, Ohusillo, y siendo caracol portener el ojo, a
bierto, selegodni dar el ancho dela caueca & claro y mas
ingruoso conforme vnaterpia parte dela anchura. El
mismo ojo. loquetiene & alli ala mano es el ancho &
los pasos, los quales andeser de vna altura medida que
bengan aconformar dando vnabuelta por cima & la
puerta porque no oupen, ni queden altos que es feo
ni bajos que es falso. comun seleguedar vna quarta & alta
o vna quinta de laa esto queda segun la disposicion; loquetiene
& alli & las manos desde la punta al cauo delos dedos. signifi
ca pared, & leuauenen fuera la trosera del ojo, pueden
licenciosamente darle fuera & los dedos la pared. & asilo
muestra esta figura.

Figura III- 17. Caracol. Compendio de architectura y simetría de los templos, folio 11r
(Fuente: García, c.1681-683)

18. GINES MARTÍNEZ DE ARANDA (1556-1620)

Ginés Martínez de Aranda fue un importante arquitecto y maestro cantero andaluz de finales del s.XVI y principios del s.XVII. Nacido en 1556 fue maestro de las catedrales de Cádiz y Santiago de Compostela.

18.1. Cerramientos y trazas de montea

Entre 1598 y 1608 Aranda escribió el tratado de cantería denominado *Cerramientos y trazas de montea* dedicado a su protector, el arzobispo don Maximiliano de Austria (Calvo, 2000, p. 96). Si bien el manuscrito fue concebido para su publicación, al igual que el de Vandelvira, nunca llegó a imprimirse manteniéndose en círculos de carácter privado. Las referencias a su existencia son numerosas, pero no se conoció su contenido concreto hasta 1899 cuando el capitán Quiroga adquiere para la Biblioteca del Museo de Ingenieros del Ejército una copia incompleta del mismo. Dicha copia, atribuida al mismo Ginés Martínez de Aranda, se encuentra actualmente en la Biblioteca Central Militar con la signatura Ms-457 y fue publicada en edición facsímil en 1986. En fecha más reciente, el tratado ha sido objeto de un exhaustivo análisis en la tesis doctoral de José Calvo López defendida en 1999 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

En la introducción, “Al lector”, Martínez de Aranda (c.1600) explica que la obra se compone de cinco partes:

(...) me pareció por más claridad dividir las en cinco partes en la primera trataré de arcos dificultosos en la segunda de capialzados y puertas en la tercera de caracoles y escaleras en la cuarta de pechinas y bóvedas en la quinta de capillas y ochavos (...).

Sin embargo, el ejemplar conservado solo recoge las tres primeras secciones, a lo que hay que añadir que la última de ellas dedicada a caracoles y escaleras, y por este motivo objeto de mi interés, se encuentra incompleta.

Todas ellas repiten un guión similar: comienza con una pequeña introducción del capítulo y las llamadas *definitiones* para posteriormente concretar las trazas. Éstas quedan detalladas en un dibujo acompañado de un texto aclaratorio, como es común en este tipo de documentos. En primer lugar aborda la traza más representativa del conjunto de elementos a estudiar describiéndola extensa y minuciosamente.

Posteriormente explica de forma más breve y con referencias a la anterior, variaciones de la misma (Calvo, 2000, pp.99-100).

Martínez de Aranda comienza la tercera parte de *Cerramientos* realizando una breve definición de los términos caracol y escalera (Figura III-18). Al igual que hicieran Vandelvira y Gil de Hontañón, Aranda (c.1600) no considera al caracol como escalera:

Caracoles son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta circularmente y las piezas de los cerramientos miraren a un centro (...)

Escaleras son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta de cuadrado y dejaren hechas alguna manera de mesas y descansaderos sobre que se han de formar las vueltas (...) (p.213)

En el manuscrito se describen un total de once trazas de caracol, frente a las siete definidas en el tratado de Alonso de Vandelvira:

- Caracol de husillo
- Caracol de husillo de dos subidas
- Caracol en vuelta que dicen Vía de San Gil de bóveda concurriente alrededor de un macho redondo de hiladas concurrientes
- Caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo
- Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas concurrientes alrededor de un macho redondo
- Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo
- Caracol en vuelta con su cerramiento plano a regla de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo de dos subidas
- Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia
- Caracol exento alrededor de un macho redondo capialzado en circunferencia de dos subidas
- Caracol de ojo que dicen de Mallorca
- Caracol de ojo redondo de dos subidas

Figura III-18. Tercera parte Cerramientos y trazas de montea
(Autor: G. Martínez de Aranda)

Todas ellas, de planta circular, son descritas en gran detalle. Las nueve primeras poseen macho en su centro, mientras que las dos últimas son del tipo de caracol con ojo. En su definición Aranda no cita a ningún autor ni menciona ningún ejemplo construido, tan solo hace referencia a otras definiciones previas incluidas en el mismo tratado.

18.2. Traza analizada: Caracol de ojo que dicen de mallorca

De las soluciones de caracoles propuestas en el manuscrito de Ginés Martínez de Aranda se ha analizado en detalle el “Caracol de ojo que dicen de Mallorca” –folios 246 y 248– por tratarse del caracol más representativo y elemental del caracol con ojo (Figura III-19).

En dichos folios, Martínez de Aranda (c.1600) describe:

Para trazar este dicho caracol de ojo le formarás la planta como parece entre las circunferencias A B la circunferencia A es el ojo del dicho caracol y la circunferencia B es la pared que sirve de caja del dicho caracol y verás en cuantos pasos quisieres repartir la vuelta del dicho caracol supongo que se repartió en doce pasos y cada uno ha de tener una cuarta de alto de manera que vendrá a tener de alto la subida en toda una vuelta tres varas de medir con

el grueso de unos pasos y en uno de estos dichos pasos formarás la planta por cara como parece en la figura C que está entre los ángulos 1 2 3 4 y con esta dicha planta por cara labrarás primero los pasos de cuadrado que tengan una cuarta de alto como arriba es dicho y después los robarás por lo bajo con el robo que parece entre las líneas 5 6 y por la moldura del ojo la robarás con el robo que parece entre las circunferencias 1 7 que vaya a morir el dicho robo a el lecho alto del dicho paso a la línea 6 y a la circunferencia 1 y en la dicha moldura del ojo le robarás por la parte alta el robo que parece entre las circunferencias 4 8 y ha de quedar de cuadrado para lecho por la parte baja del dicho paso la distancia que hubiere entre las líneas 5 9 que es lo que asienta de cuadrado el paso alto sobre el bajo y ha de quedar de huella para el dicho paso por la parte de arriba la distancia que hubiere entre las líneas 9 10 y ha de quedar de lecho por la parte de arriba la distancia que hubiere entre las líneas 10 6 y si este dicho caracol hubiere de llevar pasamano lo formarás y le extenderás la moldura como se hizo en el caracol de husillo a 227 planas de este libro y si hubiere de llevar moldura en el ojo se labrará con la cercha extendida D que se extendió por circunferencia concurriente con el ancho y alto de dos pasos tomados por el ojo como se hizo en la primera definición de esta tercera parte figura B (pp.223-224).

Figura III- 19 Caracol con ojo que dicen de mallorca. Cerramientos y trazas de montea, folio 249
(Autor: G. Martínez de Aranda)

19. ALONSO DE GUARDIA (¿?-¿?)

Cerca del año 1600, las páginas en blanco de un ejemplar del libro *Di Battista Pittoni pittore vicentino anno MDLXVIII Imprese di diuersi prencipi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini letterati et illustri con alcune stanze del Dolce che dichiarano i motti di esse imprese* se emplearon como cuaderno de notas y apuntes principalmente sobre estereotomía. El manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de España con la signatura ER/4196 fue atribuido a un tal Alonso de Guardia ya que este nombre aparecía repetidas veces en sus hojas, sin embargo nada más se conoce acerca de este personaje.

19.1. Sobre un ejemplar del libro Di Battista Pittoni

El manuscrito se centra en el despiece de pechinas, arcos, bóvedas, capialzados, capillas y caracoles. Sin embargo no es el único tema que le ocupa, ya que también incluye apuntes del orden toscano y dórico, del alzado de una portada, algún concepto básico de geometría, así como una breve nota sobre la “memoria de los materiales para hacer betún de las cañerías de las fuentes” (p.57r). En los breves análisis que se han realizado sobre este manuscrito, se ha querido ver una clara relación entre las trazas de Martínez de Aranda y Alonso de Guardia, pero no como copia de uno a otro, sino como textos con un mismo origen o escuela común (Calvo, 2000, pp.85-100). Estos apuntes y notas no fueron en ningún momento escritos con el deseo de recopilar información para posteriormente difundirla. Carece de la intención didáctica que tanto caracteriza a los otros escritos que han sido analizados. Prueba de ello es el desorden de las trazas, las cuales no quedan agrupadas por familias; la existencia de hojas en blanco intercaladas; dibujos sobre conceptos de geometría delineados al revés; la existencia de trazas incompletas, sin texto aclaratorio e incluso sin título o notación alguna. Carece así mismo de introducción y de tabla de contenidos.

Sobre escaleras, de Guardia solo incluye trazas de escaleras de caracol. Es importante señalar que al igual que los autores anteriores en ningún momento se refiere a ellos como un tipo de escalera.

Concretamente presenta por este orden los esquemas:

- caracol de husillo
- caracol de mallorca (I)
- caracol abovedado o Vía de San Gil

- caracol de mallorca (II)

El apunte sobre el caracol de husillo no incluye título ni texto aclaratorio. Tan solo presenta el esquema general de una planta tipo y su división en 22 peldaños en disposición radial y sin pasamanos. En ningún momento se detalla el área de apoyo de uno peldaño sobre otro, la altura de la tabica, o cualquier otra dimensión. Sí muestra la necesidad de iluminación del espacio mediante dos huecos opuestos y abiertos en el muro de la caja de la escalera.

Al igual que en casos anteriores el análisis se centra en el caracol de mallorca.

19.2. Traza analizada: caracol de mallorca

Junto a la traza del caracol de husillo, de Guardia expone también la traza de un caracol con ojo o de mallorca (I) (Figura III-20). Al igual que en el caso anterior no incluye ni título ni texto aclaratorio. La planta del caracol queda dividida en 12 peldaños en disposición radial con una moldura en la parte correspondiente al hueco interior. Si bien no incluye dimensiones de ninguno de los elementos, sí detalla el área de apoyo de un peldaño sobre otro y las cerchas para la labra de las molduras. En esta traza se puede apreciar una cierta similitud con la traza correspondiente definida por Martínez de Aranda: el número de peldaños, la moldura interior y el área de apoyo de uno sobre otro resuelta radialmente.

Figura III-20. Caracol de mallorca (I)
(Autor: A. de Guardia)

De Guardia incluye una nueva traza de caracol con ojo o de mallorca (II) en una página bastante posterior (Figura III-21). En este caso la traza, si bien es semejante al descrito previamente, posee una moldura interior diferente y el área de apoyo resuelta paralelamente a la tabica del peldaño. El dibujo tiene la particularidad de ir esta vez acompañada de un texto aclaratorio cuya transcripción se ha incluido:

A es figura de la caja del caracol de mallorca.

B es planta del dicho caracol primero se labraran las piezas de cuadrado con la forma que demuestran los cuatro ángulos señalados con el número 1 y después se robará por el lecho alto con el robo señalado con el número 2 y por el lecho bajo se robara con el robo que hubiere entre las dos líneas señaladas con los números 3-4.

C es figura de la circunferencia extendida que ha de llevar el pasamano del dicho caracol esta se extiende por circunferencia concurrente tomando el ancho de dos pasos desde el punto 5 al punto 6 y este tamaño echarás desde el punto 7 al punto 8 y después echarás perpendicularmente el de los dos pasos desde el punto 8 al punto 9. Desde este dicho punto 9 al punto 7 tirarás la línea concurrente señalada con el 10 y después tomarás el desvío que hubiere desde el punto 11 al punto 12 lo echarás y este tamaño echarás desde el punto 13 al punto 14 con una circunferencia extendida cogerás los dichos tres puntos señalados con los números 7-14-9 como parece en la circunferencia concurrente señalada con el número 15 y de esta manera se han de extender todas las circunferencias concurrentes.

D es figura de la circunferencia extendida con que se ha de labrar la moldura del ojo del dicho caracol. Esta se extiende por circunferencia concurrente con el ancho que tuvieren los dos pasos en el dicho ojo y con el alto de los dichos dos pasos conforme se extendió en la figura señalada con la C¹⁴.

¹⁴ Transcripción realizada por Patricia Benítez de la página 83 posterior del tratado DE GUARDIA, A. (c.1600). Manuscrito de arquitectura y cantería (sobre ejemplar Di Battista Pittoni pittore vicentino anno MDLXVIII Imprese di diuersi prencipi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini letterati et illustri con alcune stance del Dolce che dichiarano i motti di esse imprese). Madrid, Biblioteca Nacional de España.

20. FRAY LORENZO DE SAN NICOLAS (1553-1579)

Ya en el siglo XVII uno de los principales tratados sobre arquitectura que se publica, junto con el de Caramuel, fue el del fraile agustino descalzo Fray Lorenzo de San Nicolás (García Melero, 2012, p.124).

De San Nicolás nació en la villa de Madrid en 1593 (Díaz, 2004, p.160) y fue principalmente en esta ciudad donde desarrolló su profesión de arquitecto de la corte y donde escribió su tratado *Arte y uso de Architectura*. De los libros escritos sobre estereotomía durante este siglo, éste fue quizás el que alcanzó mayor difusión no solo en España sino también en América (Bendala, 2003, p.535).

20.1. Arte y uso de Architectura

El tratado está dividido en dos volúmenes independientes. El hecho de que ambos carecieran de fecha y lugar de impresión ha supuesto una sucesión constante de errores en su datación. Sin embargo, las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años por Félix Díaz Moreno (2004) sobre el tema han permitido precisar inequívocamente 1639 como el año de la publicación de la primera parte y 1665 como año de publicación de la segunda. Como Díaz Moreno aclara, este problema estuvo motivado por la paralización de la edición del tratado, preparado desde 1633, a causa de una serie de denuncias por parte del también tratadista Juan de Torija, que luego se demostraron inciertas.

En opinión de Fray Lorenzo, un “buen Architecto, necesita de ser buen Aritmetico, y buen Geometra” (1639, prólogo), por lo que la “Architectura...se funda en demostraciones causadas de líneas, y cantidades, o números, que es lo mismo” (1639, cap.I, p.I). Y “deseando juntar lo necesario destas tres Artes” (1639, cap.I, p.I). escribe su tratado con la finalidad última de enseñar “todo lo necesario para plantar y edificar un edificio” (1639, cap.LXXIII, p.135v).

En los primeros capítulos del primer volumen aborda los temas generales de Geometría –basados en los libros de Euclides– y Aritmética. A continuación describe “todo lo necesario para plantar y edificar un edificio” como la elección del solar, cimentación, órdenes, columnas, arcos, pechinas, armaduras y cubiertas, bóvedas, fachadas y frontispicios, torres, escaleras y caracoles, puentes, conducciones de agua y cañerías, pozos y norias, estanques y cisterna, etc. Esta parte concluye con la referencia a los daños que sobrevienen a los edificios y de sus remedios.

Como remate del primer volumen se incluyen una serie de capítulos que abordan el problema de la medición del edificio con el objetivo de saber el coste, así como un par de capítulos destinados a temas más generales como son las plazas de maestros mayores así como las propiedades que este ha de poseer.

En el texto aparecen constantes referencias a importantes autores como Vitruvio –autor al que más cita (León & Sanz, 1994, p.80)– Serlio, Vignola o Palladio entre otros. Esto demuestra el amplio conocimiento que San Nicolás tenía de la literatura existente sobre el tema así como su deseo de transmitir ese conocimiento a los maestros madrileños (León & Sanz, 1994, p.39). Su deseo era reunir en un único libro lo más destacado de esos autores complementándolo con su propio conocimiento de la materia, de forma que a los maestros les bastara consultar su tratado para conocer todo lo importante y necesario sobre cada cuestión. Sus enseñanzas quedaban así mismo justificadas con las referencias a importantes ejemplos contruidos, como por ejemplo la Santa Iglesia de Toledo, la Santa Iglesia de Sevilla o el Alcázar de Toledo.

El capítulo LXVIII que “trata de las escaleras, fábrica, y cortes, por sus demostraciones” es donde se acomete el problema de la traza y disposición de las escaleras ya que sobre el “lugar donde se han de plantar” se trata en el capítulo XXIII. En la parte final del capítulo LXVIII es donde Fray Lorenzo habla de unas escaleras llamadas caracoles. Es importante señalar que es el primer autor que recoge las trazas de caracol de husillo y de mallorca y se refiere a ellas como una especial tipología de escalera dispuesta en una caja circular u ovalada.

20.2. Traza analizada: caracol de mallorca

Los dibujos elementales, ver Figura III-22, que definen cada traza vienen acompañados de un texto aclaratorio, en el que entremezcla la definición del caracol de columna y el caracol de ojo:

...Demás de las escaleras dichas, se hazen otras de yeso, y de canteria, en pequeños espacios, que llamamos caracoles. Son ingeniosas es su fabrica, y serviciales, y aprovechadas para el uso de casa. Y son tan bien aprovechadas, porque ocupan poco lugar. Verdad es, que su subida es algo mas dificil, mas el exercicio lo facilita todo. Comúmente sirven estos caracoles en parte secreta: en su fabrica hay dos diferencias, una es el ser el caracol de coluna, que es quado a la parte donde rematan las gradas está maciza: otra es de ojo, que es quado el extremo de las gradas rematan en un gueco, que de arriba a baxo se

ve quien sube o quien baja. El llamado caracol de Mallorca, es aun mas ingenioso que el passado, por la dificultad de los cortes que tiene el ojo. En estos mismos se hazen dos diferencias de gradas, unas que van derechas a su centro: otras que van torcidas: y estas ultimas son mas aprovechadas que las passadas, por ser mas largas. De uno y otro haze demostracion Andrea Paladio en su libro l cap.28. (...) Todo lo dicho conocerás mejor tratando de sus cortes de cantería: y para su inteligencia supongo, q en un gueco de ocho pies, demostrado en A.B.C.D. quieres hazer un caracol de canteria, este gueco repartirás en quatro partes,aviendo de ser para coluna; quiero decir, que el ojo demostrado en G. ha de subir macizo, y repartido el gueco, o diámetro de la planta dicha en quatro partes, una de ellas ha de tener el macizo o coluna: mas si huviere de ser gueco, le repartiras en cinco partes, y la una darás al ojo, aunque ay Autores que dicen se reparta en tres partes, y la una se de al macizo, o coluna: y si fuere gueco el ojo, dicen, que se reparta en quatro partes, y q la una se le dé La escalera de coluna Trajana está repartido el diámetro en siete partes, y las quatro quedan a los passos, mas en muchos caracoles de España, hechos por ingeniosos maestros de ella, aun adelgazan mas lo que yo digo. Esto presupuesto, para repartir las guellas segun la que tuvieres determinada de dar (que comunmente es un pie) para repartirlas te apartarás de las tres partes del largo del passo, que denota A.G. la una demostrada en N. y por essa parte ha de tener la guella cumplida, dejando que crezca en la parte exterior lo que creciere, por causa de lo que disminuye arrimada a la coluna. Para entender los cortes de los passos, harás una plantilla segun demuestra P.Q.E.K.Y. y según ella cortarás los vivos del passo, dandoles para la entrega del cubo, que es el lado P.Q. de mas a mas lo que te pareciere; y así queda demostrado un lado del passo, que es la misma guella. Para labrar lo restante, harás una plantilla según X.H.R.L. y esta se ha de assentar en la parte de la cabeza del passo, o sino harás una regla cercha, como demuestra H.R.L. y aviendo labrado los dos angulos rectos H.X. con una esquadra en el enganchido, o pavimento del caracol, saldrá con la regla la cercha H.R.L. Nota, que la H.R. es asiento que van haziendo los passos uno sobre otro, y por esso es más crecida la guella L.X. dos diez y seis avos, q es lo que su planta pide. Demás de estas plantillas, has de hazer otra como demuestra V.S.M.T. haziendo regla cercha segun M.T.V. que es la parte que viene arrimada a la coluna. Con estas cerchas irás labrando el pavimento de abaxo, que las guellas V.S.L.X. y a los altos del passo M.S.H.X. con la esquadra se labra. Y debes notar, que las monteas que tienen estas plantillas, se dan abriendo el compás la distancia G.A. y assentando el compás en los puntos T.V.R.L. describiendo las porciones F.Z. y donde se cruzan sentarás el compás, y con él se describen las porciones T.V.R.L. y asi viene a quedar todo

el pavimento igual. La plantilla lecho se hace según QA.E.K. y la distancia que ay entre las dos lineas A.E. denotan la parte del lecho que a cada passo pertenece: que lo que pertence a lecho y sobrelecho de la coluna, ello mismo se está declarado. Labrando cada passo segun estas plantillas, quedará como el diseño lo demuestra, y el caracol con toda perfeccion.

Si fuere caracol abierto con ojo, a las plantillas de lechos y sobrelechos les darás la parte de porción que les pertenece, que es, el al lecho la porción A.E. y al sobrelecho la porción Y.A.E. y con esto llegando a dar buelta entera, quedará el ojo perfecto. Deves advertir, que te parecerá que va torciendo el ojo, mas no es así, pues acabado quedará perfectamente redondo. Diximos, que los passos torcidos eran más aprovechados, y es la causa, porque vienen a tender mas, y a ser mas largos. Entendida la demostración passada, será facil el entender la presente.

En plantas aovadas se pueden ofrecer el hazer caracoles, mas la misma disposición tienen los unos que los otros (San Nicolás, 1639, p.119r-120r).

Fray Lorenzo habla de las siguientes tipos de caracoles:

- Caracol de columna
- Caracol de ojo o el llamado de mallorca
 - con gradas derechas a su centro
 - con gradas torcidas

Distingue entre las dos trazas más elementales, ambas de planta circular: el tradicional caracol de husillo y el caracol con ojo, es decir, el que sustituye el mástil central por un hueco. A este último lo considera a “aún más ingenioso” debido a “la dificultad de los cortes que tiene el ojo”, es decir, su mayor complejidad debido a la existencia de la moldura interior. A continuación describe dos posibles disposiciones de los peldaños en este tipo de caracoles con ojo: la disposición radial y la disposición “torcida”. En opinión de Bonet Correa el tratado de Fray Lorenzo no aportó ninguna novedad (Bonet, 1989, p.49). Sin embargo, como se demuestra más adelante en esta investigación, en el estudio de las escaleras de caracol supone un hito importante ya que es el primer autor de un tratado español que describe entre las trazas de caracoles con ojo, la tradicional solución radial así como una solución intermedia entre la anterior solución y la solución tangencial (Benítez & Valiente, 2014). No es una aportación original, ya que como él mismo referencia, fue el arquitecto italiano Andrea Palladio quien ya recogía dicha solución en su tratado *Los cuatro libros de la Arquitectura*, pero sí una gran novedad:

En estos mismos se hacen dos diferencias de gradas, unas que van derechas a su centro: otras que van torcidas: y estas ultimas son mas aprovechadas que las passadas, por ser mas largas. De uno y otro haze desmostracion Andrea Paladio en su libro I.cap.28. (San Nicolás, 1639, p.119r)

Junto a este comentario tan solo incluye un esquema general de la planta con la disposición de peldaños no radial. Puede advertirse que dicha planta está dividida en el mismo número de peldaños que la correspondiente al esquema de disposición radial y es de suponer que por ello la altura de la tabica sea la misma en ambas soluciones. No obstante, no aporta ninguna información adicional sobre el ángulo de dichas gradas con respecto a la horizontal o sobre su curvatura. Como se comprobará más adelante, la solución con “gradas torcidas”, si bien posee peldaños de mayor longitud, no implica por ello un aumento significativo del área útil de la huella y por lo tanto del confort en el uso de la misma.

Si bien habla de “otros autores” e “ingeniosos maestros”, Palladio es el único nombre concreto al que Fray Lorenzo hace referencia cuando habla de las escaleras

de caracol. Como ejemplos construido de caracol de columna cita la columna trajana, así como “muchos caracoles de España”. Fray Lorenzo añade que estos caracoles pueden trazarse también en plantas ovaladas de forma similar a las anteriores. No considera la disposición en planta cuadrada.

21. JOSEPH GELABERT (1621-1666?)

Joseph Gelabert fue un maestro de obras de origen mallorquín. En 1653 escribió el manuscrito de cantería o cortes de piedra llamado *Vertaderas traçes del'art del picapedrer*, conservado en la Biblioteca del Consell Insular de Mallorca con la signatura C141. La primera edición facsímil se publicó en 1977 lo que supuso el dar a conocer un texto que hasta el momento era muy poco conocido (Gelabert, 1977). Una reciente publicación del mismo a cargo del profesor E. Rabasa (2011) no solo supone la transcripción del mismo sino también su traducción y explicación mediante textos y dibujos.

21.1. Vertaderas traçes del'art del picapedrer

Gelabert escribió el manuscrito motivado por la multitud de soluciones que se planteaban para resolver un mismo problema constructivo y a la vez la falta de garantía de estabilidad de la solución escogida entre cualquiera de ellas (Rabasa, 2011). Su intención era enseñar a los nuevos maestros las soluciones a las trazas más frecuentes, pero no siempre más sencillas, que aparecían en el ejercicio de la profesión.

El manuscrito consta de dos partes. En la primera de ellas se incluye un prólogo al lector, una relación de ordenanzas promulgadas por Jaime I en Barcelona, así como la definición de trazas básicas de arcos, portales, ventanas, caldera, escaleras, oes (parecido a troneras) y bóvedas. En la segunda parte se muestran trazas de “mayor maestría” de los elementos anteriores a los que añade capialzados, pechinas, cimborrio y capillas. Frecuentemente se encuentran en los textos que acompañan a la definición gráfica, referencias a la arquitectura de la ciudad de Palma. Con esto Gelabert pretende avalar la estabilidad de las soluciones por él propuestas.

Las escaleras de caracol que presenta Gelabert se encuentran detalladas en la primera parte del manuscrito correspondiente a las trazas más sencillas. Presenta cinco soluciones distintas, todas ellas de caja circular:

- Caracol de nabo redondo (traza numerada 30 en los folios 42v y 43r)
- Caracol en el que el nabo es un pilar entorchado (traza numerada 31 en el folio 43v)
- Caracol de ojo abierto (traza numerada 32 en los folios 44v, 45r y 45v)
- Caracol de nabo redondo y ojo abierto (traza numerada en los 33-folios 45v)

- Dos caracoles que giran dentro de un único círculo (traza numerada 34- folio 46v)

En el primero de ellos, la traza numerada 30, Gelabert describe el tradicional caracol de husillo. En esta solución la pieza del peldaño gira en torno a un machón central de sección cilíndrica y eje vertical. Una variación del primero se encuentra en la traza numerada 31, en la que el nabo central se sustituye por un pilar entorchado también de eje vertical. En este caso, como el propio Gelabert explica, “el modo de hacer la traza, y el modo de sacar la plantilla y labrar los escalones, es exactamente como en el caracol de la página anterior, y por eso no hay necesidad de mucha explicación” (Rabasa, 2011, p.110). La complejidad de la traza reside realmente en la acanaladura del nabo, puesto que es necesaria una mayor precisión para el correcto ajuste de las distintas piezas. En las siguientes trazas, la numerada 32 y numerada 33 propone dos soluciones distintas para resolver el caracol con ojo abierto o con hueco central. De nuevo la traza 33 es una variante de la anterior y como aclara Gelabert: “el que haya entendido el de la página anterior, entenderá este con muy gran facilidad; porque la diferencia entre uno y otro es mínima, y en cuando a construirlo y trazarlo casi se trata de la misma cosa” (Rabasa, 2011, p.116). Sobre esta última traza el profesor Rabasa aclara que si bien la apariencia es la de un husillo cuyo machón serpentea en torno a un pequeño hueco central, no constituye un nuevo tipo de caracol sino que se trata de una solución similar a la descrita en la traza 32 (2011, p.116). Por último, la traza numerada 34 resuelve el giro simultáneo de dos caracoles dentro de una misma caja. Si bien esta solución constituye otro tipo de caracol de mayor complejidad que las anteriores, no es objeto de este estudio.

21.2. Traza analizada: el caracol con ojo

De las soluciones de escaleras de caracol recogidas en el manuscrito de Gelabert se ha analizado en detalle el “caracol de ojo abierto” (traza numerada 32 descrita en los folios 44v, 45r y 45v), por tratarse de la traza de caracol más representativa del caracol con ojo (Figura III-23).

Caracol de ojo abierto –traza numerada 32 folios 44v, 45r y 45v–.

Esto es un caracol de ojo abierto. Tiene de hueco siete palmos; de 1 a 2 hay cuarto y mitad de palmo, lo que tiene de asiento o entrada los escalones dentro de la torre; en cuanto a las anchuras que han de tener los escalones, que se han de distribuir por el círculo de fuera, no existe ninguna ley cierta para saber cuántas partes hay que dividir, y el buen parecer del cantero juzgará según la

magnitud del caracol; el presente caracol está dividido en catorce partes, el ojo, el pasamanos y el apoyo que tienen los escalones los unos sobre los otros, no tienen una dimensión determinada; porque unos prefieren tener el ojo grande y el pasamanos delgado, mientras que otros hacen el pasamanos grueso, y el ojo pequeño; en este lo he hecho de la siguiente manera (después de haber trazado el círculo exterior con el círculo del hueco de la torre, y después de haberlo dividido en doce partes): he marcado el ojo del círculo en blanco; después he dado el grosor del pasamanos, y lo he marcado en blanco; después he dividido por la mitad el grosor del pasamanos, y lo he marcado; después he sacado la plantilla 3; lo que hay de a a c es la peana del escalón; lo que hay de o a o, lo he llevado de c a e, y es el asiento, de manera que la plantilla 3, si contamos con el redondito del pasamanos de más adentro es la planta del lecho superior, y si contamos con el redondo de mas afuera es la planta del lecho inferior; y advertiremos que si el maestro no quiere sacar más que una plantilla, ésta ha de ser la del lecho inferior, señalando el asiento en las dos mellas de delante r, t, no hay más que replantear en el lecho de encima, señalando el asiento de las dos mellas s, s; después de haber replanteadado así basta tomarla misma plantilla, y poner la cara de delante, que es la recta r, t que vaya justo al asiento, que es la raya de puntos negros y el redondo de más adentro. Entonces, del asiento de abajo hasta lo más afuera de arriba, por debajo del escalón, se han de cortar al buen parecer de cada cual; eso va retorcido; y hay que concebirlo correctamente. Algunos maestros dan por regla cierta que, en la plantilla del lecho inferior 2, para lo que sale el pasamanos, lo que tiene desde el punto negro al primer redondo, lo tenga del primer redondo al segundo, y eso, según el grueso del pasamanos la salida que dan, algunas veces falsea; la regla más cierta de todas es que lo que tiene de salida el pasamanos, de la cara del escalón hacia afuera, del punto negro al primer redondo, ha de tener de la segunda cara del escalón hacia afuera, del 2 afuera, y esta es regla cierta y probada, como puede comprobar por experiencia cualquiera. Solo queda advertir que la arista n y el pasamanos no ha de ir a regla, sino que si el caracol está dividido en 12 partes se hayan de tomar 12 alturas de escalón y se han de llevar en línea recta, y en el medio de ésta se ha de dar la mitad del hueco que tiene el ojo; después, hay que buscar un arco de circunferencia que venga a encontrar el extremo de cada cabo y el punto medio, y de él hay que hacer un trozo de cercha, que lo mismo que tenga de vacío de un lado, lo tenga de lo lleno en el otro, y con la parte del lleno hay que hacer la arista, y con la parte del vacío hay que hacer el pasamos, y eso se llama cercha de rampante (Rabasa, 2011, pp.112-114).

Figura III- 23. Caracol de ojo abierto según J Gelabert
(Fuente: Rabasa , 2011)

22. JUAN CARAMUEL (1606-1682)

Juan de Caramuel de Lobkowitz fue un monje cisterciense nacido en Madrid en 1606. Como lo sería Thomas Vicente Tosca en el siglo siguiente, fue una persona polifacética que estudió Humanidades (Gramática, Retórica y Poética), Filosofía y se doctoró en Teología. Se trata del autor español más internacional de todos los analizados en esta investigación. Escritor prolífico se interesó y publicó innumerables obras sobre muy diversos temas como gramática, lógica, filosofía, matemática, astronomía, música, religión, política e incluso arquitectura. Pasó la mayor parte de su vida fuera de España pasando largos períodos en ciudades como Lovaina, Praga, Viena, Roma, Nápoles o Vigevano (Lombardía) donde murió en 1682.

22.1. Arquitectura Civil Recta y Oblicua

En los últimos años de su vida centra su atención en la arquitectura. Como resultado, en 1678 publicó en castellano *Arquitectura Civil recta y oblicua*. La elección del idioma castellano la justificó Caramuel con su deseo que aumentar el escaso número de textos científicos que consideraba los españoles tenían a su alcance:

Escribese en español, para servir a grandes Ingenios que por no saber latín, y no hallar las ciencias en su Lengua Materna, se quedan sin aprenderlas, con gran daño del público. (Caramuel, 1678, orden de los tratados)

Posteriormente en 1681, con el objetivo de que su obra alcanzara una mayor difusión la publicó en latín. Su figura y obra en el contexto de la Teoría de la Arquitectura ha sido objeto de los recientes estudios llevados a cabo por Carlos Pena Buján en su tesis doctoral (Pena, 2007, pp.44-51).

Su obra *Arquitectura Civil recta y oblicua*, consta de tres volúmenes, cada uno organizado en tratados, artículos y secciones. El primero de ellos aborda el Templo de Jerusalem, cuya reconstrucción Caramuel considera como el “primer principio de toda buena arquitectura”, junto con los conceptos previos necesarios sobre artes y facultades literarias, aritmética, logarítmica y geometría. El segundo volumen consta de tres tratados: tratado V de la arquitectura recta, el tratado VI de la arquitectura oblicua, y el tratado VII de Ciencias y Artes, que aunque “no son precisamente necesarias, acompañan y adornan a la arquitectura”. El tercer volumen contiene las láminas y figuras que se han explicado en los dos primeros. Al contrario que Fray Lorenzo de San Nicolás, Caramuel no muestra demasiado interés por el aspecto práctico de la arquitectura, preocupándose especialmente por su aspecto teórico y

científico e incluyendo en la descripción de sus teorías puntos de vista teológico, matemático, astronómico e incluso moral.

El artículo XI del tratado VI en que se enseña la arquitectura oblicua, es donde Caramuel discute lo necesario sobre el tema de las escaleras. Comienza afirmando lo importante que es en el edificio y la necesidad de integrarse en él (Caramuel, 1678, Vol. II, tratado VI, p.17):

La escalera es una de las partes más principales que tiene un edificio; pero se ha de proporcionar con él, porque como es contra la Majestad de un Palacio, que sus escaleras principales sean pequeñas, así sería contra la autoridad del Arquitecto, si fuesen grandes con exceso. Este yerro se halla en el Palacio nuovo de Nápoles, de quien suelen decir por gracia, que es menester ponerle guardas, porque cuando menos pensemos, este Gran Palacio se ha de escapar por la Escalera (...)

Caramuel toma como referencia, al igual que Fray Lorenzo, lo que Andrea Palladio recoge en su tratado *Los cuatro de la arquitectura* sobre las escaleras y como él considera al caracol como una tipología de escalera. Lo que le distingue sin embargo de él es su visión crítica. Es decir, Caramuel retoma de Palladio la clasificación y las leyes que han de cumplir las escaleras, sin embargo esto no significa que esté completamente de acuerdo con él y así lo expresa, justificando además el por qué:

En el Cap. XXVIII del Lib. I trata de las escaleras Andrés Palladio, y las divide en Rectas, y Circulares; Aquellas son las que corren a línea recta, y haciendo un descanso se inclinan o vuelven a línea recta. Estas son las que se llaman Caracoles, y discurren en arco. Y todo esto es verdad. Pasa adelante y pone preceptos y leyes, que piden consideración. Manso lo primero que los escalones ni tengan más altura, que de medio pie, ni menos de un tercio. Lo segundo, que de ancho, ni tengan menos, que un pie, ni más que pie y medio. Lo tercero, que no corran consecutivamente, sino once, o trece, y que habiendo de ser más, se haga en medio un descanso. Lo cuarto, propone una observación de los Antiguos, que mandaban, que los grados fuesen en nones, no pares; porque, si al subir el primer escalón se pone el pie derecho, con ese pie se entrase en el Cuarto de arriba.

De estas leyes, la primera se ha de admitir, si el lugar fuere libre. Pero tal vez XXXXX necesitas; porque un lugar si es estrecho no permite tantos escalones; y entonces, lo que se pudiese se ha de hacer. Pero el Arquitecto ha de disponer

de tal suerte sus líneas, que la escalera principal de un Palacio no se fabrique en lugar condenado.

La segunda se debe guardar siempre, que se pudiere; y particularmente en escalera principales.

La tercera no veo, que se guarde jamás. Y muchas veces en escaleras, que se cubren de bóveda, y tienen cornisas a los lados, quitaría la hermosura, que dan las líneas rectas, cuando consecutivamente se tiran.

La observación de los Antiguos, es impertinencia, por no decir superstición. Que el entrar con buen pie en el corredor superior de un palacio (...) no es cosa física, que depende de que se entre con el pie derecho, sino cosa moral y política, que concierne otras circunstancias diferentes.

Todos los vuelos de las escaleras suelen tener entre ambos lados muros, en que se asegura el peso de los escalones, que si son de piedra es muy grave; (Caramuel, 1678, Vol. II, tratado VI, p.17)

22.2. Traza analizada: caracol

Caramuel escribe sobre las escaleras de caracol en una nota al final del artículo, donde haciendo referencia de nuevo a Palladio, establece una clasificación de éstas de acuerdo exclusivamente a la geometría de la caja, ya sea circular o elíptica. Sin embargo, olvida clasificarlas teniendo en cuenta la existencia o no de un pilar en su centro, al contrario que Palladio:

Caracoles se hacen en las iglesias, para subir al órgano o a las tribunas en pocos pies de diámetro. No trato de estos, porque ni son hermosos, ni pueden servir en los palacios. Palladio dibuja algunos circulares y elípticos, pero deja a nuestra discreción, que de la pintura colijamos su fábrica (Caramuel, 1678, Vol.II, tratado VI, p.18).

Por lo tanto, en ningún momento clasifica estas escaleras en caracol de husillo y caracol con ojo. De esta forma cuando describe el modo general de trazar el caracol, en realidad describe el caracol con ojo o de mallorca en el que “no habrá pilar que en medio estorbe la luz”. Es importante señalar que Caramuel omite el tratamiento de la superficie del intradós del peldaño, así como su método de labra:

Yo en la Lam XXVIII. Fig. 2. le delineo de este modo.

El círculo ABGA, representa el cóncavo del caracol. Tenga esta circunferencia 44 pies; luego el diámetro tendrá 14. Mando labrar la piedra IFDK; que tenga de I a E seis pies. De E a F un pie; y de E a N, o de N a C otro pie, y de grueso medio pie. Describo en ella el arco EC y la línea MN. Si mando labrar 44 piedras, como esta, tendré suficientes para que mi caracol de una vuelta, porque todas son de la misma figura. En todas hago señalar el arco EC, y la línea MN porque son necesarias. El asentarlas es muy fácil. Póngase la primera piedra en el suelo, de modo que por todo un pie (EF y CD) entre en el muro, que se puede ir fabricando juntamente. La segunda piedra se ponga de manera, que su borde KC caiga sobre la línea MN de la segunda y así hasta el fin. Los escalones en CN tendrán de ancho un pie. Y haciéndose unos balaustres de yerro que sigan la vuelta de los escalones según el círculo PQMO no habrá pilar que en medio estorbe la luz, que dieren las ventanas. Con 44 escalones, quitando medio pie, que ellos tienen de grueso, habrá entre una vuelta y otra pies 21 $\frac{1}{2}$ De alto; que bastarán para que sea esta escalera majestuosa. (p.18)

Finaliza la descripción manifestando el limitado uso que de ella se hace en España argumentando que “parece que los españoles no gustan de estos caracoles; porque no les he visto en los Palacios de Castilla. En nuestros monasterios no los hay”. (Caramuel, 1678, Vol. II, tratado VI, p.18)

A continuación, explica que “las escaleras de las Torres” también son caracoles. Si bien emplea el mismo término que para el caracol con ojo que había definido previamente, en este caso se está refiriendo al caracol tradicional de husillo. No define para este una traza genérica, sino que directamente opta por describir el caracol que recorre el interior de la columna trajana sin aportar ningún tipo de valor a las dimensiones de sus distintos elementos:

Son también caracoles las escaleras de las Torres, y como los Antiguos erigieron columnas semejantes a Torres, también en ellas pusieron caracoles, para subir de abajo a arriba. Dos de estas columnas hay en Roma: sus nombres son Antoniana y Trajana. La primera la maltrató tanto su vejez, que no solo en ella se desfiguran sus ornamentos y relieves; (...) La otra, que se conserva más entera hoy día con su Majestad y grandes con voz muda celebra la gloria de Trajano (...) (Caramuel, 1678, Vol. II, tratado VI, p.18)

El texto describe la lámina XXVIII (Figura III-24). Es importante señalar que ambas trazas planteadas por Caramuel son de planta circular, aunque como apuntara al comienzo de la descripción de los caracoles y mencionando a Palladio –único autor

al que cita—, también podrían trazarse con caja elíptica. No considera la posibilidad de trazarlas de planta cuadradas.

Figura III- 24 Escaleras de caracol. Architectura Civil recta y Oblicua
(Autor: Caramuel)

23. TOMÁS VICENTE TOSCA (1651-1723)

Thomas Vicente Tosca i Mascó fue un polifacético personaje nacido en Valencia en el año 1651. Presbítero de la Congregación de San Felipe Neri de esa misma ciudad, Tosca fue un notable matemático, físico, cartógrafo, teólogo, filósofo, astrónomo y arquitecto de finales del siglo XVII y comienzos del XVIII. Así mismo, fue miembro de los llamados “novatores” valencianos, que con el deseo de renovar las ideas y las prácticas científicas, emprendieron la tarea de difundir en la Península las novedades que comenzaban a aparecer en una incipiente Europa Ilustrada.

23.1. Compendio matemático

En este contexto y con constantes referencias a otros autores, Tosca escribe entre 1707 y 1715 *Compendio Mathemático en que se contienen todas las materias mas principales de las ciencias que tratan de la Cantidad*, de cuya primera edición se conserva un ejemplar en la Biblioteca Nacional de España con la signatura 69453. Se trata de una extensa obra en nueve volúmenes en los que desde un punto de vista matemático aborda temas tan dispares como geometría, música, máquinas, estática, óptica o incluso artillería. Para el presbítero, el punto común que poseen todos estos temas es la Matemática, ya que es ella la que “averigua las fuerzas del ímpetu, las condiciones del movimiento, las causas, efectos y diferencia de los sonos; la naturaleza admirable de la luz, las leyes de su propagación; levanta con hermosura los edificios; hace casi inexpugnables las Ciudades, ordena con admiración los ejércitos; y entre las confusas, e inconstantes olas del mar, abre caminos, y sendas a los que navegan. Se remonta últimamente la Matemática hasta el Cielo, para averiguar la grandeza de los Astros” (Tosca, 1712, Introducción, p.1), en resumen, aviva “el ingenio,(...) y le hacen apto para aprender mejor las demás ciencias” (Tosca, 1712, Introducción, p.6).

El tomo V, escrito en 1712 y reeditado en varias ocasiones, comprende los temas relativos a Arquitectura Civil, Montea y Cantería, Arquitectura Militar y Pirothecnica y Artillería. Dentro del tema de este trabajo, el análisis se centra en el tratado XV de la Montea y Cortes de Cantería incluido en el volumen V de su obra. En este tratado, Tosca recoge “lo más sutil y primoroso de la Arquitectura que es la formación de todo género de arcos, y bóvedas cortando sus piedras y ajustándolas con tal artificio que la misma gravedad y pesantez, que las había de precipitar hacia la tierra, las mantenga constantes en el aire sustentándose unas a las otras en virtud de la mutua complicación que las enlaza, con que cierran por arriba las fábricas con toda

seguridad y firmeza”(Tosca, 1712, Vol. V, pp.81-82). El tratado está organizado a su vez en cinco libros, siendo el quinto “de las espirales, y de otros irregulares géneros de vueltas” (Tosca, 1712, Vol. V, p.238) el que comprende la definición de las escaleras.

Es importante señalar que al igual que Fray Lorenzo o Caramuel, y a diferencia de los primeros autores de este tipo de escritos como Vandelvira o Martínez de Aranda, el padre Tosca considera al caracol como parte de la familia de las escaleras y lo define como aquella que posee una planta circular (“Proposición IV “Explícanse las reglas que se deben observar en la fábrica de las escaleras”):

Unas tienen planta rectilínea y se llaman Rectilíneas,...; otras son circulares, que vulgarmente llamamos caracoles, y suben seguidamente en forma de espira (1712, p.243).

Y como tal, siempre que sea posible, debe procurar cumplir una serie de leyes para que sean “descansadas, y garbosas”, es decir, para que posea unas condiciones mínimas de confort y seguridad:

Las leyes que deben observar para que sean descansadas, y garbosas, son las siguientes. 1. Que los escalones ni tengan notablemente más altura que de medio pie, ni menos que un tercio de pie. 2. De ancho han de tener casi el paso natural, y así no han de tener menos de pie y medio, ni tampoco conviene pasen notablemente de dicha medida. 3. Los grados sean nones, no pares, para que si al subir se pone el pie derecho en el primer escalón, que es lo más natural, con ese mismo se entre en el cuarto de arriba. 4 El número de gradas en cada ramo, o vuelo sean 7 o 9 porque con ello, ni se tarda mucho, ni se acelera sobrado el llegar al plano, que sirve de descanso. 5. El estilo ordinario es mover las escaleras hacia la izquierda del que sube, dirigiendo hacia aquel lado sus vuelos: y lo contrario suele tenerse por defecto (p.243)

En esta Prop. IV y como hicieran Fray Lorenzo y Caramuel, Tosca cita como única fuente de conocimiento a Andrea Palladio.

Además de la Proposición IV, Tosca adjunta dos *proposiciones* del tipo *problema* sobre el trazado de caracoles¹⁵:

- PROPOS. V PROBLEMA

¹⁵ En la página 9 de la Introducción *de Compendio Mathemático en que se contienen todas las materias mas principales de las ciencias que tratan de la Cantidad* el Padre Tosca define los términos *proposición* y *problema*: “Proposición es un nombre general, y significa aquí cualquier conclusión de la ciencia, que proponemos para probarla por sus principios. De las proposiciones, unas son theoremas y otras Problemas...Problema es una proposición práctica, que propone el modo de hacer alguna cosa; como la que enseña a dividir una línea en dos partes iguales”

Trazar, y fabricar un caracol sin bóveda, fig. 78 (pag.244)

- PROPOS. VI PROBLEMA

Trazar un caracol circular, que suba formando bóveda espiral y suspensa por la parte interior en el aire, fig. 79 y 80 (pag.245)

23.2. Traza analizada: caracol

La proposición V describe las trazas tanto del caracol de husillo como del caracol con ojo (Figura III-25):

PROP. V Problema

Trazar, y fabricar un caracol sin bóveda fig. 78

Aunque estas escaleras circulares no sean hermosas pero su fábrica lleva mucho ingenio, y artificio. Este modo primero de fabricarlas no es el más ingeniosos, por carecer de la bóveda espiral, de que trataremos luego. Sea, pues, el círculo ABGA el cóncavo del caracol, y el otro círculo exterior su convexo. Tenga la circunferencia interior, o cóncava 44 pies, y por consiguiente el diámetro AN tendrá 14 pies: lábrese, pues, la piedra IFDK, que tenga de I a E seis pies, de E a F un pie: y de E a N ú de N a C otro pie; y de grueso medio pie; y de los lados FI, DK vayan al centro L: desde el cual se describirá en ella el arco EC, señalando juntamente la línea MN. Lábrese en esta forma 44 piedras, y estas serán las bastantes para que el caracol de una vuelta; cuidando de señalar en todas el arco EC y la línea MN, porque son necesarias.

El asentarlas es muy fácil. Póngase la primera piedra en el suelo, de modo que la porción EFCD entre en el muro, que se puede ir fabricando juntamente. La segunda piedra se pondrá sobre la primera, de suerte, que su borde caiga sobre la línea MN de la primera, y así hasta el fin: con lo cual tendrán los escalones en CN de ancho un pie; y en medio quedará vacío el círculo PQMO de dos pies de diámetro. Y como los 44 escalones que componen una vuelta, tengan de alto medio pie, ocuparan 22 pies; y quitando medio pie del primer escalón habrá entre una vuelta, y otra 21 pies y medio, altura bastante para que ésta escalera sea majestuosa. La firmeza de estas escaleras consiste en lo que entran las piedras en el muro, y en que las unas sirvan de lecho, en que descansen las otras; pero frecuentemente para su mayor estabilidad se fabrica de suerte, que extendiéndose cada piedra a formar un círculo igual al OPQM, viene a formar un pilar en medio (Tosca, 1712, Vol. V, pp.244-245).

En esta proposición el padre Tosca describe tanto el caracol de husillo como el caracol con ojo. Establece sus dimensiones generales –la caja de la escalera y la altura a salvar en una vuelta– y las dimensiones de la pieza del peldaño –los valores de la huella y la tabica– así como del área de apoyo de un peldaño sobre otro y la de apoyo en el muro de la caja exterior. Sin embargo, es importante señalar que, como previamente Caramuel, no hace referencia en ningún momento a la superficie del intradós del caracol lo que hace presuponer la resolución más sencilla con una superficie escalonada.

Al finalizar la segunda proposición, Tosca considera las opciones oval y elíptica e incluso paralelepípeda como variantes de la caja circular que poseen los caracoles descritos en las proposiciones V y VI, pero estima que no es necesario aclarar de nuevo por resolverse de forma similar a los ya descritos :

Así como en el caracol que se ha delineado es la planta circular, puede ser oval, o elíptica; puede también el caracol circular, o elíptico formarse dentro de un paralelepípedo ; así como los sobredichas se encierran en un cilindro; y porque las operaciones son las mismas, y se ejecutan con el mismo orden, y reglas arriba dichas, no me detengo mas en este punto (Tosca, 1712, Vol. V, p.249).

Figura III- 25 Figura 78. Caracol sin bóveda
(Autor: Tosca)

24. JUAN DE PORTOR Y CASTRO (finales 1600- ¿?)

Poco se sabe del autor del manuscrito denominado *Cuaderno de Arquitectura de Juan de Portor y Castro*. La escasa información sobre su biografía, recopilada por G. Barbè-Coquelin, ofrece la imagen de una persona muy piadosa y culta nacida en Galicia, que desarrolla su profesión de arquitecto en la ciudad de Santiago y Granada principalmente (Barbè-Coquelin, 2004, p.270).

24.1. Cuaderno de Arquitectura

El manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de España con la signatura Mss/9114, fue escrito con una clara intención didáctica y destinado a circular entre maestros de obra y discípulos del autor como lo demuestra la existencia de la tabla de contenidos (Barbè-Coquelin, 2004, p.272). Sin embargo no fue escrito de una vez, sino que el autor fue ampliando su contenido entre los años 1708 y 1719. Prueba de ello es la paginación desordenada, la existencia de páginas de diferente tamaño, la descripción de trazas no incluidas en la tabla de contenidos que fueron añadidas con posteridad, así como las notas y referencias que lo sugieren a lo largo del manuscrito (Figura III-26).

La primera parte del manuscrito está dedicado a la estereotomía y reúne trazas de escaleras y caracoles, pechinas, capialzados, arcos, capillas, bóvedas, puertas y lunetas, algunas de las cuales son originales y otras de otros tratados como el de Fray Lorenzo de San Nicolás o Tosca (Barbè-Coquelin, 2006 noviembre, p.69). Las trazas de esta primera parte aunque puntualmente desordenadas, están organizadas en familias. Como en otros tratados, cada traza se describe en un dibujo acompañado de un texto aclaratorio. Y al igual que en el tratado de Martínez de Aranda, en primer lugar se describe de forma más extensa una traza general, donde se resuelven los problemas comunes a cada familia; y posteriormente de forma más breve se presentan las demás trazas de la familia.

En lo que se refiere al tema de la escalera de caracol con ojo, al igual que Vandelvira, Aranda y otros autores, Juan de Portor distingue entre escaleras y caracoles. Mezcladas entre las escaleras incluye la definición de siete trazas de caracoles:

- Caracol de ojo en una planta esférica que llaman de mallorca (pag.24v)
- Caracol con macho en una planta esférica (pag.25v)
- Caracol volado en una planta redonda (pag.27r)

- Caracol volado en una planta o caja redonda(pag.27v)
- Caracol volado (cuadrado) alrededor de una pilastra (pag.30r)
- Caracol volado en una caja cuadrada (pag.30v)
- Caracol volado de ojo redondo en una caja cuadrada (pag.31r)

*Figura III- 26 Tabla de contenidos. Cuaderno de arquitectura
(Autor: Portor y Castro)*

En la tabla de contenidos solo incluye los cuatro primeros que son los de planta o caja circular. El hecho de que los tres últimos, todos ellos de planta cuadrada, no estén incluidos sugiere que fueron añadidos con posterioridad. Y sin el deseo de agregar ninguno tras ellos, con la traza del “caracol volado de ojo redondo en una caja cuadrada” daba “fin a los caracoles de este género” (Portor, 1708, p.31).

24.2. Traza analizada: caracol de ojo...que llaman de mallorca

Este trabajo se centra en el análisis del “caracol de ojo en una planta esférica que llaman de mallorca” (Portor, 1708, p.24v).

Caracol de ojo en una planta esférica que llaman de mallorca (Figura III-27):

Para trazar este caracol lo primero es trazar la planta del hueco de todo el caracol y después el ojo animándole o adornándole con las molduras que

quisieres. Ahora repartir el caracol en los pasos que quisieres o que pudieres advirtiendole de que todas las veces que pudieres no quita le nada de 20 lo harás. Y darles de alto 2 tercios de los que hubiere de huella. Y esta proporción se advierta cuando la planta del caracol no pase su diámetro de 3 Baras. Y que si los pasos son anchos podrá ser el altura de los pasos de un pie. Y si fuese necesario de un pie y cuarto. Vamos ahora a nuestra planta que después de repartidos los pasos sacarás la planta con que has de labrar. Y pondrás las Cerchas para el tenderlas como pusieres las del caracol antecedido. las estendidas conocerás con las letras que tuvieren, la planta que las mismas tuvieren en la monte. Ahora advierte para labrar he sacado dos plantas que nos es ¿? Con manera que después de hechos ambos lechos a la piedra con lecho bajo plantarás la planta A y por el lecho alto la planta D. Y meterás tus cerchas extendidas cada una por adonde le tocare. Y te hallaras labrado tu paso = Si se te opusiere en este caracol hacer en la mitad de él una mesa con necesidad del hacer un aposento y que ¿? que una grada tenga, tenga un pie de más huella que las demás para que tenga espacio para entrar y salir al otro aposento. Y esto sin? y no van en las molduras del caracol que con ninguna con él haga garrote, advierte en ello con? De manera que las 4 plantas con las 2 has de labrar hasta llegar a el escalón de la mesa. Y después con las otras dos como también advertirás con el perfil de las gradas en las piedras antes de llegar a la mesa. Con el lecho bajo plantarás la planta A y con el lecho alto la planta B y en las piedras después de la mesa con el lecho bajo plantarás la planta C y con el lecho alto la planta D con lo cual no se hará garrote la moldura con ¿? ninguna. Y es la razón que como el pie que ha de tener más ancho el paso de la mesa va ¿? en el lecho. Y en llegando a la mesa es a el lecho a quién se le quita aquel pie no hace daño a cosa ninguna. Solo algunos dan los pasos con menos lechos mas no con eso se combina el caracol. advierte que el haber sacado estas cuatro plantas ha sido a fin de que se comprenda más fácil que con las 2 plantas AB había antes para labrar el caracol con dar de los reXXnes que fuesen en cada lecho que si sacares las 4 plantas para labrarlo ¿? con que en las plantas están ya hechos¹⁶

¹⁶ Transcripción hecha por Patricia Benítez (Portor y Castro, 1708, p.24v)

25. JUAN GARCIA BERRUGUILLA (s.XVIII)

Juan García de Berruguilla fue un arquitecto del siglo XVIII cuya figura se encuentra fuertemente asociada a la ciudad de Salamanca, y sobre todo a la construcción de su plaza mayor. Si bien no construyó demasiadas obras como él mismo lamenta en su escrito, obtuvo un cierto prestigio por sus siempre acertados estudios sobre la firmeza y estabilidad de numerosos edificios de la época (León & Sanz, 1994, p.116). Berruguilla atribuye a la experiencia su especial capacidad y como prueba de ello enumera muchos de los casos en los que intervino:

...de esta experiencia me ha nacido el conocer por planta, y por perfil, o viendo el edificio hecho a lo largo, o por relación, decir si es firme o falso (1747, Prólogo al lector).

25.1. Verdadera práctica de las resoluciones de la geometría

En 1747 Berruguilla publica un nuevo tratado llamado *Verdadera practica de las resoluciones de la geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto architecto: con una total resolucion para medir, y dividir la planimetría para los agrímesores... su autor el Maestro Juan Garcia Berruguilla, el Peregrino*. Como en anteriores tratados, el autor de este nuevo escrito pretende enseñar a sus compañeros de profesión los conocimientos mínimos necesarios que ha de poseer todo arquitecto y que le otorgarán reconocimiento público:

...darte reglas, doctrinas, y advertencias con que quedes ilustrado(...)a esta famosísima Facultad, y para que adquieras con su práctica las utilidades, y la estimación (Berruguilla, 1747, Prólogo al lector).

Para ello aporta doscientas treinta Cortes de cantería entre los que se encuentran “muchas escaleras muy estrañas” (Berruguilla, 1747, Prólogo al lector). La correcta resolución de las trazas propuestas las justifica de nuevo con su propia experiencia adquirida “con el tiempo, el estudio y el haber andado Mundo y comunicando con hombres grandes, y pequeños” (Berruguilla, 1747, Pólogo al lector).

Su obra está dividida en seis partes a las que denomina tratados los cuales están dedicados a la Aritmética, la Geometría, el trazado de Arcos y Bóvedas, los Cortes Canteriles, las Armaduras y por último los estribos de los Arcos. Berruguilla otorga una gran importancia a los conocimientos previos de Aritmética y Geometría, los cuales vienen a ocupar más de la mitad de su escrito.

Respecto al tema del caracol con ojo, la traza del mismo se encuentra descrita en el tratado IV que trata de Cortes Canteriles. En este capítulo solo se acomete la definición de las trazas de arcos y caracoles, sin incluir ninguna otra traza de escalera. Esto pone de manifiesto el interés que tienen para Berruguilla este tipo de escaleras circulares. El tratado mantiene la misma estructura que los demás: se aborda la explicación de cada una de las figuras que se encuentran incluidas en las diferentes láminas. De esta manera cada texto aclaratorio comienza siempre con la denominación “Figura x”. Al contrario que los tratados I y II, el tratado IV no posee ningún tipo de introducción general al tema más que el prólogo al lector, común a todos ellos. Cada figura supone por tanto el análisis de un problema diferente.

Como ya hicieran previamente otros autores, Berruguilla considera al caracol como un tipo de escalera, tal y como especifica en la designación de la traza a definir. Sin embargo no incluye ninguna definición exacta del mismo. En el tratado describe tres figuras de caracoles, todas ellas de caja circular, sin referencia alguna a otros autores u obra construida:

- Figura 14 Trazar una escalera de caracol macho
- Figura 15 Trazar una escalera de caracol macho, hecho de otro modo
- Figura 16. Trazar una escalera de caracol de ojo

Las dos primeras trazas describen dos posibles soluciones al tradicional caracol de husillo. Es importante señalar que cada una de ellas resuelve el área de apoyo de un peldaño sobre otro de diferente manera. La primera de ellas resuelve este área tangencialmente al macho central y en forma de estrella como describiera Alonso de Vandelvira en su “Declaración del caracol de husillo”. La segunda figura plantea la resolución de dicho área paralelamente a la tabica, como ya propusiera Martínez de Aranda.

25.2. Traza analizada: caracol de ojo

La Figura 16 explica como trazar el caracol de ojo más elemental (Figura III-28).

Figura 16. Trazar una escalera de caracol de ojo, sea el ojo a e t c , y sea el vuelo p q V H: la plantilla de un peldaño, o escalón es la figura x ¿? L c u z, y p x , su lecho, y sobrelecho, y la frente z p : pondrás la plantilla, y tirarás las líneas, o trazos p z u c, la q Q, y la l x; y labrado el concabo del ojo a esquadra, toda ella moverá la plantilla; de tal modo, que la línea, u

$\mathbb{Z}_m^a \mathbb{B}$

161

26. BENITO BAILS (1731-1797)

Benito Bails nació de Adriá de Besos en 1731 (León & Sanz, 1994, p.313). Aunque español de nacimiento está estrechamente relacionado con Francia donde llevó a cabo sus estudios de matemáticas, filosofía y teología (Toulouse) y donde posteriormente fijó su residencia (París). Una vez regresado a España, fue académico de la Real Academia de San Fernando, donde llegó a ocupar el cargo de Director de la Sección de Matemáticas. Al igual que anteriores autores, se trata de una figura polifacética que no solo se encuentra asociada al mundo de la arquitectura, sino a diversas áreas del conocimiento como la lengua, la política, la historia, la teología, las matemáticas o incluso la música.

26.1. De la Arquitectura Civil

En 1783 publica, con el objetivo de enseñar a sus alumnos de la Real Academia, el tratado *De la Arquitectura Civil* como parte de su obra general *Elementos de Matemáticas*. Concretamente constituye el Tomo IX de los X que componen la obra. Como el mismo Bails (1783) indica en el prólogo, la inspiración la encontró en las enseñanzas de “los profesores más acreditados de los diferentes siglos y naciones” (Tomo IX, p.II), como los grandes tratadistas italianos Vitruvio, Alberti, Palladio, Scamozzi o Milizia. Pero principalmente son los autores franceses como Jacques-François Blondel, Amedée Frézier, Pierre Patte, Eugene Petit, Marc Antoine Laugier, Bélidor o Lorient los que fuertemente la influyeron. El único tratadista español que considera digno de referencia es Fray Lorenzo de San Nicolás, al cual menciona fundamentalmente a la hora de describir los aspectos más prácticos de la ejecución de los elementos arquitectónicos. A pesar de que son frecuentes las citas y referencias a estos autores, Bails no siempre dejó constancia de todos los fragmentos que tradujo e incluyó en su obra. Por este motivo y durante mucho años *De la Arquitectura Civil* fue considerado como una aportación personal y novedosa de Bails al mundo de los tratados. Estudios llevados a cabo en los años 80 por el profesor Navascués han demostrado sin embargo, que la obra de Bails consiste básicamente en la fusión de fragmentos de diferentes tratados traducidos literalmente, así como en la copia exacta de algunas de sus láminas (Navascués, 1983, pp.10-11 y 73-74). Por este motivo, la honestidad del autor ha sido firmemente cuestionada y su obra considerada plagio. Prueba evidente de ello es el hecho de referenciar una única vez a Frézier, cuando su influencia es obvia y constante en innumerables apartados del tratado (Navascués, 1983, p.95). A pesar de todo, no hay que minusvalorar el gran esfuerzo realizado por

Bails, el cual permitió el conocimiento del trabajo de muchos autores extranjeros principalmente franceses.

El trabajo está dividido en tres partes de acuerdo a las tres condiciones principales que han de cumplir toda estructura: "Comodidad, perpetuidad o firmeza y hermosura" (Bails, 1783, Tomo IX, pp.11-13), haciendo referencia a Vitruvio y Alberti. La primera parte aborda el tema De la distribución, la cual considera condición necesaria para garantizar la comodidad. En ella se analizan: la elección del lugar, las diferentes tipologías de edificios, su distribución interior, así como una serie de ejemplos. En la segunda parte plantea el tema De la edificación o de "cómo se hacen duraderos los edificios" (Bails, 1783, Tomo IX, p.135), es decir, su firmeza la cual depende de los materiales empleados y de su uso. En esta sección se estudian las características de los materiales, los tipos de mortero, las cimentaciones y su replanteo, sótanos, muros, tabiques, chimeneas, letrinas, cubiertas, capialzados, bóvedas, etc. La última parte se centra en la hermosura, abordando los temas De el ornato, De las molduras, etc. Cada una de estas partes está dividida en secciones que a su vez constan de puntos o comentarios.

Respecto al tema del caracol, es importante señalar que Bails lo considera escalera, es decir, como una "subida con muchos pasos o escalones y barandilla, que sirve de comunicación entre los diferentes pisos de un edificio" (1802, p.41), con la particular característica de dar "vueltas en línea espiral" y habitualmente "no poseer descanso alguno" (1802, p.41). El tratado no recoge ninguna de estas definiciones, ya que con la intención de limitar el volumen del mismo, éstas y otras quedaron recogidas en un diccionario de arquitectura. Su redacción fue paralela a la del tratado, aunque no fue publicado hasta 1802, tras la muerte de Bails.

Como hicieran Fray Lorenzo de San Nicolás, Caramuel y Tosca previamente, Bails considera que "cuanto hay que decir acerca de esta parte del edificio lo declara Palladio (...) con el juicio y concisión que acostumbra" (1783, tomo IX, pp.70-71), sin embargo no es el único autor al que menciona. Bails también cita a Vitruvio, Milizia, Blondel, al Marqués Galiani y Scamozzi. En este caso concreto de las escaleras y al contrario que en el resto del tratado, Frézier (1737-1739) no es su fuente principal a pesar de que el autor francés recoge en su tratado la definición bastante detallada de las trazas de varios caracoles, desde el sencillo caracol de husillo al más complejo Vis de San Giles e incluyendo el caracol con ojo. No se puede decir lo mismo respecto a J.F. Blondel, quien destina el libro III de su *Cours d'architecture enseigné dans l'Académie royale d'architecture* (1675) a las escaleras. Es llamativo como la

designación de los apartados que Bails dedica a este tema coinciden exactamente con el de algunos capítulos del libro de Blondel: Blondel habla de “De la figure des escaliers” y Bails sobre “Forma de la escalera”; Blondel sobre “Du jour des escaliers” al igual que Bails sobre “Luz de la escalera”; Blondel sobre “Des marches des escaliers” y Bails sobre “Peldaños de la escalera”. Hay que señalar que sin embargo Bails es mucho más escueto en su contenido que el autor francés. Mientras Blondel dedica un capítulo diferente de su tercer libro a cada uno de los principales autores de tratados y a sus enseñanzas sobre las escaleras –Vitruvio, Alberti, Palladio, Scamozzi y Savot–, Bails se conforma con mencionarlos ocasionalmente. En resumen, la información tanto escrita como gráfica aportada por Bails sobre el tema de las escaleras es bastante escasa y concretamente la información sobre las de caracol muy pobre. Al considerar el caracol como escalera, debe ajustarse a las condiciones generales que ha de cumplir cualquiera de ellas en cuanto a ubicación, comodidad, iluminación, etc. Por este motivo, junto con el principio de evitarlas siempre que sea posible, no incluye la definición concreta de ninguna de estas escalera circulares. El punto que podrías considerarse como novedoso incluido en su tratado, es la consideración del ruido que puede provocar el uso de la misma y que condiciona su emplazamiento en el edificio.

Son puntuales las notas referidas al caracol en concreto. El único comentario al respecto lo constituye el punto 178, incluido en la primera parte donde acomete el tema de la forma de la escalera:

178. Por lo que mira a las escaleras de caracol, solo deben usarse cuando no se puede más; porque sobre ser mucha penalidad la de ir dando vueltas para los que por ellas suben o bajan, son pocas acomodadas estas escaleras por no poderse aprovechar los peldaños en todo lo que cogen de largo porque se van angostando por el uno de sus extremos. Estas escaleras se podrán usar cuando más en las torres, por ser imposible plantar otras en sus huecos (Bails, 1783, Tomo IX, p.75).

Se trata de una nota genérica de caracoles, donde en ningún momento los clasifica ni por forma, existencia de pilar o hueco interior, ni por la resolución de este último. Es importante señalar el hecho de que manifiesta expresamente el problema de la reducida longitud útil del peldaño que conllevan estas escaleras, por lo que limita su uso a casos concretos de falta de espacio como el de las torres.

En la segunda parte del tratado donde aborda el tema de la edificación o ejecución de la escalera, Bails (1783) incluye de nuevo una serie de consideraciones generales a tener en cuenta en la construcción de cualquier escalera:

356 En los edificio públicos y en los palacios de los grandes Señores se labran de cantería las escaleras, y pende su firmeza del corte de las piedras. Las más hermosas son las de Ojo; su primor está en que se mantengan en el aire mediante el artificio de su construcción, y el arte con que se echa su peso a las paredes de su alrededor. Sus partes más esenciales son los peldaños, las zancas, los estribos y paramentos por debajo de los escalones. A los peldaños se les puede dar catorce pulgadas de huella y siete pulgadas de altura (185), entreverando descansos o mesillas puestas a trechos. La caja de una escalera, puede ser cuadrada, cuadrilonga, circular, ovalada o a manera de herradura (177); pero sea la que fuere su forma, es estilo dejar descansos en los pasillos, que son los parajes donde da vuelta la escalera; y si llevaren gradas, será menester que sean tan anchas en medio de su largo como las demás asentadas a escuadra y nivel en las zancas. (Tomo IX, p.266)

En este punto establece, de nuevo de forma genérica, las dimensiones óptimas de los peldaños de acuerdo a justificaciones realizadas en puntos previos. Así mismo, en aquellos que no sean de sección rectangular establece el punto medio de su longitud del como el lugar desde donde debe de medirse la ancho de la huella, el cual ha de ajustarse a las dimensiones recomendadas.

En ningún momento establece ni recomienda unas dimensiones mínimas de la caja, número mínimo de peldaños, existencia de pasamanos, etc.

Las dos únicas tipologías de caracol que considera las incluye en su diccionario (1802). La ubicación de sus definiciones en páginas distantes, muestra la falta de interés de Bails por realizar una clasificación formal de este tipo de escaleras circulares. Distinguen dos tipos de escaleras de caracol:

- escalera de caracol con alma:

La que tiene sus peldaños entregados por el un extremo en una zanca espiral, que no dexa hueco alguno. (p. 40)

- escalera de caracol y ojo:

La que siendo circular por su planta forma en su centro un hueco circular por medio de un muro que la sirve de alma, y sobre el qual se sostienen los peldaños. (p.126)

La primera de ellas se corresponde con el tradicional caracol de husillo y la segunda al llamado caracol con ojo o de Mallorca. Se trata de las dos tipologías más básicas, no considerando ninguna variante adicional.

26.2. Trazo analizada:---

Es necesario señalar que no aporta ninguna definición gráfica de ninguno de estos caracoles. Tan solo en el momento de definir la bóveda espiral o de caracol, figura número 208 del tratado, Bails representa gráficamente de forma muy esquemática y sin aportar ningún tipo de valor a sus dimensiones, la planta de un caracol con ojo (Figura III-29).

Figura III- 29. Bóveda espiral o de caracol
(Autor: B. Bails)

27. ANDREA PALLADIO (1508-1580)

Como se ha podido comprobar, el autor que más frecuentemente ha sido referenciado en la descripción de las escaleras de caracol ha sido Andrea Palladio. Por este motivo es necesario aclarar lo que este autor incluye sobre las escaleras circulares en su tratado *I quattro libri dell'architettura* publicado en Venecia en 1570, así como su posterior difusión e influencia en España bajo el nombre *Los cuatro libros de la Arquitectura*.

27.1. I quattro libri dell'architettura

El tratado de Palladio fue muy pronto conocido por los arquitectos de la época (Navascués, 1980, p.XV). Así lo demuestra la primera traducción al castellano que Juan de Ribero Rada realiza para su biblioteca personal en 1578, tan solo ocho años después de su publicación en Venecia. Así mismo, la primera edición impresa del Primer Libro no se hace esperar demasiado y aparece en Valladolid en 1625 a cargo de Francisco de Praves. Sin embargo y a pesar de que Praves tenía preparado el manuscrito del Tercer Libro para su publicación desde el mismo año 1625, éste nunca llegó a la imprenta. La hipótesis más barajada es que fuera debido a la escasa repercusión que tuvo el primero de ellos.

Como se ha dicho, si bien su obra escrita fue pronto conocida entre los arquitectos españoles, lo cierto es que su influencia en la obra construida en España fue muy escasa. Las causas que pudieron motivar esta circunstancia son objeto de las *Reflexiones sobre Palladio en España* que el profesor Pedro Navascués (1980) escribió para el libro de Ackerman. De acuerdo al profesor Navascués, Fray Lorenzo incluye los conocimientos necesarios para que “los que desean saber no tengan necesidad más que de mi libro” y afirma que implícitamente el fraile dejaba excluido del tratado de Palladio todo lo que no fueran los cinco órdenes (Navascués, 1980, p.XVIII). Sin embargo es muy importante destacar que Fray Lorenzo también incluye la referencia directa a Palladio, cuando plantea el tema de las escaleras. Esto de nuevo viene a evidenciar el olvido al que han quedado constantemente relegadas las escaleras, y concretamente las de caracol, como objeto de estudio.

Concretamente, Palladio escribe en el capítulo 28 de su primer libro sobre “las escaleras, su variedad, número de gradas y magnitud de estas”. Comienza considerando al caracol como un tipo de escalera circular o elíptica, y a continuación

aporta información sobre su uso, localización, características, tipos, así como su construcción (Figura III-30):

Las escaleras se hacen rectas o de caracol (...)

Las escaleras de caracol se construyen ya redondas ya elípticas, unas veces con pilar en el centro, otras huecas. Usasen principalmente en lugares reducidos, porque ocupan menos espacio que las rectas, si bien la subida es más ardua. Las huecas en su medio salen mejor por poder tomar luz de arriba por el hueco mismo, y tienen la circunstancia de que las personas que están en lo alto ven a las que van subiendo, y estas también a aquellas. Las que tienen el centro lleno se construyen dividiendo el diámetro en tres partes: danse dos a los escalones y una al centro, como demuestra el diseño A, LAM. XXIX: o bien se dividirá el diámetro en siete partes, dando tres al macizo del centro y cuatro a los escalones. Con esta misma proporción está construida la escalera de la columna Trajana. Aun así los peldaños se cortan en curvos como demuestra la figura B serían hermosos a la vista y más largos que los rectos. Pero en las vacías en su medio se divide el diámetro en cuatro partes, de las cuales se dan dos a los escalones y otras dos al vacío del medio, como en la LAM. XXX.

Además de las especies ordinarias de escaleras ha inventado otra, también de caracol, el Clarísimo Señor Marco Antonio Barbaro, noble veneciano y de bellissimo ingenio, la cual es muy cómoda en sitios estrechos. No tienen columna en medio, y sus escalones salen bastante largos por ser curvos. Su división de plano es la misma que la precedente.

Las escaleras a caracol ovaladas o elípticas (LAM. XXXI) se distribuyen como las circulares. Son muy graciosas a la vista, por razón de que todas sus puertas y ventanas vienen a las puntas de la elipse y en sus medios; y además de esto son bastante cómodas. Yo labré una de estas vacía en su medio en el monasterio de la Caridad en Venecia, la cual me salió muy buena.

En la lámina XXIX describe la escalera de caracol con pilar en medio y la escalera de caracol con pilar en medio, y los escalones curvos. En la lámina XXX describe la escalera de caracol hueca en su medio y la escalera de caracol hueca en su medio y con los escalones curvos. Y por último en la lámina XXXI describe la escalera elíptica con pilar en su medio y la escalera elíptica sin pilar. (Palladio, 1625, pp.35-37)

Figura III- 30. Lámina XXX. Escalera de caracol hueca en su medio según A. Palladio
(Autor: Palladio & F. de Praves)

28. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS TEÓRICOS

Una vez recopilada toda la información que respecto a la escalera de caracol con ojo se escribió en España desde el s.XVI al s.XVIII, se ha estudiado y analizado lo que cada uno de ellos recoge. Como se subrayó en los objetivos de la investigación, en este estudio se ha analizado no tanto la labra de las piezas de cantería sino otros conceptos más generales como son la comodidad y la seguridad de uso. Se ha centrado en cómo el diseño geométrico empleado para resolver el hueco central de la escalera con ojo puede suponer un cambio en su nivel de confort y seguridad. A los antiguos maestros góticos, igual que a los arquitectos contemporáneos, también les preocupaban estas cuestiones, las cuales resolvían mediante la determinación de una serie de parámetros geométricos de la escalera (Templer, 1994a, p.vi). Este trabajo se centra, pues, en el análisis comparativo de dichos parámetros .

28.1. Fichas de síntesis

Las fichas de síntesis elaboradas para cada modelo teórico seleccionado, han permitido comprobar y comparar lo que cada autor escribe acerca de los parámetros que determinan la geometría de estas escaleras. A continuación se adjuntan las fichas de síntesis sobre cada uno de los modelos teóricos analizados.

29. RESULTADOS PARTE III

Tras analizar y comparar los datos de las fichas elaboradas para cada tratado, se obtuvieron una serie de evidencias sobre cada punto descrito que se resumen en los siguientes resultados:

Parte III: 1º Resultado

Sobre el número de tratados y su datación.

Entre finales del s.XVI y finales del s.XVIII se escribieron en España un total de once textos, entre tratados y cuadernos de apuntes y notas, que recogen la definición de la escalera de caracol con ojo o de mallorca junto al tradicional caracol de husillo. Estos textos fueron escritos por: Alonso de Vandelvira (entre 1575 y 1580), Rodrigo Gil de Hontañón (entre 1550 y 1580), Ginés Martínez de Aranda (entre 1598 y 1608), Alonso de Guardia (c.1600), Fray Lorenzo de San Nicolás (1639), Joseph Gelabert (1653), Juan Caramuel (1678), Tomás Vicente Tosca (1712), Juan de Portor y Castro (entre 1708 y 1719), Juan García Berruguilla (1747) y Benito Bails (1783).

*Figura III- 31. Línea temporal. Ficha de síntesis modelos teóricos
(Autor: P. Benítez)*

La figura superior muestra su orden cronológico (Figura III-31). De él puede extraerse que cuatro de los once escritos –lo que supone más del 36%–, fueron redactados en un periodo de tiempo aproximado de unos 30 años, entre el último tercio del s.XVI y la primera década del s.XVII. Los siete restantes fueron viendo la luz a lo largo de un periodo más amplio, con un intervalo medio entre unos y otros de aproximadamente 30 años, a excepción del de Gelabert –escrito entre los tratados de San Nicolás y Caramuel– y el de Portor y Castro –escrito en torno a las mismas fechas que el tratado de Tomás Vicente Tosca–.

El detalle con que abordan la definición de ambas escaleras varía enormemente de unos a otros, como queda evidenciado en el conjunto de los resultados obtenidos en esta Parte III. Sin embargo es importante señalar que los que

detallan ambas tipologías de caracol de forma más exhaustiva describiendo numerosas variantes, Vandelvira y Martínez de Aranda, se encuentran entre esos cuatro primeros textos.

El concentrado número de escritos, así como la elevada definición de los mismos en este corto período de finales del s.XVI, viene a confirmar la fuerza con la que estos escritos intentan irrumpir en el panorama de la tratadística española buscando equiparar la formación gótica de sus autores con la nueva corriente renacentista. Mediante la elaboración de estos escritos, los autores pretenden validar los elementos más característicos de la tradición tardogótica entre los que se encuentra el caracol con ojo.

*Figura III- 32. Distribución temporal de textos
(Autor: P. Benítez)*

Parte III: 2º Resultado

Sobre las referencias incluidas en la definición de cada traza

Ciertamente son numerosas las referencias existentes en el conjunto de cada escrito. Sin embargo es importante señalar que concretamente en la definición de los caracoles, las referencias son más bien limitadas. Es más, no todos los autores añaden referencias a la hora de detallar las trazas de caracol. Este es el caso de Martínez de Aranda, Berruguilla, Alonso de Guardia o Portor y Castro. Los escritos de de Guardia y Portor y Castro no fueron redactados con la intención de su publicación, sino como cuadernos de notas y apuntes para su uso personal o del entorno más cercano, por lo que podría quedar disculpada la falta de todo tipo de referencias. Sin embargo en los tratados de Martínez de Aranda y Berruguilla sorprende su ausencia, sobre todo cuando en otros tratados como el de Fray Lorenzo las referencias son numerosas.

Para su estudio, se han considerado tres tipos de referencias: referencias a otros autores; referencias a ejemplos contruidos; y otras referencias. De acuerdo a esta clasificación se ha podido comprobar que:

Sobre las referencias a otros autores

El autor más referenciado en la definición de los caracoles es el italiano Andrea Palladio y concretamente el capítulo 28 del libro I de su tratado *Los cuatro libros de la Arquitectura*. Fray Lorenzo es el primer autor que lo cita en la primera parte de su tratado publicado en 1639. Específicamente cuando habla de las dos posibles soluciones de caracol con ojo: la solución en la que las gradas van derechas a su centro; y aquella en la que las gradas van torcidas. Otro de los autores que cita de nuevo a Palladio es Juan Caramuel (1678), quien de forma mucho más crítica que Fray Lorenzo, incluye las leyes que de acuerdo al autor italiano han de cumplir las escaleras y por tanto los caracoles. Sin embargo, Caramuel expresa su justificada disconformidad con alguna de ellas. Por otro lado, en el momento de clasificar los caracoles Caramuel cita de nuevo a Palladio pero esta vez de una manera mucho más breve e incompleta: solo referencia la variedad de formas de la caja y olvida incluir la posible disposición no radial de los peldaños considerada por Palladio. Tosca –quien como más adelante se evidenciará, toma a Caramuel como fuente principal– referencia a Palladio en la Proposición IV, donde incluye la enumeración de las leyes que han de cumplir las escaleras. Así mismo y como hiciera Caramuel, Tosca contempla las distintas variedades de caracoles en función de la forma de su caja, pero omite cualquier referencia a la disposición no radial de los peldaños como posible solución a la escalera con ojo que recogía el autor italiano en su tratado.

Finalmente al igual que Fray Lorenzo de San Nicolás, Caramuel y Tosca, Benito Bails considera que sobre las escaleras “cuanto hay que decir acerca de esta parte del edificio lo declara Paladio (...) con el juicio y concisión que acostumbra” (1783, pp.70-71), sin embargo no es el único autor al que menciona. Bails también cita a Vitrubio, Milizia, Blondel, al Marqués Galiani y Scamozzi. Todos ellos aparecen como fuente de conocimiento de las escaleras en general, ya que sobre los caracoles Bails aporta muy poca información tanto escrita como gráfica. Al considerar el caracol como escalera, debe ajustarse a las condiciones generales.

Sobre las referencias a otros ejemplos contruidos

Muchos autores justifican de forma general en la introducción de sus escritos, la validez de sus trazas afirmando que previamente han sido contruidas. Sin embargo son pocos los que aluden a ejemplos concretos. Estos modelos generalmente se localizan en su entorno más cercano. Sin embargo a veces se trata de ejemplos que desconocen personalmente, pero cuya importancia ha llegado hasta ellos y se limitan a transmitirla.

Son solo cuatro los autores que referencian ejemplos concretos. El primero de ellos es Alonso de Vandelvira, quien cita ejemplos contruidos en Andalucía: el caracol de emperadores cuadrado contruido en la torre de la Iglesia Mayor de Sevilla; y el caracol Vía de San Gil contruido en la Casa Real de la Alhambra en Granada.

Tras Vandelvira, hay que esperar a Fray Lorenzo de San Nicolás para encontrar referencia a otro ejemplo contruido: la columna Trajana en Roma. Esta cita es consecuencia de la fuerte influencia que en el tema de las escaleras tiene Palladio en Fray Lorenzo, ya que el autor italiano también la incluye en el capítulo de su tratado dedicado a las escaleras.

En 1653 Gelabert, quien reconoce al comienzo de su tratado desconocer libros de otros autores dedicados a la montea, cita las torres de la Lonja (de Palma) para legitimar las trazas por él propuestas.

Por último Caramuel, al tratarse de un autor mucho más internacional que cualquiera de los anteriores hace referencia a ejemplos localizados en ciudades europeas que ha visitado. De esta forma además de la columna Trajana –herencia de Palladio y Fray Lorenzo– cita el caracol de la columna Antoniana también en Roma, así como el caracol del palacio Possonio en Hungría.

Puede resumirse que poco más del 36% de los autores referencian ejemplos concretos: el 27% alude a construcciones de su entorno más cercano, es decir, aquellos que han podido observar personalmente. Mientras que el 10% alude a ejemplos conocidos a través de terceros.

Otras referencias

En este apartado se encuadran principalmente las referencias a lugares geográficos. Solo tres autores referencian otros lugares, lo que expresado en porcentaje supone el 27%:

Alonso de Vandelvira cita la villa de San Gil en (Francia) como origen de la denominación de la Vía de San Gil.

Fray Lorenzo referencia España de forma general en varias ocasiones.

Caramuel de nuevo demuestra ser el más cosmopolita de todos haciendo numerosas referencias al uso de caracol en Castilla, Flandes, Alemania, y Hungría.

Interesante es la referencia constante al cuerpo humano que Gil de Hontañón emplea para establecer las dimensiones del caracol.

Parte III: 3º Resultado

Sobre el vínculo entre los términos escalera y caracol.

Solo cinco de los once autores (45%) cuyos texto se han analizado, incluyen la definición de los términos escalera y/o caracol:

Martínez de Aranda (c.1600) es el primero en incorporar la clara definición de ambos términos en el texto introductorio de la tercera parte de su tratado (Figura III-33):

Caracoles son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta circularmente y las piezas de los cerramientos miraren a un centro (...)

Escaleras son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta de cuadrado y dejaren hechas alguna manera de mesas y descansaderos sobre que se han de formar las vueltas (...).

A continuación Fray Lorenzo de San Nicolás (1639), si bien no define el término escalera al darlo por conocido, aporta una definición-aclaración sobre las escaleras de caracol:

(...) demás de las escaleras dichas, se hacen otras....en espacios pequeños que llamamos caracoles.

EL CARACOL EN EL TEXTO	¿Caracol = escalera?	NO	Definición escalera	"Escaleras son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta de cuadrado y dejaren hechas alguna manera de mesas y descansaderos sobre que se han de formar las vueltas [...] (Aranda c.1600: 213).						
			Definición caracol	"Caracoles son todas cualesquiera figuras que en su distribución causaren a dar la vuelta circulanmente y las piezas de los ceramientos miraren a un centro [...] (Aranda c.1600:213)						
	Referencias definición caracol	Otros autores	—							
		Ejemplos	—							
		Otros	—							
	Trazos de caracol				Trazos caracol helicoidal					
	Nº total trazos caracol	11	Forma de la caja			Nº trazos caracol con ojo	2	Solución ojo central		
			Tipo					Tipo		
			Nº					Nº		
			Circular	x	11			Radial	x	2
Cuadrada			-	0	No radial			-	0	
		Ovaladas, otras	-	0	Tangencial	-	0			

Figura III- 33. Definición de términos. Ficha de síntesis modelo Martínez de Aranda (Autor: P. Benítez)

Al igual que Fray Lorenzo, Caramuel (1678) no define el término escalera pero refiriéndose a las escaleras circulares indica que:

(...) estas son las que se llaman caracoles y discurren en arco.

A comienzos del siglo siguiente, Tosca (1712) de nuevo omite la definición del término escalera informando tan solo sobre su importancia en el edificio. Sin embargo, en su clasificación incorpora la definición de la escalera de caracol o circular en contraposición a la escalera rectilínea:

Unas tienen planta rectilínea y se llaman Rectilíneas,...; otras son circulares, que vulgarmente llamamos caracoles, y suben seguidamente en forma de espira (p.243)

Finalmente Bails (1802) incorpora la definición de ambos términos en su Diccionario, como complemento de su tratado:

ESCALERA. s. f. Subida con muchos pasos ó escalones y barandilla, que sirve de comunicación entre los diferentes pisos de un edificio.

ESCALERA DE CARACOL. La que da vueltas en línea espiral. Por lo común suele ser seguida sin descanso alguno.

Los demás autores no definen explícitamente ningún término, mas por el contexto puede extraerse si consideran al caracol como escalera o no. Tras su estudio se han obtenido los siguientes resultados:

Seis son los autores (55%) que, de forma explícita o implícita, desvinculan el término caracol y el término escalera: A. de Vandelvira, R. Gil de Hontañón, G. Martínez de Aranda, A. de Guardia, J. Gelabert y J. De Portor y Castro.

Por otro lado, cinco son los autores (45%) que sí consideran al caracol como escalera: Fray Lorenzo de San Nicolás, Caramuel, Tosca, Berruguilla y Bails.

La Figura III-34 resume este resultado.

Figura III- 34. (Autor: P. Benítez)

Lo que se entresaca, es que el número de textos que consideran el caracol como un elemento distinto a la escalera se concentran de forma significativa antes de la publicación del tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás en 1639.

Así mismo, es particularmente notable que los textos, a excepción del de García Berruguilla (1747), que identifican el caracol con la escalera citan explícitamente como fuente de conocimiento a Andrea Palladio, quien ya consideraba en su tratado el caracol como una escalera circular:

Las escaleras se hacen rectas o de caracol (...)

Las escaleras de caracol se construyen ya redondas ya elípticas, unas veces con pilar en el centro, otras huecas.

Esto claramente muestra la tendencia general que inicialmente existía en la tradición española de desvincular ambos conceptos, caracol y escalera, hasta la difusión del tratado de Andrea Palladio. Los textos de Gelabert y Portor y Castro, ambos posteriores a Fray Lorenzo y que sin embargo mantienen esa división de términos, vienen a confirmar dicha tendencia general. Ya que como el propio Gelabert cuenta en la introducción a su tratado, la fuente de conocimiento la encuentra en su propia experiencia o su entorno profesional más cercano, por desconocer la existencia

de textos especializados. Es decir, Gelabert escribe su tratado de acuerdo a la tradición heredada:

Sólo me queda advertir que hay libros impresos sobre muchas ciencias y artes (...) pero yo (...) no he podido aprovechar en mi escrito la autoridad de nadie, porque no ha salido a la luz ningún libro sobre este arte, sobre la lectura y explicación de las trazas. (Rabasa, 2011, p.25)

Lo mismo puede afirmarse con respecto a Portor y Castro.

Parte III: 4º Resultado

Sobre el total de trazas de caracol

En este punto se tiene en cuenta el número total de trazas de caracol definidas en el tratado, sin distinción alguna entre husillo, con ojo, de emperadores, etc.

En la figura III-35 puede observarse que los autores que mayor número de trazas de caracoles incluyen en sus tratados son: Alonso de Vandelvira (7), Martínez de Aranda (11)¹⁷ y Portor y Castro (7).

Figura III- 35. Total de trazas propuestas por texto
(Autor: P. Benítez)

Es significativo que dos de ellos, Vandelvira y Martínez de Aranda, son de los primeros autores que recogen en sus tratados ambas tipologías de caracol, husillo y con ojo. El número y exhaustividad de variantes definidas reflejan no solo el deseo de transmitir un mayor conocimiento (Calvo, 2000, p.99), sino que también evidencian la importancia de las mismas para el autor, ya sea por su frecuencia de uso o por el

¹⁷ La tercera parte del ejemplar analizado del tratado de Ginés Martínez de Aranda se encuentra incompleta, por lo que es de suponer que existieran un número aún mayor de trazas de caracol.

prestigio que otorgaban al maestro que demostraba su conocimiento en su época o en épocas precedentes.

Así mismo, el gráfico muestra una tendencia a la reducción de variantes. En este punto es preciso aclarar que incluso Portor y Castro inicialmente tan solo incluye cuatro trazas (Figura III-36). Las tres últimas, todas ellas de planta cuadrada, fueron añadidas con posterioridad como evidencia el no encontrarse incluidas en la tabla de contenidos. Esta tendencia no solo significa la simplificación del problema, sino la tendencia a relegar a un segundo plano estas escaleras. Son muchos los autores que manifiestan abiertamente que por no ser hermosas (Caramuel, 1678), tener subida complicada y ser poco acomodadas (San Nicolás, 1639), “deben usarse cuando no se puede más” (Bails, 1783). Por lo tanto, puede afirmarse que la tendencia a la generalización es consecuencia del progresivo aumento de un uso de carácter excepcional .

EL CARACOL EN EL TEXTO	¿Caracol = escalera?	NO	Definición escalera	---						
			Definición caracol	---						
	Referencias definición caracol	Otros autores	---							
		Ejemplos	---							
		Otros	---							
	Trazas caracol									
	Nº total trazas caracol	4	Forma de la caja		Nº trazas caracol con ojo	2	Solución ojo central			
			Tipo				Tipo			
			Circular	x			4	Radial	x	2
			Cuadrada	-			0	No radial	-	0
Ovaladas, otras			-	0			Tangencial	-	0	

Figura III- 36. Número total trazas de caracol. Ficha de síntesis modelo Portor y Castro (Autor: P. Benítez)

Basándose en estos datos, puede afirmarse que el caracol va perdiendo poco a poco el protagonismo del que disfrutaba a finales del siglo XVI, quedando relegado en España a un uso excepcional y casi exclusivamente utilitario.

Parte III: 5º Resultado
Sobre la forma de la caja

Con respecto a la clasificación de los trazas de caracol definidas en función de la configuración de la caja –circular, cuadrada, u ovalada y elíptica– se han obtenido los siguientes resultados:

En primer lugar, y como puede observarse en la figura III-37, el número de trazas definidas con caja circular es significativamente muy superior a cualquier otra de las formas consideradas. El 100% de los autores definen trazas de caracol de planta circular. Es más, el 80% de ellos detallan la totalidad de sus trazas con dicha forma de caja. De este porcentaje, más del 50% ni siquiera expresan la posibilidad de poder ejecutar las trazas de caracol descritas con otras formas de caja. Este es el caso de: Gil de Hontañón, Martínez de Aranda, de Guardia, Gelabert, Berruguilla y Bails. Por otro lado, existe un 30% que manifiestan la viabilidad de construir el caracol con otras formas de caja, pero que sin embargo no detallan por ejecutarse de forma similar a las trazas circulares ya descritas por ellos. Este es el caso de Fray Lorenzo de San Nicolás, Caramuel y Tosca.

Figura III- 37. Trazas definidas según forma de la caja
(Autor: P. Benítez)

Solo el 20 % de los autores, Vandelvira y Portor y Castro, incluyen la definición de trazas de caracol con caja cuadrada junto a las trazas de caja circular. Es importante señalar que en el caso de Portor y Castro, éste recoge incluso un mayor número de caracoles de caja cuadrada que de caja circular. Sin embargo es llamativo, que todas ellas fueran incluidas con posterioridad a las circulares y que por este motivo no se encuentren incluidas en la tabla de contenidos. En el caso de Vandelvira, solo una de las siete trazas de caracol incluidas en su tratado posee caja cuadrada. Además de estos dos autores, solo Tosca (1712) expresa la opción de ejecutar el caracol en ese esquema de planta:

Así como en el caracol que se ha delineado es la planta circular, puede (...) formarse dentro de un paralelepípedo ; así como los sobredichas se encierran en un cilindro; y porque las operaciones son las mismas, y se ejecutan con el mismo orden, y reglas arriba dichas, no me detengo mas en este punto.
(p.249)

La descripción de trazas de caracol con caja elíptica se reduce aún más. Vandelvira es el único que define la traza de un caracol con caja elíptica, lo que expresado en porcentaje supone el 9% de los autores. Sin embargo Fray Lorenzo, Caramuel y Tosca expresan la viabilidad de ejecutar sus trazas circulares de forma semejante en cajas elípticas. Aquí de nuevo puede verse la influencia de Palladio (1625), quien previamente ya había considerado dicha variante de las escaleras de caracol:

Las escaleras de caracol se construyen ya redondas ya elípticas (...)

Pueden resumirse estos resultados afirmando que:

- La tendencia general es ejecutar la caja del caracol de forma circular.
- La caja elíptica, si bien es conocida desde los inicios como demuestra la traza incluida por Vandelvira, su pervivencia es reflejo de la influencia de Andrea Palladio en los autores españoles.
- El uso de la caja cuadrada es casi anecdótico.

Por último es importante subrayar que Vandelvira, si bien no es el autor que define mayor número de trazas, sí es el autor cuyas trazas poseen mayor variedad de configuración de la caja.

Parte III: 6º resultado

Tipos de escaleras de caracol

La figura III-38 muestra la proporción de trazas de caracol de husillo y caracol de mallorca propuestas en cada tratado. De ella pueden extraerse los siguientes resultados:

La relación entre el número de trazas de husillo y con ojo es similar en casi todos los textos. Existen dos excepciones, Martínez de Aranda y Portor y Castro, en cuyos textos existe un claro desequilibrio. En este punto es preciso aclarar que dado que el texto de Martínez de Aranda se encuentra incompleto queda justificada su desviación con respecto a la tendencia general. Por su parte, el caso de Portor y Castro, ha demostrado constantemente su peculiaridad y anomalía respecto a la tendencia general en todos y cada uno de los puntos analizados hasta el momento, siendo la excepción que viene a confirmar la regla.

Figura III- 38. Número de caracoles según su tipología
(Autor: P. Benítez)

Parte III: 7º Resultado

Sobre las distintas soluciones de escalera de caracol con ojo

EL CARACOL EN EL TEXTO	¿Caracol = escalera?	Si	Definición escalera	---						
			Definición caracol	"Demás de las escaleras dichas, se hazen otras de yeso, y de cantería, en pequeños espacios, que llamamos caracoles. [...]" (de San Nicolás 1639: 119v)						
	Referencias definición caracol	Otros autores	Andrea Palladio							
		Ejemplos	Columna Trajana							
		Otras	España							
	Trazas caracol				Trazas caracol helicoidal					
	Nº total trazas caracol	3	Forma de la caja			Nº trazas caracol con ojo	2	Solución ojo central		
			Tipo		Nº			Tipo		Nº
			Circular	x	3			Radial	x	1
			Cuadrada	-	0			No radial	x	1
Ovaladas, otras			x	0	Tangencial			-	0	

Figura III- 39. Sobre el caracol con ojo. Ficha de síntesis San Nicolás
(Autor: P. Benítez)

Para resolver el hueco central en las trazas de caracol con ojo descritas, la totalidad de los autores proponen la disposición radial de los peldaños, es decir, aquella en la que los peldaños tienen configuración de sector circular. Tan solo Fray Lorenzo propone además la alternativa de disponer las "gradas torcidas", o lo que es igual, la denominada solución no radial (Figura III-39). Como ya se ha comentado anteriormente, no se trata de una aportación original ya que como el mismo Fray Lorenzo manifiesta, la definición fue tomada del mismísimo Palladio. Es sorprendente sin embargo el hecho de ser el único autor que recoge dicha configuración, a pesar de no ser el único que cita al autor italiano (Figura III-40). Tal es el caso de Caramuel, Tosca o Bails. Lo cuales tan solo recogen la configuración radial.

*Figura III- 40. Solución caracol con ojo
(Autor: P. Benítez)*

Parte III: 8º Resultado

Sobre la geometría: la caja

	CAJA	Tipo		
		Diámetro caja (Øc)		
		Diámetro del ojo (Øo)		
		Moldura interior (m)		
PLANTA	Arranque	Nº peldaños /vuelta		
		Ángulo peldaño (L)		
		Altura a salvar por vuelta		

*Figura III- 41. Parámetros geométricos de la caja. Ficha de síntesis tipo
(Autor: P. Benítez)*

Solo el 55% de las trazas analizadas –cinco de las once– establecen un valor fijo o recomendable para el diámetro de la caja. Concretamente las trazas definidas por: Gil de Hontañón, San Nicolás, Gelabert, Caramuel, Tosca y Portor y Castro (Figura III-42).

San Nicolás es el primero tras Gil de Hontañón que fija expresamente la dimensión de la caja en el texto aclaratorio de la traza analizada. Exactamente determina un valor de 8 pies. A continuación, Gelabert propone 7 palmos, lo que equivale a 5,25 pies. Sorprendentemente Caramuel propone 14 pies para la dimensión interior de la caja. Esto supone un incremento mínimo de un 150% con respecto a las otras trazas analizadas. Este significativo aumento de la caja representa junto a otra serie de factores –como el tratamiento del intradós como una superficie continua, el aumento de las molduras de los pasamanos, así como la disolución parcial del muro de la caja–, la tendencia a tratar al caracol con ojo como un elemento escultórico del

edificio (Benítez & Valiente, 2015, p.383). Tosca a imitación de Caramuel propone igualmente 14 pies de diámetro. Por último Portor y Castro recomienda 3 varas (9 pies) pero como dimensión máxima.

*Figura III- 42 Diámetro de la caja
(Autor: P. Benítez)*

Los demás autores, resuelven básicamente el problema geométrico para la labra de las piezas, sin establecer valores concretos de la dimensión de la caja. Sin embargo partir de la documentación gráfica y de los datos aportados en el texto aclaratorio, puede estimarse la dimensión que podrían considerar más apropiada.

En el caso de Alonso de Vandelvira, mediante la limitación a 1 pie de la dimensión de la cuerda más exterior del peldaño que determina en el texto aclaratorio, junto al dato de 20 peldaños por vuelta extraído del dibujo puede presuponerse un radio de la caja de 3,20 pies ($\approx 0,8916\text{m}$) o un diámetro de la misma de 6,4 pies ($\approx 1,7832\text{m}$).

Martínez de Aranda por su parte, no determina ni el diámetro de la caja ni la dimensión de la huella. Sin embargo, en el texto sí recomienda 12 peldaños por vuelta. Si se mantienen las mismas proporciones que en el dibujo para la dimensión del ojo y de la moldura interior, e impone la condición del ancho de huella puede obtenerse un rango o intervalo aproximado para el valor del diámetro de la caja. El valor estimado para el ancho de la huella es 1 pie, por ser el que más frecuentemente se repite en las trazas. El punto de la longitud del peldaño en el que se debe cumplir dicha condición, se ha considerado variable entre el punto medio del peldaño y el punto más exterior del mismo. De esta manera se ha obtenido que el diámetro de la caja varia entre 6,20 ($\approx 1,727\text{m}$) pies y aproximadamente 3,9 pies ($\approx 1,150\text{m}$).

De Guardia, al igual que Martínez de Aranda no establece ningún valor exacto para la dimensión del caracol. Por este motivo se ha procedido de igual manera, limitando el ancho de la huella a 1 pie, para establecer un rango aproximado para el diámetro. A pesar de coincidir con Aranda en el número de peldaños por vuelta definidos en el dibujo, difiere con él en cuanto a las proporciones del ojo y moldura interior por lo que el rango obtenido varía ligeramente. En este caso el diámetro varía entre aproximadamente 3,9 pies cuando se limita a 1 pie la cuerda máxima del peldaño y 6,5 ($\approx 1,811\text{m}$) pies cuando la condición de 1 pie se impone en el punto medio del mismo.

De forma análoga se ha procedido con Berruguilla obteniendo unos valores del diámetro de la caja que varía entre aproximadamente 4 pies y 5,5 pies ($\approx 1,532\text{m}$). Este último resultado coincide con el valor recomendado por Joseph Gelabert.

Bails no aporta datos suficientes sobre la geometría del caracol para establecer una dimensión aproximada de la caja. Establece la dimensión mínima de 4-5 pies de longitud de peldaño para la escalera en general. De acuerdo a estos valores se puede establecer tan solo el diámetro mínimo en torno a los 9 pies.

Existe una semejanza evidente de las dimensiones de la caja en las trazas de Vandelvira, Gil de Hontañón, Martínez de Aranda y de Guardia. Las cuatro se aproximan en la dimensión en torno a los 6-6,5 pies. Y los tres últimos se aproximan en la dimensión mínima en torno a los 4 pies de diámetro, considerada de nuevo por Berruguilla.

Como resume la figura III-43, los resultados estimados de la caja, confirman que si bien existe una gran variedad de dimensiones para la caja del caracol, (i) éstas oscilan en su mayoría entre un valor mínimo de 4 pies y (ii) un valor máximo de 9 pies, (iii) siendo la más repetida (36%) la que posee el valor intermedio de los 6-6,5 pies de diámetro; igualmente se confirma (iii) la tendencia general a ampliar dicha dimensión con el paso del tiempo.

En lo referente a la dimensión del hueco interior de la escalera, es importante señalar que todos los autores determinan textual o gráficamente la proporción del mismo con respecto al diámetro interior de la caja.

Figura III- 43 Diámetros estimados de la caja
(Autor: P. Benítez)

Como puede observarse en la figura III-44, la proporción del ojo con respecto al diámetro de la caja (L) se encuentra en un rango que va desde $L/22$ hasta $L/3$. Como ocurriera con el diámetro de la caja, Caramuel y Tosca sorprenden de nuevo, pero esta vez con una proporción entre ambas dimensiones notablemente más pequeña que el resto de los autores.

Figura III- 44. Proporción del ojo con respecto a la caja
(Autor: P. Benítez)

Gil de Hontañón por su parte, plantea dos opciones para el hueco interior en función de la dimensión de la caja: (a) cuando el diámetro de la caja es igual a un hombre con los brazos extendidos, el hueco interior debe poseer el tamaño de la cabeza más un tercio de ésta; en el segundo caso (b), cuando el diámetro de la caja equivale a la medida de un cuerpo humano con los brazos extendidos hasta las muñecas, el hueco coincide con el tamaño de la cabeza. De acuerdo al capítulo 2 de su tratado, la cabeza equivale a la octava parte de la altura humana, es decir $6/8$ pies o una cuarta. Por su parte la mano equivale a la décima parte, es decir, $6/10$ pies. Teniendo en cuenta ambos valores la proporción entre el diámetro de la caja y el

diámetro del ojo equivale a $1/6$ en el caso (a) y a $1/6,4$ en el caso (b). Estos valores se aproximan de nuevo a los establecidos por Vandelvira y Martínez de Aranda en sus tratados.

Los resultados del análisis comparativo muestran que la relación más frecuente, repetida por el 36 % de los autores, entre el diámetro del ojo y el diámetro de la caja es $1/6$. Aproximándose a este valor se encuentra la propuesta de $1/5$ de Fray Lorenzo, y $1/7$ de Gelabert. Junto al mínimo establecido por Caramuel y posteriormente Tosca, el otro valor extremo queda definido por García Berruguilla en $1/3$. Berruguilla, en este caso se desmarca de la tendencia general y considera un hueco interior cuya proporción respecto a la caja es significativamente mayor.

Figura III- 45. Proporción moldura interior con respecto a la caja
(Autor: P. Benítez)

Sobre la cuestión de la moldura interior, se ha observado una gran variedad de dimensiones y formas (Figura III-45). Incluso en alguna ocasión la moldura desaparece, como es el caso de fray Lorenzo ó Caramuel y Tosca quienes la sustituyen por una barandilla metálica. En aquellos casos en que el autor la juzga necesaria (55%), establece su dimensión en función de la dimensión de la caja. Tan solo dos autores coinciden en precisar dicha relación en $1/12$.

Parte III: 9º Resultado

Sobre la geometría: la planta

En lo que se refiere a la planta existe una mayor homogeneidad. Como puede observarse en la figura III-46, más del 80% de las trazas analizadas plantea caracoles levógiros, es decir, aquellos que giran en sentido contrario a las agujas del reloj. Sin embargo, ninguno de ellos lo manifiesta explícitamente en el texto sino directamente

en el dibujo. Tan solo de Guardia y posteriormente Fray Lorenzo parecen plantear un esquema dextrógiro. En el caso de Fray Lorenzo es resultado de la fuerte influencia que Palladio ejerce sobre el autor español.

Figura III- 46. Tipo de arranque
(Autor: P. Benítez)

En lo relativo al número de peldaños por vuelta, cada autor no determinan un valor único. Muchos manifiestan la vinculación de este valor a la elección de la dimensión de la caja y la limitación del ancho de la huella. Sin embargo todos ellos recomiendan unos valores, ya sea textual o gráficamente, los cuales han sido recogidos en la figura III-47. En ella puede observarse que el valor más frecuente es 12, en un porcentaje de algo más del 45% de las trazas. Los 20 peldaños por vuelta definen el esquema de Vandelvira y San Nicolás, así como la recomendación expresa de Portor y Castro, lo que en porcentaje supone el 27%. Finalmente las trazas de Caramuel y Tosca (18%) constan de 44 peldaños por vuelta. De nuevo en este punto ambos autores marcan una significativa diferencia, que es claramente consecuencia directa del gran tamaño de la caja por ellos establecida.

Figura III- 47. Peldaños por vuelta
(Autor: P. Benítez)

Parte III: 10º Resultado

Sobre la geometría: el peldaño

Como muestra la figura III-48, el 91% de las trazas analizadas resuelven la formación del hueco interior del caracol mediante la reducción de la longitud del peldaño del correspondiente caracol de husillo. Emplean para ello, peldaños en forma de sector circular cuya longitud nunca excede el valor del radio de la caja y cuya tabica coincide con alguno de los radios de la misma. Es la denominada escalera de caracol con ojo de solución radial (Benítez& Valiente, 2015, p.383).

Fray Lorenzo es el único autor que plantea dos posibles soluciones. Junto a la anterior solución radial, propone otra donde los peldaños se disponen “torcidos”. En este último caso, la recta que une los extremos del peldaño posee una longitud intermedia entre la medida del radio y la longitud correspondiente a la solución radial. Así mismo, dicha recta no se dispone ni radial ni tangencialmente al hueco central. Este esquema se corresponde con el denominado caracol con ojo de solución no radial. Como ya se indicó anteriormente, no se trata de una aportación original, sino de la clara influencia que el autor italiano Andrea Palladio ejerció sobre Fray Lorenzo.

*Figura III- 48. Solución empleada.
(Autor: P. Benítez)*

En cuanto a la longitud total del peldaño, los valores en función del diámetro total extraídos, bien del dibujo o del texto aclaratorio, quedan recogidos en la figura III-49. En ella puede observarse que dicho valor oscila desde los $L/4$ definido por Berruguilla hasta los $3L/7$ definidos por Caramuel y Tosca. De nuevo los valores extremos quedan determinados por los mismos autores que en el caso del diámetro del hueco interior. Esto es debido a la relación inversamente proporcional que existe entre ambos conceptos. A igual tamaño de la caja, una mayor dimensión del hueco interior implica una menor longitud del peldaño, y viceversa.

Es interesante observar también como dicha relación tiende a mantenerse constante a lo largo del tiempo, variando poco de unas trazas a otras. De nuevo en esta cuestión Vandelvira y Gil de Hontañón se aproximan en los valores propuestos. De igual forma ocurre con de Guardia y San Nicolás o Caramuel y Tosca. Es interesante comprobar que en el 72% de las trazas, la longitud varía alrededor del 13% entre unas y otras. Llama la atención la proporción propuesta por Berruguilla, la cual es entre el 25 y el 38% inferior al resto, indiscutible consecuencia de la mayor proporción del hueco interior considerada.

Figura III- 49. Longitud del peldaño
(Autor: P. Benítez)

Respecto al ancho de la huella, pocos son los autores (45%) que definen explícitamente su dimensión (Figura III-50). Sin embargo la mayoría (36%) coincide en establecer 1 pie como la dimensión máxima medida junto a la caja exterior. Marca una significativa diferencia Benito Bails, no solo respecto a la dimensión sino también respecto al punto de medida. En este caso define 1 1/6 pies como el ancho que ha de tener la huella en el punto medio de la tabica.

Figura III- 50. Ancho del peldaño
(Autor: P. Benítez)

El otro valor que define la geometría del peldaño e interviene en el nivel de seguridad y confort de la escalera es la altura de la tabica. Sin embargo tan solo el

64% de los autores establece un valor concreto para dicha dimensión. La figura III-51 muestra que varios de ellos coinciden en dos valores: por un lado (i) Gil de Hontañón, Martínez de Aranda y de San Nicolás coinciden en definir una altura de tabica igual a una cuarta de vara, lo que equivale a $\frac{3}{4}$ de pie. Por otro lado (ii) Vandelvira, Caramuel y Tosca concuerdan en definir una tabica de $\frac{1}{2}$ pie de altura.

Existen dos autores que no comparten la dimensión con ningún otro: Portor y Benito Bails. Portor y Castro marca en este caso la diferencia estableciendo dicho valor en relación al ancho de la huella. Concretamente la altura de la tabica debe ser igual a $\frac{2}{3}$ del ancho de la huella. Sin embargo, es llamativo que no defina ningún valor fijo ni recomendable, para dicho ancho. Bails define una altura de tabica para las escaleras en general, igual a 7 pulgadas, lo que equivale a $\frac{7}{12}$ pies.

Figura III- 51. Altura tabica
(Autor: P. Benítez)

La relación H/T entre ambas dimensiones –huella y tabica- se mantienen en su mayoría (71%) constante alrededor del valor 2 (Figura III-52).

Figura III- 52-. Relación H/T
(Autor: P. Benítez)

En lo referente al tratamiento de la superficie inferior del peldaño, se ha observado que no todos los autores especifican uno en concreto. Pero todos aquellos

que así lo hacen (64%), determinan una superficie continua formando un helicoides recto (Fig. III-53).

*Figura III- 53 Tipo de intradós
(Autor: P. Benítez)*

Para finalizar, se ha observado que no existe una solución predominante para resolver el apoyo de unas piezas sobre otras. Como muestra la figura III-54, la solución radial propuesta por Vandelvira es empleada con la misma frecuencia que la solución paralela a la tabica propuesta por Gil de Hontañón o Martínez de Aranda.

*Figura III- 54. Solución área de apoyo
(Autor: P. Benítez)*

Parte III: 12º Resultado

Sobre la geometría: el pasamanos y la iluminación.

Poco dicen los autores sobre la iluminación de los caracoles. Pese a que en la representación gráfica ocasionalmente aparece el hueco de acceso –Vandelvira, Gil de Hontañón o Martínez de Aranda– no ocurre igual con los huecos para la iluminación. Tan solo Vandelvira delinea además del acceso, un hueco de menores dimensiones que se supone tiene el objetivo de iluminar. No obstante, también otros autores expresan la importancia de la luz para el buen funcionamiento de las

escaleras en general. Fray Lorenzo, Caramuel, Portor y Castro e incluso Bails también manifiestan la necesidad de una iluminación lo más homogénea posible, mas no especifican ningún número mínimo de huecos de ventana por vuelta o cualquier otra condición concreta a satisfacer. Únicamente Bails recomienda el uso de la luz cenital siempre que sea posible, pudiendo sustituirla por ventanas en cada piso.

En lo que al pasamanos exterior se refiere, es más habitual encontrar referencias a él que respecto a la iluminación. En este punto son mayoría los autores que coinciden en la existencia de un pasamanos adosado al muro de la caja (63%), indicando en algunos casos el carácter opcional del mismo. De todos ellos solo Vandelvira (9%) fija en 4 pies la distancia entre éste y el plano de la huella del peldaño.

Parte III: 13º Resultado

Modelo teórico hipotético, síntesis de los valores más frecuentes

Una vez analizados y comparados los datos geométricos recopilados en las fichas de las trazas seleccionadas, podrían reunirse aquellos valores más frecuentes en la definición de un caracol con ojo hipotético que reuniría las siguientes características:

- Su traza estaría probablemente recogida en un tratado escrito entre 1580 y 1620.
- No tendría por qué incluir referencia alguna. En caso de hacerlo, mencionaría algún modelo construido en su entorno más cercano o incluso a Palladio. No obstante esto último sería más complicado si se tiene en cuenta el tiempo necesario en aquella época para la difusión de los textos, ya que ambos habrían sido publicado más o menos por las mismas fechas.
- Existiría una desvinculación entre los términos caracol y escalera.
- El caracol poseería planta circular.
- Diámetro interior de la caja entre 6 y 6,5 pies.
- Diámetro del ojo $L/6$.
- Con moldura interior de valor $L/12$.
- De arranque levógiro.
- Longitud del peldaño $L/3$, de acuerdo a la proporción establecida del ojo y de la moldura interior.
- Con una relación H/T alrededor de $2/1$.

Una vez determinado el valor del diámetro de la caja, existen dos posibles esquemas que satisfacen dicha relación H/T en función de la variable que se fije:

- Ancho de huella más frecuente = 1 pie
Si se fija 1 pie como ancho de huella medido junto al muro de la caja, es necesario que cada vuelta se complete con 20 peldaños y la altura de tabica sea igual a $\frac{1}{2}$ pie.
- Altura de la tabica más frecuente = 1 cuarta
El fijar 1 cuarta de vara como altura de tabica, supone un ancho de huella de $\frac{6}{4}$ y por lo tanto un total de 12 peldaños por vuelta.
- El área de apoyo de un peldaño sobre otro se formaría indistintamente de forma radial o mediante una paralela a la tabica.
- Poseería un intradós continuo.
- Podría tener o no un pasamanos en muro exterior
- Con al menos una ventana por vuelta para la iluminación .

Si se tiene en cuenta todos estos datos, puede observarse que el caracol con ojo hipotético obtenido, coincide con el caracol de mallorca definido por Alonso de Vandelvira en su tratado (Figura III-55 y Figura III-56). Por este motivo se ha seleccionado dicho caracol como modelo representativo del caracol con ojo recogido en los tratados españoles escritos entre finales del s.XV y comienzos del s.XIX.

*Figura III- 55. Generación huella. Caracol elemental. Vandelvira
(Autor: P. Benítez)*

*Figura III- 56. Generación intradós. Caracol elemental de Vandelvira
(Autor: P. Benítez)*

Parte III: 14º Aportación

Caramuel y su influencia en Tosca

Uno de los resultados más sorprendentes que se puede observar a la luz del estudio comparativo realizado, es la enorme coincidencia existente entre las trazas definidas por Caramuel y Tosca (Figura III-57 y Figura III-58). Este hallazgo confirma que Tomás Vicente Tosca transcribió de forma casi literal el texto aclaratorio, así como reprodujo de forma casi exacta el dibujo del caracol incluido en el tratado de Caramuel. Es llamativo que a pesar de esta enorme semejanza entre ambos tratados, Tosca omitiera cualquier referencia a Caramuel. No es la primera vez que esto ocurre. El profesor Navascués ya puso de manifiesto la obvia semejanza e incluso copia literal entre ciertas partes del tratado de Benito Bails y el tratado de Frezier (Navascués, 1983, p.73), o incluso las enormes coincidencias entre Hernán Ruiz y famosos autores italianos como Alberti o Serlio (Navascués, 1974, p.3). En ambos casos los autores principales omitieron referenciar sus fuentes. Este nuevo caso entre Tosca y Caramuel, contribuye a demostrar lo habitual que dicha práctica llegó a ser, sobre todo durante el s.XVIII. Así mismo, evidencia la pobre aportación de Tosca en el caso concreto del caracol con ojo.

Figura III- 57. Caracol con ojo (Autor: Caramuel) Figura III- 58. Caracol con ojo (Autor: Tosca)

El estudio comparativo demuestra, que Tosca difiere de Caramuel tan solo en los siguientes puntos:

- Expresa explícitamente la dimensión del hueco interior que ya se encontraba de forma implícita en el texto de Caramuel.
- Menciona expresamente la disposición radial de los peldaños con una breve alusión a que los lados “vayan al centro” designado con una nueva letra, “L”. Dicha disposición era evidente de acuerdo al dibujo de Caramuel.
- Agrega un nuevo párrafo aludiendo a la firmeza y estabilidad de estas escaleras.
- Elimina la referencia a la luz y las ventanas a las que aludía Caramuel (1678):

(...) no habrá pilar que en medio estorbe la luz, que dieren las
ventanas(...)

En la página siguiente puede observarse en rojo el texto escrito por Tosca coincidente casi de forma literal con el escrito por Caramuel.

CARAMUEL

Yo en la Lam XXVIII. Fig. 2. le delinea de este modo.

El círculo ABGA, representa el cóncavo del caracol. Tenga esta circunferencia 44 pies; luego el diámetro tendrá 14. Mando labrar la piedra IFDK; que tenga de I a E seis pies. De E a F un pie; y de E a N, o de N a C otro pie, y de grueso medio pie. Describo en ella el arco EC y la línea MN. Si mando labrar 44 piedras, como esta, tendré suficientes para que mi caracol de una vuelta, porque todas son de la misma figura. En todas hago señalar el arco EC, y la línea MN porque son necesarias. El asentarlas es muy fácil. Póngase la primera piedra en el suelo, de modo que por todo un pie (EF y CD) entre en el muro, que se puede ir fabricando juntamente. La segunda piedra se ponga de manera, que su borde KC caiga sobre la línea MN de la segunda y así hasta el fin. Los escalones en CN tendrán de ancho un pie. Y haciéndose unos balaustres de yerro que sigan la vuelta de los escalones según el círculo PQMO no habrá pilar que en medio estorbe la luz, que dieran las ventanas. Con 44 escalones, quitando medio pie, que ellos tienen de grueso, habrá entre una vuelta y otra pies 21 $\frac{1}{2}$ De alto; que bastarán para que sea esta escalera majestuosa. (Caramuel, 1678,

TOSCA

PROP. V Problema

Trazar, y fabricar un caracol sin bóveda fig 78

Aunque estas escaleras circulares no sean hermosas pero su fábrica lleva mucho ingenio, y artificio. Este modo primero de fabricarlas no es el más ingeniosos, por carecer de la bóveda espiral, de que trataremos luego. **Sea, pues, el círculo ABGA el cóncavo del caracol, y el otro círculo exterior su convexo. Tenga la circunferencia interior, o cóncava 44 pies, y por consiguiente el diámetro AN tendrá 14 pies: lábrese, pues, la piedra IFDK, que tenga de I a E seis pies, de E a F un pie; y de E a N ú de N a C otro pie; y de grueso medio pie; y de los lados FI, DK vayan al centro L: desde el cual se describirá en ella el arco EC, señalando juntamente la línea MN. Lábrense en esta forma 44 piedras, y estas serán las bastantes para que el caracol de una vuelta; cuidando de señalar en todas el arco EC y la línea MN, porque son necesarias.**

El asentarlas es muy fácil. Póngase la primera piedra en el suelo, de modo que la porción EFCD entre en el muro, que se puede ir fabricando juntamente. La segunda piedra se pondrá sobre la primera, de suerte, que su borde caiga sobre la línea MN de la primera, y así hasta el fin: con lo cual tendrán los escalones en CN de ancho un pie; y en medio quedará vacío el círculo PQMO de dos pies de diámetro. Y como los 44 escalones que componen una vuelta, tengan de alto medio pie, ocuparan 22 pies; y quitando medio pie del primer escalón habrá entre una vuelta, y otra 21 pies y medio, altura bastante para que ésta escalera sea majestuosa. La firmeza de estas escaleras consiste en lo que entran las piedras en el muro, y en que las unas sirvan de lecho, en que descansen las otras; pero frecuentemente para su mayor estabilidad se fabrica de suerte, que extendiéndose cada piedra a formar un círculo igual al OPQM, viene a formar un pilar en medio (Tosca, 1712, pp.244-245)

PARTE IV

EL CARACOL CON OJO: MODELOS CONSTRUIDOS

La capilla aún nueva, construida hace apenas seis años, tenía ese gusto encantador de arquitectura delicada, de escultura admirable, finamente cincelada, que define en Francia el final del Gótico y continúa hasta mediados del siglo XVI en esas fantasías esplendorosas del Renacimiento

(Víctor Hugo, *Nuestra Señora de París*)

30. INTRODUCCIÓN PARTE IV

Los maestros fundamentaban la idoneidad de sus trazas en su propia experiencia o bien en la observación de modelos ya contruidos. Por este motivo, como parte de este trabajo de tesis, se ha propuesto el análisis de una serie de escaleras de caracol con ojo contruidas, de las que en muchos casos aún no existe registro medido ni dibujado.

Con este análisis se pretende identificar y evaluar las proporciones establecidas en los modelos seleccionados, los cuales pudieron servir de ejemplo a futuros maestros. Así mismo, este análisis ha permitido posteriormente comparar las trazas propuestas en los modelos teóricos –Parte III– con la realidad contruida –Parte IV–.

31. MODELOS CONTRUIDOS: CIUDAD Y TIERRA DE SEGOVIA

31.1. Delimitación tipológica del edificio.

Dentro de los límites generales en los que se encuadra la investigación –la escalera de caracol con ojo del período tardogótico en la Ciudad y Tierra de Segovia–, ha sido necesario establecer un criterio adicional que facilite la búsqueda y acote la selección de los modelos a estudiar. Ya que como dijera Bosarte “no es mi ánimo ser voluminoso, porque no intento la compilación sino la elección” (Bosarte, 1978, p.IV). Este criterio adicional ha consistido en la delimitación tipológica del edificio en el que se localiza el modelo contruido a estudiar.

En la estructura de la sociedad de la época, los estamentos con el poder económico suficiente para emprender la construcción de edificios de cierta importancia eran el clero y la nobleza. El primer grupo actuó como promotor en la construcción y reforma de antiguas iglesias y monasterios, así como la construcción de la nueva catedral reubicada lejos del antiguo Alcázar. Por su parte, la nobleza atraída por el favor real del que disfrutaba la ciudad en aquellos momentos, impulsó la construcción de nuevos palacios y la reforma de antiguas casonas de notables personajes segovianos.

Esta parte del trabajo de investigación se ha centrado en las edificaciones cuya construcción fue impulsada por el clero. El motivo que justifica dicha elección, es que a pesar de la coexistencia de dos corrientes arquitectónicas completamente distintas,

gótico y renacimiento, en el mismo contexto geográfico, es manifiesto el claro predominio del gótico en la arquitectura asociada al clero. Este grupo social se caracterizaba por el fuerte peso que la tradición ejercía sobre él. La arquitectura religiosa como imagen y reflejo del mismo tendía igualmente a lo conocido y tradicional. Por esta razón el estilo arquitectónico dominante en este tipo de construcciones fue el gótico, estilo en el que se encuadra esta investigación (Bendala, 2003, pp.385-386). Una significativa muestra de ello, es el hecho de que dos de las grandes catedrales castellanas, la de Salamanca y Segovia, se construyeron de acuerdo a este estilo iniciado ya el siglo XVI, momento en el que el Renacimiento tomaba fuerza.

En contraposición, la arquitectura civil impulsada por la nobleza, era reflejo de su deseo de cambio e innovación. De esta manera, en estos edificios se repetían las nuevas formas “a lo romano”, vinculadas a la corriente renacentista. Los primeros palacios de este estilo aparecieron en la segunda mitad del siglo XV y ejercieron gran influencia en posteriores ejemplos durante la primera mitad del siglo XVI. En la ciudad de Segovia pueden encontrarse por ejemplo: la Casa de los Picos, cuyos sillares labrados en punta de diamante se asemejan a la Casa de los Diamantes en Ferrara; el Palacio del Marqués del Arco; la casa de los Solier; la casa de los Mesa o la casa de Bornos; el palacio Episcopal; etc. (Ávila, 1998, p.70). En el entorno de la Ciudad pueden encontrarse el palacio del cardenal Diego de Espinosa en Martín Muñoz de las Posadas o el palacio de los Arias Dávila en Hoyuelos entre otros muchos.

Por lo tanto, puede afirmarse que la vigencia del estilo gótico durante los siglos XV y XVI en el área de la Ciudad y Tierra de Segovia, se encuentra directa y principalmente asociada a la arquitectura religiosa.

31.2. Definición de la muestra y tamaño muestral

En base al criterio tipológico establecido, los edificios construidos por el clero en la Tierra de Segovia son básicamente iglesias. El grupo de iglesias construidas, ampliadas y/o reformadas durante el s.XV y el s.XVI en el área de estudio son (Moreno, 1990):

Sexmo el de Cabezas:

- Iglesia de San Juan Bautista en Aldea Real
- Iglesia de San Juan Bautista en Carbonero el Mayor

- Iglesia de San Juan Bautista en Mozoncillo
- Iglesia de la Asunción en Cantimpalos

Sexmo de Santa Olalla:

- Iglesia de San Bartolomé en Armuña
- Iglesia de San Pedro en Bernardos

Sexmo de San Lorenzo

- Iglesia de la Asunción en Palazuelos

Sexmo de San Millán

- Iglesia de San Juan Bautista en La Losa
- Iglesia de San Julián en Ortigosa del Monte
- Iglesia de San Vicente en Hontoria
- Iglesia de San Sebastián en Revenga
- Iglesia de Santa María de la Cerca en Madrona
- Iglesia de Santiago en Fuentemilanos
- Iglesia de la Asunción en Valverde del Majano
- Iglesia de San Bartolomé en Martín Miguel
- Iglesia de la Exaltación de la Cruz en Garcillán

Sexmo de la Trinidad

- Iglesia de la Asunción en Paradinas
- Iglesia de la Asunción en Marazuela
- Iglesia de San Juan Evangelista y santa catalina en Marazoleja
- Iglesia de la Asunción en Hoyuelos

Sexmo de Posaderas

- Iglesia de la Asunción en Martín Muñoz de las Posadas
- Iglesia de santa Cecilia en Domingo García
- Iglesia de San Cristóbal en La Cuesta

Sexmo del Espinar

- Iglesia de san Eutrópio en el Espinar

Sexmo de San Martín

- Iglesia de San Nicolás en Navas de san Antonio
- Iglesia de los Santos Justos y Pastor en Otero de Herreros
- Iglesia de San pedro en Vegas de Matute

- Iglesia de Santiago Apóstol en Ituero
- Iglesia de san Sebastián en Villacastín

Figura IV- 1. Localización iglesias. Provincia de Segovia.
(Autor: P. Benítez)

Tras el análisis de la información recopilada sobre cada una de estas iglesias, se verificó mediante contacto telefónico con los párrocos asignados a cada parroquia que de todas ellas solo cinco iglesias poseen escalera de caracol (Figura IV-1):

- Iglesia de San Sebastián en Villacastín (Sexmo de San Martín)
- Iglesia de la Asunción en Valverde del Majano (Sexmo de San Millán)
- Iglesia de San Bartolomé en Martín Miguel (Sexmo de San Millán)
- Iglesia de la Asunción en Martín Muñoz de las Posadas (Sexmo de Posaderas)
- Iglesia de la Asunción en Paradinás (Sexmo de La Trinidad)

Junto a estos cinco modelos localizados en la Tierra de Segovia, también se han incluido en el estudio dos relevantes construcciones localizadas en la Ciudad de Segovia. En primer lugar se ha seleccionado la catedral de Nuestra Señora de la Asunción y de San Frutos. El motivo que justifica su elección reside en la enorme influencia que ejerció en la construcción y reforma de numerosas iglesias de la zona. Se trata de una de las últimas de las grandes catedrales góticas levantadas íntegramente en este estilo y cuya construcción se encuentra ligada a importantes maestros como Juan Gil y Rodrigo Gil.

En segundo lugar se ha tomado el Monasterio de Santa Cruz la Real, como ejemplo representativo de otra de las numerosas tipologías religiosas existentes en la Ciudad: los complejos conventuales. Este tipo de construcciones se localizan principalmente extramuros de la ciudad. Este es el caso del Monasterio del Parral, el Monasterio de San Antonio el Real o el Convento de los Carmelitas Descalzos. Se ha seleccionado el de Santa Cruz por la importante reforma llevada a cabo a finales del s.XV y comienzos del s.XVI por Juan Guas, notable figura asociada a la corriente tardogótica. Este personaje intervino también en la reformas que por la misma época se llevaron a cabo en muchos de los monasterios del lugar, como por ejemplo la construcción de la capilla mayor del Monasterio del Parral, la fachada del monasterio de San Antonio el Real, etc.

31.3. Metodología de análisis de los modelos construidos

Reducida la selección de la muestra a cinco iglesias de la Tierra y dos complejas edificaciones en la Ciudad, de cada una de ellas se ha procedido a la toma de datos y su recopilación e integración para elaborar una documentación completa sobre cada modelo analizado. Esto ha permitido posteriormente su análisis comparativo para finalmente obtener una serie de resultados y conclusiones. La metodología de análisis ha supuesto los siguientes pasos:

1. Investigación documental

En primer lugar se ha procedido a la selección, recopilación y revisión de todo tipo de documentación que contiene datos interesantes sobre cada uno de los modelos seleccionados y los edificios de los que forman parte. Se han analizado tanto documentos escritos como documentos gráficos compuestos estos últimos por fotografías y dibujos. Es importante señalar que muchos de los edificios en los que se integran los modelos analizados, a excepción de la catedral de Segovia, no han sido objeto de estudios monográficos sino parte de estudios de investigación más amplios y generales. El motivo que lo justifica se encuentra probablemente en la escasez e incluso ausencia de documentación concerniente a ellos. Incluso es frecuentemente que los libros de fábrica que informan sobre su construcción se hayan perdido. Si además se concreta en las escaleras analizadas, puede afirmarse que en muchos casos se carece de registro medido o dibujado de las mismas y que la única documentación existente se reduce a su simple huella en los planos generales del edificio.

No obstante, finalmente se ha obtenido una cierta aproximación a cada modelo de la muestra –breve memoria histórica, contexto histórico y características constructivas generales del edificio– a partir de los datos extraídos.

2. Inspección / Toma de datos

De los cinco caracoles seleccionados, solo se pudo obtener acceso a tres de ellos:

- Iglesia de San Sebastián en Villacastín (Sexmo de San Martín)
- Iglesia de la Asunción en Valverde del Majano (Sexmo de San Millán)
- Iglesia de San Bartolomé en Martín Miguel (Sexmo de San Millán)

Tras una primera inspección visual del interior y exterior de estos, así como de los modelos seleccionados en la Ciudad, se procedió a la inspección instrumental para la toma de datos, con el objetivo de obtener su definición geométrica y determinar sus dimensiones, lo cual es fundamental a la hora de estudiar el Patrimonio.

Existen diferentes sistemas para la documentación geométrica de elementos arquitectónicos. La elección de uno u otro método depende de varios factores:

- Dimensiones y características geométricas del elemento
- Limitaciones en el acceso
- Disponibilidad de recursos

En el caso concreto de las escaleras de caracol con ojo, los factores que han condicionado su elección son: (i) el reducido tamaño del elemento a medir –la escalera de caracol y su módulo-peldaño–; y (ii) la escasez de recursos. En base a ambos puntos, para la toma de datos se ha empleado la medición con flexómetro. Se trata de un método que por su relación coste-resultado es considerado “un buen método de documentación del patrimonio (...) [con] precisiones adecuadas en muchos trabajos” (Lodeiro, 2010, p.13).

La medición mediante flexómetro es un método directo para la documentación geométrica, ya que la persona realiza la medición directamente sobre el elemento y extrae la información necesaria. Este procedimiento de toma de datos tiene la ventaja de ser rápido e implicar un posproceso mínimo. Por este motivo es el método más empleado en el estudio del patrimonio en general (Lodeiro, 2010, p.121). Si bien este método también conlleva un cierto margen de error en las medidas, dadas las reducidas dimensiones de los modelos a estudiar, puede asegurarse que en nuestro

caso la precisión es la adecuada y los errores de medida mínimos y tolerables. No obstante, cabe reseñar que el depósito de excrementos de ave, e incluso restos de animales acumulados sobre los peldaños, complicaron frecuentemente la determinación de ciertas medidas.

La toma de fotografías ha sido otro importante recurso para la obtención de datos. Para ello se ha empleado una cámara réflex digital Canon EOS 450D y un objetivo EF-S 18-55 con un rango de zoom desde 18 a 55 mm y estabilizador de imagen. Con ella se han obtenido fotografías de alta resolución que (i) facilitan la identificación de detalles arquitectónicos que el ojo humano no alcanza a ver, así como (ii) permiten conocer las dimensiones de elementos que se encuentran en lugares inaccesibles. De este modo, el conjunto de fotografías no solo ha supuesto una relación de imágenes, sino que tras su análisis también ha supuesto una aportación de datos métricos.

3. Integración de la información: la ficha de síntesis

Una vez tomadas todas las medidas necesarias se ha procedido a la obtención de la documentación básica, esto es, a:

- representación en AutoCad de la planta y el módulo peldaño que genera la escalera.
- elaboración de las fichas de síntesis
- elaboración, en caso necesario, de modelos a pequeña escala como instrumento de verificación geométrica y mecánica de la traza.

Como ocurriera en el estudio de los modelos teóricos incluidos en los tratados, las fichas han sido de nuevo un elemento realmente valioso para el estudio de los modelos construidos. Esta ficha ha permitido identificar y extraer de cada modelo la información más relevante necesaria para llevar a cabo este estudio. En ellas se documentan de forma sistematizada la información sobre la geometría del caracol – forma y dimensiones–, así como el contexto espacial y temporal en el que se encuadran. Al reflejar de manera comprimida y manejable la información sobre la escalera y su estado general de conservación, la ficha permite realizar la valoración individual de cada modelo. Pero además, al registrar los datos de una manera clara y homogénea, la ficha ha proporcionado un método perfecto para posteriormente relacionar los datos de los diferentes modelos construidos analizados.

El cuerpo de la ficha se ha estructurado en dos partes, cada una de las cuales se corresponde con la cara de una hoja.

Estructura de la ficha: primera parte

La primera parte recoge los datos generales que permite encuadrar en un contexto temporal y espacial el modelo analizado, así como una primera valoración general del estado de conservación en el que se encuentra. Esta primera parte queda organizada en los siguientes campos:

- Campo 1: Encabezado o título: “La escalera de caracol construida”.

Indica el tema a que se refiere el contenido de la ficha y permite, sin pérdida de tiempo tener una idea general de lo que contiene la ficha (Figura IV-2).

*Figura IV- 2. Encabezado. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)*

- Campo 2: Identificación

Esta se lleva a cabo mediante (Figura IV-2):

- Número de identificación: Las fichas han sido ordenadas en base a criterios geográficos –en primer lugar los modelos localizados en la Tierra y posteriormente los ubicados en edificios de la Ciudad– y a

continuación se les ha asignado un número de identificación que ha permitido archivarlas ordenadamente.

- Nombre: Nombre del edificio en el que se integra el caracol analizado
- Fecha toma de datos: fecha en la que se realizó la inspección del modelo.

- Campo 3: “Línea temporal”

En un gráfico cronológico se han ordenado los distintos modelos analizados (Figura IV-3). Así mismo, se han incluido los ejemplos más representativos de caracol con ojo contruidos en España: el caracol de la Lonja de Palma, primer caracol con ojo construido en territorio español; y el caracol de la Lonja de Valencia, primer caracol construido en la Península. Esto permite visualizar rápidamente la secuencia de los modelos estudiados a lo largo del tiempo y su localización relativa, e incluso observar la coexistencia de algunos de ellos. Sobre la línea de tiempo queda referenciada el modelo correspondiente a la ficha y bajo ella los demás analizados.

*Figura IV- 3. Línea temporal. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)*

- Campo 4: “Identificación del edificio”

En este campo queda registrada la información y localización general del edificio del que forma parte el modelo analizado (Figura IV-4). Inicialmente se identifica el nombre por el que es conocido el edificio. A continuación se aportan datos generales sobre su construcción: la fecha de inicio y de las reformas más importante llevadas a cabo, así como el autor de las trazas generales. Seguidamente se proporcionan las referencias necesarias para su localización exacta: la provincia, localidad, dirección y coordenadas GPS. El uso actual al que está destinado y una vista general completan este campo.

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO	Nombre			Vista general	
	Construcción	Fecha			
		Autor trazas			
	Localización	(Mapa provincia)			(Localización en municipio)
		Provincia			Municipio
		Dirección			
		GPS			
Uso actual					

*Figura IV- 4. Identificación edificio. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)*

- Campo 5: “Caracol analizado”

Este campo engloba los datos generales del modelo de caracol analizado. Comienza con el autor de las trazas, la fecha de construcción y el uso al que está destinado.

Posteriormente se precisa su “Localización en edificio” (Figura IV-5). Para ello: (i) se señala en una planta general del mismo; y (ii) se designa textualmente. Todo ello complementado con una vista del exterior y otra del acceso al caracol analizado.

CARACOL ANALIZADO	Autor trazas	Fecha construcción	
	Uso		
	Localización en edificio		
	Plano de localización en el edificio		
	Localización		
	Acceso	Exterior	Acceso
	Esquema general		
	Volumen		
	Punto del caracol		
	Planta		
	Entrada		
	Estado de conservación		
Material	Estado		
Patologías			

*Figura IV- 5. Caracol analizado. Localización en edificio. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)*

A continuación se aporta el “Esquema general de la planta” (Figura IV-6). Además se indica si el volumen de la caja se aprecia desde el exterior, el interior o bien está oculto. Dicha información, se complementa de nuevo con una vista de la planta y otra del intradós.

CARACOL ANALIZADO	Autor trazos		Fecha construcción		
	Uso		Localización en edificio		
	Plano de localización en el edificio		Exterior		
	Localización	Acceso			
	Esquema general				
	Volumen	Punto del caracol			
	Estado de conservación				
	Material				Estado
	Patologías	Punto			
	Intradós				

*Figura IV- 6. Caracol analizado. Esquema general de la planta. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)*

Finalmente se hace una referencia general a su “Estado de conservación” (Figura IV-7). En este punto se refiere el tipo de material empleado en su construcción, así como se registran las patologías más frecuentes y significativas observadas durante la inspección. Es importante señalar que nuestro objetivo no ha sido en ningún momento elaborar una ficha de patologías, sino aportar datos suficientes que permitan formar una idea aproximada del estado general de conservación en el que se encuentra el modelo analizado.

CARACOL ANALIZADO	Autor trazas		Fecha construcción	
	Uso			
	Localización en edificio			
	Plano de localización en el edificio			
	Localización		Exterior	Acceso
	Acceso			
	Esquema general			
	Volumen			
	Punto del caracol		Punto	Entrada
	Estado de conservación			
Material		Estado		
Patologías				

Figura IV- 7. Caracol analizado. Estado de conservación. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)

Estructura de la ficha: segunda parte

La segunda parte de la ficha, coincidente con la cara posterior, recoge los parámetros geométricos que definen la traza y condicionan su seguridad y comodidad de uso, así como el consumo de material. Esta parte es análoga a la segunda parte de la ficha elaborada para el estudio de los modelos teóricos.

La información se ha agrupado en los siguientes cinco campos:

- Campo 7 : “Caja”

Este campo reúne la información geométrica sobre la caja que contiene la escalera de caracol (Figura IV-8):

- Tipo (de caja): pudiendo ser ésta circular, cuadrada, elíptica u otras
- Diámetro caja: dimensión del diámetro interior de la caja de la escalera. Cuando el autor no precisa un valor concreto se fija el valor genérico “L”.
- Diámetro del ojo: dimensión del diámetro del hueco interior u ojo de la escalera. Usualmente es proporción del diámetro de la caja y por lo tanto queda en función del mismo.

- Moldura interior: dimensión de la moldura interior. Al igual que el diámetro del ojo, la moldura suele fijarse en relación al diámetro de la caja.

CAJA	
Tipo	
Diámetro caja (Dc)	
Diámetro del ojo (Do)	
Moldura interior (m)	

PLANTA	
Arranque	
Nº peldaños /vuelta	
Ángulo peldaño (α)	
Altura a salvar por vuelta	

Figura IV- 8. Datos de la caja. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)

- Campo 8: “Planta”

Este campo recopila los datos acerca de la configuración de planta del caracol, concretamente reúne información sobre (Figura IV-9):

- Arranque: el cual puede ser dextrógiro o levógiro
- Nº de peldaños/vuelta: los cuales definen junto con la altura a salvar por la escalera, la altura de la tabica del módulo-peldaño.
- Ángulo del peldaño: obtenido al dividir 360° entre el número de peldaños.
- Altura a salvar por vuelta

CAJA	
Tipo	
Diámetro caja (Dc)	
Diámetro del ojo (Do)	
Moldura interior (m)	

PLANTA	
Arranque	
Nº peldaños /vuelta	
Ángulo peldaño (α)	
Altura a salvar por vuelta	

Figura IV- 9. Datos de la planta. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)

- Campo 9: “Peldaño”

Este bloque recoge la información geométrica acerca del módulo-peldaño cuya repetición genera la escalera (Figura IV-10):

- Solución hueco central: se distingue entre la tradicional solución radial, la solución no radial o la solución tangencial. En caso de ser caracol tradicional de husillo, se indicaría como “no procede”.

- Longitud del peldaño: el cual condiciona el ancho del tramo. Se ha distinguido entre el valor total y los valores útiles I, II, III y IV, cuya definición queda establecida gráficamente en los dibujos.
- Huella: de la cual se especifica el ancho, el área y el perímetro de la misma. Se ha distinguido entre el valor total y los valores útiles I, II, III y IV de los mismos cuya definición queda establecida gráficamente.
- La altura de la tabica: estrechamente relacionada con el número de peldaños y altura a salvar.
- Relación H/T: es decir, la relación entre el ancho de la huella y la altura de la tabica
- Tipo de intradós: este puede ser escalonado, escalonado con pendiente, continuo con panza, continuo acanalado, etc.
- Área de apoyo de un peldaño sobre otros: éste puede obtenerse por disposición radial o bien por disposición paralela a la tabica.

PELDAÑO	Solución hueco central					
	Longitud		Longitud total (cm)			
				Longitud útil I (cm)		
				Longitud útil II (cm)		
				Longitud útil III (cm)		
				Longitud útil IV (cm)		
	Huella	Ancho (a)		Ancho mínimo (cm)		
				Ancho máximo (cm)		
				Ancho útil I (cm)		
				Ancho útil II (cm)		
				Ancho útil III (cm)		
				Ancho útil IV (cm)		
		Área (A)		Área total (cm ²)		
				Área útil I (cm)		
				Área útil II (cm)		
				Área útil III (cm)		
				Área útil IV (cm)		
		Perímetro (P)		Perímetro total (cm ²)		
				Perímetro útil I (cm)		
				Perímetro útil II (cm)		
				Perímetro útil III (cm)		
	Perímetro útil IV (cm)					
Tabica		Altura total (cm)				
Relación H/T		Longitud total (cm)				
Tipo de intradós						
Área de apoyo sobre peldaño anterior-disposición						

Figura IV- 10. Datos del peldaño. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)

- Campo 10: "Consumo de material"

Reúne la información acerca del gasto de material necesario para la ejecución de la traza (Figura IV-11):

- Dimensiones del sólido mínimo capaz que contiene la pieza de peldaño: incluida en este caso el área de apoyo de una pieza sobre otra. El sólido queda definido por las dimensiones en centímetros: "a" es ancho del sólido; "b" es la longitud del sólido; y "h" la altura. Toda
- Volumen mínimo necesario por pieza: expresado en cm^3
- Volumen total necesario por vuelta: obtenido al multiplicar el dato anterior por el número de peldaños por vuelta.

CONSUMO MATERIAL	
Dimensiones sólido capaz pieza peldaño (a,b,h) [cm3]	
Volumen mínimo necesario por pieza [cm3]	
Volumen mínimo necesario por vuelta [cm3]	

Figura IV- 11. Datos del consumo de material. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)

- Campo 11: "Otros"

En este punto se recopila la información sobre aquellos factores no geométricos, que igualmente afectan a la seguridad y comodidad de personas que circulan por la escalera (Figura IV-12):

- Pasamanos: en primer lugar se señala si el autor considera necesaria o recomendable su existencia; en segundo lugar, la distancia vertical hasta la huella.
- Iluminación: en primer lugar se señala si el autor considera explícitamente necesaria la existencia de luz; en segundo lugar el número de ventanas por vuelta.

OTROS		
Pasamanos	Existencia	
	Distancia al peldaño [cm] [px]	
Iluminación	Existencia	
	Huecos por vuelta	

Figura IV- 12. Otros Datos. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)

Para finalizar se ha incluido un último campo:

- Campo 12 : “Notas”

Recoge las observaciones o aclaraciones sobre los campos definidos previamente. Así como los datos que no se corresponden con ninguno de los campos establecidos, pero aportan información complementaria para la identificación completa de la traza (Figura IV-13).

*Figura IV- 13. Notas. Ficha de síntesis
(Autor: P. Benítez)*

Esta ficha se ha completado de forma individualizada para cada modelo construido seleccionado permitiendo su identificación precisa y facilitando su análisis individual, así como el posterior análisis comparativo con los demás casos analizados, teóricos y construidos.

4. Análisis comparativo de los distintos modelos

Una vez recopilada la información, la ficha ha proporcionado un método magnífico para el estudio comparativo de los modelos analizados. De esta manera se ha obtenido una visión conjunta que facilita la comparación de los mismos.

Además la comparación gráfica de las distintas dimensiones, ha supuesto otro método rápido y eficaz de observar las variaciones en la morfología y las singularidades de unos casos respecto a otros. La utilización de estos estudios comparativos ha constituido una valiosa vía de estudio.

De esta recopilación, integración y comparación minuciosa de datos junto a toda la información documental reunida, se han extraído los resultados de esta Parte IV, así como conclusiones del trabajo de investigación

32. LA IGLESIA DE SAN SEBASTIÁN EN VILLACASTÍN

La localidad de Villacastín pertenece al Sexmo de San Martín, situado en el área oeste de la Tierra de Segovia. Este sexmo asentado a los pies del lado norte de la sierra de Guadarrama linda con Ávila por el oeste, con el sexmo de El Espinar al sur, con el sexmo de la Trinidad y San Millán al este y este último al norte (Figura IV-14).

A finales del s.XV, como ocurriera en muchas otras localidades de la Tierra, Villacastín comienza una rápida recuperación demográfica, consecuencia de la recuperación económica tras la crisis sufrida durante el s.XIV. Situada en zona de paso entre Ávila y Segovia, se transformó en un punto estratégico de la Mesta –por su término municipal transcurren la Cañada Real Soriana Occidental y la Cañada Leonesa Oriental–. Esto contribuyó al desarrollo de una importante economía ganadera y la expansión de industrias relacionadas con ella. También como centro textil llegó incluso a compararse con la propia ciudad de Segovia. Sin embargo, como la población de ésta, la de Villacastín comienza a decrecer a partir del año 1570, momento en el que alcanzó su valor más alto. Estas variaciones de población afectaron de forma directa a la construcción de una nueva iglesia.

*Figura IV- 14. Localización de Villacastín
(Autor: M. Moreno)*

Ante el fuerte aumento de la población, el Concejo decide la construcción de una nueva iglesia, bajo la advocación de San Sebastián, que sustituya a la antigua de estilo románico. Si bien no existen datos claros sobre la autoría de las trazas, éstas se atribuyen a Rodrigo Gil de Hontañón. Esto significa que se trata de una de las

primeras iglesias diseñadas por este maestro en 1528, en la que aún se aprecia la fuerte influencia de su padre Juan Gil. La construcción comenzó en 1529 como indica una inscripción existente en un sillar junto a la entrada de la sacristía, dándose por finalizada en 1748. Su situación en uno de los extremos de la localidad, permite que su volumen sea claramente visible desde todas las vías de acceso.

Las obras se financiaron gracias a las aportaciones recibidas así como legadas en testamentos de los vecinos de la localidad.

La iglesia fue declarada Bien de Interés Cultural en julio de 1944, con la categoría Monumento.

32.1. El edificio

La iglesia de Villacastín es uno de los mejores templos de Segovia. El marqués de Lozoya gustaba denominarla “Catedral de la Sierra”. Pertenece a las denominadas iglesias salón o Hallenkirche. La aparición y desarrollo en la Península de esta tipología de origen alemán durante el periodo tardogótico, ha sido cuestión de muchos debates (Polo, 2004, pp.189-191). No obstante, sobre lo que no existe duda alguna, es que su difusión en Castilla está fuertemente ligada a la figura de Rodrigo Gil, principalmente en el segundo cuarto del s.XVI, entre 1529 y 1540 (Casaseca, 1988, p.48). El conocimiento de dicha tipología fue herencia recibida de su padre Juan Gil, a quien se le atribuye la autoría de muchos de los primeros templos construidos en España de acuerdo a este esquema (Alonso, 2003, pp.107-108). Para adoptar dicha tipología, Villacastín debió reunir una serie de requisitos que Rodrigo Gil consideraba necesarios: localidad con una alta densidad de población, economía saneada y el mecenazgo de personas importantes (Casaseca, 1988, pp.45 y 47).

Las características arquitectónicas comunes a esta tipología de iglesias son¹⁸:

¹⁸ Las iglesias salón o Hallenkirchen han sido objeto de numerosos estudios monográficos y análisis comparativos. Entre todos destacan las publicaciones de G. Weise (1953) sobre esta tipología en general; A. Casaseca (1988) y J. Hoag (1985) analizan las iglesias-salón trazadas por Rodrigo Gil de Hontañón; y por último el trabajo de Begoña Alonso (2003) quien analiza y estudia entre otras muchas la iglesia de Villacastín estableciendo ciertas relaciones con otras iglesias como la iglesia del monasterio de El Parral obra de Juan Guas (1472-1485), el monasterio de San Francisco de Medina de Rioseco (1491-1520) o San Eutropio en El Espinar, ambas de Juan Gil o la colegiata de Santa María del Mercado en Berlanga de Duero obra de Juan de Rasines comenzada en 1526. La relación entre estas últimas ya fue considerada y analizada previamente por M. Moreno (1990).

Interior

- Planta rectangular, destacando solo el testero poligonal.
- 3, 5 o incluso 7, naves de igual altura
- naves laterales habitualmente más estrechas que la nave central
- iluminación a través de las naves laterales.
- regularidad y uniformidad interior en:
 - tramos: con tendencia a ser cuadrados
 - soportes: fasciculados o cilíndricos lisos
 - bóvedas: con arranque a la misma altura –este punto es el que otorga mayor uniformidad a los soportes y a los nervios de la bóveda–.
- Visión amplia y general del interior: la ausencia de limitaciones visuales, salvo puntualmente los pilares, resulta el aspecto más moderno de estas iglesias en contraposición al tradicional esquema basilical gótico de sección escalonada piramidal.

Exterior

- grandes superficies continuas desornamentadas
- tendencia a la horizontalidad
- predominio del macizo sobre el vano
- ausencia de arbotantes: las naves se contrarrestan mutuamente de forma que solo son necesarios los contrafuertes. De esta manera, los problemas de equilibrio quedan resueltos, suprimiendo los arbotantes de la tradicional solución de naves escalonadas.
- marcados contrafuertes

La iglesia de Villacastín se ajusta a dichas características. Interiormente consta de tres naves de igual altura, siendo la central el doble de ancha que las laterales. Todas ellas poseen cuatro tramos más un quinto más estrecho que los anteriores y sustituido en las naves laterales por sendas torres, una de las cuales se encuentra inacabada. La nave central se encuentra rematada por un ápside semihexagonal, mientras que las naves laterales terminan en testeros oblicuos –consecuencia de la adopción del módulo hexagonal repetido en torno al punto central del primer tramo para formar una cabecera trebolada (Moreno, 1990, p.337)–. Cada uno de los tramos se encuentra cubierto con una bóveda de crucería de terceletes y separados por pilares de planta cruciforme con pilastras adosadas (Figura IV-15). Sin embargo aunque la iglesia conserva la visión global del interior, exteriormente no sucede lo mismo. En este caso, la cubierta de la nave central sobresale ligeramente sobre las

laterales. No obstante la diferencia de altura no permite abrir vanos que iluminen directamente el espacio central. De esta forma se mantienen el espacio único y la iluminación lateral características de este tipo de iglesias. Existen además dos volúmenes adosados al volumen rectangular principal: En el segundo tramo del lado norte se abre la capilla de los Mexía Tovar, construida entre 1551 y 1576; en el primer tramo del lado sur se abre el volumen de la sacristía.

*Figura IV- 15. Interior Iglesia de San Sebastián.
Villacastín (Autor: P. Benítez)*

Su fábrica es consecuencia de un largo proceso constructivo que abarcó desde 1529 hasta 1748, en el que se distinguen tres etapas constructivas. La primera abarcó de 1529 a 1576. Entonces se construyeron los dos primeros tramos de las naves, la sacristía y la capilla de los Tovar. Este período coincide con el momento de auge económico y finalizó con el comienzo de su declive. Muestra de ello es la adopción del esquema de iglesia salón, así como el uso de la piedra para las bóvedas de los dos primeros tramos –en fases posteriores se empleó el ladrillo posteriormente pintado a semejanza de la piedra–.

En posteriores etapas, importantes maestros intervinieron en la construcción de la iglesia: Pedro de Brizuela, futuro maestro de obras de la catedral, construyó su portada principal y la fachada sur en 1601; Francisco de Vega, etc. (Moreno, 1990, pp.344-350).

32.2. La escalera de caracol de la Iglesia

La escalera de caracol objeto de la investigación, se encuentra situada en el alzado sur de la iglesia (Figura IV-16). Ningún autor hace referencia a ella, lo cual es sorprendente ya que su volumen es un elemento singular del alzado sur de la iglesia. Por este motivo y como ha courrido en otros modelos de esta investigación, la propia escalera en el único “documento” que se ha estudiar, haciendo una minuciosa lectura de cada una de sus partes y detalles que la definen.

*Figura IV- 16. Planta de Bóvedas. Iglesia de San Sebastián.
Villacastín (Fuente: IPCE)*

32.2.1. Descripción arquitectónica

La escalera está ubicada en la intersección del muro sur de la iglesia y el muro oeste de la sacristía. Este caracol facilita el acceso: en primer lugar a una sala existente sobre la sacristía de iguales dimensiones a ésta; en segundo lugar al bajo cubierta; y finalmente al exterior de la cubierta de la nave lateral. El acceso a la misma se encuentra situado en el interior de la sacristía, a través de un hueco rectangular sencillamente decorado por una doble moldura. Dicho hueco se encuentra cerrado actualmente por una puerta de madera (Figura IV-17).

Por su localización en una esquina de la planta y acceso oculto en el interior de la sacristía, parece que el autor de las trazas hubiera querido encubrir la existencia de esta escalera. Desde el interior de la iglesia tampoco existe ningún elemento que

permita intuirlo. Como se ha justificado en numerosas ocasiones, esto puede ser reminiscencia de los orígenes puramente funcionales de este tipo de escaleras. No obstante por el tratamiento exterior de la misma se asume la posible intención del autor de lograr la uniformidad y regularidad del espacio interior tan característico de este tipo de iglesias salón.

*Figura IV- 17. Acceso al caracol. Iglesia de San Sebastián.
Villacastín (Autor: P. Benítez)*

Exteriormente, el cilindro que conforma la caja del caracol se encuentra inicialmente adosado al muro sur del templo y al muro de la sacristía exponiéndose tan solo parcialmente (Figura IV-18). Sin embargo, supera la cubierta de esta última e incluso llega a sobresalir por encima del borde exterior de la cubierta de la nave lateral y el contrafuerte, lo que permite apreciar la forma completa de la caja (Figura IV-19). Esto unido al remate mediante una cubierta cónica de pizarra independiente y una veleta, hacen de esta escalera de caracol no solo un elemento claramente visible al exterior sino incluso un elemento notable y característico del alzado sur de la iglesia. Exteriormente la caja se encuentra dividida en tres cuerpos: un pequeño zócalo; un primer cuerpo que alcanza hasta la cornisa del volumen de la sacristía, prolongada por unas impostas; y el último cuerpo que alcanza la cubierta.

*Figura IV- 18. Alzado iglesia de San Sebastián.
Villacastín (Fuente: IPCE)*

*Figura IV- 19. Volumen exterior escalera de caracol. Iglesia de San Sebastián.
Villacastín (Autor: P. Benítez)*

32.2.2. Autor y fecha de construcción

Como se ha visto previamente, el diseño general de la iglesia puede atribuirse al maestro Gil de Hontañón. De acuerdo a las investigaciones previas realizadas sobre la iglesia, la escalera objeto de nuestro estudio se encuentra dentro de los límites establecidos como fin de los trabajos correspondientes a la primera etapa de construcción –los dos primeros tramos de la nave, la sacristía y la capilla de los Mexía Tovar–. Por este motivo puede afirmarse que fue construida durante el período comprendido entre 1529 y 1576 en el que la intervención del Rodrigo Gil fue directa y por lo tanto sus trazas atribuibles al maestro, autor de las trazas generales de la iglesia (Moreno, 1990, p.345).

32.2.3. Descripción constructiva

Tipológicamente se trata de una tradicional escalera de caracol de husillo de planta circular, inscrita en una caja cilíndrica de 195cm –aprox.7 pies– de diámetro (Figura IV-20). Interiormente la caja está rematada por un casquete esférico de granito.

Figura IV- 20. Planta

Caracol de la iglesia de San Sebastián. Villacastín (Autor: P. Benítez)

Figura IV- 21. Intradós.

La escalera consta de 88 peldaños. Cada peldaño, cuya repetición genera la escalera, está formado por una pieza monolítica de piedra que se empotra en el muro y apoya en el escalón previo, así como en el machón central que va conformándose, sin necesidad de estructuras auxiliares para su construcción. Esta pieza de peldaño queda definida por: (i) una tabica de 24cm de altura –el primero de ellos sensiblemente más bajo– dirigida hacia el centro geométrico de la caja; (ii) una longitud de peldaño de 85cm –aprox. 3 pies– medida desde el punto más exterior junto al muro de la caja, al punto más interior junto al machón central; (iii) una huella con un valor máximo de

47cm medido en la parte más exterior junto al muro, y un valor mínimo de 6cm medido junto al machón central. Aquí es necesario señalar que en el peldaño de acceso a la habitación existente sobre la sacristía, posee una huella de mayores dimensiones, concretamente de 73cm de valor máximo y 9cm de valor mínimo; (iv) superficie inferior labrada en sección transversal de forma triangular con el ángulo necesario para generar la continuidad entre un peldaño y otro, excepto la porción exterior del peldaño, que se mantiene rectangular para integrarse en la fábrica del muro de la caja de la escalera. No obstante, puede observarse una anomalía en los últimos quince peldaños, los cuales a pesar de poseer sección transversal de forma triangular, no se alcanza la continuidad de superficie, apreciándose un pequeño escalonamiento entre ellos (Figura IV-21); (v) una sección cilíndrica en la parte interior de 25 cm. de diámetro; (vi) el área de apoyo de un peldaño sobre otro resuelta paralelamente a la tabica interior, como describe Gil de Hontañón en su tratado (Figura IV-22). Dicho área queda marcada por un ligero rebaje de la superficie superior del peldaño.

Figura IV- 22. Área de apoyo peldaño. Caracol iglesia de San Sebastián. Villacastín (Autor: P. Benítez)

Estos valores están ligeramente alterados en los tres primeros peldaños. Estos poseen una sección cilíndrica interior diferente al resto con el objetivo de conformar la basa de arranque del machón central. Los dos primeros poseen una sección cilíndrica simple de mayores dimensiones que el peldaño tipo. El tercero de ellos posee una sección cilíndrica labrada a modo de basa.

El movimiento de rotación ascendente en sentido antihorario de este peldaño en torno al eje central, genera un caracol caracterizado por:

- Arranque levógiro
- 13 peldaños por vuelta

- Existencia de un machón central, dando lugar a un tradicional caracol de husillo
- Una superficie inferior helicoidal continua, es decir, un intradós continuo. A excepción de los últimos 15 peldaños en los que se aprecia un suave escalonamiento entre las distintas piezas de peldaño.
- La altura libre de 310cm.
- Como muchos de los caracol de husillo, carece de pasamanos exterior.

En toda la altura del cilindro existen nueve huecos abiertos en el muro para su iluminación. Concretamente en los peldaños nº 6, 9, 11-12, 17-18, 20, 30, 33, 43-44. Todos ellos de diferentes dimensiones y abiertos en distintos ejes verticales, a excepción de los dos últimos que no solo coinciden en eje sino también en el tipo de sección adoptada.

Los huecos destinados a la iluminación de la escalera poseen en su mayoría una sección doblemente abocinada, aunque existen excepciones. Exteriormente existen tres tipos de hueco. El primer tipo posee una sección simple, que consiste en un estrecho y largo hueco de sección constante. Este es el caso del segundo y cuarto hueco. El segundo tipo posee una sección rectangular abocinada. Este es el caso del tercer hueco –abierto hacia la sacristía–, el sexto, octavo y noveno hueco. El tercer tipo posee una sección más compleja. En este caso, el hueco está definido por un arco de medio punto abocinado, es decir, conformando una mínima bóveda semicónica, adornada por una serie de molduras que dan la apariencia de una concha. Este es el caso del primer, quinto y séptimo hueco.

Algunos de ellos se encuentran parcialmente cegados. Este es el caso de los huecos de sección constante. En ambos casos el hueco se ha reducido mediante una mezcla de ladrillo y mortero: en el primero de ellos las dos terceras partes, mientras que en el segundo hueco aproximadamente la mitad de la sección.

Además de los huecos descritos, existen otros tres de mayores dimensiones que permiten el acceso a la sala sobre la sacristía, el bajo cubierta y la cubierta exterior de la nave lateral. De estos tres, el primero y el último aportan algo de luz, sobre todo el último abierto para el acceso al exterior de la cubierta. A pesar de todo se trata de un caracol que conserva la característica falta de luz de esta tipología de escaleras.

Este caracol, al igual que los dos primeros tramos correspondientes a la primera etapa de construcción, está construido con granito. Esta piedra, de gran dureza y calidad, es abundante en la zona de Villacastín y se caracteriza por su color

gris claro y su grano medio. Actualmente el granito extraído de las canteras localizadas en el área de Villacastín se denomina Gris Villa y es empleado frecuentemente en la construcción.

Respecto a la estabilidad de la escalera y la idoneidad del diseño adoptado, se encuentran fuera de cuestión por encontrarse en pie superados los 20 años desde su construcción –ley de la generación– y no haberse producido ningún cambio en su estado de equilibrio. Por este motivo no es necesario un análisis detallado de su estabilidad. Como ya se ha definido, la fábrica de piedra es una construcción con un comportamiento que deriva directamente de las propiedades del material, en nuestro caso el granito. Hay que asegurarse, por tanto, que la piedra no esté excesivamente alterada para poder garantizar sus características resistentes. Por este motivo y con el objetivo de determinar su estado de conservación, se ha realizado un breve análisis de las patologías más importantes encontradas.

Para ello se ha realizado un estudio visual detallado del interior y exterior de la escalera, localizando los diferentes deterioros presentes en la piedra. Ante la imposibilidad de toma de muestras, no se han podido realizar los pertinentes ensayos de laboratorio. Estos análisis habrían confirmado el estado real de la piedra y su posible estado de descomposición, resistencia, etc. Tras el estudio de su interior se ha podido apreciar un claro abandono de la misma según se va ascendiendo. Los procesos patológicos que se han encontrado son los siguientes:

- Depósitos superficiales
 - Pátina negra
 - Excrementos y restos de animales (Figura IV-23)
 - Suciedad por lavado diferencial –llamado “Churretón sucio”–.

Figura IV- 23. Depósitos superficiales. Iglesia de San Sebastián.

- Pérdidas volumétricas
 - Erosión
 - Fracturas
 - Degradación y pérdida del mortero de agarre (Figura IV-24)
- Modificaciones antrópicas
 - Cableado eléctrico
 - Mortero
 - Cristal
 - Silicona

Se ha podido comprobar que la escalera presenta una serie de patologías comunes a todos los modelos analizados. Estas son los numerosos excrementos de aves, la pátina negra así como la existencia de cableado eléctrico necesario para su iluminación. Además, ha podido comprobarse que los peldaños presentan pérdidas volumétricas por fractura en los bordes de las aristas, así como una suave erosión por desgaste. No obstante, mucho menos importantes que en otros modelos construidos con caliza. Es característica también la pérdida de mortero de agarre existente entre las distintas piezas de peldaño, sobre todo en el machón central, donde puntualmente incluso se han introducido como relleno pequeñas piezas de ladrillo. Diversas patologías se encuentran asociadas a los huecos abiertos en los muros. En numerosos casos se ha dispuesto un cristal fijado a base de silicona, de dimensiones inferiores a las del hueco. Ello ha provocado la aparición del característico “churretón sucio” por lavado diferencial de la piedra.

A pesar las patologías encontradas, puede afirmarse que el estado general de la escalera puede considerarse como razonablemente bueno.

Figura IV- 24. Pérdida de mortero de agarre. Depósitos superficiales. Fracturas peldaño Iglesia de San Sebastián. Villacastín (Autor: P. Benítez)

De acuerdo a los criterios establecidos como límites de esta investigación, la escalera de caracol de la iglesia de San Sebastián en Villacastín queda fuera de la investigación, por tratarse de una escalera de caracol de husillo.

33. IGLESIA DE NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCIÓN EN VALVERDE DEL MAJANO

Valverde del Majano es una localidad asentada en la denominada “Campiña Segoviana”, entre las localidades de Martín Miguel y Hontanares de Eresma, y a tan solo 12km. de la Ciudad de Segovia. Actualmente es Cabeza del Sexmo de San Millán. Este sexmo linda: al norte con los sexmos de San Lorenzo Cabezas, Santa Eulalia y la Ciudad de Segovia; al oeste con el sexmo de La Trinidad; al sur con los sexmos de San Martín y El Espinar y al este con la sierra de Guadarrama.

La iglesia está situada en el centro urbano, concretamente en la Plaza Mayor frente a la Casa Consistorial (Figura IV-25). En el lugar donde se encuentra actualmente, existía presumiblemente otra iglesia de estilo románico que fue construida durante la repoblación tras la Reconquista. En el s.XVI, siglo caracterizado por la recuperación económica, se decide la construcción de un nuevo templo bajo la advocación de Nuestra Señora de la Asunción. Nada se conoce del autor de sus trazas, ni de la fecha de su construcción. No obstante, puede afirmarse que estaba en pie en 1579, de acuerdo a la inscripción existente sobre la llamada puerta de San Pedro.

*Figura IV- 25. Iglesia de Ntra. Sra. De la Asunción.
Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

33.1. El edificio

La iglesia consta de tres naves separadas por pilares y una cabecera cuadrangular acabada en un ábside poligonal de tres lados flanqueados por cuatro contrafuertes. Dos volúmenes, correspondientes a la torre y a la sacristía, quedan adosados en el lado sur de la cabecera; mientras un atrio de cinco arcos de medio punto, se adosa a todo lo largo de la nave de la epístola marcando la entrada principal del templo (Figura IV-26).

La cabecera junto a los volúmenes de la torre y sacristía son de estilo gótico. Muestra de ello son las bóvedas de crucería estrellada que cubre la capilla mayor, el ábside, la sacristía y su antecámara situada en la parte baja de la torre. El cuerpo de tres naves, separadas por pilares, fue construido posteriormente en estilo renacentista. De la antigua iglesia románica tan solo se conserva la pila bautismal situada a los pies de la iglesia, en un volumen independiente adosado a la nave central (Moreno, 1990, pp.177-179).

El templo sufrió un importante incendio el 21 de octubre de 1887. Esto supuso importantes obras de reconstrucción durante los años posteriores. Para ello se empleó piedra procedente de Otero de Herrero, madera de La Losa y hierro de Aranda de Duero.

*Figura IV- 26. Planta. Iglesia de Ntra. Sra. De la Asunción.
Valverde del Majano (Autor: M. Moreno)*

33.2. La escalera de caracol

La escalera de caracol objeto de esta investigación se encuentra situada en el extremo sur de la cabecera tardogótica: en la esquina situada entre la torre y la nave,

bajo el atrio de entrada. Ningún autor hace alusión a ella, por lo que la única referencia existente al respecto se limita a la huella que aparece en las plantas generales de la iglesia. Por esta razón es la propia escalera el único “documento” que va a estudiarse, haciendo una lectura minuciosa de cada una de las partes y detalles que la definen.

33.2.1. Descripción arquitectónica

La escalera está ubicada en el lado sur de la iglesia. Concretamente, el volumen del caracol se encuentra adosado a la nave lateral renacentista y se deforma ligeramente para unirse a la torre por su extremo sur. La caja queda protegida bajo la cubierta del atrio de entrada formada a base de teja árabe sobre una estructura de madera (Figura IV-28).

*Figura IV- 27. Puerta de acceso al caracol
Iglesia de Ntra. Sra. De la Asunción. Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

*Figura IV- 28. Volumen exterior.
Iglesia de Ntra. Sra. De la Asunción. Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

Esta escalera facilita el acceso al cuerpo intermedio de la torre que a su vez permite el acceso al cuarto de campanas. Su uso se limita al mantenimiento de estas, ya que una cuerda permite su toque desde la sala antecámara. El acceso al caracol se encuentra oculto en esta última dependencia. Esto enfatiza el carácter privado propio de este tipo de escaleras circulares. Situado en la esquina opuesta a la entrada a la antecámara, un sobrio y sencillo hueco rectangular cerrado por una puerta de madera, da entrada a un tramo recto de cuatro escalones, que atraviesa el muro de forma

oblicua (Figura IV-27). Este tramo da paso a su vez a la escalera de caracol propiamente dicha.

33.2.2. Autor y fecha de construcción

Al igual que ocurriera con el resto de la iglesia, no existen datos que confirmen el autor de las trazas de la escalera. Tampoco se conoce la fecha de su construcción. Lo único que es posible afirmar es que es previa al incendio que sufrió la iglesia en 1887, como prueba el fuerte ennegrecido de su estructura.

Existen varios indicios que sugieren que el volumen de la escalera pudo ser construido con posterioridad a la torre. Uno de ellos es la diferencia de materiales empleados en la construcción: la torre al igual que la sacristía fue construida en mampostería con sillería en las esquinas, mientras que el volumen de la escalera fue construido mayormente con ladrillo. Otro indicio se encuentra en el acceso abierto en la parte baja de la torre, que atravesando de forma oblicua el muro, busca encontrar el límite exterior de la nave renacentista construida con posterioridad a la torre.

La cubierta abovedada del primer cuerpo de la torre, antecámara de la sacristía, sugiere que originalmente ninguna escalera arrancaba en su interior. No obstante, es obvia la necesidad de una escalera de acceso al nivel inmediatamente superior y al cuarto de campanas de la torre. Lo más probable es que esta se encontrara localizada en el exterior de la torre en lugar distinto al actual, y fuera desplazada durante las obras de construcción de las naves. Prueba de ello, son los diversos huecos actualmente cegados que pueden apreciarse en la fábrica del muro occidental de la torre, y que pudieron dar acceso a los niveles superiores de la torre desde alguna escalera adosada a su exterior.

33.2.3. Descripción constructiva

Tipológicamente se trata de una escalera de caracol de husillo de planta circular de 190cm de diámetro (Figura IV-29) inscrita en una caja cilíndrica, lateralmente deformada para contener el tramo recto de comunicación con la torre. Dicha caja es de igual altura que el volumen de la sacristía y lateralmente se encuentra enrasada al mismo. Llama la atención, sin embargo, que los materiales y el acabado de ambos volúmenes, escalera y torre, difieren entre sí: por un lado, el muro de la caja está construido mayormente con fábrica de ladrillo enfoscado exterior e

interiormente en algunos puntos. Por otro, la torre y la sacristía son de mampostería y sillares en las esquinas.

*Figura IV- 29. Planta
Caracol de la iglesia Ntra. Sra. De la Asunción. Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

Figura IV- 30. Intradós

La escalera consta de un total de veinticinco peldaños divididos en dos tramos: un primer tramo de veintidós peldaños más un último de tres, separados entre sí por una meseta. Si bien se trata de un caracol de madera, en este caso el procedimiento constructivo empleado es distinto al que habitualmente se emplearía con dicho material. Normalmente en los caracoles de husillo de madera, el machón central está formado por una pieza vertical a la que se van uniéndolas diferentes piezas de huella. En este modelo, sin embargo, el característico machón central se genera por la superposición de la parte interior cilíndrica de los peldaños al repetirse estos en torno al eje central, a semejanza de los caracoles de cantería (Rabasa, 2007, p.204).

Cada peldaño, cuya repetición genera la escalera, está formado en su mayoría por dos piezas de madera –una de ellas de mayores dimensiones que la otra– unidas transversalmente mediante un clavo (Figura IV-31). El clavo es sin ninguna duda, uno de los medios más simples para unir piezas de madera con un inmejorable y económico resultado. Los peldaños así conformados se empotran en el muro y apoyan en el escalón previo, así como en el machón central que va conformándose, sin necesidad de estructuras auxiliares. Asimismo, otro clavo lancero insertado de forma oblicua en la sección cilíndrica de cada pieza, garantiza la unión de ésta a la inmediatamente anterior. Cada peldaño queda definido por: (i) una tabica de 18cm de altura dirigida al centro geométrico de la escalera; (ii) una longitud de peldaño de 82,5cm medida desde el punto más exterior junto al muro de la caja, al punto más interior junto al machón central; (iii) una huella con un valor máximo de 37cm medido en la parte más exterior junto al muro, y un valor mínimo de 5cm medido junto al

machón central; (iv) una superficie inferior de sección rectangular ligeramente achaflanada en los bordes.

*Figura IV- 31. Clavos de unión peldaño
Iglesia Ntra. Sra. De la Asunción Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

*Figura IV- 32. Hueco de iluminación
Iglesia Ntra. Sra. De la Asunción Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

El movimiento de rotación ascendente de este peldaño en torno al eje central, de sentido antihorario, genera un caracol caracterizado por:

- Arranque levógiro
- 16 peldaños por vuelta
- Existencia de un machón central, dando lugar a un tradicional caracol de husillo.
- Superficie inferior escalonada con los bordes ligeramente achaflanados (Figura IV-30).
- Altura libre de aprox. 290cm.

La escalera carece de pasamanos junto al muro de la caja, lo que suele ser habitual en los caracoles de husillo.

Este caracol se encuentra iluminado por tres huecos abiertos en el muro exterior en ejes verticales no coincidentes: el primero de ellos se encuentra a 151cm sobre la cota 0 y posee unas dimensiones de 30x47cm (bxh); el segundo se abre a una altura de 150cm sobre peldaño nº12 –aproximadamente mitad de la escalera de acuerdo al número de peldaños– posee unas dimensiones de 31x21cm; el tercer hueco se abre a 124cm sobre el peldaño nº23 –último peldaño– y posee unas dimensiones de 25x45cm. La disposición de los huecos –al inicio, mitad y final de la

escalera– apunta la posible intencionalidad del autor de proporcionar una iluminación uniforme al interior. No obstante, la desigualdad en sus dimensiones y falta de coincidencia de sus ejes verticales, como muestra la composición del alzado, cuestiona dicha intención. La luz queda además limitada considerablemente por una tela arpillera de color oscuro dispuesta por la cara interior con el objetivo de controlar la entrada de aves (Figura IV-32).

Actualmente, la escalera ha sido objeto de una desacertada intervención, llevada a cabo por cuestiones funcionales. Prueba de ello es que no ha sido sustituido ningún elemento estructural. La escalera presentaba un fuerte desgaste de los peldaños debido al uso, lo que conllevaba un importante riesgo de caída. La solución adoptada para resolver esta cuestión, se caracteriza por una evidente ausencia de sensibilidad estética y un aparente carácter provisional. Esta falta de interés por un trabajo adecuado, frecuente en numerosas intervenciones en escaleras de caracol, está propiciada por el uso restringido y puntual de las mismas, que mantienen ocultas semejantes intervenciones.

En este caso, la intervención ha consistido básicamente en la superposición de nuevos tableros de madera aserrada sobre la huella de los peldaños originales. Para ello se ha: (i) nivelado la nueva pieza mediante pequeños pedazos de madera, probablemente resultados del corte de la misma; (ii) atornillado de la nueva huella al peldaño original; (iii) inyectado espuma de poliuretano y otras masillas como elemento de relleno entre las piezas nuevas, las originales y el muro de la caja. La espuma rebasa frecuentemente los límites de la unión establecida (Figura IV-33). Además de las nuevas piezas de huella, se han dispuesto también nuevos tableros de madera en el tramo recto que une el último peldaño de la escalera con el primer nivel de la torre, así como nuevos travesaños para complementar la barandilla. Si bien estas modificaciones en sí mismas no implican el deterioro del material, pueden tener una acción negativa a evaluar.

Por lo tanto, es una reforma desacertada que básicamente ha olvidado el carácter de la construcción original, tanto del tramo de escalera de caracol como del espacio interior de la torre. Esta intervención viola de forma flagrante el punto 2 de la Carta de Atenas (1931):

En el caso de que la restauración sea indispensable, debido a degradaciones o destrucciones, se respetará la obra histórica y artística del pasado sin proscribir el estilo de ninguna época. (*Punto 2*)

Figura IV- 33. Intervención en el caracol. Iglesia Ntra. Sra. De la Asunción. Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)

A parte del importante desgaste sufrido por los peldaños, la escalera presenta además otras patologías, relativas a los elementos de madera (Figura IV-34):

- Pérdida de color por el envejecimiento y degradación por luz
- Fendas superficiales por el secado sufrido durante el envejecimiento así como el incendio. Este aceleró el desecado de la superficie contribuyendo a la aparición de fendas.
- Oscurecimiento de la superficie como consecuencia del incendio. Parece que el incendio no destruyó la escalera, pero el humo generado provocó el ennegrecido general de su superficie. Se puede apreciar que éste se intentó eliminar, si bien quedan restos claramente visibles sobre todo en la sección cilíndrica del machón central. También puede observarse restos del incendio en la puerta de entrada a la torre desde la capilla mayor.
- Pudrición blanca en sitios muy puntuales: travesaño de la barandilla en su unión con el muro de la torre; en la superficie inferior de algún peldaño, etc.

En la caja de la escalera puede apreciarse además:

- desprendimientos puntuales del enfoscado interior
- suciedad por excrementos de ave junto a la ventana
- modificaciones antrópicas: cableado eléctrico, nuevo enfoscado de la cara interior de la caja.

*Figura IV- 34 Unión travesaño barandilla. Iglesia Ntra. Sra. De la Asunción
Valverde del Majano (Autor: P. Benítez)*

A pesar del envejecimiento general de la madera y ataques de escasa profundidad, puede afirmarse que el estado general de la madera puede considerarse como correcto. No obstante es significativa la cuestión del fuerte desgaste de los peldaños motivado por el uso. El estado general de conservación de la escalera es malo.

De acuerdo a los criterios establecidos como límites de esta investigación, la escalera de caracol de la iglesia de la Asunción en Valverde del Majano queda fuera de la investigación, por tratarse de una escalera de caracol de husillo.

34. IGLESIA DE SAN BARTOLOMÉ EN MARTÍN MIGUEL

La localidad de Martín Miguel se encuentra situada en el sexmo de San Millán, a tan solo 15km de la Ciudad de Segovia. Este sexmo linda: al norte con la Ciudad de Segovia y los sexmos de San Lorenzo y Santa Eulalia; al sur con los sexmos de San Martín y El Espinar; al este con la sierra de Guadarrama; y al oeste con el sexmo de La Trinidad. La localidad se encuentra en la conocida “Campiña Segoviana”, entre los ríos Eresma y Moros, y atravesada por el arroyo de igual nombre que la localidad.

Como muchos otros asentamientos, su origen se remonta a la época de la Reconquista cuando el caballero Martín Miguel recibió estas tierras como muestra de gratitud por su valiente intervención. A finales del s.XV con el resurgir de la economía y motivada por la fertilidad de sus tierras así como su cercanía a la Ciudad tuvieron lugar numerosos litigios al ser reclamadas por distintos miembros de la nobleza asentada en la Ciudad.

De acuerdo al censo de 1528 (Censo de Pecheros), en aquella época la población se dedicaba principalmente a la elaboración de pan, así como a la industria del paño:

se coje ene ellos mucho pan e en algunos dellos hacen e labram paños e comúnmente los vecino tienen medianas haciendas

En este contexto histórico, en la primera mitad del siglo XVI se construye la nueva iglesia en el centro urbano de la ciudad (Figura IV-35).

*Figura IV- 35 Iglesia de San Bartolomé
Martín Miguel (Autor: P. Benítez)*

34.1. El edificio

Se desconoce la fecha de inicio de su construcción, pero se estima entre 1525 y 1550. Nada se sabe de su autor, pero las investigaciones llevadas a cabo por María Moreno Alcalde (1990) señala la posible intervención del mismo maestro que en la iglesia de la Asunción de la Virgen en Palazuelos. Incluso aventura a señalar al maestro Rodrigo Gil o a algún maestro de su escuela en base a la similitud de sus bóvedas con ciertos modelos empleados por Gil. No obstante no puede llegar a confirmarse la autoría por falta de documentación.

La iglesia consta de tres naves separadas por pilares y una cabecera cuadrangular acabada en un ábside poligonal de tres lados flanqueados por cuatro contrafuertes característicos del s.XVI. Dos volúmenes a distinta altura, correspondientes a la torre y a la sacristía, quedan adosados en el lado norte de la cabecera. La iglesia posee dos accesos abiertos en las naves laterales, protegidos exteriormente por sencillos porches de madera sobre pilares de piedra (Figura IV-36).

*Figura IV- 36. Planta iglesia de San Bartolomé
Martín Miguel (Autor: M. Moreno)*

La cabecera es de claro estilo gótico. Muestra de ello son las bóvedas de crucería con terceletes relacionadas, como se ha indicado anteriormente, con la figura de Rodrigo Gil. Las naves por el contrario, poseen cubiertas de estructura de madera.

La torre es de planta rectangular y se adosa a la cabecera por su lado menor, mientras su lado mayor se adosa a la nave lateral de la epístola y a la sacristía. En la parte superior de dicha torre se sitúan las campanas, a las que se accede por una

escalera de caracol con acceso desde el interior de la nave lateral. En alzado, la torre llama la atención por su enorme irregularidad constructiva. Sorprende además que, a pesar que el muro norte de la torre queda enrasado con el de la nave lateral y con el de la sacristía, conserva una clara independencia constructiva con ambos: por un lado, una cadena de sillares seguido de mampostería –que ocupa aproximadamente la mitad del ancho de la torre y sube hasta el hueco de campanas– marca el límite de la torre con la nave lateral; por otro, un paño de fábrica de ladrillo –que ocupa aproximadamente la otra mitad y sube hasta la altura de la nave– difiere claramente del muro de mampostería de la sacristía. A estos materiales se suma una fábrica de sillares desiguales que contribuye a acentuar la división vertical de la torre en dos partes. Esta división queda también patente en el interior, donde la estancia situada bajo las campanas ocupa tan solo la mitad de la planta. Todo ello sugiere, que la torre fue levantada aprovechando construcciones anteriores. Esto justificaría también el macizado de los huecos con el objetivo de consolidar y fortalecer la fábrica existente para soportar las nuevas cargas añadidas en la torre.

En su conjunto, el templo se caracteriza por la gran altura de su cabecera – mayor incluso que las naves– y por una frecuente falta de simetría: los accesos se encuentran abiertos en ejes distintos; los pilares que separan las naves también se encuentran desplazados unos respecto a los otros; diversidad de materiales empleados, etc.

El estado actual de la iglesia es consecuencia de los importantes trabajos de limpieza y restauración llevados a cabo entre los años 2001 y 2003.

34.2. La escalera de caracol

La escalera de caracol objeto de esta investigación se encuentra integrada en el área oeste de la torre de la iglesia. Esta escalera tan solo aparece mencionada como parte de la torre, en la investigación llevada a cabo sobre la iglesia por María Moreno (1990) como parte de un trabajo de investigación más amplio. Así mismo aparece representada de forma genérica en las plantas generales del templo. Por esta razón, es la propia escalera el único “documento” que se ha a estudiador, haciendo una lectura minuciosa de cada una de las partes y detalles que la definen.

34.2.1. Descripción arquitectónica

La escalera está ubicada en la torre de la iglesia (Figura IV-37). Situada aproximadamente en la mitad occidental de la misma, su volumen es parcialmente visible desde el exterior por encima de la cubierta de la nave lateral, hasta inmediatamente bajo el hueco abierto en el cuarto de campanas. Su volumen es igualmente visible desde el interior en la nave.

*Figura IV- 37. Caracol iglesia de San Bartolomé
Martín Miguel (Autor: P. Benítez)*

El acceso a la escalera se encuentra situado en el extremo oriental de la nave del evangelio. Un sencillo hueco rectangular abierto en el muro da acceso directo a la escalera. Desde el interior de la caja es posible apreciar la existencia de otro hueco de antiguo acceso rematado por un arco rebajado que, situado a mano izquierda del anterior abría también a la nave lateral. En la actualidad, dicho hueco está completamente cegado mediante mampostería.

La escalera facilita el acceso en primer lugar a una pequeña estancia localizada inmediatamente bajo el cuarto de campanas. Esta dependencia es de planta rectangular y ocupa aproximadamente la mitad del área ocupada por la torre. Los límites de ésta pueden apreciarse desde el exterior, ya que coinciden con la diferencia vertical de material existente. Desde esta estancia, cinco nuevos peldaños de fábrica más una escalera de mano simple de un tramo, permiten alcanzar el cuarto

de campanas, el cual sí ocupa toda la superficie en planta de la torre. Esta escalera de mano es de suponer que fue dispuesta para sustituir piezas de peldaño desaparecidas.

34.2.2. Autor y fecha de construcción

Nada se sabe del autor de las trazas de la escalera, al igual que se desconoce el autor de las trazas de la iglesia. Por las trazas de las bóvedas de la cabecera es posible determinar la construcción durante el primer cuarto del siglo XVI. Por semejanza entre esta iglesia y la de Paradinas, se ha considerado la posible intervención de Rodrigo Gil de Hontañón o algún maestro de su escuela. Sin embargo no existe documentos que apunten en ese sentido.

34.2.3. Descripción constructiva

Tipológicamente se trata de una escalera de caracol de husillo de planta circular de 160cm (5 pies y $\frac{3}{4}$ pie) de diámetro inscrita en una caja cilíndrica parcialmente visible desde el exterior, así como desde el interior de la nave lateral del evangelio (Figura IV-38).

Figura IV- 38. Planta
Caracol de la iglesia de San Bartolomé Martín Miguel (Autor: P. Benítez)

Figura IV- 39. Intradós

Interiormente la caja está rematada por el forjado de madera del cuarto de campanas.

La escalera consta de 31 peldaños. Cada peldaño, cuya repetición genera la escalera, está formado por una pieza monolítica de piedra que se empotra 20cm en el muro y apoya en el escalón previo, así como en el machón central que va

conformándose. Algunos de estos peldaños también apoyan en ménsulas. Este es el caso de los peldaños nº 11, 13, 16, 18, 24, 27 y 29 (Figura IV-40).

La pieza de peldaño queda definida por: (i) una tabica de 25cm de altura, la cual va dirigida hacia el centro geométrico de la caja; (ii) una longitud de peldaño de 70cm (aprox. 2,5 pies) medida desde el punto más exterior junto al muro de la caja, al punto más interior junto al machón central; (iii) una huella con un valor máximo de 40cm medido en la parte más exterior junto al muro, y un valor mínimo de 5,5cm medido junto al machón central; (iv) una sección transversal rectangular (Figura IV-39); (v) una sección cilíndrica en la parte interior de 20cm de diámetro (aprox. 1 cuarta ó $\frac{3}{4}$ de pie).

Figura IV- 40. Ménsula para apoyo peldaño
Iglesia de San Bartolomé. Martín Miguel (Autor: P. Benítez)

Figura IV- 41. Arranque escalera de mano
Iglesia de San Bartolomé. Martín Miguel (Autor: P. Benítez)

El movimiento de rotación ascendente en sentido horario de este peldaño en torno al eje central, genera un caracol caracterizado por:

- Arranque dextrógiro
- 12 peldaños por vuelta
- Existencia de un machón central, dando lugar a un tradicional caracol de husillo.
- Superficie inferior o intradós escalonado.
- Altura libre de 300cm.

Del último peldaño de fábrica arranca una escalera de mano simple de un solo tramo y tres travesaños. Esta parece sustituir a piezas de cantería desaparecidas. Entre ambos elementos, peldaño de piedra y escalera de madera, existe una sencilla unión en la que el material más duro penetra en el más blando: los dos largueros de la escalera de mano están suavemente cajeados (Figura IV-41). Esta unión aporta mayor

estabilidad y reduce los riesgos de caída por el posible deslizamiento del pie de la misma. Por su parte los travesaños se encuentran clavados a los largueros.

Como muchos de los caracoles de husillo, carece de pasamanos exterior.

En toda la altura del cilindro existen cuatro huecos abiertos en el muro, cuyos ejes coinciden con la puerta de acceso y los peldaños nº 2, 11 y 14 respectivamente. Todos ellos son de sección rectangular abocinada y poseen dimensiones parecidas si bien no iguales –las dimensiones oscilan en torno a 40x45-50 cm²–. Los cuatro que dan hacia el interior de la iglesia, se encuentran actualmente cegados mediante mampostería (Figura IV-42). La única iluminación natural existente procede de dos de los tres huecos existentes en la dependencia situada bajo el cuarto de campanas. Estos dos huecos son de sección rectangular, mayor al interior que al exterior. Están formados por un cargadero o dintel de madera y recercado de mampostería. Pequeñas piezas de ladrillo se emplean para nivelar el dintel. Una malla de gallinero dispuesta en su cara interior sujeta a la piedra, impide la entrada de aves a la vez que permite la entrada de luz. El tercer hueco existente en la cara sur de la estancia se encuentra también cegado. Puede resumirse que la iluminación es claramente insuficiente, dando lugar a una escalera carente de toda luz natural hasta los peldaños previos al acceso a la dependencia intermedia.

Figura IV- 42. Huecos cegados de iluminación.
Iglesia de San Bartolomé. Martín Miguel (Autor: P. Benítez)

La escalera al igual que la iglesia ha sufrido una intervención entre los años 2001 y 2003. Se ha realizado un estudio visual detallado de la escalera, con el objetivo de localizar los diferentes deterioros presentes en la piedra y así poder definir su estado actual de conservación. Ante la imposibilidad de toma de muestras, no se han podido realizar los pertinentes ensayos de laboratorio. Estos habrían confirmado el

estado real de la piedra y su posible estado de descomposición, resistencia, etc. Tras el estudio realizado en el interior, los procesos patológicos más característicos encontrados son:

- Depósitos superficiales
 - Pátina negra
 - Excrementos y restos de animales
- Pérdidas volumétricas
 - Erosión por desgaste
 - Fracturas
 - Degradación y pérdida del mortero de agarre
- Modificaciones antrópicas
 - Cableado eléctrico

La escalera presenta una serie de patologías frecuentes en todos los modelos analizados: numerosos excrementos de aves, pátina negra así como la existencia de cableado eléctrico para su iluminación. Además, de éstas se ha podido comprobar cómo la intervención llevada a cabo recientemente “olvidó” actuar sobre los últimos seis peldaños de fábrica: Estos presentan puntuales fracturas, así como una notable pérdida volumétrica consecuencia de la erosión motivada por el uso. Por el contrario, la pérdida de sección sufrida por el resto de peldaños fue solucionada. Se desconoce el motivo por el que no se reconstruyó la sección de estos últimos peldaños, igual de transitables que el resto para acceder a las campanas.

Así mismo, algunos puntos del muro que conforma la caja de la escalera presenta pérdida de mortero de agarre. De nuevo en esta cuestión, se desconoce el motivo por el que no se renovó el mortero en esos puntos durante la última intervención.

Excluyendo los últimos seis peldaños, puede afirmarse que la escalera de caracol presenta un buen estado de conservación.

De acuerdo a los criterios establecidos como límites de esta investigación, la escalera de caracol de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción en Martín Miguel queda fuera de la investigación, por tratarse de una escalera de caracol de husillo.

35. LA CATEDRAL DE NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCIÓN Y DE SAN FRUTOS EN SEGOVIA

La catedral de Nuestra señora de la Asunción y de San Frutos fue construida para reemplazar a la antigua catedral románica de Santa María, parcialmente destruida tras la Guerra de las Comunidades (1520-1521). Su estratégica situación junto al Alcázar motivó el atrincheramiento en su interior de los comuneros alzados frente al recién llegado poder real. Esto ocasionó su ruina durante el conflicto. Una vez resuelto este, Carlos I ordenó en 1523 la construcción de una nueva catedral en un nuevo emplazamiento lejos del Alcázar.

Son cuantiosas las investigaciones llevadas a cabo sobre la catedral segoviana. Entre ellos destacan los trabajos llevados a cabo por M.T. Cortón de las Heras (1997), A. Ruiz Hernando (1986, 1996, 2003a, 2003b) y J.M. Merino de Cáceres (1991). Sin embargo estos no son los únicos: Begoña Alonso Ruiz (2000, 2009), María López Díez (2005), o más recientemente M.A. Cillanueva de Santos (2008) entre otros, también han abordado la construcción de la Catedral desde distintos puntos de vista. Y aún hoy continua siendo tema constante de actuales investigaciones (Navascués, 2010; Alonso, 2015; etc.). Por este motivo, tan solo van a resumirse brevemente los acontecimientos y datos principales relacionados con su construcción, dado que en él se integran dos de los modelos seleccionados para su análisis en este trabajo.

35.1. El edificio

La nueva catedral fue construida entre comienzos del s.XVI y finales del s.XVII dentro del estilo gótico tardío, si bien consta de puntuales elementos renacentistas. En este punto es necesario resaltar la significativa fidelidad a las trazas originales a lo largo de su construcción. Se trata por lo tanto de una de las catedrales góticas más tardías de España e incluso de Europa, donde el Renacimiento estaba por aquella época en su mayor apogeo. Incluso puede afirmarse que junto la catedral nueva de Salamanca comenzada en 1513, la catedral de Segovia determina el fin del período gótico en España.

La elaboración de las trazas segovianas se encargaron en 1524 a Juan Gil de Hontañón. Se trataba de una figura conocida en la ciudad, a la que se encontraba muy vinculada desde sus comienzos profesionales (Alonso, 2000, p.158). Ya antes había trabajado para el Cabildo en la cabecera de la antigua catedral (1509) y había

proyectado para él una librería (1510) (Hernández, 1947, pp.84-85). A esto hay que añadir que se trataba del afamado maestro de la catedral nueva salmantina, que había sido comenzada pocos años antes.

Figura IV- 43. Planta catedral de Segovia
(Autor: Rodrigo Gil de Hontañón)

Por otro lado, en el mismo año de 1524, se le encargó también a Juan Campero el traslado del claustro de la antigua catedral, diseñado por Juan Guas en 1472, al nuevo emplazamiento.

La construcción comenzó por los pies –circunstancia poco habitual en la construcción gótica– y de fuera hacia dentro –para que las capillas sirvieran de contrarresto a las bóvedas de las naves–. La primera piedra se colocó en 1525 y las obras se llevaron a cabo a lo largo de distintas campañas constructivas (Figura IV-44)¹⁹:

- Primera campaña: 1525 -1557
- Segunda campaña: 1558-1606
- Tercera campaña: 1607-1699

En la primera campaña se finaliza el cuerpo principal de la iglesia: las tres naves y sus cubiertas hasta el transepto; las capillas laterales dispuestas entre los

¹⁹ El proceso constructivo de la Catedral de Segovia ha sido establecido por M. T. Cortón (1997) tras el análisis pormenorizado de la documentación existente en los archivos catedralicios.

contrafuertes; la fachada occidental y la torre. Así mismo se concluye el traslado del antiguo claustro a su actual ubicación.

Durante la segunda campaña, se acondicionó la parte ya construida de la catedral. Se dispusieron: retablos provenientes de la antigua catedral, la puerta del Perdón, sillas del coro, rejas de madera, y se abrieron sepulturas a los pies de las naves (Cortón, 1997, p.159). Durante esta campaña se comienza también la construcción de la cabecera y el crucero, si bien no llegan a finalizarse.

En la última campaña, entre 1607 y 1699, aparecen elementos renacentistas como la fachada de San Frutos y la de San Geroteo. Se reparan los daños originados por un rayo caído en 1614 en el antiguo remate del campanario: se construye su actual chapitel y se renuevan las cubiertas de las naves. Así mismo, se logra el diseño definitivo de la cúpula del crucero y se acomete su construcción. Esta se finaliza en 1685, momento en el que se da por finalizada la construcción de la catedral.

Exteriormente, la catedral se caracteriza por la pureza de estilo, la rotundidad y sobriedad de sus volúmenes.

Interiormente conserva igualmente un aspecto sobrio consecuencia de la falta de recursos para la adquisición de bienes muebles y de ornamentación una vez finalizada su construcción. A este punto hace referencia Ruiz Hernando cuando afirma que “la catedral es, en sí misma, la pieza más hermosa, y el gozo de su visión es suficiente” (1994, p.35). A pesar del largo período de tiempo transcurrido desde su inicio hasta su finalización, el templo presenta una clara unidad de estilo a excepción de la cúpula del crucero así como algún que otro elemento puntual (Navascués, 2010, p.266).

La planta –sin incluir la torre, el claustro y la sacristía– está inscrita en un rectángulo de 50m de ancho por 105m de longitud. Como dijo V. Lampérez “la planta (...) es sencilla, armónica y digna de comparar con las mejores” (Chueca, 1999, pp.94-96). Consta de tres naves, las cuales repiten el mismo modelo de bóvedas estrelladas con la única diferencia entre ellas del diseño de sus claves. Estas se encuentran separadas por dos líneas de pilares. Existen diez capillas entre contrafuertes abiertas hacia el cuerpo de la iglesia. Cinco se hallan en el lado de la epístola y cinco en el lado del evangelio. Cada una de las cinco capillas se encuentra cubierta con un modelo diferente de bóveda, que se repiten simétricamente en las capillas enfrentadas. La cabecera está rematada por una rica girola con un total de

siete capillas absidiales. El transepto queda enrasado con las naves y una cúpula de media naranja sobre tambor y con remate de linterna cubre el crucero, constituyendo un elemento singular de la construcción.

Figura IV- 44.Fases de construcción de la catedral de Segovia
(Autor: A.M. Beloqui)²⁰

La catedral dispone de tres puertas: la puerta del Perdón situada en el lado oeste; la de San Frutos en el lado norte; y la de San Geroteo en el lado sur.

Al igual que muchos de los edificios de la Ciudad, el templo emplea piedra caliza procedente de canteras cercanas a la ciudad: el Parral, Bernuy de Porreros, Madrona, Casla, Valseca y Tejadilla. Todas ellas son similares en cuanto a composición, textura y nivel estratigráfico, si bien su color difiere entre unas y otras: la caliza de Bernuy posee un color más amarillento; la de piedra del Parral es más sonrosada; la caliza de Madrona es más blanquecina, etc.

²⁰ CORTÓN DE LAS HERAS, M. T. (1997). La construcción de la catedral de Segovia (1525-1607). Segovia, Segovia : Caja de Ahorros y Monte de Piedad. p.275

Además de Juan Gil y Juan Campero son muchos los maestros que intervinieron en la construcción de la Catedral²¹. De entre todos ellos destacan:

- García de Cubillas

Nombrado por el mismo Juan Gil, fue aparejador de las obras desde su inicio y posteriormente maestro de obras hasta su muerte en 1559.

- Rodrigo Gil de Hontañón

Fue maestro de obras desde la muerte de su padre entre 1526 y 1529. Tras ser despedido, regresa de nuevo en 1560 para sustituir a García de Cubillas y permanece hasta su muerte en 1577.

- Pedro de Brizuela

Maestro de obras desde 1607 hasta su muerte en 1632, fue el autor de las trazas de la portada de San Frutos (1608), las trazas del nuevo chapitel de fábrica de la torre (1619), y las trazas de la cúpula sobre pechinas, solución definitiva adoptada para cubrir el crucero (1630).

El templo se construyó básicamente gracias a los donativos y ofrendas regularizadas y al trabajo personal de los segovianos (Reinoso, 1985, p.16).

El edificio fue declarado Bien de Interés Cultural con al categoría de Monumento en 1931. Posteriormente, en 1985 la Ciudad vieja de Segovia y el acueducto fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

²¹ Ver la relación completa de maestros de obras de la catedral en el libro *Las trazas de la catedral de Segovia* (Ruiz, 2003b, p.199)

Figura IV- 45. Vista de la catedral de Segovia (Autor: Proyectos 7)

Dentro de la catedral se han analizado dos escaleras de caracol. Estas se hallan en distintas capillas laterales, abiertas en lados opuestos:

- La escalera de la capilla del del Consuelo
- La escalera de la capilla de la Concepción

35.2. La capilla del Cristo del Consuelo

El primer modelo de caracol localizado en la catedral y objeto de esta investigación se encuentra situado en la capilla del Cristo de Consuelo. Se trata de la primera capilla abierta a la nave de la epístola junto al brazo sur del crucero y la puerta de San Geroteo –esta última de estilo neoclásico de finales del s.XVIII–(Figura IV-47). Así mismo se abre frente a la capilla de la Piedad o del Santo Entierro. La capilla recibe su nombre a partir de una imagen de Cristo crucificado localizado en el centro del retablo.

Figura IV- 46,. Interior capilla del Consuelo

*Figura IV- 47. Portada de San Geroteo
Catedral de Segovia (Autores: P. Benítez y L. Morales)*

A ella se accede a través de una verja de hierro forjado procedente del coro de la antigua catedral de Santa María (1515) (Figura IV-46). Posee planta rectangular con los lado más largos en la dirección de las naves. Dicha dimensión coincide con dos tramos del claustro. Está cubierta por una bóveda de crucería estrellada con combados y terceletes de igual diseño a la que cubre la capilla de la Piedad, con nervios y claves doradas.

La importancia de esta capilla reside en servir de entrada al claustro y al museo catedralicio. La portada de acceso al claustro procede de la antigua catedral y fue trasladada a su actual ubicación por Juan Campero. Fue trazada por Juan Guas en 1483 por encargo de Isabel la Católica y terminada en 1486 a falta del trabajo

escultórico de S. de Almonacid. Está hecha a base de piedra caliza procedente de las canteras de Casla –una “caliza blanquecina, arcillosa con venas y machas de óxido de hierro en el interior de las numerosas oquedades que presenta la roca” (Cortázar, 1891, p.169)–. Se trata realmente de una doble portada: hacia el claustro y hacia la catedral. La portada que da a la capilla está formada por un arco carpanel sobre el que abre otro arco apuntado de varias arquivoltas. El tímpano se enriquece mediante el grupo escultórico de la Virgen de la Quinta Angustia. Numerosas figuras de santos y ángeles completan su decoración, así como el escudo de Castilla y el águila de San Juan –emblema real– situado en la parte superior.

La capilla fue construida durante la primera campaña constructiva de la catedral, entre 1525 y 1530. Puede incluso afirmarse que el muro sur de la capilla compartido con el claustro, estaría levantado ya en 1529, ya que en ese año el traslado de este último por Juan Campero había finalizado ya (Figura IV-48).

*Figura IV- 48 Planta del claustro. Catedral de Segovia
(Fuente: IPCE)*

35.2.1. La escalera de caracol de la capilla

Respecto a esta escalera, tan solo se ha encontrado referencia a su existencia en el momento de aludir la finalidad de la puerta existente en la capilla, junto a la portada del claustro, sin aportar ningún tipo de información adicional sobre ella. Por lo tanto la única documentación existente al respecto se limita a la huella que aparece en algunas de las plantas generales de la catedral.

En este punto es obligatorio denunciar el frecuente olvido sufrido por este tipo de escaleras a la hora de representarlas en las plantas generales de los edificios. Como ejemplo tómese el plano de la planta de la catedral realizado en 1963 y conservado en el IPCE. En él se representa tan solo el caracol localizado en el muro norte junto a la girola, mientras que el área de los demás caracoles existentes ha sido macizada. Similar omisión sucede en otro de los planos realizado en 1984. En él aparecen los caracoles localizados en las capillas laterales, mientras que el área del caracol situado en el extremo de la sacristía queda macizado.

A este problema hay que añadir que habitualmente son representaciones simbólicas que indican tan solo la tipología circular de estas escaleras, sin distinguir entre caracoles de husillo y con ojo. Una rara excepción se encuentra en los planos realizados por Merino de Cáceres para las obras de restauración del claustro en 1980. En él es posible apreciar la acertada diferencia entre el caracol con ojo de la capilla del Cristo y el husillo de la capilla de San Blas. Tristemente, el husillo parece tuviera una disposición tangencial de los peldaños, lo cual no se ajusta a la realidad. Esto es reflejo del reducido interés suscitado por esta tipología de escaleras, que han quedado durante mucho años relegadas al olvido.

Por esta razón es la propia escalera el único “documento” que se ha estudiado, haciendo una lectura minuciosa de cada una de las partes y detalles que la definen.

35.2.1.1. Descripción arquitectónica

La escalera objeto de este estudio está ubicada en el muro sur de la capilla del Cristo del Consuelo. Concretamente se encuentra situada entre el muro oriental del claustro y la puerta de San Geroteo abierta en el brazo sur del crucero. Este caracol permite el acceso al bajo cubierta de la nave lateral y las capillas de la epístola, así como al exterior de ésta y al volumen del crucero.

Figura IV- 49. Volumen exterior desde la cubierta

Figura IV- 50. Puerta de acceso desde capilla
Caracol capilla del Consuelo. Catedral de Segovia (Autor: P. Benítez)

El acceso a la escalera se halla en el muro sur de la capilla, a mano izquierda de la portada de acceso al claustro. Un arco moldurado muy suavemente trilobulado al que se superpone un alfiz que arranca del suelo, da paso directamente a la escalera. Centrada sobre el alfiz se abre una pequeña hornacina rectangular que contiene la figura de una sencilla piedad policromada a semejanza de la portada de la entrada al claustro (Figura IV-50).

El volumen es claramente visible desde el exterior (Figura IV-49). Este se divide en tres sencillos cuerpos sin decoración alguna y separados entre sí por impostas. Los dos primeros son de planta rectangular y coinciden con los dos primeros cuerpos de la fachada de San Geroteo. El primero, adosado al muro del claustro por un lado y por otro a la fachada, alcanza la altura de la cornisa de la nave lateral del templo. El segundo, queda adosado tan solo por una de sus caras al volumen del crucero y coincide con el segundo cuerpo de la fachada. Al comienzo del mismo y por su cara oeste se abre un hueco que permite la salida al exterior de la cubierta. El tercer y último cuerpo es un volumen cilíndrico e igualmente se halla adosado al crucero. El volumen se cierra mediante un casquete esférico dispuesto en el eje de la caja del caracol y de igual diámetro interior. Se trata de un sencillo casquete de cantería trasdosado, que muestra su despiece al exterior sin ningún tipo de recubrimiento. Una aguja conoidal rematada a su vez por una esfera, ambas de

piedra, corona exteriormente el volumen. Esta cúpula es más sencilla que la dispuesta sobre el caracol de la capilla de la Concepción y su aguja más pequeña.

35.2.1.2. Autor y fecha de construcción

La existencia de una escalera de caracol localizada en la capilla actualmente denominada Cristo del Consuelo, ya aparece reflejada en los planos atribuidos a Rodrigo Gil de Hontañón (Figura IV-37). De acuerdo a las investigaciones sobre la catedral llevadas a cabo por M^a T. Cortón (1997), el muro sur de la catedral limítrofe con el claustro en el que se integra la escalera, se construyó entre 1525 y 1529 –año de fin del traslado del claustro–. El caracol de la capilla en particular, se materializa en 1529 (Cillanueva, 2008, pp.120-122). Esos años coinciden con el período en que Rodrigo Gil trabajaba como maestro de obra en la catedral.

Así mismo es innegable la semejanza existente con la escalera con ojo localizada en la catedral nueva de Salamanca cuya ejecución está atribuida a Rodrigo Gil. Si bien la escalera salmantina posee un diámetro menor y mayor número de peldaños por vuelta, ambos modelos coinciden en el pasamanos exterior –su arranque inicial vertical, su sección y su disposición empotrada en el muro de la caja–. La moldura interior si bien difiere ligeramente, en ambos casos repite en su unión con la superficie del intradós una pequeña moldura que acentúa el límite entre ambos: medio bocel en el caso de Salamanca y filete en el caso de la capilla del Cristo del Consuelo.

Por todo ello es posible atribuir a Rodrigo Gil la ejecución de dicho caracol en 1529, durante el primer período como maestro de obras de la catedral.

35.2.1.3. Descripción constructiva

Tipológicamente se trata de una escalera de caracol con ojo de planta circular de 280cm de diámetro. Se encuentra inscrita en una caja inicialmente prismática y a continuación cilíndrica, visible solo desde el exterior. Interiormente la caja está rematada por una sencilla cúpula esférica trasdosada, rematada exteriormente por una aguja conoidal y una pequeña esfera.

La escalera consta de 118 peldaños. Cada peldaño, cuya repetición genera la escalera, está formado por una pieza monolítica de piedra que se empotra en el muro y apoya en el escalón previo sin necesidad de estructuras auxiliares para su ejecución. Esta pieza de peldaño queda definida por: (i) una tabica de 20cm de altura y dirigida

hacia el centro geométrico de la escalera; (ii) una longitud de huella de 105cm medida desde el borde exterior junto al muro hasta la moldura del hueco interior; (iii) un ancho de huella con un valor máximo de 48cm medido en la parte más exterior junto al muro y un valor mínimo de 12cm medido en la parte interior junto a la moldura del hueco central; (iv) una sección transversal de forma triangular cortada con el ángulo necesario para generar la continuidad entre un peldaño y otro, a excepción de la parte más exterior de la pieza destinada a integrarse en la fábrica del muro que constituye la caja de la escalera.

Figura IV- 51. Planta

Figura IV- 52. Intradós.

Caracol de la capilla del Consuelo (Autor: P. Benítez)

El movimiento de rotación ascendente de sentido antihorario de este peldaño en torno al eje central, genera un caracol caracterizado por (Figura IV-51):

- Arranque levógiro
- 18 peldaños por vuelta
- De acuerdo a la solución empleada para resolver el hueco central, la escalera se corresponde con un caracol con ojo de solución radial.
- Intradós continuo, es decir, una superficie inferior helicoidal continua (Figura IV-52).
- La altura libre medida desde el borde exterior de la huella del peldaño a la parte inferior de la escalera es de 360cm.

La escalera dispone de un pasamanos empotrado en el muro que conforma la caja. Situado a mano izquierda durante la bajada, es reminiscencia del carácter defensivo que originalmente poseían este tipo de escaleras. Este pasamanos comienza con un tramo vertical previo al primer peldaño, hasta alcanzar la altura adecuada. A partir de ese punto, continúa manteniendo constantes su sección y

distancia al peldaño –entre 75cm y 90cm medidos en los extremos exterior e interior de la huella respectivamente–, conformando una sencilla hélice que tan solo se interrumpe en el peldaño nº 69, por la puerta de entrada al bajo cubierta de la nave lateral así como por la salida al exterior de la misma, para reanudarse en el peldaño nº 73. Desaparece definitivamente en el peldaño nº 81 de forma repentina y sin motivo aparente. El pasamanos posee una sección circular de 12cm de diámetro integrada en una moldura de escocia empotrada en el muro. Esta moldura va rematada por su parte inferior por una moldura convexa.

El caracol posee además otro pasamanos junto al hueco central de la escalera, conformado por las molduras que rematan interiormente la pieza del peldaño. Se trata de dos sencillas molduras circulares convexas de diferente diámetro, unidas por otra cóncava. La mayor se dispone junto a la tabica. Un corte en el extremo interior de la huella acentúa su percepción hasta el punto, que al ser visto desde arriba parece un caracol con ojo de nabo redondo, ya que la moldura de menor diámetro solo se aprecia desde la visión lateral e inferior de la escalera. Para acentuar el límite entre la superficie continua del intradós con la moldura, se dispone entre ambos un pequeño filete o listel. Este elemento se repite en varios de los caracoles atribuidos a Gil de Hontañón.

Estas molduras se ven ligeramente alteradas en los cinco primeros peldaños, con el objetivo de conformar el arranque de dicho pasamanos. Este elemento es un recurso repetido en numerosas escaleras trazadas por Rodrigo Gil.

En todo el volumen de la escalera existen diez huecos. De ellos, siete son ventanas y tres son puertas.

Las puertas poseen sección rectangular. La primera puerta, situada en el peldaño nº 69 da acceso al bajo cubierta de la nave lateral. La segunda, situada entre los peldaños nº 71, 72 y 73, da salida al exterior de la misma. Y la última se encuentra abierta a la altura del último peldaño. A ella se accede a través de una meseta de aparente carácter provisional que está constituida por unos tablones de madera aserrada apoyados en ambos extremos, el último peldaño de fábrica y el hueco, dejando bastante espacio entre ellos y la caja de la escalera. Una barandilla metálica formada por tubos huecos de sección rectangular, aporta cierta seguridad. Está compuesta por dos perfiles horizontales –la barandilla y un perfil intermedio– por un lado soldados a un montante anclado al último peldaño y por otro atornillados directamente a la caja de la escalera junto al acceso. De nuevo puede observarse en

este caso, el carácter provisional común a muchas intervenciones llevadas a cabo en este tipo de escaleras, propiciadas por el uso de carácter restringido y puntual de éstas, que las mantienen ocultas. Todas las puertas son metálicas.

En lo que se refiere a los huecos de ventana, la mayoría de ellos se encuentran abiertos en la cara sur del volumen: cuatro huecos en el primer cuerpo –en los peldaños nº 7, 24, 43, 61– y dos en el segundo –en los peldaños nº79 y 99–. Esto supone la apertura de un hueco por vuelta de caracol (Figura IV-53). De esta forma, cuatro de ellos están perfectamente ordenados en el mismo eje vertical que limita con el contrafuerte de la fachada de San Geroteo. Los otros dos –el segundo y el tercer hueco del primer cuerpo– se encuentran ligeramente desplazados. Un último hueco se abre hacia el oeste del tercer cuerpo cilíndrico, concretamente en el peldaño nº 112.

*Figura IV- 53. Hueco iluminación. Capilla del Consuelo
(Autor: P. Benítez)*

Los huecos de ventana son todos de sección rectangular abocinada, con unas dimensiones que varían entre un ancho de 45-65cm y una altura de 100-150cm. Cerrados mediante carpintería de madera y vidrio o malla tipo gallinero, a veces quedan enrasadas con la cara interior del muro y otras se desplazan ligeramente hacia el exterior.

La escalera, al igual que la amplia mayoría de la catedral está construida con piedra caliza de la zona, principalmente con piedra del Parral (Fort, 2005, p.159). Esta

piedra es la más frecuentemente empleada en el patrimonio de Segovia –como se verá más adelante también se empleó en la iglesia tardogótica del monasterio de Santa Cruz la Real– .

Respecto a la estabilidad de la escalera y la idoneidad de su diseño, ambas se encuentra fuera de cuestión por encontrarse en pie superados los 20 años desde su construcción –ley de la generación– y no haberse producido ningún cambio significativo en sus condiciones de contorno desde su construcción, que origine algún cambio en su estado de equilibrio. Por este motivo, no es necesario un análisis detallado de su estabilidad. Como ya se ha definido anteriormente, la fábrica de piedra es una construcción con un comportamiento que deriva directamente de las propiedades del material, en nuestro caso la caliza. Hay que asegurarse, por tanto, que la piedra no esté excesivamente alterada para poder garantizar sus características resistentes. Por este motivo y con el objetivo de determinar su estado de conservación, se ha realizado un breve análisis de las patologías más importantes encontradas.

Para ello se ha realizado un estudio visual detallado de la escalera, localizando los diferentes deterioros presentes en la piedra. Ante la imposibilidad de toma de muestras de la piedra empleada, no se han podido realizar los pertinentes ensayos de laboratorio. Estos habrían confirmado el estado real de la piedra y su posible estado de descomposición, resistencia, etc. Tras el estudio de su interior se han podido apreciar los siguientes procesos patológicos:

- Depósitos superficiales
 - Pátina negra
 - Excrementos y restos de animales
 - Suciedad por lavado diferencial –llamado “Churretón sucio” –
- Pérdidas volumétricas
 - Erosión
 - Fracturas
 - Picaduras
- Modificaciones antrópicas
 - Cableado eléctrico
 - Mortero
 - Grafitos

La mayor parte de las patologías son semejantes a las encontradas en muchos de los modelos analizados: erosión por uso; pequeñas fracturas principalmente en las aristas de los peldaños; cableado eléctrico para iluminación de la escalera; churretones sucios por lavado diferencial en el muro bajo los huecos de ventanas; etc.

Entre todas las patologías encontradas, llama sin embargo la atención el gran número y tamaño de las picaduras presentes en la piedra. Estas aparecen tanto en las piezas de peldaño –intradós, moldura interior, tabica, etc.– como en el muro de la caja. Como es conocido, estos orificios se forman a partir de nódulos del material más alterables que el resto. Esto revela la escasa calidad de la caliza empleada en la construcción de esta escalera. Esta cuestión fue manifestada con anterioridad por Juan de Álava (Casaseca, 1988, p.87):

(...) no queda el hedeñio seguro como conviene a semejantes hedeñios porque la piedra deste pueblo es coladiza, especialmente para en cosas donde entrevienen arbotantes por fuerças espeçiales (...)

Muchos estudiosos de la catedral segoviana y la figura de Rodrigo Gil –Hoag, Casaseca, Córton de las Heras, etc.– afirmaban que, cuando Rodrigo Gil fue despedido, Juan de Álava realizó un informe sobre el estado de los trabajos en el que criticaba la mala calidad de la piedra. Posteriores estudios llevados a cabo por A. Castro Santamaría demuestran sin embargo, que dichos informes fueron elaborados sobre los trabajos de la catedral de Salamanca y no sobre la de Segovia, a pesar de encontrarse en los archivos de esta última (1994, pp.109-112). Castro asegura que dicho informe –sin fecha, ni lugar o referencia escrita a obra alguna– es copia del original. Esta la atribuye al canónigo Juan Rodríguez, quien fue enviado por el cabildo a visitar las obras de Salamanca y Valladolid en 1529. Aún habiendo sido escrita sobre la catedral de Salamanca, el informe es perfectamente atribuible a la piedra empleada en la construcción de esta escalera de caracol segoviana.

Algunas de estas picaduras han sido rellenadas de nuevo con mortero en anteriores trabajos de restauración y limpieza del caracol.

Otra de las patologías que llaman la atención es el número de grafitos existentes en el muro de la caja.

En primer lugar, existe un vitor levemente perceptible a simple vista y que la fotografía permite apreciar con mucha mayor nitidez. Sobre el característico símbolo del vitor, se puede leer una inscripción que dice “novis glorian”, que traducido del latín

significa nueva gloria (Figura IV-54). Esto, junto a la caligrafía empleada, hace pensar en la época de la Guerra Civil, momento en el que el vitor fue muy utilizado como símbolo franquista. Segovia estuvo en manos del Frente Nacional desde julio de 1936 poco después del Alzamiento.

Figura IV- 54. Grafito I

Figura IV- 55. Grafitos II.

Caracol capilla del Consuelo. Catedral de Segovia (Autor: P. Benítez)

En segundo lugar, en el tramo de salida a la cubierta exterior existe una inscripción en tinta roja en la que se puede leer: “dios todo lo ve, y solo con su poder hace todo cuanto quiere”, rematado por un sencillo dibujo de una flor y encuadrado por unos trazos (Figura IV-55). Se desconoce el autor y la fecha de realización, si bien la caligrafía empelada sugiere tiempos recientes.

Por último, junto al acceso al bajo cubierta de la nave lateral, un sencillo dibujo representa el alzado principal de una iglesia, flanqueado por su lado derecho por una torre campanario (Figura IV-46). La fachada se halla dividida en dos cuerpos separados por una línea de imposta. El primero con la puerta de entrada. El segundo, rematado por hastial y una cruz en su vértice, posee tres huecos rematados con arco de medio punto y un óculo. La torre de altura similar al cuerpo de la iglesia, posee dos campanas y una cubierta coronada con una veleta sobre su aguja. Sobre la cubierta de la fachada se ven dos torreones con cubierta cónica. A mano izquierda sobre el alzado de la iglesia se puede apreciar un texto, imposible de descifrar, que pudiera tener relación con el dibujo. No ha sido posible identificar dicha fachada con ningún modelo construido en el entorno, por lo que tampoco ha sido posible establecer ninguna fecha aproximada de realización ni autoría del dibujo.

*Figura IV- 56. Grafito III.
Caracol de la capilla del Consuelo. Catedral de Segovia (Autor: P. Benítez)*

A pesar de las patologías encontradas puede afirmarse que la escalera de la capilla del Cristo del Consuelo se encuentra en un buen estado de conservación.

35.3. La capilla de la Concepción

El segundo modelo de escalera, localizado en la catedral y objeto de esta investigación, se encuentra situado en la capilla de la Concepción. Se trata de la primera capilla abierta a los pies de la nave del evangelio junto a la entrada del Perdón y frente a la capilla de San Blas.

A ella se accede a través de una verja de madera de caoba traída en los primeros barcos procedentes del Nuevo Mundo. Posee planta rectangular con los lados mayores en la dirección de las naves. Se encuentra cubierta por una bóveda de crucería estrellada de iguales trazas que la de la capilla de San Blas. Totalmente policromada, fue decorada en 1622 con imágenes de la Inmaculada Concepción (Figura IV-57). Esta capilla y su iconografía ha sido objeto de un minucioso estudio por parte de A. Ruiz Hernando (1996).

La capilla fue construida durante la primera campaña constructiva de la catedral entre 1525 y 1532. Existen datos que confirman que entre 1530 y 1532 se construyó la bóveda empleando caliza procedente de canteras de Madrona.

*Figura IV- 57. Acceso al caracol. Capilla de la Concepción
Catedral de Segovia (Autor: P. Benítez)*

35.3.1. La escalera de caracol de la capilla

Se han encontrados pocos datos que aporten información sobre esta escalera. Las puntuales referencias textuales aluden tan solo su existencia o bien a su volumen exterior. Gráficamente la única documentación existente se limita a la huella que aparece en las plantas generales de la catedral. No obstante, como ocurriera con el caracol de la capilla del Cristo, no siempre queda reflejada su existencia y menos aún su tipología. Por este motivo es la propia escalera el único “documento” que ha estudiado, haciendo una lectura minuciosa de cada una de las partes y detallan que la definen.

35.3.1.1. Descripción arquitectónica

La escalera objeto de este estudio está ubicada en el muro norte de la capilla de la Concepción, junto a la fachada del Perdón. El acceso a la escalera se halla a mano izquierda del retablo de la capilla. Una sencilla puerta de hueco rectangular con jambas y dintel de piezas monolíticas de piedra, da entrada directa al caracol (Figura IV-47). Este permite el acceso al exterior de la cubierta de las capillas del evangelio, desde la cual se alcanzan otros husillos para el acceso a niveles superiores.

Su volumen es claramente visible desde el exterior, constituyendo parte del remate lateral derecho del alzado norte de la catedral. Denominado cubo de la Almuzara, recibe su denominación por el nombre que antiguamente se le daba a la actual calle del Marqués del Arco (Figura IV-58). Su sobria forma cilíndrica queda encajada en su arranque entre el muro y a las estancias anexas a las capillas, elevándose por encima de la cornisa de la nave lateral. Está dividido en dos cuerpos por una pequeña imposta situada a una altura ligeramente superior a la cubierta de las estancias adosadas al muro. Destaca en la pureza del elemento un escudo de España de la época de Carlos V, situado en el comienzo del segundo cuerpo. El volumen se remata mediante una cúpula semiesférica dispuesta en el eje vertical de la caja del caracol y de igual diámetro interior. Se trata de un sencillo casquete de cantería trasdosado, que muestra su despiece al exterior sin ningún tipo de recubrimiento. Exteriormente la cúpula se divide en ocho sectores iguales separados mediante resaltos. Una aguja conoidal igualmente dividida en ocho partes mediante resaltos, junto a una esfera de piedra coronan exteriormente su volumen.

*Figura IV- 58. Alzado norte. Catedral de Segovia
(Fuente: IPCE)*

35.3.1.2. Autor y fecha de construcción

La existencia de una escalera de caracol localizada en la capilla de la Concepción, ya aparece reflejada en los planos atribuidos a Rodrigo Gil de Hontañón (Figura IV-37). De acuerdo a las investigaciones llevadas a cabo por M^a. T. Cortón (1997), la construcción de la catedral comenzó por los pies –circunstancia poco habitual en la construcción gótica– y de fuera hacia dentro –para que las capillas

contribuyeran a contrarrestar las cargas de las naves—. Esto supone que la capilla de la Concepción, por su ubicación a los pies de la iglesia, fue uno de los primeros elementos que fueron contruidos. Durante los primeros años, la obra fue avanzando paralelamente por ambos lados, para luego en 1527 centrarse en el lado sur para poder integrar el claustro de Guas. Según los documentos existentes, durante el año 1526 se daba construcción a los arcos de las entradas de las capillas laterales y a los caracoles del lado oeste entre los que puede incluirse el cubo de la Almuzara, por encontrarse junto a dicha fachada (Cortón, 1997, p.92). Por este motivo puede establecerse la fecha de 1526 como fecha probable de construcción, pocos años antes de la construcción del caracol de la Capilla del Cristo. Momento en que Rodrigo Gil era maestro de obras de la catedral, por lo que es posible atribuirle su autoría.

En 1620 Pedro de Brizuela establece las trazas de la cúpula que remata el elemento, que se finaliza en 1636 (Ruiz, 2003, p.221).

35.3.1.3. Descripción constructiva

Tipológicamente se trata de una escalera de caracol de ojo de planta circular de 280cm de diámetro inscrita en una caja cilíndrica, visible solo desde el exterior. Interiormente la caja está rematada por una sencilla cúpula esférica trasdosada, rematada exteriormente por una aguja conoidal y una pequeña esfera.

La escalera consta de 75 peldaños. Cada peldaño, cuya repetición genera la escalera, está formado por una pieza monolítica de piedra que se empotra en el muro y apoya en el escalón previo sin necesidad de estructuras auxiliares para su ejecución. Esta pieza de peldaño queda definida por: (i) una tabica de 20cm de altura y dirigida hacia el centro geométrico de la escalera; (ii) una longitud de huella de 105cm medida desde el borde exterior junto al muro hasta la moldura del hueco interior; (iii) un ancho de huella con un valor máximo de 36cm medido en la parte más exterior junto al muro y un valor mínimo de 9cm medido en la parte interior junto a la moldura del hueco central; (iv) una sección transversal de forma triangular cortada con el ángulo necesario para generar la continuidad entre un peldaño y otro, a excepción de la parte más exterior de la pieza destinada a integrarse en la fábrica del muro que constituye la caja de la escalera.

El movimiento de rotación ascendente de sentido antihorario de este peldaño en torno al eje central, genera un caracol caracterizado por (Figura IV-59):

- Arranque levógiro
- 24 peldaños por vuelta
- Hueco interior contando la moldura de 68cm.
- De acuerdo a la solución empleada para resolver el hueco central, la escalera se corresponde con un caracol con ojo de solución radial.
- Intradós continuo, es decir, una superficie inferior helicoidal continua (Figura IV-60)
- La altura libre media 480cm.

Figura IV- 59. Planta

Caracol de la capilla de la Concepción. Catedral de Segovia(Autor: P. Benítez)

Figura IV- 60. Intradós.

La escalera dispone de un pasamanos empotrado en el muro que conforma la caja de la escalera. Situado a mano izquierda durante la bajada, es reminiscencia del carácter defensivo que originalmente poseían este tipo de escaleras. Este pasamanos comienza con un tramo vertical previo al primer peldaño, que alcanza la altura adecuada. A partir de ese punto continúa, manteniendo constantes su sección y distancia la peldaño – entre 75cm y 90cm medidos en los extremos exterior e interior de la huella respectivamente– conformando una sencilla hélice que se interrumpe y desaparece con la apertura de la primera puerta de acceso a las cubiertas. El pasamanos posee una sección circular de 12cm de diámetro integrada en una moldura de escocia empotrada en el muro. Esta moldura se une inferiormente al muro mediante una moldura convexa. Coincide con el pasamanos de la escalera de la capilla del Cristo y es similar al caracol con ojo de Salamanca atribuido a Gil de Hontañón.

El caracol posee además otro pasamanos junto al hueco central de la escalera, conformado por las molduras que rematan interiormente la pieza del peldaño. Se trata

de dos sencillas molduras circulares convexas de diferente diámetro, unidas por otra cóncava. La de mayor diámetro se dispone junto a la tabica. Un corte en el extremo interior de la huella acentúa su percepción hasta el punto que al ser visto desde arriba parece un caracol con ojo de nabo redondo, ya que la moldura de menor diámetro solo se aprecia desde la visión lateral e inferior de la escalera. Similar en este aspecto al caracol de la capilla el Cristo, se distingue de este por la ausencia de filete o de una pequeña moldura similar que acentúe el límite entre la superficie del intradós y el remate interior del peldaño. Estas molduras se ven ligeramente alteradas en los tres primeros peldaños, con el objetivo de conformar el arranque de dicho pasamanos, habitual en los caracoles trazados por Rodrigo Gil. Comienza el arranque una pieza con sección interior circular. Las dos siguientes son de transición entre ambos patrones.

En todo el volumen de la escalera existen cuatro huecos: dos huecos de ventana y dos huecos de puerta. Los dos huecos de ventana se abren en ejes verticales casi opuestos del cilindro. El primero de ellos se halla sobre el peldaño nº 14 y se abre en el primer cuerpo del volumen, junto a la fachada del Perdón. El otro se halla sobre el peldaño nº 29 y abre en el segundo cuerpo hacia la estancia anexa a la capilla. Ambos huecos son de sección rectangular abocinada y poseen dimensiones similares que oscilan entre poco más de 60cm y menos de 70cm de ancho y entre 130-140cm de alto. Se hallan cerrados mediante carpintería de madera y vidrio o malla tipo gallinero. En ambos casos la carpintería, ligeramente retranqueada del límite interior, es más estrecha que el hueco, cerrándose entonces mediante nuevos listones o empleando mortero de cemento.

En esta cuestión el caracol de la capilla de la Concepción se encuentra mucho menos iluminado que el situado en la capilla del Cristo. Ya que tan solo dos huecos de ventana iluminan tres vueltas de la escalera.

Los huecos de puerta están abiertos al final de la escalera. El primero de ellos se halla sobre el peldaño nº 74 y abre hacia las cubiertas de las capillas laterales. El segundo de ellos, se halla a la altura del peldaño nº 75, tras una pequeña meseta de madera recientemente renovada y abre a 90º de la anterior. Ambos huecos abocinados poseen sección rectangular rematada por un arco escarzano muy rebajado. Ambas puertas son metálicas.

La escalera, al igual que la mayoría de la catedral está construida con piedra caliza extraída de canteras del entorno de Segovia. La capilla de la concepción empleó

caliza procedente de Madrona, localidad situada en el municipio de Segovia, a unos 10km del centro de la ciudad. Por este motivo, es de suponer que para la construcción del caracol anexo, construido durante los mismos años que la capilla, se empleó caliza con el mismo origen.

Respecto a la estabilidad del caracol y la idoneidad de su diseño, ambas se encuentran fuera de cuestión por encontrarse en pie superados los 20 años desde su construcción –ley de la generación– y no haberse producido ningún cambio significativo en sus condiciones de contorno desde entonces, que origine algún cambio en su estado de equilibrio. Por este motivo no es necesario un análisis detallado de su estabilidad.

Para determinar su estado de conservación, se ha realizado un breve análisis de las patologías más importantes encontradas. Como ya se ha definido anteriormente, la fábrica es una construcción con un comportamiento que deriva directamente de las propiedades del material, en nuestro caso, la caliza. Hay que asegurarse, por tanto, que la piedra no esté excesivamente alterada para poder garantizar sus características resistentes. Para ello se ha realizado un estudio visual detallado de la escalera, localizando los diferentes deterioros presentes en la piedra. Ante la imposibilidad de toma de muestras de la piedra empleada, no se han podido realizar los pertinentes ensayos de laboratorio. Estos habrían confirmado el estado real de la piedra y su posible estado de descomposición, resistencia, etc. Tras el estudio de su interior se ha podido apreciar los siguientes procesos patológicos:

- Depósitos superficiales
 - Pátina negra
 - Acumulación de suciedad
- Pérdidas volumétricas
 - Erosión
 - Fracturas
 - Picaduras
- Modificaciones antrópicas
 - Cableado eléctrico
 - Mortero
 - Grafitos

Todas ellas son patologías encontradas en muchos de los modelos analizados: erosión por uso, pequeñas fracturas principalmente en las aristas de los peldaños y

pasamanos empotrado; acumulación de suciedad por mantenimiento reducido; cableado eléctrico para iluminación de la escalera; etc.

Entre todas las patologías encontradas, destaca la pátina negra existente principalmente en el arranque (Figura IV-62), tanto en los peldaños como en el área más cercana al pasamanos. Así como el enorme número de grafitos existentes en el muro de la caja. Estos han sido tanto pintados como rayados en la piedra. Pueden considerarse consecuencia del número de personas que puntualmente la transita como parte del recorrido de visitas organizadas.

También son frecuentes las picaduras. No obstante en este caso en menor número y con menor profundidad que las encontradas en el caracol de la capilla del Cristo. Algunas de ellas han sido rellenadas con mortero en anteriores trabajos de restauración y limpieza del caracol.

A pesar de las patologías encontradas puede afirmarse que la escalera de la capilla de la Concepción se encuentra en un buen estado de conservación.

Figura IV- 61. Modificaciones antrópicas

Figura IV- 62. Pátina negra

Caracol de la capilla de la Concepción. Catedral de Segovia (Autor: P. Benítez)

36. MONASTERIO DE SANTA CRUZ LA REAL

El convento de Santa Cruz la Real se encuentra extramuros de la ciudad de Segovia, entre la muralla y el río Eresma. Apenas existe documentación que informe sobre la fundación del convento. No obstante, se dice que fue el primer centro que fundó Santo Domingo en España cuando regresó de Roma en 1218, tras la confirmación de la orden religiosa de Hermanos Predicadores:

Fray Domingo de Guzmán volvió a su patria a fundar conventos el año 1218...vino a nuestra ciudad y primero se hospedó en una casa particular y después en una áspera cueva en lo profundo del río y la altura de la ciudad...Hizo muchos milagros el santo y se fundó convento e iglesia en la dicha cueva con la advocación de Santa Cruz. (Colmenares, 2005)

La elección de Segovia como primer asentamiento estuvo motivada probablemente por el hecho de tratarse de un núcleo urbano importante –por su mercado de lana y fábrica de paños–, donde podían desempeñar una gran labor apostólica y evangelizadora. Desde entonces es frecuente que los conventos de la orden de predicadores se encuentren en los arrabales de ciudades importantes (Peñalosa, sin año).

El monasterio fue designado “Santa Cruz” probablemente por el mismo Santo Domingo, ya que se dice que padeció los tormentos de la Pasión del Señor en la famosa cueva que existe en el monasterio (Navamuel, 1752, p.30). Posteriormente, durante el reinado de los Reyes Católicos, el convento amplió el título a “Santa Cruz la Real” como muestra de su favor y protección.

Al contrario de lo que sucediera con la catedral, el monasterio ha sido objeto solo de puntuales investigaciones, entre las que destaca las llevadas a cabo por Carrero Santamaría (1999).

Fue declarado Bien de Interés Cultural-Monumento el 3 de junio de 1931.

36.1. El complejo conventual

El complejo monástico surgió en torno a la cueva del Santo, una cavidad natural en la formación calcárea sobre la que se levanta Segovia. De la construcción inicial no quedan más que el ábside de la cabecera de la primitiva iglesia, así como

otra serie de restos puntuales, aparecidos durante unas excavaciones arqueológicas realizadas en 1908 para la adaptación del convento a un nuevo uso.

Un personaje de gran importancia para el desarrollo del monasterio fue Fray Tomás de Torquemada, que en el año 1474 fue elegido prior de Santa Cruz. Este destacado personaje fue además confesor de los Reyes Católicos y desde 1483 Inquisidor General de los Reinos de Castilla y Aragón. Gracias a su influencia sobre los Reyes logró poner al convento bajo protección real, lo que supuso una importante expansión de la comunidad. Esto motivó, que en las últimas décadas del s.XV, el monasterio sufriera unas importantes obras de remodelación y ampliación, que se costearon gracias a las expropiaciones de los acusados de herejía, como así consta en documentos que se conservan en el Archivo Histórico Nacional (Larrañaga, Bermúdez, Egaña, Arroba & Birlanga, 2005).

Esta reedificación supuso la construcción principalmente de una nueva iglesia y su fachada monumental, el claustro tardogótico del que actualmente no se conserva nada, la sala capitular, el refectorio y la antecapilla de la Cueva del Santo.

Juan Guas, arquitecto real y uno de los maestros más importantes del tardogótico castellano, fue designado para llevar a cabo estas obras. Desde 1472, trabajaba en el claustro de la catedral de Segovia, a la vez que intervenía en el monasterio de Santa María de El Parral. El primer documento que acredita la presencia del arquitecto en el monasterio data de 1478: en el libro de cuentas de la catedral existen referencias desde esa fecha a que los canteros o entalladores trabajaran en la catedral o en el convento, según hiciera falta.

En 1809, durante la guerra de la Independencia, y hasta 1814 el convento sufre su primera exclaustación y los franceses lo convierten en prisión. Durante este período sufrió un importante incendio, que lo dejó prácticamente en ruinas. En los años siguientes se llevaron a cabo obras de gran importancia en la iglesia y un nuevo claustro neoclásico, que concluyeron en 1828.

En 1836 el convento sufre una nueva exclaustación y no es de nuevo ocupado hasta 1845 cuando se aprovecha como asilo de ancianos. Desde entonces y hasta la actualidad el convento ha albergado muy diferentes instituciones: Asilo de Huérfanos y Desamparados, Hospicio Provincial de Segovia, Escuela Taller Provincial, y en la actualidad sede de IE Universidad (Larrañaga et al., 2005).

A lo largo de la historia del convento, se fueron añadiendo sucesivas construcciones que fueron solventando la necesidad de espacio , bien por aumento del número de frailes de la comunidad, bien al cambio de uso experimentado, dando lugar a la actual complejidad del conjunto.

Figura IV- 63. Planta sótano. Monasterio de Santa Cruz la Real (Fuente: IE Universidad)

Figura IV- 64. Planta Baja. Monasterio de Santa Cruz la Real (Fuente: IE Universidad)

Figura IV- 65. Planta primera. Monasterio de Santa Cruz la Real (Fuente: IE Universidad)

Figura IV- 66. Planta segunda. Monasterio de Santa Cruz la Real (Fuente: IE Universidad)

36.2. La iglesia tardogótica

La nueva iglesia tardogótica de Santa Cruz, como iglesia dominica, posee las características comunes a todas las iglesias de la orden (Llorente, 1961, pp. 23-28):

- Única nave ancha
- Crucero poco pronunciado
- Capilla mayor levantada sobre escalinata
- Amplio coro a los pies
- Austera decoración al interior
- Mayor decoración al exterior: letreros góticos a lo largo de la cornisa del templo así como uso de arcos recuadrados en un alfiz.

La cabecera, el crucero y los restantes seis tramos de la nave se encuentran cubiertos por bóvedas de crucería, lo que la convierte en una de las iglesias más amplias de su época: El Parral y San Juan de los Reyes en Toledo tienen en total seis tramos y Santo Tomás en Ávila siete (Figura IV-67).

La iglesia consta además de seis capillas adosadas en el muro sur, entre el transepto y los pies. Estas capillas privadas fueron construidas con posterioridad a la iglesia, entre el s.XV y s.XVII. Sin embargo, debieron preverse en las trazas originales, ya que todas tienen acceso desde la nave a través de un arco de medio punto o ligeramente apuntado trasdosado por otro mixtilíneo con similar decoración de molduras, característica del tardogótico.

Las basas de los soportes y parte de los muros están hechos en granito hasta una cierta altura, para cambiar después a caliza (López, 2006) (Figura IV-68). La razón más plausible que justifica dicho cambio de material, es el hecho de que la edificación se encuentra semienterrada por su lado sur, en una zona en pendiente y cercana al río. Lo que deja al muro expuesto a escorrentías y humedades. Este cambio de material demuestra que desde el primer momento, los maestros fueron conscientes de los problemas de humedades que podían generarse al estar semienterrada.

Además de la entrada principal, la iglesia consta con dos entradas más situadas en el muro norte y que abren directamente al claustro principal: una a los pies y otra inmediatamente antes del transepto. Así mismo, un pequeño hueco abierto en el lado norte del mismo da acceso a la antigua sacristía.

Figura IV- 67. Interior de la iglesia

Figura IV- 68. Arranque de pilar de la iglesia.

Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

Exteriormente y a la altura de la cornisa, la nave central se encuentra decorada con: (i) la inscripción **TANTO MONTA**, símbolo del reparto de las atribuciones de Fernando e Isabel en sus respectivos territorios; (ii) la representación de yugos – símbolo de sumisión al poder real– y (iii) flechas –símbolo de unión de todos– entre rosetas. Esto pone de claro manifiesto la protección del convento por parte de los Reyes Católicos (Figura IV-69).

Figura IV- 69. Exterior de la iglesia.

Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

Sin embargo, a pesar de la aparente homogeneidad del edificio, la fábrica tardogótica de Santa Cruz la Real es ejemplo de un largo proceso constructivo que abarcó desde el s.XV hasta el s.XVII. De acuerdo a estudios realizados por E. Carrero Santamaría (1999), si se analiza detalladamente la fábrica, pueden observarse diferencias en los modos de trabajar, así como en los estilos de su arquitectura.

Las múltiples referencias documentales dejan clara la intervención de Guas en las trazas y construcción de la nueva obra de Santa Cruz. No obstante no existen pruebas que aseguren que el maestro las finalizara. Así, mientras ciertos elementos presentan claras influencias del estilo de Guas, el interior de la iglesia y sus bóvedas revelan la intervención de diferentes maestros. De acuerdo a las hipótesis de Carrero (1999), la intervención de Guas se limitó a las trazas y la construcción de ciertas zonas del monasterio: el comienzo de la construcción de la iglesia hasta una cierta altura, el proyecto de un claustro decorado a la manera de San Juan de los Reyes, así como la portada de la sala capitular. En la última década del s.XV se produjo un cambio de maestría, y las bóvedas del transepto y la cabecera fueron trazadas por el maestro Martín de Solórzano, a semejanza de las realizadas en el Monasterio de Santo Tomás de Ávila (Figura IV-70 y Figura IV-71)²². El nexo de unión entre ambas construcciones es la figura de Fray Tomás de Torquemada, quien ocupó el priorato de ambos conventos, Santa Cruz y Santo Tomás, actuando como promotor de ambas reformas. Finalmente, en una última etapa constructiva, ya comenzado el s.XVI, se realizaron: las bóvedas de la nave; las cubiertas a cargo del maestro Pedro de Brizuela (Herrero, 1999); el coro que ocupa los dos últimos tramos de los pies; y como consecuencia de la intervención en las bóvedas de la nave se modificó la estructura de la fachada principal. En este último caso se incorporó un nuevo cuerpo intermedio para solucionar la falta de altura que requerían las bóvedas, como demuestra los cambios de material.

En la fachada un escudo de los Reyes Católicos que no incluye la granada, indica que ésta fue realizada en fecha anterior a 1492, año de la conquista de la ciudad andaluza.

El incendio de 1809, durante la ocupación francesa, afectó entre otro elementos a la iglesia, donde se quemó el retablo y la techumbre del crucero.

²² La relación entre ambos conventos está clara. Si bien la autoría está por demostrar si fue Juan Guas quien participó en el de monasterio de Santo Tomás en Ávila como mantiene J. Gómez Martínez (Alonso, 2003, p.36) o el maestro Solórzano en el de monasterio de Santa Cruz la Real en Segovia, como mantiene Carrero (1999).

Figura IV- 70. Convento de Santo Tomás
(Fuente: Arteguías)

Figura IV- 71. Monasterio de Santa cruz la Real
(Autor: P. Benítez).

36.3. La escalera de caracol

La escalera de caracol objeto de esta investigación, se encuentra situada en la iglesia tardogótica del complejo. Ningún autor hace referencia explícita a ella, por lo que la única documentación existente al respecto, se limita a la huella que aparece en las plantas generales del complejo. Por esta razón es la propia escalera el único “documento” que se ha estudiado, haciendo una lectura minuciosa de cada una de las partes y detalles que la definen (Figura IV-72).

*Figura IV- 72. Caracol de la iglesia
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

36.3.1. Descripción arquitectónica

La escalera objeto de este estudio está ubicada en el muro sur de la cabecera de la iglesia tardogótica (Figura IV-73 y Figura IV-74). Este caracol permite acceso al bajo cubierta, a través del cual se accede a la espadaña que alberga la campana del monasterio.

**Figura IV- 73. Localización del caracol analizado
Monasterio de Santa Cruz la Real (Fuente: IE Universidad)**

El acceso a la misma se encuentra oculto tras el retablo, lo que enfatiza el carácter privado propio de este tipo de escaleras tardo medievales (Figura IV-75). Situado a mano derecha, un sobrio hueco con forma de arco de medio punto rematado por un alfiz que arranca del suelo, da entrada a un primer tramo recto de ocho escalones. Este a su vez da paso a la escalera de caracol propiamente dicha (Figura IV-76).

Figura IV- 74. Planta de la iglesia tardogótica
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: A. García Gil)

Figura IV- 75. Acceso tras el retablo
Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

Figura IV- 76. Arranque
Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

El cilindro que conforma la caja del caracol se encuentra adosado al muro del templo y es claramente visible desde el exterior (Figura IV-77). Este volumen se completa mediante la prolongación de la cubierta inclinada de la iglesia que, se resuelve con teja árabe sobre una estructura de madera.

Figura IV- 77. Volumen exterior del caracol de la iglesia Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

36.3.2. Autor y fecha de construcción

De acuerdo a la teoría de E. Carrero Santamaría (1999), sin bien son muchos los maestros que pudieron intervenir en la construcción de la iglesia, los muros de la cabecera y el transepto se pueden atribuir sin ninguna duda a la intervención de Juan Guas. Dado que la escalera se encuentra embebida dentro de uno de los mencionados muros de la cabecera, puede asegurarse que fue realizada durante el período en el que trabajó el maestro al comienzo de la reedificación del convento. Así mismo, la sobriedad decorativa y la riqueza estereotómica características de la escalera, permiten reconocer en ella el lenguaje de Guas. Un lenguaje que “se caracteriza por el sentido escultórico con que concibe al arquitectura, confiriendo plasticidad no solo a los motivos decorativos, sino también a los elementos arquitectónicos” (Alonso, 2003, p.33). Por lo tanto puede datarse a finales del s.XV, entre 1478 y 1492, período en el que se puede demostrar la presencia de Guas en el convento, gracias a las referencias que aparecen en los Libros de Fábrica de la Catedral de Segovia. Incluso si se considera como origen de las proporciones de dicho caracol el ubicado en la lonja de Valencia, como se apunta más adelante en este trabajo, es posible concretar aún más y reducir a diez años la fecha probable de su construcción: entre 1484, año en el que Guas comienza a trabajar en la lonja valenciana, y 1492 año en el que finaliza la presencia de Guas en el convento de Santa Cruz.

36.3.3. Descripción constructiva

Tipológicamente es una escalera de caracol con ojo de planta circular, inscrita en una caja cilíndrica de 180cm de diámetro interior (Figura IV-78).

Originalmente la escalera constaba de un total de 64 peldaños de fábrica. No obstante en la actualidad, tan solo se conservan seis peldaños en el arranque, así como ocho en el tramo final. Los restantes peldaños han sido sustituidos por una nueva estructura de madera, donde los peldaños apoyan en el muro exterior y en un pilar interior igualmente de madera, conformando un tradicional caracol de husillo. Dicho pilar posee una sección poligonal de catorce lados, la cual puede inscribirse en un círculo de igual diámetro al hueco del ojo de la escalera original.

*Figura IV- 78. Planta
Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

*Figura IV- 79. Intradós
Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

Cada peldaño, cuya repetición generaba la escalera original, estaba formado por una pieza monolítica de piedra que se empotraba en el muro y apoyaba en el escalón previo, sin necesidad de estructuras auxiliares para su ejecución. Esta pieza de peldaño quedaba definida por: (i) una tabica de 20cm de altura. Es preciso señalar que la tabica del peldaño no se dirige al centro de la caja, sino que es tangente al hueco central u ojo del caracol; (ii) una longitud de huella, sin incluir la moldura, de 84cm medida en el borde exterior de la huella junto a la tabica; (iii) un ancho de huella con un valor máximo de 45cm medido en la parte más exterior junto al muro y un valor mínima de 0cm medido en la parte interior junto a la moldura del hueco central; (iv) sección transversal de forma triangular, a excepción de la parte más exterior de la

pieza destinada a integrarse en la fábrica del muro que constituye la caja de la escalera.

El movimiento de rotación ascendente de sentido antihorario de este peldaño en torno al eje central, genera un caracol caracterizado por:

- Arranque levógiro
- 14 peldaños por vuelta.
- De acuerdo a la solución empleada para resolver el hueco central, los peldaños se disponen de manera que su tabica es tangente al hueco interior. Esta característica confiere una gran singularidad a esta escalera, ya que se trata de un esquema empleado excepcionalmente en aquella época.
- Superficie inferior helicoidal continua, es decir, intradós continuo (Figura IV-79)
- Altura libre de 280cm en todo su desarrollo.

El último tramo, constituido por los últimos ocho escalones de fábrica que se conservan, se encuentran empotrados en el muro además de aparentemente apoyar en dicho pilar de madera. Estos últimos peldaños no suelen ser transitados ya que el acceso al bajo cubierta se encuentra en el peldaño nº56, último escalón de los añadidos de madera.

La escalera dispone de un pasamanos adosado al muro que conforma la caja de la escalera. Situado a mano izquierda durante la bajada, es reminiscencia del carácter defensivo que originalmente poseían este tipo de escaleras. Este pasamanos se encuentra a una altura de 83cm medida desde el punto medio de la huella del peldaño. Además posee una sección circular de 7cm de diámetro cuyo centro distan 3cm de la pared. Esta moldura va rematada por su parte inferior por tres molduras convexas: la primera de 5cm, la segunda de 3cm y la última de otros 5cm. Este pasamanos se continúa hasta el acceso al bajo cubierta en el peldaño, aunque puntualmente interrumpido para conformar un marco de puerta, que parece diera acceso a algún tipo de galería que recorriera el interior de la iglesia. Tras examinar interiormente la fábrica de los muros del transepto y la cabecera, no se aprecia sin embargo ninguna traza que pudiera insinuar dicha entrada.

El último tramo de piedra conservado, posee además otro pasamanos junto al hueco central de la escalera, conformado por las molduras que rematan interiormente la pieza del peldaño. Este remate interior ha sido eliminado en el tramo conservado del arranque para emplazar el pilar de madera de la nueva estructura.

En toda la altura del cilindro existen tan solo dos ventanas de pequeñas dimensiones, que son claramente insuficientes para iluminar el recorrido completo de la escalera. Ambas ventanas son de sección rectangular abocinada. La primera de ellas localizada sobre la cota 0 de la escalera de caracol, se encuentra cegada, debido a que en etapas posteriores se adosó exteriormente una nueva construcción al volumen de la iglesia, que actualmente forma parte de la residencia de estudiantes de IE Universidad (Figura IV-80).

En el tramo final de fábrica que aún se conserva, situado sobre un eje vertical diferente al que contiene la anterior y sobre el peldaño sesenta y uno, se abre el otro hueco. Su sección se ha reducido notablemente en alguna de las recientes intervenciones, probablemente para impedir la entrada de palomas. Se trata por consiguiente, de una escalera muy poco iluminada con una notable falta de luz.

*Figura IV- 80. Huecos de iluminación del caracol de la iglesia
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

La escalera, al igual que el conjunto de la iglesia, está construida con piedra caliza. Tan solo en la parte inferior de los pilares y algunos muros del templo se emplea granito, para reducir las posibles humedades por capilaridad. Ambos materiales se extrajeron, como era habitual en aquella época de canteras situadas a escasos kilómetros de la ciudad de Segovia. Esto facilitaba el transporte de los bloques (Fort, 2005).

La caliza empleada en el monasterio es la llamada también Piedra del Parral, así como la caliza de Bernuy. La piedra del Parral es una caliza de grano fino de color crema amarillento algo más sonrosada que la de Bernuy, la cual fue extraída de una cantera ubicada en Zamarramala a pocos kilómetros de Segovia. Es una cantera

cercana al convento, situada en los Altos del Parral²³. Actualmente solo se extrae ocasionalmente, con el principal objetivo de la restauración de monumentos de Segovia (sociedad de investigación y explotación minera de Castilla y León, 2008, pp.6 y 20). La Piedra de Bernuy, es similar a la anterior en cuanto a composición, textura y nivel estratigráfico, si bien su color es más amarillento y menos sonrosado. Se extrae de una cantera situada en Bernuy de Porreros a unos 10km de Segovia.

36.3.4. La estabilidad estructural

La escalera del monasterio de Santa Cruz se encuentra en un estado de conservación deplorable, faltando numerosos peldaños. Por este motivo es necesario analizar su comportamiento estructural, así como comprobar la idoneidad de su diseño. Es decir, verificar si el estado actual de ruina en el que se encuentra, es debido a la falta de estabilidad motivada por el diseño empleado para resolver el hueco central, o bien tiene su origen en otras causas.

36.3.4.1. Origen de las proporciones

Como se ha indicado en apartados anteriores, la fuente de las reglas geométricas que empleaban los maestros góticos para garantizar la estabilidad de la fábrica, eran la práctica constructiva y la observación directa de ejemplos ya contruidos o bien detallados en escritos de estereotomía.

Hasta este momento se desconocía la existencia de escalera de caracol con ojo alguna diseñada por el maestro Guas, por lo que se puede afirmar que el maestro carecía de práctica constructiva de este tipo de escaleras, previamente a su intervención en el monasterio de Santa Cruz. Así mismo los textos de cantería que pudieran recoger dicha tipología fueron escritos con posterioridad a la muerte del maestro. En consecuencia la única fuente de proporciones posible pudo ser la observación directa de ejemplos. De acuerdo a estudios recientes llevados a cabo por Arturo Zaragoza Catalán, Juan Guas trabajó en la Lonja de Valencia entre 1484 y 1486²⁴. Por lo tanto, se puede afirmar que el maestro entró en contacto con Pere Compte y la escalera de caracol de mallorca que éste trazó en la torre de la Lonja entre 1482 y 1498. En esos años, de acuerdo a los libros de fábrica de la catedral de Segovia, el maestro Guas ya trabajaba en el monasterio de Santa Cruz. Por lo tanto,

²³ Cantera de la Veracruz. Zamarramala (Segovia) Propiedad de Faustino Ribera Crespo

²⁴ Disponible en <http://www.gothicmed.es/browsable/es/Lonja.html-print=true.htm> (1de septiembre de 2011)

no hay duda que Guas era conocedor de la existencia de esta novedosa tipología en el momento en que intervino en la reconstrucción del monasterio segoviano. Es probable entonces, que Guas intentara poner en práctica en Santa Cruz el modelo observado en Valencia. No obstante, a pesar de plantear un caracol con un hueco interior como en la lonja, el diseño propuesto para su resolución difiere completamente del modelo valenciano: Pere Compte repitió un caracol con ojo como el de la Lonja de Palma en el que las tabicas se trazan hacia el centro geométrico de la caja; por su parte, Guas propuso un caracol con ojo en el que las tabicas de los peldaños se trazan tangencialmente al hueco central. En esto, Guas demuestra no solo estar al corriente de las últimas tendencias arquitectónicas, sino su fuerte carácter innovador.

36.3.4.2. Idoneidad del diseño

Para comprobar la idoneidad del diseño propuesto por Guas y analizar su estabilidad, no se han empleado los conocimientos y herramientas del cálculo estructural actuales, sino los que manejaban los antiguos maestros. Con el objetivo de solucionar problemas constructivos, en aquella época era habitual que los maestros góticos emplearan modelos a pequeña escala. Si el modelo era correcto, las dimensiones de cada uno de los elementos que componían la estructura se obtenían por las reglas de proporción a partir del modelo previo (Heyman, 2004, prólogo). Por este motivo se ha realizado una maqueta cuyo objetivo ha sido emplear los mismos recursos que tenían los maestros góticos para comprobar y analizar la estabilidad de sus propuestas. Así mismo, ha servido para entender el proceso de construcción de la escalera mediante la revolución del peldaño entorno a un eje central.

El modelo espacial se realizó en el laboratorio de tecnologías digitales de IE University “Numeric Design Lab” (NuDL), mediante una máquina de corte láser por control numérico, un método digital común hoy en día en diseño de arquitectura. El láser proporcionó la precisión de corte necesaria para la exhaustiva definición geométrica de cada una de las secciones en las que se dividió la pieza del peldaño, permitiendo gran exactitud incluso en los pequeños radios de curvatura de la moldura interior que conforma el pasamanos de la escalera.

El modelo reprodujo a escala 1:10 los catorce peldaños que conforman una vuelta completa de la escalera (Figura IV-81). El material empleado fue tablero DM de 3mm de espesor por tratarse de un material fácil de trabajar y muy económico. Cada uno de los peldaños se obtuvo por la superposición de las trece partes en que se seccionó (Figura IV-82).

Figura IV- 81. Secciones para formación del peldaño. Modelo de la escalera de caracol
Monasterio de Santa Cruz la real (Autor: P Benítez)

El proceso de generación de la escalera-modelo demostró la estabilidad del caracol de Santa Cruz y confirmó que las reglas de proporción aplicadas permitirían

construir a escala humana una escalera de fábrica similar que se mantendría en pie (Benítez, 2013). El proceso de generación de la escalera modelo se detalla en las páginas siguientes:

- Peldañeado (Figura IV-83)
Se trata del levantamiento en planta de una vuelta completa. Se puede apreciar como cada peldaño e hilada de muro correspondiente, sirve de apoyo al peldaño posterior, no siendo necesaria ninguna estructura auxiliar.
- Intradós (Figura IV-84)
Se trata de la generación de la superficie reglada del intradós. La parte inferior del peldaño genera una superficie helicoidal continua a lo largo de toda la altura de la escalera.
- Caja de la escalera (Figura IV-85)
Puede apreciarse la generación del volumen exterior que constituye la caja de la escalera.

*Figura IV- 82. Modelo caracol de la iglesia
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

Figura IV- 83. Generación de una vuelta del caracol de la iglesia. Vista en planta. P=peldaño, M=muro Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

Figura IV- 84. Generación de una vuelta del caracol de la iglesia. Vista del intradós. P=peldaño, M=muro Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

Figura IV- 85. Generación de una vuelta del caracol de la iglesia. Vista caja de la escalera Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

36.3.4.3. Análisis del muro

Una vez confirmado el correcto diseño de la escalera mediante la ejecución de la maqueta, se han buscado otras posibles causas que justifiquen el fuerte deterioro del caracol.

Como se ha visto anteriormente, en algunos casos la falta de estabilidad puede estar ocasionada por alguna acción exterior que origina una variación de la forma original y provoca desplazamientos que afectan directamente al muro que conforma la caja.

Los desplazamientos que puede sufrir este muro pueden estar provocados por la variación de:

- las condiciones de contorno a causa de:
 - Asentamientos del terreno en el que se cimenta el muro
 - Existencia de fuerzas horizontales que pueden llegar a producir el vuelco de la estructura.
 - Exceso de cargas permanentes
- Deterioro del material con el paso del tiempo

36.3.4.3.1. Asentamientos del terreno

Nuestro edificio se encuentra situado a media ladera entre el tramo norte de la muralla de la ciudad y el río Eresma (Figura IV-86). Es larga la historia de diferentes procesos gravitacionales que se han producido en las laderas de los valles de los ríos que rodean la ciudad, el Eresma y el Clamores. El monasterio, dada su ubicación, se ha encontrado amenazado por el deslizamiento de rocas en varias ocasiones, si bien ninguno en época reciente. Jamás llegaron a producirse daños, como queda recogido en el registro de que se muestra en la Memoria Informativa _B. suelo rústico del Plan General de Ordenación Urbana de Segovia (2005) y como Díez de Herrero concreta (Díez, Laín, Martín-Duque, Sacristán & Vicente, 2010, p.9):

- 1828 Alzaga informa que frente a Santa Cruz se ha desprendido “un trozo de roca vajo la muralla que está amenazada en otro sitio con inminente peligro”.
- 1840 Se informa que “...a la derecha del (camino) que va de Santa Cruz a San Lorenzo cuesta de Santa Lucía han hecho los areneros una cueva considerable que está amenazando ruina y puede ocasionar desgracias”. Se prohíbe que saquen arena bajo ningún pretexto.

Aun cuando no se produjeran daños sobre la edificación, en los procesos gravitacionales de 1828 y 1840, el posible aumento o reducción de sobrecarga sobre el terreno colindante podría haber generado la aparición de nuevos asientos y por lo tanto de nuevos movimientos en la caja de la escalera (Figura IV-87). Sin embargo, una vez superados ampliamente los 20 años del período de peligro, queda comprobada que ésta no ha visto afectada su estabilidad, seguramente por el relativo volumen de roca desplazado, que se retiró con posterioridad.

Así mismo, al encontrarse fuera de la llanura de inundación del río Eresma, no se ha visto afectado hasta ahora por ninguna inundación, de acuerdo al Registro de Inundaciones Históricas de la ciudad de Segovia, realizado por el geólogo Andrés Díez Herrero, cuyas líneas de investigación se centran en las grandes avenidas de inundación (Figura IV-88) (Díez et al., 2010, p.33).

Figura IV- 86. Mapa de zonas de peligro de movimientos de ladera (en gris) y contorno de los sucesivos crecimientos urbanísticos de la Ciudad de Segovia (Autor: Díez Herrero)

36.3.4.3.2. Estabilidad al vuelco.

Los elementos de fábrica de gran altura y esbeltez pueden estar sometidos a fuerzas horizontales que pueden llegar a provocar el vuelco de la estructura. La más común es el viento, si bien el efecto de los terremotos también puede ocasionar la pérdida de estabilidad.

Si se analiza el muro de la escalera de Santa Cruz, se puede afirmar que la estabilidad al vuelco resulta evidente, ya que el edificio se halla semienterrado en el alzado sur a la vez que una edificación anexa al templo, reduce notablemente la zona expuesta a la acción del viento. Así mismo el volumen de la escalera no supera la altura de la cabecera y el crucero de la iglesia, con quienes comparte la cubierta, quedando perfectamente protegida (Figura IV-89).

Figura IV- 89. Volumen exterior de la caja de la escalera
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

36.3.4.3.3. Exceso de cargas

La existencia de cargas permanentes excesivas, puede llegar a provocar deformaciones continuas de la estructura.

La techumbre de la construcción anexa levantada con posterioridad a la construcción de la iglesia, apoya directamente sobre la pequeña cornisa que recorre el muro exterior a media altura (Figura IV-90). Tras un exhaustivo análisis visual, se puede afirmar que el estado general del muro que conforma la caja de la escalera no se ha visto afectado por dicha carga. A pesar de la aparición de pequeñas grietas en la parte superior del muro, la traba de las distintas piezas se ha conservado.

Figura IV- 90. Vista de la caja e interior de la cubierta edificio anexo Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

Por lo tanto, se han de buscar otras posibles causas de rotura que no sean las cargas de la techumbre de la construcción anexa.

Si se analizan las piezas de los peldaños y los distintos esfuerzos a los que éstos están sometidos, se puede afirmar que:

- No existe deslizamiento aparente entre las piezas que constituyen la caja de la escalera y los peldaños.
- El peso del muro sobre la pieza del peldaño dan a éstos la estabilidad necesaria para soportar el momento que aparece en la sección de unión entre ambos.
- No existen tracciones ya que las piezas además apoyan en la pieza inmediatamente anterior.
- Solo existen torsiones al generarse un momento entre la reacción del apoyo del escalón en la pieza inmediatamente inferior y la fuerza del peso del escalón inmediatamente superior.

La rotura de los mismos ha tenido lugar en la sección de unión de la pieza del escalón con el muro, provocado por un exceso de cortante debido a cargas excesivas (Figura IV-91). Se puede afirmar también que dichas cargas no tienen su origen en el uso cotidiano de la escalera, ya que en este tipo de estructuras la resistencia de los elementos es bastante superior a los esfuerzos a los que se encuentra sometido, sobre todo si el uso es secundario y puntual como es nuestro caso. Se podría afirmar entonces que los peldaños en este tipo de escaleras se encuentran sometidos exclusivamente a su peso propio despreciando las cargas de uso.

Figura IV- 91. Sección de fractura del peldaño. Caracol de la iglesia Monasterio De Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

36.3.4.3.4. Deterioro del material

Como ya se ha definido anteriormente, la fábrica es una construcción de piedras o ladrillos con un comportamiento que deriva directamente de las propiedades del material, en nuestro caso piedra caliza. Hay que asegurarse, por tanto, que la piedra no esté excesivamente alterada para poder garantizar sus características resistentes.

Se ha realizado un estudio visual detallado en el interior y exterior de volumen de la escalera, localizando los diferentes deterioros presentes en la piedra, con el fin de definir los problemas que la afectan. Ante la imposibilidad de toma de muestras de la piedra empleada, no se han podido realizar los pertinentes análisis de laboratorio. Estos habrían confirmado el estado real de la piedra y su posible estado de descomposición, resistencia, etc.

Tras el estudio realizado en el interior de la escalera se ha podido apreciar un claro abandono de la misma, así como los procesos patológicos que se detallan a continuación:

- Depósitos superficiales (Figura IV-92)
 - Pátina negra
 - Excrementos de ave y restos de animales

Figura IV- 92. Depósitos superficiales: pátina negra y excrementos ave. Caracol de la iglesia *Monasterio de Santa Cruz la Real* (Autor: P. Benítez)

- Pérdidas volumétricas (Figura IV-93)

- Erosión
- Corrosión de elementos de hierro

Los cambios en la humedad relativa del aire y las variaciones en la temperatura ambiente produjeron la corrosión de los elementos de hierro añadidos en una intervención posterior a la construcción. Ello implicó el aumento de volumen de las piezas y en consecuencia la generación de nuevas tensiones en la piedra que provocaron su rotura.

- Fracturas

Figura IV- 93. Pérdidas volumétricas: erosión, fracturas y corrosión de elementos de hierro *Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real* (Autor: P. Benítez)

- Modificaciones antrópicas (Figura IV-94)

- Mortero

Se emplea frecuentemente en los huecos. Como por ejemplo para cegar parcialmente el hueco superior, así como en el rejuntado del muro de la caja y los nuevos peldaños de madera.

- Cableado eléctrico

Ante la falta de iluminación natural se procedió a instalar un sistema de iluminación provisional

*Figura IV- 94. Modificaciones antrópicas. Caracol de la iglesia.
Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)*

Tras el estudio realizado en el exterior de la escalera se han podido encontrar los procesos patológicos que se detallan a continuación (Figura IV-95):

- Agrietamiento

En este caso, las grietas parecen originadas por el exceso de cargas de la cubierta de la iglesia, así como la cubierta del edificio anexo. Son grietas estabilizadas que no suponen peligro de colapso estructural.

- Depósitos superficiales

- Pátina negra

En la cara exterior del muro se encuentra básicamente la pátina negra descrita anteriormente.

- Pérdida de volumen

- Picaduras

Figura IV- 95. Picaduras, alveolización y grietas. Caracol de la iglesia Monasterio de Santa Cruz la Real (Autor: P. Benítez)

- Alveolización

Si bien existe un alto grado de alveolización en el exterior de la caja de escalera, cabe señalar que éste es menor que el existente en el resto del muro sur de la iglesia. Esto es gracias a la edificación anexa a la cabecera, la cual protege el muro estabilizando el proceso.

- Modificaciones antrópicas

La exposición de las patologías encontradas en la piedra del caracol de Santa Cruz da una idea preliminar del deterioro de la piedra, consistente básicamente en degradaciones propias de un material algo más frágil de lo que parece. Ninguna de las patologías encontradas parece ser causa aparente del estado de deterioro en el que se encuentra la escalera. Por lo tanto, se desconocen las posibles causas que produjeron el aumento de cargas, si bien la hipótesis más aceptable es la rotura intencionada de los mismos con el único propósito de impedir el acceso al bajo cubierta y a la espadaña. El momento más probable es durante la ocupación que sufrió el convento durante la Guerra de la Independencia a principios del s.XIX o bien durante la Guerra Civil en la primera mitad del s.XX. La base fundamental para justificar dicha hipótesis es el hecho de que los peldaños que han desaparecido alcanzan el bajo cubierta, manteniéndose en voladizo y en perfecto estado los últimos seis escalones de la escalera.

37. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS CONSTRUIDOS

De acuerdo a la metodología propuesta al comienzo de esta Parte IV, una vez seleccionado la muestra de estudio, se ha procedido a la toma de datos y su recopilación e integración en una ficha de síntesis que concentra la documentación completa sobre cada uno de ellos. Esto ha permitido posteriormente su análisis comparativo para finalmente obtener una serie de resultados y conclusiones

De nuevo y como se subrayó al comienzo de este estudio, el objeto de esta investigación es el caracol con ojo. Por este motivo, los caracoles construidos en las iglesias de Villacastín, Valverde del Majano y Martín Miguel, caracoles de husillo, han quedado fuera de este estudio.

Así mismo, este trabajo se ha centrado no tanto la labra de sus piezas de cantería sino en otros conceptos más generales como son la comodidad y la seguridad de uso. En cómo el diseño geométrico empleado para resolver el hueco central de la escalera con ojo puede suponer un cambio en su nivel de confort y seguridad. A los antiguos maestros góticos, igual que a los arquitectos contemporáneos, también les preocupaban estas cuestiones, las cuales resolvían mediante la determinación de una serie de parámetros geométricos de la escalera (Templer, 1994, p.vi). Este trabajo se centra, pues, en el análisis comparativo de dichos parámetros .

37.1. Fichas de síntesis

Las fichas de síntesis elaboradas para cada modelo construido analizado, han permitido comprobar y comparar los sistemas de proporciones empleados en cada uno. A continuación se adjuntan las fichas de síntesis sobre cada uno de estos modelos.

38. RESULTADOS PARTE IV

Tras analizar y comparar los datos de las fichas elaboradas para cada uno de los modelos analizados, se obtuvieron una serie de evidencias sobre cada punto descrito que se resumen en los siguientes resultados:

Parte IV: 1º Resultado

Sobre la situación de las iglesias tardogóticas en la Tierra.

El mayor número de iglesias ampliadas o reformadas durante el período del gótico tardío dentro de la Tierra de Segovia, se concentran en el sexmo de San Millán. Este sexmo, situado entre la Ciudad y la sierra de Guadarrama, agrupa un total de 9 parroquias reformadas, lo que casi duplica el número de templos que se agrupan en el Sexmo de San Martín, sexmo que ocupa el segundo puesto. Bien pudiera atribuirse el amplio número al área del territorio ocupado –San Millán es uno de los sexmos más extensos– más no es razón suficiente que justifique semejante diferencia, ya que la extensión de ambos, San Millán y San Martín, no difieren excesivamente. El origen hay que buscarlo en su situación limítrofe con la Ciudad. En Segovia se construían y reformaban en aquel período grandes edificios como la catedral así como numerosos complejos conventuales. Este afán de renovación constructiva experimentado en la Ciudad ejerció por su cercanía una mayor influencia sobre el sexmo de San Millán que en cualquier otro.

Parte IV: 2º Resultado

Sobre la presencia de la escalera de caracol en las iglesias de la Tierra y su tipología. Casos singulares.

Tras el análisis de la información recopilada sobre cada una de las veintinueve iglesias reformadas en la Tierra de Segovia, se verificó que solo cinco de ellas poseen escalera de caracol. Esto supone poco más del 17%. Un número muy reducido, considerando que por el carácter utilitario de la misma y la mínima ocupación en planta podría tener un uso más habitual. El mayor número se concentra de nuevo en el sexmo de San Millán. En él existen dos parroquias con escalera de caracol: la iglesia de San Bartolomé en Martín Miguel y la iglesia de la Asunción en Valverde del Majano. Seguidamente se encuentra una escalera de caracol en cada uno de los siguientes templos y sexmos: la iglesia de San Sebastián en Villacastín en el sexmo de San

Martín; la iglesia de la Asunción en Martín Muñoz de las Posadas en el sexmo de Posaderas; y por último en la iglesia de la Asunción en Paradinás, en el sexmo de La Trinidad. Todos ellos, a excepción del sexmo de Posaderas se encuentran situados al este de la Ciudad.

Tras el estudio y análisis de los caracoles existentes en las tres iglesias a las que se pudo obtener acceso –Villacastín, Martín Miguel y Valverde del Majano– se comprobó que todas ellas se ajustan al modelo de caracol de husillo tradicional. No obstante, cada una de ellas posee puntuales, pero peculiares características que las convierten en modelos singulares en el territorio. En primer lugar, el templo de Valverde del Majano posee una pequeña escalera de caracol de intradós escalonado ligeramente achaflanado, que posee la peculiar característica de estar construida con madera a semejanza de los caracoles de fábrica. Se trata del único modelo de semejantes características. En segundo lugar, el templo de Martín Miguel posee una estrecha y alta escalera de piedra con intradós escalonado y arranque dextrógiro. Ambos puntos confieren una gran singularidad al modelo, ya que se trata del único caracol analizado en el territorio que posee semejante intradós. Por último, la iglesia de San Sebastián en Villacastín, se corresponde con un tradicional caracol de husillo con intradós continuo. De nuevo, el acabado del intradós aporta singularidad al modelo, ya que es el único de los caracoles analizados en la Tierra que posee tal acabo inferior.

Parte IV: 3º Resultado

Sobre la presencia del caracol con ojo en el total de los modelos analizados y solución empleada para resolver el hueco central.

Tras el análisis comparativo de los modelos seleccionados (Figura IV-96), se ha podido comprobar que los modelos de caracol con ojo se concentran en la Ciudad: la iglesia del convento de Santa Cruz; y las capillas del Consuelo y la Concepción en la catedral. Este hecho pone de manifiesto que solo las construcciones más emblemáticas se permiten el enriquecimiento de elementos destinados a un uso restringido como son los caracoles analizados. Esto se puede atribuir a la confluencia de dos circunstancias importantes.

En primer lugar dichas construcciones contaban con célebres maestros reconocidos por su búsqueda constante de innovación. Así Juan Guas, maestro de obras real y autor de importantes obras como San Juan de los Reyes, fue nombrado

maestro de las obras de reconstrucción del Convento de Santa Cruz. Por otro lado Rodrigo Gil, maestro entre otras de la catedral de Salamanca y del claustro de la catedral de Santiago, dirigía las obras de construcción de la nueva catedral de la Ciudad. Si bien esta circunstancia pudo motivar la experimentación de nuevos diseños, fue necesario también contar con una importante financiación para poder llevarlos a cabo. Un ejemplo de ello se encuentra en la ampliación de la iglesia en Vegas de Matute. En la solución propuesta por Rodrigo Gil de Hontañón se incluía la construcción de un caracol presumiblemente con ojo. Sin embargo, este nunca llegó a construirse, probablemente por el ajuste del presupuesto. En las obras analizadas de la Ciudad no sucedió lo mismo. El convento tuvo por promotores a los Reyes Católicos y su reconstrucción fue financiada mediante los bienes requisados por la Inquisición. Por su parte la catedral fue impulsada por todos los estamentos sociales, pero fundamentalmente con las donaciones regulares de instituciones civiles de la Ciudad, así como donaciones personales de ciudadanos movidos por su fuerte sentimiento religioso. La confluencia de ambas circunstancias, maestros innovadores e importante financiación, favoreció el uso de trazas de mayor valor escultórico incluso en zonas de uso privado y por lo tanto poco transitadas.

Figura IV- 96 Conjunto de caracoles analizados.
(Autor: P. Benítez)

Respecto al diseño de las trazas, tal y como ocurriera con los caracoles de husillo de la Tierra analizados, los caracoles con ojo analizados presentan diversidad en sus diseños, lo que los transforma en elementos más o menos singulares.

Por un lado, los caracoles localizados en la catedral difieren entre sí en el número de peldaños por vuelta, la uniformidad de la luz, forma de la caja, etc. No obstante, el hueco central en ambos diseños se resuelve de forma idéntica. Este se obtiene al acortar los peldaños del correspondiente caracol de husillo, de forma que la tabica de los peldaños coincide con uno de los radios de la caja de la escalera. Así mismo, ambas escaleras coinciden en otra serie de elementos característicos como

son el intradós continuo, el pasamanos exterior empotrado en el muro de la caja, etc. Este punto les dota de una apariencia muy similar, lo que no es de extrañar por presuponerse del mismo autor, Rodrigo Gil de Hontañón.

Por otro lado, las trazas del caracol del convento de Santa Cruz se caracterizan por la disposición tangencial de los peldaños para resolver el hueco central. Se trata de una solución inusitada y extraña de encontrar.

Parte IV: 4º Resultado

El caracol de Santa Cruz la Real: un caso excepcional

Como ha quedado justificado en este trabajo, la escalera de caracol del convento de Santa Cruz la Real en Segovia se trata de un caso excepcional por varios motivos.

En primer lugar, destaca por la singularidad de su diseño.

Como ha quedado demostrado, la disposición de los peldaños tangencialmente al hueco interior, adoptada en Santa Cruz es un método muy inusual empleado para resolver la formación del ojo central en las escaleras de época tardogótica (Figura IV-97 y Figura IV-98). Por un lado, el número de modelos construidos de acuerdo a este patrón es muy limitado. Existen casos puntuales localizados en el convento de Santa Catalina en Talavera de la Reina, la catedral de Plasencia, la catedral de Sevilla o la iglesia de Santiago Apóstol en Villa del Prado. Así mismo, se ha podido comprobar en este trabajo que dicho diseño no queda recogido en ninguno de los tratados españoles de estereotomía analizados en este trabajo de investigación. Ambos hechos convierte a la escalera de caracol de Santa Cruz en un modelo inusual en cuanto a su diseño, no solo en la Ciudad y Tierra de Segovia, sino en todo el territorio peninsular, donde son escasos los caracoles construidos de acuerdo a este patrón durante el periodo tardogótico.

En segundo lugar, destaca por el autor de sus trazas.

Como ha podido comprobarse, las trazas pueden atribuirse sin lugar a dudas al maestro Juan Guas. Hasta el momento se desconocía la existencia de escalera de caracol con ojo diseñada por el maestro Guas. Por lo que respecto a la autoría de sus trazas, se confirma como un modelo único hasta el momento.

Esto significa que el maestro carecía de práctica constructiva previa en este tipo de caracoles con ojo. Así mismo, no pudo disponer de textos de cantería españoles que pudieran instruirle acerca de dicha tipología, ya que todos fueron escritos con posterioridad a su muerte. En consecuencia la única fuente de proporciones posible a su alcance pudo ser la observación directa de ejemplos. De acuerdo a estudios recientes llevados a cabo por Arturo Zaragozá Catalán, Juan Guas trabajó en la Lonja de Valencia entre 1484 y 1486²⁵. Por lo tanto, puede afirmarse que el maestro entró en contacto con Pere Compte y la escalera de caracol de Mallorca que éste trazó en la torre de la Lonja entre 1482 y 1498. En esos años, de acuerdo a los libros de fábrica de la catedral de Segovia, el maestro Guas ya trabajaba en el monasterio de Santa Cruz. Por lo tanto, no hay duda que Guas era conocedor de la existencia de esta novedosa tipología en el momento en que intervino en la reconstrucción del monasterio segoviano. Es probable entonces, que Guas intentara poner en práctica en Santa Cruz el modelo observado en Valencia. No obstante, a pesar de plantear un caracol con un hueco interior como en la lonja, el diseño propuesto para su resolución difiere completamente del modelo valenciano: Pere Compte repitió un caracol con ojo de solución radial como el de la Lonja de Palma, mientras Guas propuso un caracol con ojo de solución tangencial. En esto, Guas demuestra no solo estar al corriente de las últimas tendencias arquitectónicas, sino su fuerte carácter innovador.

La sobriedad decorativa y la riqueza estereotómica características de la escalera, permiten reconocer en este caracol el lenguaje de Guas. Un lenguaje que “se caracteriza por el sentido escultórico con que concibe la arquitectura, confiriendo plasticidad no solo a los motivos decorativos, sino también a los elementos arquitectónicos” (Alonso, 2003, p.33).

En tercer lugar, destaca por su temprana construcción.

La construcción del caracol de Santa Cruz puede datarse a finales del siglo XV entre 1478 y 1492, período en el que se puede demostrar la presencia de Guas en el convento, gracias a las referencias que aparecen en los Libros de Fábrica de la Catedral de Segovia. Incluso si se considera como origen de las proporciones de dicho caracol el ubicado en la lonja de Valencia, como se ha señalado anteriormente, es posible concretar aún más y reducir a un periodo de ocho años la fecha probable de su construcción: entre 1484, año en el que Guas comienza a trabajar en la lonja

²⁵ <http://www.gothicmed.es/browsable/es/Lonja.html-print=true.htm> consultada por última vez el día 1 de septiembre de 2011

valenciana, y 1492 año en el que finaliza la presencia de Guas en el convento de Santa Cruz.

Eso significa que fue construido pocos años después que el caracol de la Lonja de Valencia, considerado el primer ejemplo construido en la Península. Hasta ahora se ha afirmado que los primeros ejemplos en territorio peninsular, estuvieron asociados a la escuela levantina y poco a poco fue extendiéndose su uso hacia el interior. No obstante, el caracol de Santa Cruz contradice dicha afirmación, confirmando que la expansión de esta nueva tipología fue mucho más rápida.

El caracol de Santa Cruz se convierte así, en el primer modelo de escalera de caracol con ojo construida en el interior de la Península antes incluso de comenzar el siglo XV.

*Figura IV- 97 Generación huella. Caracol de Santa Cruz
(Autor: P. Benítez)*

*Figura IV- 98 Generación Intradós. Caracol de Santa Cruz
(Autor: P. Benítez)*

Parte IV: 5ª Resultado

La particular geometría de la escalera, en la que la tabica del peldaño es tangente al hueco interior, no es el motivo del estado ruinoso de la escalera.

Con el propósito de comprobar si la singular geometría de las piezas de los peldaños, los cuales se dirigen tangentes al hueco interior de la escalera, es la causa del estado ruinoso de la misma, se realizó un modelo a pequeña escala (Figura IV-99). El objetivo de esta maqueta fue comprobar y analizar la estabilidad de la estructura de la escalera de mallorca empleada en la iglesia del monasterio, mediante el empleo de los mismos recursos y técnicas que tenían los maestros góticos.

El modelo reproduce los catorce peldaños que conforman una vuelta de la escalera, y se realizó a escala 1:10 con tablero DM de 3mm de espesor.

*Figura IV- 99. Modelo: Vista general, planta, intradós y alzado de la caja
(Autor: P. Benítez)*

Tras comprobar su estabilidad puede concluirse que la particular geometría de la escalera, en la que la tabica del peldaño se ejecuta tangente al hueco interior, no es el motivo del estado ruinoso de la escalera. Las reglas de proporción aplicadas en este caso, permitirían construir una escalera de fábrica similar a escala humana, que se mantendría en pie.

Parte IV: 6ª Resultado

La rotura de los peldaños fue provocada por un exceso de esfuerzo cortante.

Una vez comprobada la estabilidad del muro que conforma la caja de la deterioro del material– y la traba de las distintas piezas, se comprobó que la rotura de los peldaños tuvo lugar en la sección de unión de la pieza del escalón con el muro (Figura IV-100). Este tipo de rotura está asociado a un exceso de cortante debido a cargas excesivas.

Puede afirmarse que dichas cargas no tienen su origen en el uso cotidiano de la escalera, ya que en este tipo de estructuras la resistencia de los elementos es bastante superior a los esfuerzos a los que se encuentra sometido, sobre todo si el uso es secundario y puntual como es nuestro caso. Como afirma Jacques Heyman las piezas en este tipo de estructuras se encuentran sometidas exclusivamente a su peso propio pudiendo despreciarse las cargas de uso.

No se puede concretar la causa precisa del aumento desproporcionado de cargas, que provocó la rotura por cortante de los peldaños de la escalera. Puede afirmarse sin embargo, que su origen está probablemente en los acontecimientos acaecidos en el complejo monacal durante sus años de historia. Es decir, se desconocen las posibles causas que produjeron el aumento de cargas, si bien la hipótesis más aceptable que es la rotura intencionada de los mismos con el único propósito de impedir el acceso al bajo cubierta y a la espadaña. El momento más probable es durante la ocupación que sufrió el convento durante la Guerra de la Independencia a principios del s.XIX o bien durante la Guerra Civil en la primera mitad del s.XX. La base fundamental para justificar dicha hipótesis es el hecho de que los peldaños que han desaparecido alcanzan el bajo cubierta, manteniéndose en voladizo y en perfecto estado los últimos seis escalones de la escalera.

*Figura IV- 100. Peldaño nº7. Caracol de la iglesia. Monasterio de Santa Cruz la Real
(Autor: P. Benítez)*

Parte III y IV: 7ª Resultado

Clasificación de las escaleras de caracol con ojo en base al esquema adoptado para resolver su planta: solución radial, solución no radial y solución tangencial.

Los análisis de los modelos teóricos escogidos entre todas las trazas descritas en los textos españoles escritos entre finales del s.XVI y finales del s. XVIII –Parte III– y los análisis de los modelos construidos en el área de la Ciudad y Tierra de Segovia durante el período tardogótico –Parte IV– han permitido identificar tres tipos de esquemas que resuelven el hueco interior de la escalera (Figura IV-101). Estos han sido designados como:

- Caracol con ojo de solución radial
- Caracol con ojo de solución no radial
- Caracol con ojo de solución tangencial

*Figura IV- 101. Clasificación del caracol con ojo
(Autor: P. Benítez)*

El caracol con ojo de solución radial: módulo sector

El esquema de este caracol posee dos características fundamentales: (i) en primer lugar, las aristas del peldaño coinciden con uno de los radios de la circunferencia de la caja de la escalera; (ii) en segundo lugar, la característica común es que la longitud del peldaño nunca excede la longitud de dicho radio. Teniendo en cuenta ambas condiciones, la escalera se genera por un peldaño monolítico de piedra con forma de sector circular y el hueco central aparece por la reducción de la longitud del peldaño del caracol del husillo equivalente.

Esta solución de caracol con ojo es la que se ha repetido con mayor frecuencia a lo largo de la historia. Es posible encontrarla rematada con distintos tipos de intradós

en numerosas construcciones de la época tardomedieval. Este grupo incluye importantes ejemplos como el caracol con ojo que hoy por hoy es considerado el primer ejemplo construido en España y al que debe su designación general: la escalera de mallorca. Este caracol está localizado en una de las cuatro torres de la Lonja de la ciudad de Palma. Fue construida con un intradós continuo entre 1435 y 1446 por el maestro Guillem Sagrera. Este mismo esquema, pero con un intradós acanalado, fue repetido por el maestro Pere Compte en la Lonja de Valencia entre 1482 y 1498 y hasta el día de hoy es reconocido como el primer caracol con ojo construido en la Península Ibérica.

Inicialmente asociada a la arquitectura mediterránea, el caracol de solución radial se extendió por toda la Península. Muchos maestros de la época contribuyeron no solo a su perfeccionamiento sino también a su rápida difusión. Entre ellos destacan las figuras de: Rodrigo Gil de Hontañón autor de las trazas del caracol con ojo de la catedral de Segovia o de la catedral Nueva de Salamanca entre otras; y Pedro de Ybarra autor de las trazas del caracol de la concatedral de Santa María y la iglesia de San Mateo, ambos en la ciudad de Cáceres o el de la Catedral de Coria (Cáceres) entre otras muchas.

Otros edificios en los que puede encontrarse este esquema de caracol con ojo mediante diseño radial con diferentes tipos de intradós son: la capilla de los Vélez de la Catedral de Murcia, con intradós acanalado; el Colegio Mayor del Arzobispo Fonseca en Salamanca con una solución intermedia de intradós escalonado (Figura II-10); la torre de la Iglesia de Nuestra Sra. De la Encarnación en Illora y la Iglesia de la Inmaculada Concepción en Huelma, ambas en Granada y ambas con intradós continuo; etc. (Sanjurjo, 2007, p.836).

Versiones de este tipo de caracol con diseño radial fueron incluidas desde los primeros textos de cantería españoles, probablemente como consecuencia de ser el diseño construido más habitual. Como puede comprobarse en la segunda parte de esta investigación, la “Declaración del caracol de mallorca” incluido en el tratado de Alonso de Vandelvira *Libro de trazas de cortes de piedras* (Vandelvira & Goiti, 1646) describe un caracol con este mismo esquema (Vandelvira & Goiti, 1646). También describen diseños similares: el llamado “Caracol de ojo abierto” atribuido a R. Gil de Hontañón e incluido en los primeros seis capítulos del tratado de Simón García *Compendio de arquitectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano* (García & Gil de Hontañón, c.1681-1683, pp. 10v y 11r); el “Caracol de ojo que dicen de mallorca” que Martínez de Aranda detalla en su tratado *Cerramientos y*

trazas de monte (c.1600, p.234v); o los ejemplos incluidos en los textos de Alonso de Guardia (c.1600, pp. 50v y 51v) o Juan de Aguirre (c.1600, p.2r). Durante el s. XVII Fray Lorenzo de San Nicolás (1639, pp.119r y 121v), Joseph Gelabert (1977, pp. 44v-45v) y Juan de Caramuel (1678, p.18) también describieron esta solución en sus tratados. Igualmente en el siglo XVIII, Juan de Portor y Castro incluyó en su cuaderno de Arquitectura ejemplos de la solución radial para el caracol con ojo (1708, p.24v).

Caracol con ojo de solución no radial: módulo intermedio

En este tipo de esquema el módulo-peldaño no posee ni forma de sector circular ni disposición en abanico, como en la solución tangencial. El módulo peldaño empleado en este esquema, se caracteriza por poseer una tabica que ni se dirige al centro geométrico de la caja, ni se dispone tangencialmente al ojo interior, sino secante al mismo. Por lo tanto, la longitud del peldaño supera la longitud del radio pero sin alcanzar la longitud de la solución tangencial. Se trata por tanto de una solución intermedia entre las dos anteriores.

Al igual que en las otras disposiciones, la geometría de la parte inferior del peldaño depende del tratamiento que se le dé al mismo, ya sea escalonado, continuo, acanalado, etc.

La única referencia a dicha solución en los textos españoles analizados, se encuentra en el tratado *Arte y Uso de Architectura* de Fray Lorenzo de San Nicolás. En su tratado Fray Lorenzo describe junto a la tradicional disposición radial de los peldaños, otro esquema en el que las gradas “van torcidas”. Como él mismo señala el objetivo de dicha disposición es la obtención de peldaños de mayor longitud con la intención de aumentar el ancho del tramo y por lo tanto incrementar la comodidad de uso, sin aumentar la ocupación en planta. No es una aportación original, ya que como él mismo referencia, fue el arquitecto italiano Andrea Palladio quien ya recogía dicha solución en su tratado *Los cuatro libros de la arquitectura*:

...En estos mismos se hacen dos diferencias de gradas, unas que van derechas a su centro: otras que van torcidas: y estas ultimas son mas aprovechadas que las passadas, por ser mas largas. De uno y otro haze desmostracion Andrea Paladio en su libro I.cap.28. (San Nicolás, 1639, p.119r)

No obstante se trata de una gran novedad, ya que es el único autor español que describe dicho esquema entre sus trazas. Como queda comprobado más adelante, la solución con “gradas torcidas”, si bien posee peldaños de mayor longitud, no implica por ello un aumento significativo del área útil de la huella y por lo tanto del confort en el uso de la misma.

Caracol con ojo de solución tangencial: módulo en abanico

Esta solución emplea un módulo-peldaño en forma de abanico (Carreiro, 2007, p.137). La configuración de este tipo de escalera implica la disposición de la tabica tangencialmente al hueco central, y por lo tanto el incremento de la longitud del peldaño con respecto al radio de la circunferencia de la caja de la escalera. De tal manera, que un mayor hueco central supone mayor longitud del peldaño y viceversa.

Este es un esquema realmente inusual, aunque puede encontrarse con diferentes tratamientos del intradós en edificios construidos en el interior de la Península Ibérica incluso antes de finalizar el s.XV. Este es el caso de la escalera localizada en el muro sur del ábside de la iglesia del Monasterio de Santa Cruz la Real en Segovia (Benítez, 2013). Como se demuestra en la Parte IV de esta misma investigación, fue diseñada con un intradós continuo por el maestro real Juan Guas entre 1478 y 1492, aproximadamente por las mismas fechas en las que se construyó el supuestamente primer caracol helicoidal en la Península –en la tercera parte de esta investigación se hace un análisis más detallado de la misma–. Pero Santa Cruz no es el único ejemplo. Otras escaleras también siguen este mismo diseño tangencial. Por ejemplo el tercer tramo de la escalera localizada en la Torre de Tolosa en la iglesia de Santiago Apóstol en Villa del Prado (Madrid) (Figura II-13). Este caracol fue construido con un intradós escalonado por el maestro Tolosa a mediados del s.XVI. Aparentemente parece ser un tradicional caracol de husillo, sin embargo entre el séptimo y el vigésimo séptimo peldaño, el pilar central se desvía ligeramente del eje vertical de la caja. A pesar de ello, no llega a generarse suficiente hueco interior como para reconocerla visualmente como caracol con ojo. No por ello deja de cumplir todas las condiciones para ser considerada como tal. El peldaño de este caracol se corresponde además con el módulo en abanico característico del diseño tangencial (Benítez & Valiente, 2015, pp.3-5).

También repiten este esquema: el acceso al bajo cubierta del Convento de Santa Catalina en Talavera de la Reina, y el acceso al órgano en la Catedral de Plasencia, ambos ejecutados con un intradós continuo (Sanjurjo, 2013, p.39); o en el

acceso desde las terrazas de las naves laterales a la cúpula de la Capilla Real en la Catedral de Sevilla (Jiménez, 2006, pp.289-291).

Como queda comprobado en la Parte III de esta investigación, aunque la solución tangencial es contemporánea a la solución radial, no se incluyó en los ninguno de los tratados de cantería de finales del s.XVI, s.XVII o s.XVIII.

PARTE IV

LA ESCALERA DE CARACOL CON OJO: ANÁLISIS COMPARATIVO ESQUEMAS TIPO

*Para que un objeto sea altamente bello es preciso que su forma no tenga nada de superfluo,
sino las condiciones que lo hacen útil, teniendo en cuenta el material y los usos a prestar.
Cuando las formas son más perfectas exigen menos ornamentación.*

Gaudí

39. INTRODUCCIÓN PARTE V

El análisis de las trazas descritas en los textos de cantería españoles –Parte III– así como las adoptadas en los ejemplos construidos –Parte IV–, ha permitido obtener establecer una clasificación general de este tipo de escaleras circulares en función de la solución adoptada para resolver el hueco central. En esta clasificación se han establecido tres grupos característicos:

- la escalera de caracol con ojo de solución radial
- la escalera con ojo de solución no radial
- la escalera de caracol con ojo de solución tangencial

Como parte de esta investigación, en esta Parte V, se ha propuesto el análisis comparativo de las plantas tipo correspondiente a cada uno de estos grupos. El análisis exclusivamente de la planta encuentra justificación en el hecho que durante el período gótico, esta comprendía las propiedades más importantes del proyecto, hasta el punto que con tan solo su dibujo se tomaban las principales decisiones del futuro edificio (Cabezas, 1994), es decir, la planta constituía una “representación compendiada de la estructura tridimensional” (Benévolo, 1988, p.71).

40. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE PLANTAS TIPO

Toda escalera, sea cual sea el esquema adoptado para resolver el hueco central, debe posibilitar una fácil, rápida y segura circulación a sus usuarios. Esta es una cuestión que no solo preocupa a los modernos arquitectos, sino que también a los antiguos maestros góticos (Templer, 1994^a, p.vi). En las soluciones que ellos proponían, ellos primero resolvían un problema común de confort y seguridad mediante la determinación de una serie de parámetros geométricos. Para a continuación, plantear una solución a los problemas de estereotomía que surgían de acuerdo a estos parámetros.

Como es conocido, el movimiento en una escalera está principalmente afectado por: (i) el diseño y construcción de la misma, (ii) su mantenimiento y (iii) el comportamiento del usuario (Templer, 1994b, p.15). Cualquiera de estos factores o la combinación de varios puede provocar accidentes y/o falta de comodidad de uso. Si se supone que cualquiera de las escaleras a analizar en este estudio se conservan en buen estado y el usuario mantiene una actitud consciente en el uso de la misma, la diferencia en el nivel de confort y seguridad queda determinada por el diseño y construcción de la escalera.

Los factores de diseño que influyen en el desplazamiento y circulación a lo largo de la escalera de caracol son: el emplazamiento, la altura libre, número de peldaños, la geometría del módulo-peldaño generador –sus dimensiones y regularidad–, la iluminación, la existencia de pasamanos y el material de acabado.

Como ha quedado establecido al comienzo de este trabajo –Parte I–, esta investigación se centra solo en los factores geométricos. Concretamente, analiza cómo el esquema geométrico empleado para resolver el hueco central de la escalera de caracol con ojo –radial, no radial o tangencial– puede alterar la circulación por ella. Cómo la elección de un diseño concreto implica variaciones en el nivel de confort y seguridad, así como en otras cuestiones más prácticas como son la economía en el trabajo –sencillez de ejecución y ahorro–. Todo ello con el propósito de entender las causas objetivas que pudieron motivar el mayor uso de unos esquemas en detrimento de otros.

De todos los factores de diseño enunciados, los factores geométricos que influyen en la circulación son: la altura libre, el número de peldaños y la geometría del módulo. Esta última se traduce en la altura de tabica, el ancho de huella y la longitud del peldaño. Los primeros tres factores –altura libre, nº de peldaños y altura de la tabica– están íntimamente relacionados, ya que la altura de la tabica está determinada por el número de peldaños por vuelta y la altura libre mínima de acuerdo al acabado del intradós. Ninguno de ellos, sin embargo, se ve afectado por el diseño geométrico empleado para resolver el hueco central. Este solo afecta la definición del ancho de huella y la longitud del peldaño.

Una vez recordadas estas cuestiones generales, la metodología a seguir en esta Parte V de la investigación es la siguiente:

1. Trazado de plantas tipo de cada grupo de clasificación

Con el objeto de evaluar el efecto que la elección del diseño tiene en estos dos parámetros, se ha dibujado el esquema geométrico elemental de las tres posibles soluciones que resuelven el hueco central y se han medido los principales parámetros que caracterizan la huella del módulo peldaño resultante, ya que su dimensión determina ambos parámetros.

Con esta intención, en primer lugar se han establecido los elementos característicos de la geometría que determinan las dimensiones de la huella y que sin embargo no dependen del diseño seleccionado. Estos parámetros son: (a) el diámetro

de la escalera; (b) el número de peldaños por vuelta y (c) el sentido de giro. Como origen de referencia se ha decidido tomar los datos de la escalera del monasterio de Santa Cruz la Real en Segovia: (a) una escalera de caracol de 180cm de diámetro; (b) 14 peldaños por vuelta y (c) arranque levógiro (Benítez 2013, p.95). Estos tres valores suelen ser además frecuentes en muchas escaleras de caracol.

De acuerdo a estos datos, se ha resuelto el caracol con ojo empleando las tres posibles soluciones del hueco central –radial, no radial y tangencial– para distintas dimensiones del mismo. Concretamente, se han considerado aperturas de hueco de 20, 25, 30, 35 y 40cm. En este punto es necesario recordar lo que se entiende por hueco central. Aquí se refiere al hueco que determina la geometría básica del peldaño, sin considerar la reducción parcial de sus dimensiones a causa de la moldura interior.

Para la disposición de las tabicas en cada una de las soluciones se ha tomado como fuente los modelos representativos de cada solución: Vandelvira, Fray Lorenzo y Santa Cruz (Figura V-1).

*Figura V- 1. Modelos representativos: radial/Vandelvira, no radial/ San Nicolás, tangente/Santa Cruz
(Autor: P. Benítez)*

2. Medición de los parámetros geométricos asociados a la huella

Posteriormente, para cada solución y tamaño del hueco central se han medido los parámetros geométricos vinculados a la huella del peldaño (Figura V-2, Figura V-3 y Figura V-4). En particular se han obtenido los valores de :

- (a) Longitud total del peldaño
Distancia medida sobre la arista intersección entre la tabica y la huella del peldaño, desde el muro de la caja hasta el hueco central. Esta dimensión coincide con el ancho total del tramo de la escalera.
- (b) Longitud útil del peldaño

Distancia medida sobre la arista intersección entre la tabica y la huella del peldaño, desde la línea de paso hasta una determinada distancia al hueco central.

- (c) Ancho máximo de la huella
Longitud de la cuerda medida entre los extremos de la huella junto al muro de la caja.
- (d) Ancho de la huella en la línea de paso (L_p)
Longitud de la cuerda medida entre los extremos de la línea de paso
- (e) Área total de la huella
Área de la huella medida entre el muro hasta el hueco central.
- (f) Área útil de la huella
Área de la huella medida entre la línea de paso hasta una determinada distancia del hueco central.

Debido a la geometría de las escaleras circulares, la profundidad de la huella varía dependiendo de la distancia al centro de la escalera desde la cual se mide. Por este motivo es importante determinar la línea de paso o línea imaginaria por la que se espera que circule la gente. La posición de esta línea determina por un lado, el punto donde la dimensión de la huella debe ser la apropiada, y por otro los valores útiles de los parámetros geométricos del peldaño. En el caso concreto de las escaleras de caracol con ojo, la bibliografía demuestra que no existe unidad de criterio respecto a la posición de dicha línea (Templer, 1994b, p.38). Por este motivo se han considerado cuatro casos para la medida del área de la huella:

- (a) Caso I
El área útil (A_{ui}) se mide entre el extremo exterior del peldaño junto al muro y la línea que corresponde al ancho mínimo de huella limitado a 10cm medido en ángulo recto a la tabica, de acuerdo a Neufert (2013, p.175).
- (b) Caso II
El área útil (A_{uII}) se mide entre la línea de paso y el ancho mínimo de huella establecida. La línea de paso se ha considerado a 25cm del muro de la caja, de acuerdo a Carreiro Santamaría (Carreiro, 2007, p.157). El ancho mínimo de huella se estableció en 10cm, igual que en el caso anterior.
- (c) Caso III

El área útil (AuIII) se mide entre el extremo exterior del peldaño junto al muro y el ancho mínimo de huella considerado a una distancia de 15 cm del borde interior del peldaño junto al hueco, de acuerdo a Neufert.

(d) Caso IV

El área útil (AuIV) se mide entre la línea de paso –fijada a una distancia de 25cm del muro de la caja– y el ancho mínimo de huella considerado a 15 cm del borde interior del peldaño junto al hueco.

3. Definición del bloque mínimo necesario

Posteriormente, tomando en consideración el impacto potencial del diseño geométrico en la construcción de la escalera, se ha medido para cada diseño y dimensión del hueco central, el volumen del bloque de piedra mínimo necesario para la talla de la pieza del peldaño. Para ello se ha añadido al área de la huella, por un lado (i) una porción extra necesaria para el apoyo de un peldaño sobre otro, por otro (ii) la sección necesaria para la moldura que remata interiormente el hueco central. Estos dos elementos extra pueden resolverse de diversas maneras. Por consiguiente se ha tomado de nuevo como fuente de proporciones los modelos representativos de cada solución: Vandelvira, de San Nicolás y Santa Cruz.

De acuerdo a estos enfoques, cabe señalar que en el caso del módulo-peldaño en abanico de la solución tangencial, ambas áreas extras, moldura y área de apoyo, se han sumado al área total de huella. Por el contrario, en las soluciones radial y no radial solo se ha sumado la porción extra necesaria para apoyo del peldaño posterior. En estos últimos casos el área de apoyo se resuelve radialmente –ver Parte III–.

Sin embargo, respecto a la moldura interior, en la solución radial resuelta de acuerdo a Vandelvira, ésta ocupa exactamente los primeros 15cm. del lado más estrecho del peldaño, no siendo por consiguiente necesario agregar con este objetivo ningún área. Por su parte, la solución no radial no considera la presencia de ninguna moldura interior, de acuerdo a lo establecido por Fray Lorenzo.

Destacar en este punto que el empleo de cualquier acabado del intradós no modifica en ningún momento las dimensiones del bloque de piedra mínimo necesario para la talla del peldaño, ya que cualquiera que sea el acabado de la superficie inferior, el peldaño queda inscrito en el bloque sea cual sea el acabado del intradós.

4. Análisis comparativo de los datos obtenidos

Posteriormente, se han elaborado gráficos y/o tablas que integran los distintos valores para un mismo parámetro obtenidos para cada esquema y diámetro de hueco considerado. De esta manera se ha obtenido una visión conjunta que facilita la comparación de los mismos. La comparación gráfica de las distintas dimensiones, ha supuesto un método rápido y eficaz de observar las variaciones en la morfología y las singularidades de unos casos respecto a otros. Como en apartados anteriores, el empleo de estos estudios comparativos ha supuesto una valiosa vía de estudio.

De esta recopilación, integración y comparación minuciosa de datos, se extraerán los resultados y conclusiones de esta parte del trabajo de investigación.

DIÁMETRO INTERIOR (cm)	ESQUEMA GENERAL	HUELLA		ÁREA ÚTIL I (r<r1)		ÁREA ÚTIL II (r1<r<r2)		ÁREA ÚTIL III (r2<r<r3)		ÁREA ÚTIL IV (r3<r<r4)	
		ÁNGULOS	DATOS GEOMÉTRICOS LONGITUDES	LINEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL I (r<r1)	LINEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL II (r1<r<r2)	LINEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL III (r2<r<r3)	LINEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL IV (r3<r<r4)
20					Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
		Ángulo peltal=25,7° Ángulo horizontal=9°	Área total =178cm² Perímetro total=201,00cm		Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
25					Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
		Ángulo peltal=25,7° Ángulo horizontal=9°	Área total =178cm² Perímetro total=201,00cm		Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
30					Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
		Ángulo peltal=25,7° Ángulo horizontal=9°	Área total =178cm² Perímetro total=201,00cm		Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
35					Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
		Ángulo peltal=25,7° Ángulo horizontal=9°	Área total =178cm² Perímetro total=201,00cm		Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
40					Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm
		Ángulo peltal=25,7° Ángulo horizontal=9°	Área total =178cm² Perímetro total=201,00cm		Área útil I=172 cm² Perímetro del I=184,18cm		Área útil II=851 cm² Perímetro del II=20,77cm		Área útil III=1487 cm² Perímetro del III=119,01cm		Área útil IV=986 cm² Perímetro del IV=120,39cm

Figura V- 2. Trazado y medición de parámetros asociados a la huella
Solución radial (Autor: P. Benítez)

DIÁMETRO INTERIOR (cm)	ESQUEMA GENERAL	DATOS GEOMÉTRICOS		ÁREA TOTAL	HUELLA				ÁREA ÚTIL			
		ÁNGULOS	LONGITUDES		ÁREA ÚTIL I		ÁREA ÚTIL II		ÁREA ÚTIL III		ÁREA ÚTIL IV	
					LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL I	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL II	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL III	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA ÚTIL IV
20						Área util I=171cm ² Perímetro del I=199,85cm		Área util II=134,42cm ² Perímetro del II=173,42cm		Área util III=193,86cm ² Perímetro del III=271,93cm		Área util IV=193,86cm ² Perímetro del IV=271,93cm
	Radio caja escalera=90,00cm Radio hueco interior=10,00cm	Ángulo peltáico=25,59° Ángulo horizontal=34°	L ₁ =89,36cm L ₂ =88,31cm L ₃ =40,35cm L ₄ =8,26cm	Área total=1795cm ² Perímetro total=225,60cm	r10=21,51cm r90=90,00cm		r10=21,51cm r90=90,00cm		r11=15cm=25cm r90=90,00cm		r11=15cm=25cm r90=90,00cm	
25						Área util I=176cm ² Perímetro del I=201,82cm		Área util II=134,46cm ² Perímetro del II=174,46cm		Área util III=193,86cm ² Perímetro del III=271,93cm		Área util IV=193,86cm ² Perímetro del IV=271,93cm
	Radio caja escalera=90,00cm Radio hueco interior=15,00cm	Ángulo peltáico=25,71° Ángulo horizontal=7,95°	L ₁ =89,12cm L ₂ =88,07cm L ₃ =40,35cm L ₄ =8,26cm	Área total=1795cm ² Perímetro total=225,60cm	r10=22,40cm r90=90,00cm		r10=22,40cm r90=90,00cm		r11=15cm=27,50cm r90=90,00cm		r11=15cm=27,50cm r90=90,00cm	
30						Área util I=199,90cm ² Perímetro del I=203,86cm		Área util II=134,46cm ² Perímetro del II=174,46cm		Área util III=193,86cm ² Perímetro del III=271,93cm		Área util IV=193,86cm ² Perímetro del IV=271,93cm
	Radio caja escalera=90,00cm Radio hueco interior=15,00cm	Ángulo peltáico=25,71° Ángulo horizontal=9,59°	L ₁ =89,84cm L ₂ =87,86cm L ₃ =40,35cm L ₄ =8,26cm	Área total=1797cm ² Perímetro total=227,01cm	r10=23,52cm r90=90,00cm		r10=23,52cm r90=90,00cm		r11=15cm=30,00cm r90=90,00cm		r11=15cm=30,00cm r90=90,00cm	
35						Área util I=167cm ² Perímetro del I=206,83cm		Área util II=134,46cm ² Perímetro del II=174,46cm		Área util III=193,86cm ² Perímetro del III=271,93cm		Área util IV=193,86cm ² Perímetro del IV=271,93cm
	Radio caja escalera=90,00cm Radio hueco interior=17,50cm	Ángulo peltáico=25,71° Ángulo horizontal=11,21°	L ₁ =89,84cm L ₂ =87,78cm L ₃ =40,35cm L ₄ =8,26cm	Área total=1746cm ² Perímetro total=227,90cm	r10=24,88cm r90=90,00cm		r10=24,88cm r90=90,00cm		r11=15cm=32,50cm r90=90,00cm		r11=15cm=32,50cm r90=90,00cm	
40						Área util I=1691cm ² Perímetro del I=207,70cm		Área util II=134,46cm ² Perímetro del II=174,46cm		Área util III=193,86cm ² Perímetro del III=271,93cm		Área util IV=193,86cm ² Perímetro del IV=271,93cm
	Radio caja escalera=90,00cm Radio hueco interior=20,00cm	Ángulo peltáico=25,71° Ángulo horizontal=12,84°	L ₁ =89,86cm L ₂ =87,74cm L ₃ =40,35cm L ₄ =8,26cm	Área total=1728cm ² Perímetro total=228,91cm	r10=26,43cm r90=90,00cm		r10=26,43cm r90=90,00cm		r11=15cm=35,00cm r90=90,00cm		r11=15cm=35,00cm r90=90,00cm	

Figura V- 3 Trazado y medición de parámetros asociados a la huella.
Solución no radial (Autor: P. Benítez)

DIÁMETRO INTERIOR (cm)	ESQUEMA GENERAL	DATOS GEOMÉTRICOS		HUELLEA		ÁREA UTIL I		ÁREA UTIL II		ÁREA UTIL III		ÁREA UTIL IV	
		ÁNGULOS	CONSTANTES	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA UTIL I	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA UTIL II	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA UTIL III	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA UTIL IV	LÍNEAS AUXILIARES	ÁREA UTIL V
20													
		Ángulo pedáneo=25,71° Ángulo horizontal=38°	L=90,75cm L2=87,16cm Larc=40,38cm	Área total =1795cm ² Perímetro total=217,26cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm	r10= 21,04cm r90=0,00cm
25													
		Ángulo pedáneo=25,71° Ángulo horizontal=38°	L=91,98cm L2=86,27cm Larc=40,38cm	Área total =1762cm ² Perímetro total=218,65cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm	r10= 21,84cm r90=0,00cm
30													
		Ángulo pedáneo=25,71° Ángulo horizontal=38°	L=92,16cm L2=85,32cm Larc=40,38cm	Área total =1766cm ² Perímetro total=217,87cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm	r10= 22,83cm r90=0,00cm
35													
		Ángulo pedáneo=25,71° Ángulo horizontal=38°	L=92,96cm L2=84,26cm Larc=40,38cm	Área total =1748cm ² Perímetro total=216,96cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm	r10= 24,24cm r90=0,00cm
40													
		Ángulo pedáneo=25,71° Ángulo horizontal=38°	L=93,31cm L2=83,18cm Larc=40,38cm	Área total =1726cm ² Perímetro total=216,96cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm	r10= 25,74cm r90=0,00cm

Figura V- 4. Trazado y medición de parámetros asociados a la huella.
Solución tangencial (Autor: P. Benítez)

41. RESULTADOS PARTE V

Como se ha indicado anteriormente, el ancho de la huella y la longitud del peldaño son dos factores decisivos que la definición del nivel de confort y seguridad de cualquier escalera y los únicos que se ven afectados por el diseño geométrico adoptado para resolver el hueco central en las escaleras de caracol con ojo. Ambos factores quedan determinados por las dimensiones de la huella de su peldaño. Por este motivo, una vez que los esquemas de los tres tipos de diseño han sido definidos y se han medido, analizado y comparado las huellas de sus módulo-peldaño, se han obtenido los siguientes resultados:

Parte V: 1º Resultado

Sobre el área de la huella

En primer lugar se ha analizado el área de las huellas de los tres peldaños resultantes. De su análisis pueden extraerse acerca del área total de la huella (Figura V-5):

- el área total de la huella para todas las aperturas centrales consideradas coinciden en las tres soluciones. Luego en valores absolutos no existe diferencia entre los esquemas adoptados.

No obstante no puede decirse lo mismo con respecto al área útil, en la que es posible apreciar significativas diferencias en función del esquema adoptado. Cabe señalar:

- El área útil en la solución radial alcanza valores similares o mayores que en los otros dos casos analizados, no radial y tangencial, para cualquier dimensión del hueco interior y sea cual sea el criterio empleado para su cálculo.
- El área útil en la solución no radial alcanza valores similares o inferiores que cualquiera de los otros dos casos analizados, radial y tangencial, para cualquier dimensión del hueco interior y sea cual sea el criterio empleado para su cálculo.
- El área útil para un hueco de 20cm es similar en los diseños radial y tangencial. La solución no radial es ligeramente inferior, sea cual sea el criterio empleado para su cálculo.

- Los valores del área útil Aul y Aull varían entre un poco menos de un 1% y un 6% menos en la solución tangencial que en la radial. La brecha entre ambos grupos se incrementa según el hueco central va aumentando.
- Resulta interesante, que los valores resultantes de las áreas útiles Aulll y AulV coinciden exactamente en las tres soluciones analizadas como puede comprobarse en la figura. Aquí es importante señalar que solo estos últimos casos cumplen los requisitos establecidos por Vandelvira para la moldura interior. En este sentido el ancho mínimo de huella se establece a una distancia de 15cm del hueco central; esto es exactamente 1/6 del radio de la escalera como establece Vandelvira en su tratado para la moldura interior.

Figura V- 5. Comparativa valores de área de huella. (Autor: P. Benítez)

La Figura V-6 resume los datos obtenidos sobre esta cuestión.

HUECO INTERIOR (cm)	SOLUCIÓN HUECO INTERIOR	Área total (cm2)			Área útil de la huella (cm ²)											
		cm2	%	variación %	AuI		AuII		AuIII		AuIV					
					cm2	%	variación %	cm2	%	variación %	cm2	%	variación %			
20	radial	1795	100	0	1721	100,00	100	851	100,00	100	1677	100,00	100	808	100,00	100
	no radial	1795	100	0	1714	99,59	0	844	99,18	-1	1677	100,00	0	808	100,00	0
	tangencial	1795	100	0	1719	99,88	0	849	99,76	0	1678	100,06	0	808	100,00	0
25	radial	1783	100	0	1721	100,00	100	851	100,00	100	1648	100,00	100	778	100,00	100
	no radial	1783	100	0	1705	99,07	-1	836	98,24	-2	1648	100,00	0	778	100,00	0
	tangencial	1782	100	0	1711	99,42	-1	841	98,82	-1	1648	100,00	0	778	100,00	0
30	radial	1767	100	0	1721	100,00	100	851	100,00	100	1616	100,00	100	746	100,00	100
	no radial	1767	100	0	1693	98,37	-2	824	96,83	-3	1616	100,00	0	746	100,00	0
	tangencial	1766	100	0	1700	98,78	-1	830	97,53	-2	1616	100,00	0	746	100,00	0
35	radial	1749	100	0	1721	100,00	100	851	100,00	100	1581	100,00	100	711	100,00	100
	no radial	1749	100	0	1679	97,56	-2	809	95,06	-5	1581	100,00	0	711	100,00	0
	tangencial	1748	100	0	1686	97,97	-2	816	95,89	-4	1581	100,00	0	711	100,00	0
40	radial	1728	100	0	1721	100,00	100	851	100,00	100	1543	100,00	100	673	100,00	100
	no radial	1728	100	0	1661	96,51	-3	791	92,95	-7	1543	100,00	0	673	100,00	0
	tangencial	1726	100	0	1669	96,98	-3	799	93,89	-6	1543	100,00	0	673	100,00	0
HUECO INTERIOR (cm)	SOLUCIÓN HUECO INTERIOR	Longitud total (cm)			Longitud útil de la huella (cm ²)											
		cm	%	variación %	LuI		LuII		LuIII		LuIV					
					cm	%	variación %	cm	%	variación %	cm	%	variación %			
20	radial	80,00	100,00	0,00	69,23	100,00	0,00	44,23	100,00	0,00	65,00	100,00	0,00	40,00	100,00	0,00
	no radial	88,31	110,39	10	73,78	106,57	6,57	47,00	106,26	6,26	70,03	107,74	7,74	43,14	107,85	7,85
	tangencial	91,73	114,66	15	70,96	102,50	2,50	45,74	103,41	3,41	66,53	102,35	2,35	41,31	103,28	3,28
25	radial	77,50	100,00	0	69,23	100,00	0,00	44,23	100,00	0,00	62,50	100,00	0,00	37,50	100,00	0,00
	no radial	88,07	113,64	14	74,52	107,64	7,64	47,33	107,01	7,01	68,77	110,03	10,03	41,42	110,45	10,45
	tangencial	91,98	118,68	19	71,22	102,87	2,87	45,87	103,71	3,71	64,63	103,41	3,41	39,29	104,77	4,77
30	radial	75,00	100,00	0	69,23	100,00	0,00	44,23	100,00	0,00	60,00	100,00	0,00	35,00	100,00	0,00
	no radial	87,89	117,19	17	75,21	108,64	8,64	47,66	107,75	7,75	67,55	112,58	12,58	39,67	113,34	13,34
	tangencial	92,16	122,88	23	71,40	103,13	3,13	45,90	103,78	3,78	62,76	104,60	4,60	37,26	106,46	6,46
35	radial	72,50	100,00	0	69,23	100,00	0,00	44,23	100,00	0,00	57,50	100,00	0,00	32,50	100,00	0,00
	no radial	87,78	121,08	21	75,83	109,53	9,53	47,67	107,78	7,78	66,34	115,37	15,37	37,89	116,58	16,58
	tangencial	92,28	127,28	27	71,51	103,29	3,29	45,83	103,62	3,62	60,90	105,91	5,91	35,21	108,34	8,34
40	radial	70,00	100,00	0	69,23	100,00	0,00	44,23	100,00	0,00	55,00	100,00	0,00	30,00	100,00	0,00
	no radial	87,74	125,34	25	76,38	110,33	10,33	47,65	107,73	7,73	65,12	118,40	18,40	36,05	120,17	20,17
	tangencial	92,31	131,87	32	71,55	103,35	3,35	45,63	103,21	3,21	59,03	107,33	7,33	33,12	110,40	10,40

Figura V- 6. Valores de área y longitud de huella (Autor: P. Benítez)

HUECO INTERIOR (cm)	SOLUCIÓN HUECO INTERIOR	Perímetro total (cm)			Perímetro útil de la huella (cm ²)											
		cm	%	variación %	Pul			PulI			PulII			PulIV		
					cm	%	variación %	cm	%	variación %	cm	%	variación %	cm	%	variación %
20	radial	204,88	100,00	0,00	188,18	100,00	0,00	126,96	100,00	0,00	181,61	100,00	0,00	120,39	100,00	0,00
	no radial	225,60	110,11	10,11	199,95	106,25	6,25	133,42	105,09	5,09	193,66	106,64	6,64	127,13	105,60	5,60
	tangencial	219,28	107,03	7,03	191,74	101,89	1,89	130,09	102,47	2,47	184,73	101,72	1,72	123,08	102,23	2,23
25	radial	201,00	100,00	0,00	188,18	100,00	0,00	126,96	100,00	0,00	177,73	100,00	0,00	116,51	100,00	0,00
	no radial	226,23	112,55	12,55	201,92	107,30	7,30	134,49	105,93	5,93	192,19	108,14	8,14	124,75	107,07	7,07
	tangencial	218,65	108,78	8,78	192,63	102,36	2,36	130,72	102,96	2,96	182,00	102,40	2,40	120,10	103,08	3,08
30	radial	197,12	100,00	0,00	188,18	100,00	0,00	126,96	100,00	0,00	173,86	100,00	0,00	112,64	100,00	0,00
	no radial	227,01	115,16	15,16	203,89	108,35	8,35	135,47	106,70	6,70	190,77	106,25	6,25	122,34	108,61	8,61
	tangencial	217,87	110,53	10,53	193,48	102,82	2,82	131,27	103,39	3,39	179,38	101,89	1,89	117,17	104,02	4,02
35	radial	193,25	100,00	0,00	188,18	100,00	0,00	126,96	100,00	0,00	169,98	100,00	0,00	108,76	100,00	0,00
	no radial	227,92	117,94	17,94	205,83	109,38	9,38	136,31	107,36	7,36	189,38	106,25	6,25	119,85	110,20	10,20
	tangencial	216,96	112,27	12,27	194,29	103,25	3,25	131,71	103,74	3,74	176,77	101,89	1,89	114,19	104,99	4,99
40	radial	189,37	100,00	0,00	188,18	100,00	0,00	126,96	100,00	0,00	166,10	100,00	0,00	104,88	100,00	0,00
	no radial	228,97	120,91	20,91	207,70	110,37	10,37	136,97	107,88	7,88	187,97	106,25	6,25	117,25	111,79	11,79
	tangencial	215,89	114,00	14,00	195,04	103,65	3,65	132,02	103,99	3,99	174,15	101,89	1,89	111,17	106,00	6,00

Figura V- 7. Valores del perímetro de la huella (Autor: P. Benítez)

Parte V: 2º Resultado

Resultados sobre de la longitud del peldaño

Respeto a la longitud del peldaño, coincidente con el ancho del tramo, los resultados obtenidos aparecen en la Figura V-8.

De estos datos puede constatarse que respecto a la longitud total:

- la escalera resuelta mediante solución tangencial posee peldaños más largos que la resuelta mediante cualquiera de las otras dos soluciones analizadas, radial y no radial.
- La longitud total del peldaño en los diseños no radial y tangencial se mantiene más o menos constante sea cual sea la dimensión del hueco interior.
- La longitud total del peldaño en forma de sector circular, es inversamente proporcional a la dimensión del hueco interior, disminuyendo según va aumentando la dimensión del hueco interior.
- La longitud total para una dimensión del hueco central de 20cm de diámetro es alrededor de un 15% más larga en la solución tangencial que en la solución radial, valores extremos de la longitud total para dicha dimensión del ojo.
- Esta brecha aumenta según va aumentando la dimensión del hueco central, ya que la longitud en la solución radial disminuye visiblemente mientras que en la solución tangencial aumenta muy ligeramente. De este modo la diferencia de longitud total aumenta hasta un 32% para una apertura de hueco de 40cm de diámetro.

Respecto a los valores útiles de la longitud del peldaño, se han obtenido los siguientes resultados (Figura V-8):

- La longitud útil es mayor en la solución no radial sea cual sea el criterio de cálculo empleado.
- La diferencia de longitud útil entre la solución no radial y la solución radial varía entre un 6,5-8% para un hueco de 20cm y entre un 10-20% para un hueco interior de 40cm, dependiendo del criterio empleado para su cálculo.
- Las diferencias anteriores se reducen a menos de la mitad cuando se compara la longitud útil de la solución tangencial con la radial.
- La longitud útil L_{ul} y L_{ull} :

- Los valores de la longitud útil I y II en la solución radial se mantiene constante.
 - En la solución radial se obtienen los valores más pequeños de longitud útil.
 - En la solución no radial se obtienen los valores más altos de longitud útil
 - En la solución no radial y tangencial el valor va aumentando según va aumentando la dimensión del hueco interior.
 - Los valores en la solución no radial son entre un 6% (para un hueco de 20cm) y un 10% (para un hueco de 40cm) mayores que la solución radial.
 - Los valores en la solución tangencial son entre un 2,5% (para un hueco de 20cm) y un 3,5% (para un hueco de 40cm) mayores que en la solución radial.
- La longitud útil LuIII y LuIV:
- En las tres soluciones va disminuyendo según va aumentando la dimensión del hueco.
 - En la solución no radial se obtienen los valores más altos de longitud útil
 - E la solución radial se obtienen los valores más pequeños de longitud útil.
 - Los valores en la solución no radial son entre un 7% (para un hueco de 20cm) y un 20% (para un hueco de 40cm) mayores que en la solución radial.
 - Los valores en la solución tangencial son entre un 2,5% (para un hueco de 20cm) y 10,5% (para un hueco de 40cm) mayores que en la solución radial.

La Figura V-6 resume los datos obtenidos sobre esta cuestión.

Figura V- 8. Comparativa valores de longitud de huella. (Autor: P. Benítez)

Parte V: 3º Resultado

Resultados sobre el perímetro

Respecto al perímetro de la huella, los datos obtenidos quedan reflejados en la Figura V-9.

De ella puede constatarse que respecto al perímetro total:

- el perímetro en la solución radial y en la solución tangencial va disminuyendo según va aumentando el tamaño del hueco interior.
- el perímetro en la solución no radial va aumentando ligeramente según va aumentando el diámetro del hueco interior.
- Los valores mínimos del perímetro total para cada apertura de hueco se corresponden con los obtenidos en la solución radial.

- Los valores máximos del perímetro total para cada apertura de hueco se corresponden con la solución no radial.
- Los valores del perímetro total en la solución no radial son entre un 10% (para un hueco de 20cm) y un 20% (para un hueco de 40cm) mayores que en la solución radial
- Los valores del perímetro total en la solución tangencial son entre un 7% (para un hueco de 20cm) y un 14% (para un hueco de 20cm) mayores que en la solución radial.

Respecto al perímetro útil en los casos I y II se puede constatar que:

- En la solución radial los valores del perímetro útil se mantienen constantes.
- En las soluciones no radial y tangencial los valores del perímetro útil van aumentando según aumenta el tamaño del hueco interior.
- Los valores mínimos del perímetro útil I y II para cada apertura de hueco se corresponden a la solución radial.
- Los valores máximos del perímetro útil I y II para cada apertura de hueco se corresponden con la solución no radial.
- Los valores del perímetro útil I y II en la solución no radial son entre un 5% y un 10% mayores que en la solución radial.
- Los valores del perímetro útil I y II en la solución tangencial son entre un 2% y un 4% mayores que en la solución radial.

Respecto al perímetro útil en los casos III y IV puede constatarse que:

- En los tres casos los valores del perímetro útil III y IV van disminuyendo según va aumentando el diámetro del hueco interior.
- Los valores máximos del perímetro III y IV para cada apertura de hueco se corresponden con la solución no radial.
- Los valores mínimos del perímetro III y IV para cada apertura de hueco se corresponden con la solución radial.
- Los valores del perímetro III y IV de la solución no radial son entre 5% (para un hueco de 20cm) y un 8% (para un hueco de 40cm) mayores que en la solución radial
- Los valores del perímetro III y IV de la solución tangencial son entre poco menos del 2% (para un hueco de 20cm) y el 4% (para un hueco de 40cm) mayores que en la solución radial.

La Figura V-7 resume los datos obtenidos sobre esta cuestión.

Figura V- 9. Comparativa valores de perímetro de huella. (Autor: P. Benítez)

Parte V: 4º Resultado

Sobre el ancho de la huella

Otro dato importante a señalar, es que el ancho de la huella en la línea de paso (L_p) coincide en todos los casos para los tres esquemas analizados y para cualquier tamaño de hueco interior. Este valor es igual a 28,93cm, lo que supone poco más que un pie castellano (1pie castellano= 27,8635cm) (Figura V-10).

La longitud del arco exterior coincide en los tres casos, dado que es independiente del diseño adoptado para resolver el hueco central. Esta depende del diámetro del hueco del caracol así como del número de peldaños por vuelta, ambos factores establecidos previamente para poder llevar a cabo el estudio comparativo (Figura V-10).

Figura V- 10. Comparativa valores de longitud arco exterior de huella y longitud de cuerda en línea de paso (Autor: P. Benítez)

Parte V: 5º Resultado

Resultados sobre el bloque mínimo de piedra.

Finalmente, en lo que se refiere al bloque mínimo capaz de piedra que contiene las plantillas para la talla de la pieza monolítica del peldaño, los resultados obtenidos aparecen reflejados en la Figura V-11. Partiendo de la misma altura de tabica para las tres soluciones –determinada por el número de peldaños por vuelta y la altura libre de acuerdo al acabado del intradós–, solo ha sido necesario comparar el área de la cara superior del bloque. Los resultados muestran que:

- De las tres soluciones analizadas, la solución radial es la que conlleva un menor consumo de material.
- De las tres soluciones analizadas, la solución tangencial es la que conlleva mayor consumo de material.
- De las tres soluciones analizadas, la solución no radial es la que conlleva un consumo de material medio.
- Por lo tanto, las soluciones no radial y tangencial precisan un bloque mayor que la solución radial.
- La diferencia en el tamaño del bloque entre dichas soluciones aumenta a medida que aumenta el tamaño del hueco interior. El aumento de dicha diferencia está motivado casi exclusivamente por la reducción del bloque necesario para la solución radial, ya que el consumo de material de las soluciones no radial y tangencial se mantiene más o menos constante.
- El bloque necesario para la solución tangencial es entre un 35% y un 52% mayor que el necesario en la solución radial.

- El bloque mínimo necesario para la solución no radial es entre un 12% y un 28% mayor que el necesario en la solución radial.
- El bloque mínimo necesario para la solución tangencial es entre un 18% y un 16% mayor que en la solución no radial. En este caso la diferencia entre ambas soluciones se reduce a medida que aumenta el tamaño del hueco central. Aunque la reducción es mínima.

*Figura V- 11 Comparativa de consumo de material
(Autor: P. Benítez)*

Parte V: 6º Resultado

Resumen comparativa solución tangencial-solución radial

Estos resultados pueden resumirse, afirmando que cuando el hueco central posee un diámetro de 20cm, el peldaño de la escalera de caracol con ojo de solución tangencial con respecto a la de solución radial supone:

- un área total y útil similares
- 7% más de perímetro en el área total de la huella
- 15% más de longitud total del peldaño. Este porcentaje se reduce – dependiendo del criterio empleado en el cálculo– a solo un 2-3% cuando se consideran valores útiles.
- un bloque mínimo para cada peldaño un 35% más grande.

Si el hueco central posee un diámetro de 40cm, el peldaño de la escalera de caracol con ojo de solución tangencial con respecto a la solución radial supone:

- un área total similar
- un área útil que –dependiendo del criterio de cálculo empleado– puede ser igual o hasta un 6% inferior.
- 14% más de perímetro total
- 32% más de longitud total del peldaño, que se reduce a tan solo un 3-10% cuando se habla de valores útiles

- un bloque mínimo capaz de piedra necesario un 52% más grande.

Parte V: 7ª Resultado

Resumen comparativa solución no radial-solución radial

Estos resultados pueden resumirse, afirmando que cuando el hueco central posee un diámetro de 20cm, el peldaño de la escalera de caracol con ojo de solución no radial con respecto a la de solución radial supone:

- un área total y útil similares en ambos casos
- 10% más de perímetro en el área total de la huella
- 10% más de longitud total del peldaño. Este porcentaje se reduce – dependiendo del criterio empleado en el cálculo– a alrededor del 7% cuando se consideran valores útiles.
- un bloque mínimo para cada peldaño un 12% más grande.

Si el hueco central posee un diámetro de 40cm, el peldaño de la escalera de caracol con ojo de solución no radial con respecto a la solución radial supone:

- un área total similar
- un área útil que –dependiendo del criterio de cálculo empleado– puede ser igual o hasta un 7% inferior.
- 21% más de perímetro total
- 25% más de longitud total del peldaño, que se reduce a tan solo un 10-20% cuando se habla de valores útiles
- un bloque mínimo capaz de piedra necesario un 28% más grande.

Parte V: 8º Resultado

Resumen comparativa solución no radial-solución tangencial

Estos resultados pueden resumirse, afirmando que cuando el hueco central posee un diámetro de 20cm, el peldaño de la escalera de caracol con ojo de solución no radial con respecto a la de solución tangencial:

- un área total y útil similares en ambos casos
- 3% más de perímetro en el área total de la huella
- 5% menos de longitud total del peldaño.
- 5% más de longitud útil – dependiendo del criterio empleado en el cálculo–.

- un bloque mínimo para cada peldaño un 18% más pequeño

Si el hueco central posee un diámetro de 40cm., el peldaño de la escalera de caracol con ojo de solución no radial con respecto a la solución radial supone:

- un área total similar y un área útil que similares
- 7% más de perímetro total
- 13% más de longitud total del peldaño, que se reduce a tan solo un 4-11% cuando se habla de valores útiles
- un bloque mínimo capaz de piedra necesario un 16% más pequeño.

CONCLUSIONES

42. CONCLUSIONES

Este trabajo se propuso como objetivo general estudiar la escalera de caracol con ojo o de mallorca construida durante el período tardogótico, entre finales del s.XV y comienzos del s.XVI. Este elemento aparentemente sencillo presenta, sin embargo, una gran diversidad de esquemas geométricos. Este estudio se propuso evaluar en base a criterios objetivos de confort/seguridad de uso y economía, cómo el diseño geométrico empleado para resolver el hueco central, pudo afectar en la mayor o menor difusión del mismo.

La investigación desarrollada, basada en el análisis de modelos teóricos de esta tipología de escalera y su posterior estudio comparativo con modelos construidos en de los límites establecidos al inicio del trabajo, ha permitido obtener una serie de resultados que cumplen con todos los objetivos establecidos al comienzo de esta investigación, así como otros resultados imprevistos pero no por ello menos importantes. De ellos pueden extraerse las siguientes conclusiones:

Conclusiones generales

1ª conclusión

Primer compendio sobre la escalera de caracol con ojo.

En primer lugar, la Parte I de este estudio constituye el primer compendio sobre la escalera de caracol con ojo en España sobre cuestiones generales de distintos ámbitos de estudio. Este trabajo reúne datos sobre el concepto de escalera de caracol, su origen, parámetros geométricos que determinan su geometría e información sobre cuestiones constructivas, estructurales, sobre confort y seguridad de uso, etc. Hasta el momento, la información existente sobre esta tipología concreta de escalera se encontraba dispersa en diferentes documentos, ya que consistían en su mayor parte en puntuales alusiones, más o menos escuetas, integradas en investigaciones más amplias y generales.

Por lo tanto, este compendio supone una importante aportación al estudio de este tipo de escaleras y constituye una herramienta fundamental como base a futuras investigaciones.

2ª conclusión

Propuesta de una metodología general a emplear en trabajos similares.

Este trabajo de investigación ha diseñado una metodología que constituye un modelo que puede resultar útil para futuros trabajos dirigidos al estudio de diferentes aspectos de la escalera de caracol con ojo. Destacar como una notable contribución al análisis de este tipo de escaleras, la ficha de síntesis elaborada para el estudio tanto de modelos teóricos como de modelos contruidos. Esta ficha constituye un elemento realmente valioso para el estudio, ya que permite identificar y extraer de cada modelo la información más relevante necesaria para llevar a cabo no solo este trabajo, sino también futuras investigaciones centradas en esta tipología de escaleras. En estas fichas se documentan de forma sistematizada la información sobre la geometría del caracol –forma y dimensiones– así como el contexto en el que se encuadran los diferentes modelos –teóricos o contruidos–. Al reflejar de manera comprimida y manejable la información sobre cada escalera, la ficha permite realizar la valoración individual de cada una de ellas. Pero además, al registrar los datos de una manera clara y homogénea, la ficha proporciona un método perfecto para posteriormente relacionar los datos de los diferentes modelos contruidos analizados.

3ª Conclusión

Inventario de las escalera de caracol con ojo tardogótica de la Tierra de Segovia.

Como resultado de este trabajo se ha obtenido un breve inventario sobre las escaleras de caracol tardogóticas localizadas en edificios promovidos por el clero en el área de la Ciudad y Tierra Segovia. El catálogo esta constituido por las fichas de síntesis elaboradas sobre los modelos contruidos, analizados como parte de la metodología propuesta. Estas fichas contienen información completa sobre cada caracol analizado: datos identificativos de cada uno de los caracoles; el tipo de edificación en el que se encuentran; localización en el edificio; estado general de conservación; datos referentes a la fecha de su construcción y a la autoría de sus trazas; así como información sobre la definición de su geometría. Estos datos se completan gracias a la inclusión de numerosas fotografías que descubren numerosos detalles del modelo analizado.

El catálogo en su conjunto ha sido la pieza clave para relacionar distintos aspectos formales de las escaleras y con ello poder obtener conclusiones de este trabajo. Así mismo servirá como base a futuras investigaciones sobre este tema.

Conclusiones sobre los objetivos

4ª Conclusión

Identificación de los modelos representativos.

La rigurosa metodología propuesta en esta investigación ha permitido la identificación de entre todas las trazas analizadas, de los diferentes esquemas de planta existentes de acuerdo a la solución propuesta para resolver el hueco interior. De cada uno de ellos se han identificado los modelos representativos. La elección de dichas trazas emblemáticas se justificó, bien por su dominancia de uso o bien por su excepcionalidad. De esta forma se han identificado tres modelos correspondientes a tres soluciones distintas:

El caracol de mallorca de A. De Vandelvira: modelo dominante

Una vez analizados y comparados los sistemas de proporciones de los modelos teóricos, se propuso la reunión de aquellos valores más frecuentes de los distintos parámetros geométricos en un único modelo de caracol con ojo hipotético. Teniendo en cuenta dichos valores, se pudo comprobar que el caracol con ojo obtenido coincidía con el caracol de mallorca detallado por Alonso de Vandelvira en su tratado *Libro de trazas de cortes de Piedras*.

Esta cuestión contribuye a incrementar la importancia del tratado de Vandelvira en el estudio de la escalera de caracol. Ya no se trata solo del primer texto español que recoge entre sus trazas el caracol de mallorca, sino que además la traza elemental descrita en él constituye el caracol con ojo dominante entre el conjunto de las trazas de esta tipología de escalera recogida en textos españoles.

Respecto a la solución empleada para resolver el hueco central, dicho caracol se caracteriza por poseer un módulo peldaño en el que la tabica se dispone radialmente hacia el centro de la caja, de forma que el ojo se obtiene al acortar la pieza del caracol de husillo correspondiente.

El caracol de gradas torcidas de Fray Lorenzo de San Nicolás: modelo excepcional.

Así mismo como resultado del análisis de los modelos teóricos se ha demostrado la singularidad de la traza “caracol con gradas torcidas” propuesta por Fray Lorenzo de San Nicolás en su tratado *Arte y uso de la Architectura*. Se ha comprobado que esta traza, en la que la tabica no se dispone ni radial ni tangencialmente al hueco interior sino secante al mismo, no se encuentra detallada en ningún otro de los textos analizados. Así mismo se ha comprobado que dicha solución no encuentra réplica en ninguno de los modelos construidos analizados. No obstante, no se trata de una aportación original de Fray Lorenzo, si no que como él mismo referencia fue Andrea Palladio quien ya recogía dicha solución en su tratado *I quattro libri dell'architettura*, pero sí una gran novedad en el conjunto de los tratados españoles.

En este modelo, el hueco central se obtiene mediante peldaños de mayor longitud que el radio de la caja, dispuestos de forma secante al hueco que se genera interiormente.

El caracol de la iglesia del monasterio de Santa Cruz: modelo excepcional

Esta investigación ha identificado igualmente la singularidad del sistema de proporciones establecido en el caracol situado en la iglesia del monasterio de Santa Cruz la Real, el cual se caracteriza por la disposición de los peldaños, tangencialmente al hueco. Como ha evidenciado este estudio, ninguno de los modelos analizados, teóricos o construidos, reproduce dicho esquema.

En este caso, el hueco central se obtiene al disponer los peldaños tangencialmente al hueco que va conformándose. De esta forma, se emplean peldaños de mayor longitud que el radio de la caja.

5ª conclusión

Clasificación de la escalera de caracol en función del esquema geométrico de su planta

El análisis de las trazas descritas en los textos de cantería españoles –Parte III– así como las adoptadas en los ejemplos construidos –Parte IV–, y la identificación de los modelos representativos respecto al método empleado para la resolución del

hueco central, ha permitido establecer una clasificación general de este tipo de escaleras circulares en base a este criterio. En esta clasificación se han establecido tres grupos elementales:

- la escalera de caracol con ojo de solución radial
- la escalera de caracol con ojo de solución no radial
- la escalera de caracol con ojo de solución tangencial

6ª conclusión

La economía en el trabajo –sencillez de ejecución y coste de la misma–, motivo de la desigual difusión de las distintas soluciones.

Como parte de esta investigación, se ha realizado el análisis comparativo de las plantas tipo correspondiente a cada uno de los grupos establecidos en la clasificación, con el objetivo último de encontrar las causas objetivas que pudieron haber contribuido a la mayor difusión de una –la solución radial– y la caída en el olvido de las otras dos –la solución radial y la tangencial–. Los resultados obtenidos han mostrado que los tres diseños tienen valores similares de área de huella totales y útiles. También han revelado que el ancho de la huella en la línea de paso es igual en las tres soluciones. Por el contrario, el estudio ha evidenciado dos puntos en los que las tres escaleras difieren: la longitud del peldaño y el consumo de material.

Como consecuencia del análisis comparativo de ambos parámetros, se ha comprobado que las soluciones tangencial y no radial poseen la ventaja de poseer peldaños más largos. Esta es una cuestión importante si se tiene en cuenta el reducido tamaño que caracteriza a las escaleras de caracol con ojo tardogóticas. Mediante estas soluciones, tangencial y no radial, se obtiene un tramo de escalera más ancho, lo que mejora la circulación de personas en su interior sin necesidad de aumentar su ocupación en planta. Este punto ha confirmado las ideas que Palladio (1570) y San Nicolás (1639), recogieron en sus tratados acerca de la solución no radial. Este trabajo, además, ha cuantificado esta ventaja. Los resultados han revelado que si bien la diferencia de longitud en valores totales es apreciable en estas dos soluciones respecto a la radial, no sucede lo mismo cuando se consideran los valores útiles. En ese caso la longitud se reduce notablemente sea cual sea el criterio empleado para su cálculo. Por consiguiente, tras este estudio puede afirmarse que el uso de las soluciones tangencial y no radial no aporta ventaja significativa desde el punto de vista de la comodidad y seguridad de uso de la escalera.

Sin embargo, en lo que se refiere a la cuestión del consumo de material, la solución tangencial y no radial respecto a la radial, tienen la importante desventaja de un mayor consumo de material. Esto conlleva por un lado una mayor dificultad en el transporte de las piezas y en su manipulación durante la construcción de la escalera a consecuencia del mayor peso de las mismas. Por otro, el mayor consumo de material conlleva un mayor coste económico.

En síntesis, los resultados de este estudio han mostrado que la solución radial a pesar de poseer peldaños más cortos, no supone una reducción significativa del confort y de la seguridad de uso de la escalera y sin embargo es considerablemente más barata así como fácil de manejar. Esta última cuestión es por lo tanto la que condiciona fundamentalmente la elección de uno u otro esquema para la resolución del hueco interior.

Por todo ello puede concluirse que la disposición radial de los peldaños es la mejor solución a la escalera de caracol con ojo en base a criterios de confort/seguridad de uso y economía del trabajo. Esto era conocido por los maestros de la época y fue la razón que motivó una caída en desuso paulatina de las soluciones tangencial y no radial en favor de la solución radial.

En resumen, el análisis comparativo de los parámetros geométricos de la huella de cada módulo-peldaño resultante de cada solución, ha permitido identificar los puntos comunes de diseño así como las principales diferencias entre ellos. Gracias a lo cual, se han evidenciado las ventajas y desventajas que conllevan cada uno de estos diseños. En otras palabras, este estudio ha determinado el impacto que la resolución del hueco central tiene en el nivel de confort /seguridad y economía de estos diseños. Por lo tanto, esta investigación ha aportado datos útiles para entender por qué los esquemas no radial y tangencial no tuvieron el mismo impacto y su uso no se extendió de igual forma que el tradicional caracol con ojo de solución radial.

7ª Conclusión

La escalera de Santa Cruz: caso excepcional.

Tras el análisis sobre la geometría, configuración constructiva y estabilidad de la escalera de caracol localizada en el muro sur del Monasterio de Santa Cruz la Real, este trabajo ha puesto de manifiesto la excepcionalidad de la misma por tres motivos:

Por la singularidad de un diseño mecánicamente correcto.

La solución empleada para resolver el hueco central, en la que los peldaños se disponen tangencialmente al ojo que conforman, convierte al caracol de Santa Cruz en un modelo inusual en cuanto a su diseño, no solo en la Ciudad y Tierra de Segovia, sino en todo el territorio peninsular, donde son escasos los caracoles construidos de acuerdo a este patrón durante el periodo tardogótico.

A pesar del estado de ruina en el que se encuentra actualmente, este estudio ha demostrado que éste no se debe a un desacertado diseño –se trata por lo tanto de un diseño mecánicamente correcto–, ni fue motivado por otras causas físicas conocidas. La hipótesis más probable del origen de su estado actual, es la rotura intencionada de los peldaños durante alguno de los diversos periodos de guerra acaecidos durante la historia de la escalera –Guerra de la Independencia o la Guerra Civil–.

Por ser el único caracol con ojo atribuible hasta ahora a Juan Guas

Esta investigación ha demostrado que Juan Guas conocía esta novedosa tipología como consecuencia de su visita y trabajo en la Lonja de Valencia y la puso en práctica durante el periodo en el que trabajó en el monasterio. Esto convierte al caracol de Santa Cruz en el único caracol con ojo conocido hasta el momento atribuible a Juan Guas.

Por ser el primer caracol con ojo construido en el interior de la Península conocido hasta ahora.

Coetánea a la lonja de Valencia, el caracol de Santa Cruz construido entre 1484 y 1492, se convierte en el primer modelo de escalera de caracol con ojo

conocido hasta ahora, construido en el interior de la Península antes incluso de comenzar el s.XV. Esto supone que la difusión de esta tipología fue mucho más rápida de lo que inicialmente se ha afirmado.

8ª Conclusión

El texto de Fray Lorenzo: un hito importante en el estudio de la escalera de caracol.

Gracias a esta investigación se ha puesto de manifiesto la excepcionalidad del tratado de Fray Lorenzo, el cual fue considerado durante mucho tiempo como un tratado que no aportaba grandes novedades (Bonet 1989, 49). La singularidad del tratado viene dada por dos cuestiones fundamentales:

Por ser el único que incluye entre sus trazas el caracol de solución no radial

Por un lado, puede concluirse que se trata del primer y único tratado español que describe entre las trazas de caracol con ojo, la denominada solución no radial junto a la tradicional solución radial. Si bien no es una aportación original del autor – ya que como él mismo referencia, fue extraída del tratado de Andrea Palladio –, se trata de una gran novedad en el conjunto de los tratados españoles, incluso entre aquellos que referencian al tratadista italiano como fuente de conocimiento en el tema de los caracoles.

Por ser el primero en establecer el vínculo entre caracol y escalera

Por otro, puede determinarse su publicación en 1639 como origen de la vinculación del caracol y escalera. Este texto marca por lo tanto un antes y un después en la historia de la cantería española respecto a esta cuestión. Pues se trata del primer tratado español que rompe con la tradición y establece un claro vínculo entre caracol y escalera. Incluso puede afirmarse que dicha asociación se debe a la extraordinaria influencia de Andrea Palladio y de su tratado. Prueba de ello es el hecho que todos los textos en los que se identifica el caracol con la escalera –a excepción de Berruguilla –, citan explícitamente como fuente de conocimiento al tratadista italiano, quien ya consideraba en su tratado el caracol como una especial tipología de escalera de forma circular.

9ª Conclusión

El caracol con ojo propuesto por Tosca: copia de Caramuel.

Así mismo a la luz del estudio comparativo realizado se ha obtenido uno de los resultados más sorprendentes: la enorme coincidencia existente entre las trazas definidas por Caramuel y Tosca. Este hallazgo confirma que Tomás Vicente Tosca transcribió de forma casi literal el texto aclaratorio así como reprodujo de forma casi exacta el dibujo del caracol incluido en el tratado de Caramuel. Es llamativo que a pesar de esta enorme semejanza entre ambos tratados, Tosca omitiera cualquier referencia a Caramuel. No es la primera vez que esto ocurre. El profesor Navascués ya puso de manifiesto la obvia semejanza e incluso copia literal entre ciertas partes del tratado de Benito Bails y el tratado de Frezier, o incluso las enormes coincidencias entre Hernán Ruiz y famosos autores italianos como Alberti, o Serlio. En ambos casos los autores principales omitieron referenciar sus fuentes. Este nuevo caso entre Tosca y Caramuel, contribuye a demostrar lo habitual que dicha práctica llegó a ser, sobre todo durante el s.XVIII. Así mismo, evidencia la nula aportación de Tosca en el caso concreto del caracol con ojo.

10ª Conclusión

El caracol con ojo se empleó básicamente en construcciones emblemáticas.

Tras el análisis comparativo de los modelos construidos seleccionados, se pudo comprobar que aquellos que poseían el caracol con ojo se concentraban en la Ciudad: la iglesia del monasterio de Santa Cruz; y las capillas del Consuelo y la Concepción en la catedral. Este hecho puso de manifiesto que solo las construcciones más emblemáticas se permitieron el enriquecimiento de elementos destinados a un uso restringido como son los caracoles analizados. Esto puede atribuirse a la confluencia de dos circunstancias importantes:

- En primer lugar dichas construcciones contaban con célebres maestros reconocidos por su búsqueda constante de innovación.
- En segundo lugar, una importante financiación para poder llevarlos a cabo.

La confluencia de ambas circunstancias, maestros innovadores e importante financiación, favoreció el uso de trazas de mayor valor escultórico incluso en zonas de uso privado y por lo tanto poco transitadas.

Esta investigación aumenta nuestro conocimiento acerca de la escalera de caracol tardogótica, de forma que permite “discutirlas, explicarlas y comprenderlas” (Escrig & Pérez, 2004, contraportada), para poder llevar a cabo fundamentadas intervenciones sobre este elemento arquitectónico. Pero también, en esta tesis se ha podido comprobar cómo a lo largo de la historia de la construcción los criterios de diseño, confort/seguridad de uso y economía en el trabajo, se han mantenido firmes y constantes con el paso de los años. Este estudio ha confirmado que los antiguos maestros canteros se guiaban por los mismos principios básicos que los arquitectos del mundo moderno a pesar de los cinco siglos de diferencia existentes entre unos y otros.

La información recogida en esta tesis ha sido evaluada, sistematizada y organizada para su adecuada consulta. Para finalizar es importante señalar, que este trabajo no constituye solo un conjunto de datos, sino un sistema metodológico. Por consiguiente, esta tesis debe entenderse como un primer paso en una amplia tarea investigadora que se abre sobre este tema. Es decir, como una aproximación y marco teórico a futuras investigaciones.

INDICIOS DE CALIDAD

43. INDICIOS DE CALIDAD

Resultados y conclusiones obtenidos en este trabajo de investigación han sido difundidos a través de la publicación en revistas así como la presentación de ponencias tanto en congresos nacionales como internacionales:

- **Nexus Network Journal**

El artículo "The Tangent Solution to the Late Gothic Helical Staircase: A justified Oblivion" fue aceptado en diciembre de 2014 y publicado en marzo de 2015.

Esta revista (peer-reviewed) se centra en temas que relacionan la Arquitectura y las Matemáticas. Publicada trimestralmente, se encuentra indexada en el **JCR (Journal Citation Reports/Science Edition)**, así como otras bases de datos, como son Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Zentralblatt Math, Google Scholar, EBSCO, CSA, ProQuest, Academic OneFile, Arts & Humanities Citation Index, Avery Index to Architectural Publications, Current Contents/Arts and Humanities, Gale, MathEDUC, Mathematical Reviews, OCLC, SCImago, etc.

Referencia:

BENÍTEZ, P. and M. VALIENTE (2015). The Tangent Solution to the Late Gothic Helical Staircase: A justified Oblivion. *Nexus Network Journal* 17(2), 379-398.

- **IX Congreso Nacional y I Congreso Internacional Iberoamericano de Historia de la Construcción**

El libro de actas del congreso celebrado el pasado mes de octubre de 2015 recoge la ponencia "Fray Lorenzo de San Nicolás: el caracol con ojo de solución no radial". Dicha ponencia evidencia el carácter excepcional del tratado de este maestro, en cuanto al estudio de la escalera de caracol con ojo se refiere.

Referencia:

BENÍTEZ HERNÁNDEZ, P. y VALIENTE LÓPEZ, M. (2015, octubre) Fray Lorenzo de San Nicolás: el caracol con ojo de solución no radial (Segovia). En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primero Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, Segovia 13 al 17 de octubre de 2015 (por determinar). Segovia (España): Instituto Juan de Herrera.

- **Internacional Conference on Preservation, Maintenance and Rehabilitaion of Historic Buildings and Structures-REHAB 2014**

En Marzo de 2014 se presentó en dicho congreso, que tuvo lugar en Tomar (Portugal), la ponencia "From spiral to helical stairs: Santa Cruz la Real and Santiago Apóstol approaches", incluida en el libro de actas. En ella se pone de manifiesto la especial geometría que resuelve el ojo central de ambos ejemplos, en el que la tabica del módulo peldaño se dispone tangencialmente al hueco central que se va conformando.

Referencias:

BENÍTEZ, P. & M. VALIENTE (2014, marzo). From spiral to helical stairs: Santa Cruz la Real and Santiago Apóstol approaches. En *Proceedings of Rehab 2014-International Conference on Preservation, Maintenance and Rehabilitation of Historic Buildings and Structures* (pp.553-561). Tomar (Portugal): Green Lines Institute for Sustainable Development.

- **VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

En Octubre de 2013 se presentó en dicho congreso, el cual tuvo lugar en Madrid, la ponencia "Diseño y construcción del caracol de mallorca de la iglesia del monasterio de Santa Cruz la Real", incluida en el libro de actas. En ella se analiza los aspectos constructivos así como se estudia la estabilidad de la escalera de Santa Cruz.

Referencia:

BENÍTEZ, P. (2013, octubre). Diseño y construcción del caracol de mallorca de la iglesia del monasterio de Santa Cruz la Real (Segovia). En *Actas del VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. (1, pp.93-101) Madrid (España): Instituto Juan de Herrera.

FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

*Mucha gente pequeña en muchos lugares pequeños harán cosas pequeñas que
transformarán el mundo.*

(Leo Buscaglia)

44. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo ha puesto de manifiesto el desconocimiento que se tiene de la escalera de caracol con ojo, así como su gran interés. Es necesario ampliar la investigación si se pretende incrementar nuestro conocimiento respecto a ella y llevar a cabo intervenciones correctamente fundamentadas. Los resultados aquí obtenidos deben ser el punto de partida para investigación adicional que permita determinar:

Difusión en la Península

En primer lugar, sería interesante investigar cómo tuvo lugar la difusión de esta tipología a lo largo y ancho de la Península. Para ello debería llevarse a cabo un estudio similar en otras provincias españolas, es decir, ampliar paulatinamente los límites geográficos de la investigación. El análisis de los distintos modelos, sus características, autor y fecha de construcción permitiría establecer claramente los caminos y canales de difusión –escuelas, maestros, promotores, etc.–.

Etapas evolutivas

En segundo lugar, se necesitarían investigaciones adicionales para determinar definitivamente las etapas de su evolución a lo largo del tiempo. Para ello se deberían ir ampliando paulatinamente los límites temporales del estudio, y analizar las características de los modelos correspondientes a cada intervalo de tiempo establecido.

Clasificación en subgrupos de acuerdo a la geometría de la planta

Igualmente, un estudio más exhaustivo de modelos construidos permitiría por un lado confirmar la clasificación general establecida, y por otro ampliar y especificar aún más dicha clasificación mediante la determinación de subgrupos.

Identificación de escuelas

Otro posible área de investigación futura sería investigar los rasgos estilísticos de los modelos analizados. Su estudio permitiría ayudar a atribuir ciertas autorías así como a establecer escuelas, caracterizadas por el uso de un grupo determinado de rasgos.

Además se proponen como herramientas de ayuda a la investigación:

Creación de una base de datos abierta

Recordar que en muchos casos el único documento acerca de este tipo de escaleras es su propia huella en los planos del edificio en el que se encuentran. Estos son frecuentemente una representación simbólica de una escalera circular sin distinguir entre el caracol de husillo y el caracol con ojo. Por este motivo se hace imprescindible la visita a cada emplazamiento que se ajuste a los criterios geográficos, temporales y tipológicos establecidos. Dada la dificultad que esto supone a causa de la dispersión geográfica y dificultad de acceso a este tipo de elementos, se propone la creación de una amplia base de datos abierta a la participación ciudadana en la que se recojan la ubicación y características básicas de los caracoles localizados.

Esto facilitaría su localización e identificación para posteriormente proceder a su evaluación y análisis.

Creación de un inventario

Una vez analizados los caracoles identificados, se procedería a elaborar una ficha de síntesis que recogería la información elemental de cada uno de ellos. Con ello se crearía un inventario a semejanza del realizado en este trabajo. Este podría quedar organizado de acuerdo a criterios cronológicos, geográficos, e incluso por autor de las trazas, etc. El catálogo permitiría relacionar distintos aspectos formales de las escaleras y con ello poder obtener las conclusiones de futuros trabajos.

BIBLIOGRAFÍA

ARCHIVO DIGITAL UPM, [base de datos] Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Disponible en: <http://oa.upm.es/> [23 de noviembre de 2014]

BIBLIOTECA DIGITAL D'HISTÒRIA DE L'ART HISPÀNIC, [base de datos].

Barcelona: Biblioteca d'Humanitats. Departament d'Història del'Art i Musicologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en: <http://www.bib.uab.cat/human/bdhah/inici.htm> [23 de noviembre de 2014]

BIBLIOTECA DIGITAL. FUENTES PARA LA HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN, [base de datos]. Madrid: Sociedad Española de Historia de la Construcción

Disponible en: <http://gilbert.aq.upm.es/sedhc/index.htm> [23 de noviembre de 2014]

BIBLIOTECA DIGITAL HISPÁNICA, (2008) [base de datos]. Madrid: Biblioteca Nacional de España. Disponible en:

<http://www.bne.es/es/Catalogos/BibliotecaDigitalHispanica/Inicio/> [23 de noviembre de 2014]

COLECCIÓN DIGITAL POLITÉCNICA, [base de datos]. Madrid: Biblioteca de la Universidad Politécnica de Madrid Disponible en:

http://cdp.upm.es/exlibris/dtl/u3_1/dtle/www_r_spa/icon/presentacionCDP.html [23 de noviembre de 2014]

FONDO ANTIGUO DIGITAL. [base de datos] Madrid: Biblioteca Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Disponible en:

<http://www.aq.upm.es/biblioteca/fondoantiguo/fondo-antiguo.html> [23 de noviembre de 2014]

FONDOS BIBLIOGRÁFICOS Y AUDIOVISUALES, [base de datos]. Madrid: Biblioteca Fundación Caja de Arquitectos. COAM. Disponible en:

http://www.coam.org/portal/page?_pageid=33,1883341,33_1883368&_dad=portal&_schema=PORTAL [23 de noviembre de 2014]

FONDOS DIGITALIZADOS, [base de datos]. Sevilla: Biblioteca de la Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://fondosdigitales.us.es/> [23 de noviembre de 2014]

FONDO HISTÓRICO Y PATRIMONIAL, [base de datos]. Santiago de Compostela: Biblioteca de la Universidad de Santiago de Compostela. Disponible en:

<https://dspace.usc.es/handle/10347/12> [23 de noviembre de 2014]

GALLICA. BIBLIOTHÈQUE NUMÉRIQUE, (1997) [base de datos] Paris: Bibliothèque Nationale de France et Partenaires. Disponible en: <http://gallica.bnf.fr/> [23 de noviembre de 2014]

LES LIVRES D'ARCHITECTURE, [base de datos] Tours: Centre d'Etudes Supérieures de la Renaissance. Université François-Rabelais. Disponible en: <http://architectura.cesr.univ-tours.fr/Traite/index.asp?param=> [23 de noviembre de 2014]

Referencias bibliográficas

AGUIRRE, J. d. (c.1600). *Manuscrito de arquitectura y cantería*. Biblioteca Nacional de España.

ALBERTI, L. B. (1485). *De re aedificatoria*. Florence: Niccolo di Lorenzo.

ALBERTI, L. B. & F. LOÇANO (1582). *Los diez libros de arquitectura de Leon Baptista Alberto. Traducidos del Latin en Romance*. Madrid: Casa de Alfonso Gómez.

ALONSO RUIZ, B. (2000). Juan Gil de Hontañón en Segovia: sus comienzos profesionales. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 66, 153-162.

_____ (2003). *Arquitectura tardogótica en Castilla: los Rasines*. Santander: Universidad de Cantabria.

_____ (2009, mayo). The construction of the Cathedral of Segovia from Juan Guas to Juan Gil de Hontañón. En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, (vol.1, pp. 39-46). Cottbus (Germany): Nuenplus1

_____ (2015, octubre). El "normal entretenimiento" de la catedral de Segovia entre 1491 y 1509". En *I Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción (pp. por determinar)*. Segovia (España): Instituto Juan de Herrera.

ALSINA I CATALÁ, C. (2005). Los secretos geométricos en diseño y arquitectura.

APARICIO PASQUAL, Á. (2012). *El castell de l'illa de Cabrera*. Palma de Mallorca: Edicions Documenta Balear.

- ARNAU RAMOS, J. (2008). *Palladio 1508-2008. Una visión de la Antigüedad*. Valencia: TC Cuadernos. General de Ediciones de Arquitectura, S.L.
- AVILA, A. [et. al]. (1998). *El siglo de Renacimiento en España*. Tres cantos. Madrid: Ediciones Akal.
- AYUNTAMIENTO DE SEGOVIA (2006). Plan General de Ordenación Urbana de Segovia. Aprobación Inicial. Memoria Informativa-B suelo rústico.
- AZCÁRATE Y RISTORI, J. M. (1958) *La arquitectura gótica toledana del siglo XV*. Madrid: Instituto Diego Velázquez. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- _____ (2007). *Arte gótico en España*. Madrid: Cátedra.
- BAILS, B. (1783). De la Arquitectura Civil. En *Elementos de Matemáticas (Tomo IX, 1014pp.)* Madrid: D. Joaquín Ibarra.
- _____ (1802). *Diccionario de Arquitectura Civil*. Madrid: Viuda de Ibarra.
- BARBE-COQUELIN DE LISLE, G. (1973). El Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira y la estereotomía en España. En *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte. España entre el Mediterráneo y el Atlántico* (pp.226-232). Granada (España): Universidad de Granada.
- _____ (1977) *El tratado de arquitectura de Alonso e Vandelvira. Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés del autor*. Valencia, Albacete, Madrid: Confederación española de Cajas de Ahorro
- _____ (2004, octubre). Reflexiones metodológicas sobre la transcripción y la interpretación de un manuscrito de arquitectura inédito de principios del siglo XVIII: el cuaderno de Juan de Portor y sus avatares. En *Actas del XV Congreso Nacional de Historia del Arte (CEHA): Modelos, intercambios y recepción artística (de las rutas marítimas a la navegación en red) (2, pp.269-273)*. Palma de Mallorca (España): Universitat Illes Balears.
- _____ (2006, noviembre). Creatividad y sumisión al poder de la Iglesia: Juan de Portor y Castro y su Cuaderno de Arquitectura manuscrito. Un testimonio ejemplar (1798-1719). En *Actas de las XIII Jornadas Internacionales de Historia del Arte: Arte, Poder y Sociedad en la España de los siglos XV a XX* (pp.63-70) Madrid (España): CSIC

- BECKMANN, M. (2011). *The Column of Marcus Aurelius: The Genesis and Meaning of a Roman Imperial Monument*. United States: The University of North Carolina Press.
- BENDALA GALÁN, M. (2003). *Manual del arte español*. Madrid: Sílex Ediciones, S.L.
- BENÉVOLO, L. (1988). *Historia de la arquitectura del Renacimiento*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.
- BENÍTEZ, P. (2013, octubre). Diseño y construcción del caracol de mallorca de la iglesia del monasterio de Santa Cruz la Real (Segovia). En *Actas del VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. (1, pp.93-101) Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- BENÍTEZ, P. & M. VALIENTE (2014, Marzo). From spiral to helical stairs: Santa Cruz la Real and Santiago Apóstol approaches. En *Proceedings of Rehab 2014-International Conference on Preservation, Maintenance and Rehabilitation of Historic Buildings and Structures* (pp.553-561). Tomar (Portugal): Green Lines Institute for Sustainable Development.
- _____ (2015). The Tangent Solution to the Late Gothic Helical Staircase: A justified Oblivion. *Nexus Network Journal* 17(2), 379-398.
- _____ (2015, octubre) Fray Lorenzo de San Nicolás: el caracol con ojo de solución no radial (Segovia). En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primero Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, Segovia 13 al 17 de octubre de 2015* (por determinar). Segovia (España): Instituto Juan de Herrera.
- BLONDEL, F. (1675). *Cours d'architecture enseigne dans l'académie royale*. 5ª parte. Libro III. Paris: Lambert Roulland.
- BONET CORREA, A. (1989) Los tratados de cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII, XVIII. En *Boletín de la real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 69, pp.29-62
- BORK, R. (2011). *The Geometry of Creation: Architectural Drawing and the Dynamics of Gothic Design*. Surrey: Ashgate Publishing Limited.

- BOSARTE, I. (1804). *Viaje artístico a varios pueblos de España: con el juicio de las obras de las tres nobles artes que en ellas existe y épocas a que pertenecen*. (reimpresión 1978) Madrid: Turner.
- CABEZAS, L. (1994). Ichonographia, la fundación de la arquitectura. *EGA* 2: 82-94.
- CALVO LÓPEZ, J. (1998). Los trazados de cantería en la Teórica y práctica de fortificación de Cristóbal de Rojas. En *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pp.67-75). A Coruña (España): Instituto Juan de Herrera.
- _____ (2000). *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis en Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
- _____ (2003). *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Munillalería.
- _____ (2004). Estereotomía de la piedra. En *I Master de Restauración del Patrimonio Histórico* (pp.117-153). Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia.
- CÁMARA, A. (2014). Cristóbal de Rojas. De la cantería a la ingeniería. En *Ingenieros del Renacimiento* (pp.135-161) Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- CAMPBELL, J. W. P. & M. TUTTON (2014). *Staircases: History, Repair and Conservation*. New York: Routledge.
- CAMPOS SÁNCHEZ-BORDONA, M. D. (2003). *Los cuatro libros de arquitectura de Andrea Palladio. Traducidos del italiano al castellano por Juan de Ribero Rada; estudio introductorio, edición y notas*. León: Universidad de León; Junta de Castilla y León; Consejería de Cultura y Turismo.
- _____ (2012). Juan de Ribero Rada: intérprete e impulsor clasicista en la arquitectura monástica benedictina. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte*, 78, pp.19-44
- CARAMUEL LOBKOWITZ, J. (1678). *Arquitectura Civil Recta y Oblicua*. Vegeven., Imprenta Obispal por Camillo Corrado.
- CARREIRO OTERO, M. (2007). *El pliegue complejo. La escalera*. La Coruña: NETBIBLO, S.L.

- CARRERO SANTAMARÍA, E. (1999). La iglesia del monasterio de Santa Cruz la Real de Segovia a fines del siglo XV: una confluencia de modelos de la arquitectura tardogótica castellana. En *Anuario de la Universidad Internacional SEK*, 5, 77-98.
- CARVAJAL ALCAIDE, R. (2011, octubre). Estructura y singularidad del Cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro (1708-1719). En *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. (1, pp.211-220) Santiago de Compostela España: Instituto Juan de Herrera.
- _____ (2011). Stairs in the Architecture Notebook of Juan de Portor y Castro: An insight into Ruled Surfaces. *Nexus Network Journal* 13(3), 631-648.
- CASASECA CASASECA, A. (1988). *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría 1500-Segovia 1577)*. Salamanca: Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social.
- CASTRO SANTAMARÍA, A. M. (1994). Un error de Llaguno que se arrastra hasta nuestros días: la supuesta visita a la Catedral de Segovia de los maestros Álva, Covarrubias, Egas y Bigarny en 1529. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría de Arte* (U.A.M.) V, pp.109-120.
- CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA (1852). "Real Orden de 9 de Diciembre de 1852, por la que se determinan las tablas de correspondencia recíproca entre las pesas y medidas métricas y las actualmente en uso (Diccionario jurídico-administrativo. Madrid 1858)." Disponible en: <http://www.cem.es/sites/default/files/00000458recurso.pdf> [12 de febrero de 2014]
- CHUECA GOITIA, F. (1999). *La catedral de Valladolid*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- CHUECA GOITIA, F. et. al. (2001). *Historia de la arquitectura española: Edad moderna y contemporánea*. Volumen 2. Madrid: Fundación Cultural Santa Teresa; COAM.
- COLMENARES, D. d. (2005). *Historia de la insigne ciudad de Segovia y compendio de las historias de Castilla*. Valladolid: Maxtor Librería.
- COOPER, E. (1991). *Castillos señoriales en la Corona de Castilla*. Salamanca: Universidad de Salamanca.

- CORTÁZAR, D. (1891). *Descripción física y geológica de la provincia de Segovia*. Madrid: M. Tello.
- CORTÓN DE LAS HERAS, M.T. (1997) La construcción de la catedral de Segovia (1525-1607). Segovia: Caja de Ahorros y Monte de Piedad
- COULTON, J. J. (1977). *Ancient Greek Architects at work: problems of structure and design*. London: Cornell University Press.
- CRUZ ISIDORO, F. (2001). *Alonso de Vandelvira (1544-ca1626/7): tratadista y arquitecto andaluz*. Sevilla: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- CTE- SUA: Código técnico de la edificación Documento básico de seguridad de utilización y accesibilidad (2010). RD 173/2010
- DE L'ORME, P. (1567). *Le premier tome de l'Architecture*. Paris: F. Morel.
- DÍAZ MORENO, F. (1995). Tratados españoles de arquitectura en el fondo antiguo de la Universidad Complutense. *Anales de Historia del Arte*, 5, 189-203
- _____ (2003). *Fray Lorenzo de San Nicolás: Arte y uso de Architectura. Edición anotada*. Tesis en Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid.
- _____ (2004). Fray Lorenzo de san Nicolás (1593-1679). Precisiones en torno a su biografía y obra escrita. *Anales de Historia del Arte*, 14, 157-180
- DÍEZ HERRERO, A., L. LAIN HUERTA, J.F. MARTÍN-DUQUE, N. SACRISTÁN, F. VICENTE RODADO (2010). *A todo riesgo IV. Convivir con los desastres geológicos cotidianos. Guión de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2010*. IGME, UCM, IE Universidad y UNED, Madrid.-Segovia.
- ESBERT, R. M., J. ORDAZ, F. J. ALONSO & M. MONTOTO (1997). *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Barcelona: Col·legi Oficil d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- ESCRIG PALLARES, F. & J. PÉREZ VALCÁRCEL (2004). *La modernidad del gótico: seis puntos de vista sobre la arquitectura medieval*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones.

- ESCUELA TALLER DE RESTAURACIÓN "CENTRO HISTÓRICO DE LEÓN" (1993). *Guía práctica de la cantería*. León: Escuela Taller de Restauración de León, Ayuntamiento de León, INEM.
- FIDLER, H. (1891). *Notes on Building Construction*. London and New York: Longmans, Green and Co.
- FORT GONZÁLEZ, R. (2005). Utilización de la Piedra Natural en Restauración. En *Utilización de rocas y minerales industriales. Seminario de la Sociedad Española de Mineralogía* (Vol.2, pp.155-182). Alicante (España).
- FOSTER, J. S. (2013). *Structure & Fabric 1*. Mitchells Building Series. New York: Routledge.
- FRANKL, P. (2002). *Arquitectura Gótica*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- FRÉZIER, A. (1737-1739). *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voutes et autres parties des batiments civil & militaires, ou Traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture*. Strasbourg: J. D. Doulsseker.
- GAMBÚS SAIZ, M. (1989). De l'art de picapedrer" de Joseph Gelabert: un testimonio literario de la arquitectura mallorquina del siglo XVII. *Mayurqa: revista del Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts II* (22), 777-785.
- GARCÍA ARES, J. A. (1999). *Estabilidad de las escaleras de óculo central o de Mallorca*. G. Crespo and I. Javier. Madrid: E.T.S.A.M.
- _____ (2007). Un enfoque para el análisis límite de las escaleras de fábrica helicoidales. En *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (vol.1. pp.335-344). Burgos (España): Instituto Juan de Herrera, Ministerio de Fomento, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX.
- GARCÍA BERRUGUILLA, J. (1747). *Verdadera practica de las resoluciones de la geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto achitecto: con una total resolución para medir, y dividir la planimetría para los agrímesores...su autor el Maestro Juan García Berruguilla, el Peregrino*. Madrid: Imprenta de Francisco Lorenzo Mojados.

- GARCÍA MELERO, J. E. (2012). *Literatura española sobre artes plásticas / 1: Bibliografía aparecida en España entre los siglos XVI y XVIII*. Madrid: Encuentro.
- GARCÍA, S. (c1681-1683). *Compendio de architectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometría recoxido de dibersos autores naturales y estrangeros por Simón García, architecto natrual de Salamanca*. Biblioteca Nacional de España.
- GELABERT, J. (1977). *Vertaderas traçes del art de picapedrer...: de l'art de picapedrer*. Palma de Mallorca: Diputació Provincial de Balears.
- GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, J. L. (2000, noviembre). Los estudios científico-técnicos en el proceso de la restauración monumental. Estado de la cuestión. En *Actas de la I Biennal de la Restauració Monumental* coord. Por M. Díez y A. González (pp.131-139). L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona): Diputació de Barcelona.
- GUARDIA, A. d. (c.1600). *Manuscrito de arquitectura y cantería (sobre ejemplar Di Battista Pittoni pittore vicentino anno MDLXVIII Imprese di diuersi prencipi, duchi, signori, e d'altri personaggi et huomini letterati et illustri con alcune stance del Dolce che dichiarano i motti di esse imprese)*. Biblioteca Nacional de España.
- HERNÁNDEZ, A. (1947). Juan Guas: maestro de obras de la Catedral de Segovia (1472-1491). En *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA*, 13, 57-100.
- HERRERO GARCÍA, M. L. (1999). Dos intervenciones del arquitecto Pedro de Brizuela: Restauración de la iglesia de San Pedro de los Picos, de Segovia. Obra en la iglesia del convento de Santa Cruz, de Segovia. *Estudios Segovianos*, XLII 99, 365-378
- HEYMAN, J. (1995). *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera; CEHOPU; CEDEX.
- _____ (1999). *El esqueleto de piedra: mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera; CEHOPU; CEDEX.
- _____ (2001). *La ciencia de las estructuras*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- _____ (2004). *Análisis de estructuras. Un estudio histórico*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

- HOAG, J. (1985). *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*. Móstoles (Madrid): XARAIT EDICIONES.
- HUERTA FERNÁNDEZ, S. (2001). *Informe sobre la restauración de la escalera prioral de la Colegiata de San Isidoro de León*. Madrid, Departamento de Estructuras de Edificación. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
- _____ (2005). Mecánica de las bóvedas de fábrica: el enfoque del equilibrio. *Informes de la Construcción* 56 (496), 73-89.
- _____ (2013). *La construcción de las bóvedas góticas según Rodrigo Gil de Hontañón, arquitecto de la catedral de Segovia. Segovia, su catedral y su arquitectura. Ensayos en homenaje a José Antonio Ruiz Hernando. P. Nacascués Palacio and S. Huerta Fernández*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTÓRICO (2011). Recomendaciones técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales, Consejería de Cultura. Junta de Andalucía.
- JIMENEZ MARTÍN, A. et al. (2006). *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Investigación.
- LARRAÑAGA, M., A. BERMÚDEZ, F. EGAÑA, M. ARROBA and J. G. BIRLANGA (2005). Arte e historia en Santa Cruz la Real de Segovia. *Oppidum*, 1: 143-198
- LEHMANN, G. y B. ENGLEMAN (1933). *Der Zweckmassigste Bau einer Treppe*. Arbeitsphysiologie 6
- LEÓN PADILLA, A., G. ORTEGA GONZÁLEZ y E. RUEDO QUERO (2006). Aproximación bibliográfica a la vida y obra de Vandelvira. *Elucidario: Seminario bio-bibliográfico Manuel Caballero Venzalá* (1), 419-462.
- LEÓN TELLO, F. J. & M. V. SANZ SANZ (1994). *Estética y teoría de la arquitectura en los tratados españoles del siglo XVIII*. Madrid: CSIC Press.
- LODEIRO PÉREZ, J. M. (2010). Documentación gráfica del Patrimonio. Ministerio de Cultura, Secretaría General Técnica
- LÓPEZ DÍEZ, M. (2005). Judíos y mudéjares en la Catedral de Segovia (1458-1502). *Espacio, Tiempo y Forma. Hª Medieval*, 18, 169-184.

- LLORENTE TABANERA, M. J. (1961). *El convento de Santa Cruz*. Segovia: Instituto Diego de Colmenares.
- MARTÍNEZ DE ARANDA, G. (1986). *Cerramientos y trazas de montea. Manuscrito c. 1600*. Madrid: CEHOPU.
- MAZARRASSA MOWINCKEL, O. & F. FERNÁNDEZ HERRERO (1988). *Mazarrassa. Maestros canteros y arquitectos de Trasmiera*. Santander: Colegio Oficial de Arquitectos de Cantabria.
- MERINO DE CÁCERES (1991) La catedral de Segovia: metrología y simetría de la última catedral gótica española. En *Anales de la Historia*, 3, 5-26
- MORENO ALCALDE, M. (1990). *La arquitectura gótica en la Tierra de Segovia*. Segovia: Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia.
- MÁS GUINDAL, A. (2005). La concepción estructural de la fábrica en la arquitectura. *Informes de la construcción*, 56 (496), 3-12
- NAVAMUEL, F. J. (1752). *Cueva de Santo Domingo en Segovia, mystica Jerusalem y sagrario Calvario del Patriarcha Santísimo*. Madrid.
- NAVASCUÉS, P. (1974). *El libro de Arquitectura de Hernán Ruiz el Joven. Estudio y edición crítica*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- _____ (1980). Reflexiones sobre Palladio en España. En J. Ackerman *Palladio*. Madrid: Xarait Ediciones.
- _____ (1983). *Elementos de matemática: De la Arquitectura Civil. Estudio Crítico*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.
- _____ (2010). *Catedrales de España*. Barcelona y Madrid: Lunweg.
- NEUFERT, E. (2013). *Arte de proyectar en arquitectura (Bauentwurfslehre)*. Barcelona: Gustavo Gili, S.L.
- PALACIO GONZALO, J. C. (1986) Intervención y Convención en las técnicas constructivas del Renacimiento Español (estereotomía renacentista del Tratado de Vandelvira). Tesis en Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
- _____ (2003). *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Munillalera.

PALLADIO, A. (1570). *I quattro libri dell'architettura di Andrea Palladio, ne' quali, dopo un breue trattato de' cinque ordini, e di quelli auertimenti, che sono piu necessarij nel fabricaresi tratta delle case private, delle vie, de i ponti, dellepiazze, de i xisti et de'tem*. Venetia: Domenico de Franceschi.

_____ (1625). *Libro primero de la Arquitectura de Andrea Palladio. Que trata de cinco órdenes para fabricar y otras advertencias. Traducido del Toscano al Castellano por Francisco de Praves, Arquitecto y Maestro mayor de Su Majestad*. Valladolid: Ivan Lasso.

_____ (1797). *Los Cuatro Libros de Arquitectura de Andrés Paladio, Vicentino. Traducidos e ilustrados con notas por Don Joseph Francisco Ortiz y Sanz*. Madrid: Imprenta Real. Siendo regente D. Pedro Julián Pereyra.

PALLADIO, A. & J. DEL RIBERO RADA (1578). *Los cuatro libros de arquitectura*. Biblioteca Nacional de España.

PENA BUJÁN, C. (2007). *La Arquitectura civil recta y oblicua de Juan Caramuel de Lobkowitz en el contexto de la Teoría de la Arquitectura del siglo XVII*. Tesis en Historia del Arte. Universidad de Santiago de Compostela.

POLO SÁNCHEZ, J. J. (2004). El modelo "Hallenkirchen" en la arquitectura religiosa del norte peninsular: el papel de los trasmeranos. En *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*, (pp.189-235) Zaragoza: Institución Fernando el Católico, Diputación de Zaragoza.

PORTOR Y CASTRO, J. (1708). *Cuaderno de Arquitectura*, Biblioteca Nacional de España.

QUADRADO NIETO, J. M. (2007). *Segovia: recuerdos y bellezas de España*. Valladolid: Editorial Maxtor.

RABASA DÍAZ, E. (2000). *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Ediciones Akal.

_____ (2007). *Guía Práctica de la Estereotomía de la piedra*. León: Editorial de los Oficios.

- _____ (2007, junio). De l'art de picapedrer (1653) de Joseph Gelabert, un manuscrito sobre estereotomía que recoge tradiciones góticas y renacentistas. En *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, comp. por M. Arenillas, F. Bueno, S. Huerta and C. Segura. (pp.745-754) Burgos (España): Instituto Juan de Herrera, SEHC, CEHOPU
- _____ (2011). *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert titulado Verdaderas traças del Art de picapedrer: transcripción, traducción, anotación e ilustración del texto y los trazados*. Palma de Mallorca: Col·legi Oficial d'Arquitectes de les Illes Balears y Fundación Juanelo Turriano.
- RAMÍREZ BLANCO, M. J. (1999). La Lonja de Valencia y su conjunto monumental. Origen y desarrollo constructivo. Evolución de sus estructuras. Sinopsis de las intervenciones más relevantes: siglos XV al XX. Tesis en Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia.
- REINOSO ROBLEDO, L. (1985, junio). Introducción al gótico tradicional. Su aplicación en Segovia. En *Actas del Simposio Nacional del C.E.H.A.*, Segovia (España): Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia.
- ROJAS, C. (1598). *Teórica y práctica de la fortificación, conforme a las medidas y defensas estos tiempos, repartida en tres partes...por el Capitán Chistoval de Rojas...; dirigida al Príncipe nuestro señor don Felipe III*. Madrid: Luis Sánchez.
- ROMERO GARCÍA, R. E. *Medidas antiguas españolas. Breve compendio de las medidas antiguas utilizadas en las diferentes regiones y provincias españolas*. Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/13/43/a43.pdf> [12 de febrero de 2014]
- ROMERO MEDINA, R. (2006). Un cantero tardogótico de posible ascendencia cántabra en Castilla: maestro Pero de Cubillas (1496-1525). *Laboratorio de Arte*, 19, 49-66.
- RUIZ "EL JOVEN", H. (c.1560). *Libro de arquitectura*, Biblioteca Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- RUIZ BARBARIN, A., L. MALDONADO & A. HERNÁNDEZ (2012). *Setenta escalones. La escalera en el tiempo y en el espacio*. Madrid: Fundación Caser.

- RUIZ HERNANDO, J. A. (1994). *La catedral de Segovia*. León: Edilesa
- _____ (2003a). *La catedral de Segovia en el Barroco. Las catedrales españolas del Barroco a los Historicismos*. Murcia: Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones: 213-246.
- _____ (2003b). *Las trazas de la catedral de Segovia*. Segovia: Diputación Provincial de Segovia.
- SAN NICOLÁS, F. L. d. (1639). *Arte y Uso de Architectura. Compuesto por Fr. Laurencio de S Nicolas, Agustino Descalço, Maestro de obras*. Madrid.
- _____ (1665). *Segunda parte del Uso y Arte de la Architectura*. Madrid.
- SANJURJO ÁLVAREZ, A. (2007, junio). El caracol de Mallorca en los tratados de cantería españoles de la Edad Moderna. En *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción* coord. por M. Arenillas, F. Bueno, S. Huerta (pp. 835-845) Burgos (España): Instituto Juan de Herrera : Ministerio de Fomento, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX.
- _____ (2009). Historia y Construcción de la escalera de caracol: el baile de la piedra. En *El arte de la piedra: Teoría y práctica de la Cantería*. (pp.233-277) Madrid: CEU ediciones.
- _____ (2010). Otra mirada a la historia de la construcción de nuestras catedrales: los caracoles de piedra y su evolución. *SEMATA, Ciencias Sociais e Humanidades*, 22, 555-566
- _____ (2013). Experimentación geométrica y constructiva en piedra: algunos casos especiales de escaleras de caracol. *Informes de la construcción*, 65: 35-48.
- SANTAMARÍA LANCHO, M. El cabildo catedralicio de Segovia como aparato de poder en el sistema político urbano durante el siglo XV. *Studia Historica. Historia Medieval*, 8, 57-77.
- SCHMITT, H. (1978). *Tratado de construcción*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.
- SIEMCALSA. Estudios geológicos y desarrollo minero (2001). *La piedra en Castilla y León*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

SERLIO, S. (1552). *Tercero y cuarto Libro de Architectura de Sebastia Serlio Boloñes. En los cuales se trata de las maneras de cómo se puede adornar los edificios con los ejemplos de las antigüedades. Agora nuevamente traducido de Toscano en Romanace Castellano por Francisco de Villalpando Architecto*. Toledo: Casa de Iván de Ayala.

SOCIEDAD DE INVESTIGACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA DE CASTILLA Y LEÓN(2008). *La piedra natural en Castilla y León*. Domenèch e-learning multimedia, S.A.

TAMBORERO DEL PINO, J. M. (1996). NTP-404:Escaleras fijas. Ministerio de Trabajo Y Asuntos Sociales. Instituto Nacional de la Seguridad Social e Higiene en el Trabajo.

TELLIA, F. (2011, octubre). El tratado de estereotomía de Joseph Ribes, 1708. En *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción* comp. por S. Huerta, I. Gil y M. Taín . (pp. 1413-1420) Santiago de Compostela (España): Instituto Juan de Herrera.

TEMPLER, J. (1994a). *The Staircase: History and Theories*. United States of America: MIT Press.

_____ (1994b). *The Staircase: Studies of Hazards, Falls and Safer Design*, United States of America: MIT Press.

TOSCA, T. V. (1712). *Compendio mathemático: en que se contienen todas las metrias mas principales de las ciencias que tratan de la cantidad que compuso...Thomas Vicente...presbitero de la Congregación del Oratorio de S. Felipe Neri de Valencia*. Valencia: Vicente Cabrera.

VALENZUELA MONTALVO, E. M. (1998, octubre). Evolución de las escaleras desde la antigüedad. En *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción* coord. por F. Bores, J. Fernández, S. Huerta y E. Rabasa (pp.489-497) A Coruña (España): Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de A Coruña.

VANDELVIRA, A y GOITI (1646). *Libro de cortes de cantería de Vande Elvira, arquitecto; sacado a la luz y aumentado por Philipe Lázar de Goiti, arquitecto,...* Biblioteca Nacional de España.

- _____ (1671). *Exposición y declaración sobre el tratado de Cortes de Fabricas que escrivio Alonso de Vandelvira...por Bartolomé de Sómbrigo y Salcedo*. UPM, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (E.T.S.A.M.).
- VICENS PEDRET, A. M. (2005). *Escaleras*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
- VIGNOLA (1562). *Regola delli quincue ordini d'architettura*. Roma.
- VIGNOLA (1593). *Regla de los cinco ordenes de architectura de Iacome de Vignola. Agora de nuevo traduzido de toscano en romance por Patricio Casexi*. Madrid: Patricio Caxesi.
- VITRUVIO (1582). *M. Vitruvio Pollion de architectura, dividido en diez libros, traduzidos de Latin en Castellano por Miguel de Urrea*. Alcalá de Henares: Juan Gracián.
- VITRUVIO POLION, M. (2010). *Los diez libros de la arquitectura*. Colombia: Universidad de Antioquía.
- WEISE, G. (1953). *Die spanischen Hallenkirchen der Spätgotik und der Renaissance*. Tübingen: Kunsthistorisches Institut der Universität.
- ZARAGOZA CATALÁN, A. (2004). *Arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana.