

«Troneras a regla» según Alonso de Vandelvira: trazado y geometría

María Aranda Alonso

Technische Universität Dresden, Alemania

Resumen

Las «troneras a regla» constituyen un pequeño apartado apenas estudiado, dentro del tratado «Libro de traças de cortes de piedras» del ubetense Alonso de Vandelvira. De entre las cuatro trazas que lo componen, las dos «troneras a regla torre cavada y redonda» llaman especialmente la atención. La estrategia geométrica seguida para hacer posible su traza obliga a variar la forma originaria de su intradós. Los métodos utilizados para desarrollar estas troneras aparecen también en otros títulos del tratado, pero no tienen las mismas consecuencias. En este artículo se busca entender algunas de las características del uso de esta transformación a través de la reproducción de las trazas que recurren a ella y su reinterpretación gráfica. Recurriendo a la misma metodología también se ha comparado su desarrollo con el de otros casos propuestos en el tratado.

Abstract

Linteled embrasures (or «troneras a regla») are described in a small section within the treatise «Libro de traças de corte de piedras» by the Andalusian Alonso de Vandelvira that has not yet been studied. Among the four examples that contain this chapter, the two «troneras a regla torre cavada y redonda» (linteled embrasures in a concave-round tower) attract special attention. The particular geometric strategy used to trace them forces to vary the original shape of its intrados. The methods used to resolve these embrasures also appear in other titles of the treatise, but they do not have the same effect there. This article seeks to understand the characteristics of this transformation from the reproduction of the process explained by Vandelvira and its graphic reinterpretation. Using the same methodology, its development has also been compared with those of other proposed examples in the treatise.

A excepción del breve capítulo de Palacios en su libro «Trazas y cortes de cantería del Renacimiento español» y los análisis de Ricardo García Baño en su tesis doctoral sobre el manuscrito 12686 de la Biblioteca Nacional, la existencia de las troneras ha pasado totalmente desapercibida en el estudio de la traza y el corte de piedra. Por este motivo la presente autora pretendió introducirlas en la discusión científica con el artículo «Reflexiones sobre la geometría, concepción y desarrollo de las troneras en el “Libro de traças de cortes de piedras” de Alonso de Vandelvira» publicado en las Actas del Undécimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción (Aranda Alonso 2019)¹.

En él se evaluaron únicamente las características geométricas generales de las troneras concebidas a partir de arcos de medio punto en sus frentes. Las conclusiones de aquella investigación mostraron que esa tipología, tal y como la plantea el arquitecto Alonso de Vandelvira en su compendio, tenía una presencia casi única en la historia de la tratadística. Su particularidad recaía principalmente en que se concebían a partir de un cono oblicuo cuya desviación se producía en el eje vertical. De esta manera la generatriz coincidía con una porción del eje que marcaba el cambio de cota entre los dos frentes. Esta concepción de la tronera más sencilla equivale a la geometría de la trompa «en viaje» girada 90° (Aranda Alonso 2019, 73-74). Sin embargo, el rasgo determinante es que entre sus variaciones este elemento admite también una segunda oblicuidad reali-

zada en horizontal como la del resto de elementos «en viaje» que aparecen en el tratado.

Debido a su forma, ninguna de esas troneras se puede trazar rápidamente a partir del desarrollo del cono. Se tiene que recurrir al método de «capialzar en cruz» ya usado previamente en el tratado en las «decenas de cavas» y en algunas trompas y arcos. Vandelvira hace referencia al procedimiento en la «tronera primera» (fol. 36v)². Este sistema consiste en obtener las plantillas del intradós para cada dovola a partir de la ubicación de los vértices de dicho intradós en el plano donde se proyecta todo su perímetro. Para ello se utilizan las diagonales entre los vértices de esa superficie en su longitud verdadera. La validez de este método es independiente de que el cono tenga una oblicuidad simple o doble.

En este artículo se van a matizar algunas particularidades de ese grupo de troneras con arcos, pero principalmente se quiere entrar a valorar las denominadas por Vandelvira «a regla». Desde el punto de vista de la concepción geométrica ese conjunto de casos contiene también algunos aspectos destacables.

Para conseguir este objetivo se ha recurrido a la relectura de las aclaraciones incluidas por el autor ubetense prestando atención a cada movimiento del compás y sus consecuencias en el volumen final del elemento que se está trazando. La representación y reinterpretación de esos procesos a partir de dibujos bidimensionales y tridimensionales permite comparar los desarrollos con otros casos.

EL CAPÍTULO DE LAS «TRONERAS A REGLA»

Los títulos que engloban este subcapítulo del tratado son cuatro: la «tronera a regla capialzada» (fol. 40r.), la «tronera a regla en viaje» (fol. 40v.-41r.), la «tronera a regla torre cavada y redonda» (fol. 41v.-42r.) y la «tronera a regla en torre cavada y redonda en viaje» (fol. 42v.- 43r.)³.

La representación de su traza se compone exactamente de los mismos elementos que la de los casos con frente en arco de medio punto. Como se ve en la figura 1, de arriba abajo, aparecen: el frente inferior trasero, la planta, la montea o alzado del cambio de cota, el frente superior y directamente adosado a él, el desarrollo de las plantillas de intradós con sus saltarreglas. Sólo la ubicación de estas últimas diferencia la composición de la traza usada en las troneras a regla con respecto a la que aparece en otros elementos, como las «decendas» o capialzados, o la que usan otros autores.

A mayores se observa que la escala de la representación de los cuatro casos es considerablemente más grande que la de otros títulos del tratado y apenas deja espacio para los textos. Esto se produce en ambas copias ya que las trazas comparten las mismas proporciones⁴.

En lo que respecta a la geometría que desarrolla su intradós, hay una clara diferenciación en dos aparta-

dos dentro de este subcapítulo: los dos primeros títulos poseen una superficie plana mientras que los dos segundos desarrollan sorprendentemente una forma cónica (Aranda Alonso 2019, 72). Esta diferencia no es recogida por Palacios en su libro sobre cantería renacentista ya que éste se concentró únicamente en la «tronera a regla capialzada» del folio 40r (Palacios 1990, 96-97).

Para entender como ocurre la transformación se debe comenzar por comprender la configuración de la «tronera a regla» en sus variantes más simples.

Geometría y traza de las «troneras a regla» con intradós plano

La «tronera a regla capialzada» y su variante «en viaje» surgen a partir de delimitar un plano inclinado, correspondiente al intradós, con cuatro planos verticales. Más correcta es aún su definición si se describe como una superficie reglada generada por el desplazamiento de una recta a lo largo de otras dos situadas a diferente altura y posteriormente delimitada por dos planos verticales convergentes entre sí.

La resolución de la traza de esta propuesta geométrica básica es sencilla⁵. A partir del traspaso de las longitudes de los frentes y un par de triangulaciones se puede obtener el trapecio que contiene

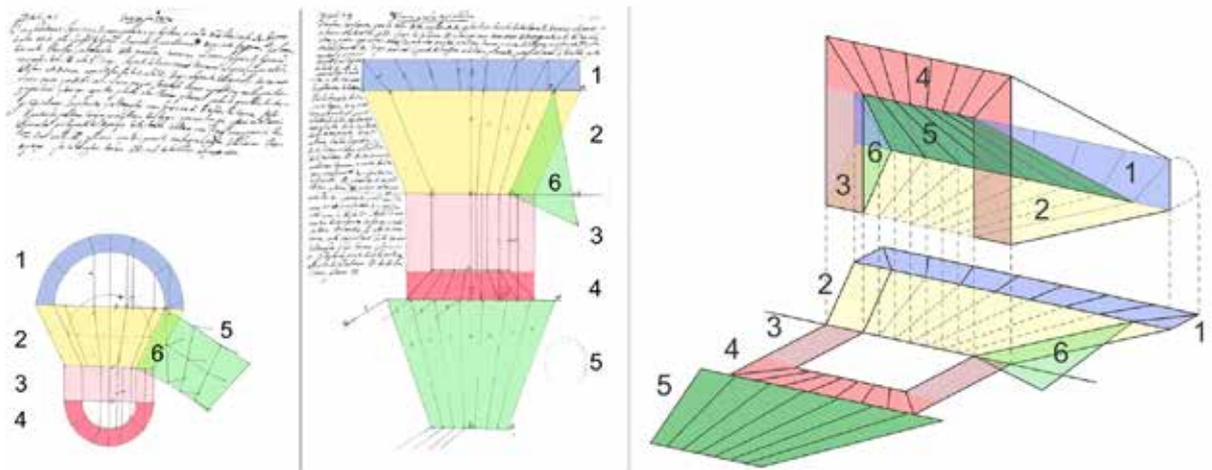


Figura 1. *Izquierda*: «Tronera primera» (fol. 36v.); *centro*: «Tronera a regla capialzada» (fol. 40r.); *derecha*: Representación en perspectiva sobre la traza de la «tronera a regla capialzada» (fol. 40r.) con sus respectivos elementos: (1) frente inferior trasero; (2) planta; (3) la montea o alzado del cambio de cota; (4) frente superior; (5) desarrollo de las plantillas de intradós; (6) «piedra del elegimiento».

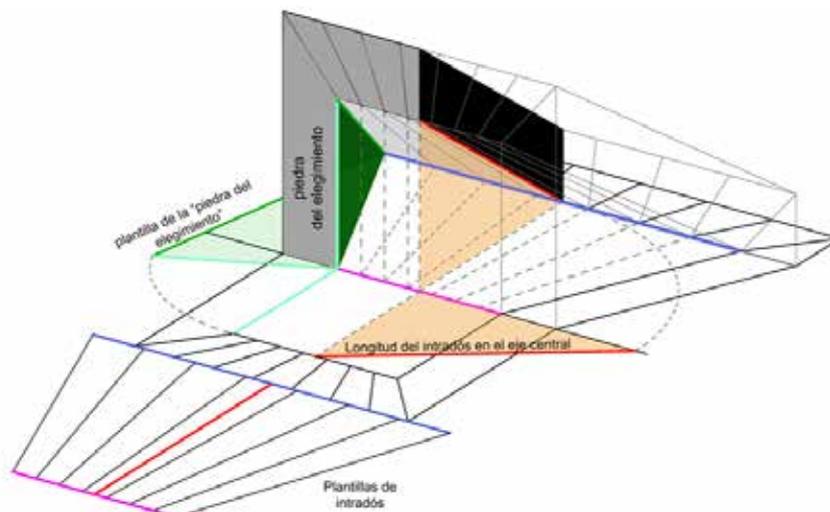
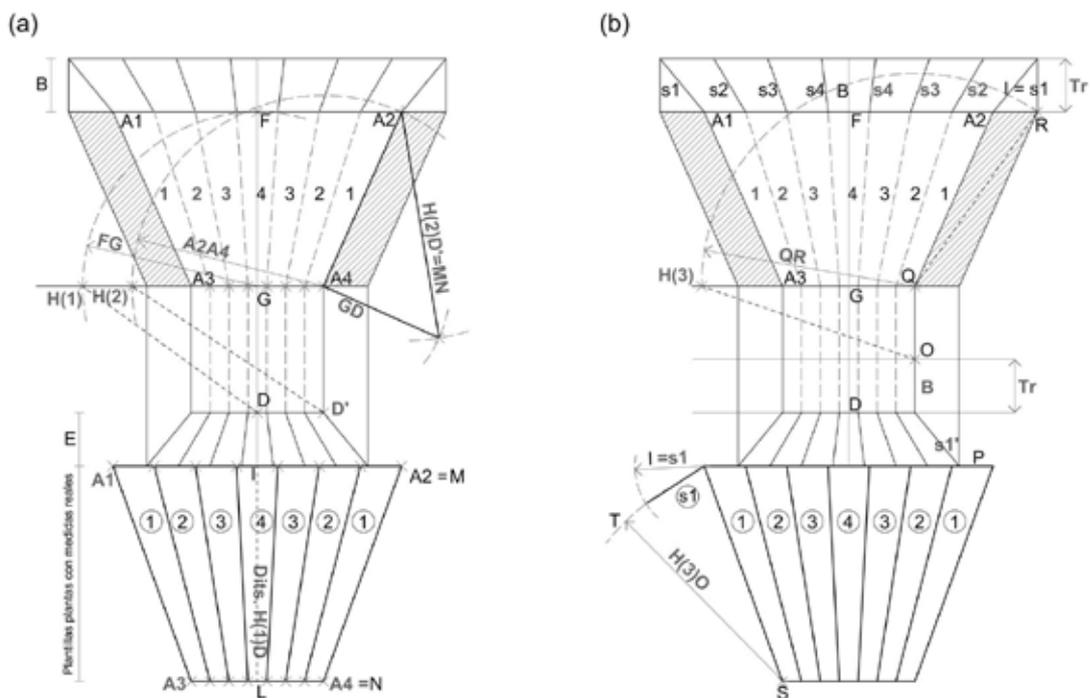


Figura 2. Representación en perspectiva de la construcción del «trapezio» con las plantillas de intradós y la «piedra del elegimiento» para la «tronera a regla capialzada» (fol. 40r.).



“[...] y para capialzar todas las plantas juntas pondrás la una punta del compás en el punto F. y la otra en el punto G.; luego mudarás la punta del compás a la línea plana H. y capialzarás la decenda y este tanto pondrás de puntos que es lo que hay de la I. a la L. y en estas dos líneas M. y N. trazarás las planas de la traza;”

“[...] las saltarreglas de la parte baja se capialzan al punto o. que es el otro de la decenda menos el alto de la tardosa; las de esa otra parte se capialzan todo lo que hay de la línea plana a lo alto de la tardosa P.; de esta manera pondrás la una punta del compás en el punto Q. y la otra en el punto R. y mudarte has a la línea plana H. y capialzarás hasta la O. y con esto pondrás la una punta en el punto S. y con la otra harás la cercha T. y desde la esquina de la planta echarás un alto de la tirantez I. [...]”

Figura 3. (a) Construcción del trapezio con las plantillas de intradós y la «piedra del elegimiento» para la «tronera a regla capialzada» (fol. 40r.). (b) Traza de la primera saltarregla para el frente inferior según las indicaciones de Vandelvira.

todas las plantillas de intradós y la «piedra del elegimiento» que asegura la inclinación del elemento⁶. La obtención de las saltarreglas es menos automática, porque se tienen que «capialzar en cruz» más dimensiones, pero tampoco plantea problemas (Figura 2-3)⁷.

La ubicación de las plantillas en la parte inferior de la lámina se produce para facilitar la traza. De esta manera, la corrección del proceso está garantizada rápidamente. Si por el contrario se realizase a partir de la hipotenusa de la «piedra del elegimiento», como ocurre en las «decendas», el tracista se encontraría con ciertos problemas para determinar el ángulo entre las aristas de los lados cortos y largos. No obstante, como se verá más adelante en la traza de los capialzados, esto puede solucionarse capialzando más medidas.

Correcciones volumétricas de las «troneras en torre cavada y redonda»

Bajo la lógica de otros elementos arquitectónicos, como el arco y las trompas cónicas, las «troneras a regla» con frente en «torre cavada y redonda» partirían del caso estándar y serían seccionadas por dos

cilindros verticales en una dirección y dos planos verticales convergentes en otra. Sin embargo, esto daría lugar a un elemento que nada tiene que ver con lo que expone Vandelvira. Concebido de esa manera el intradós seguiría correspondiendo a un plano, pero la construcción tendría una forma extraña. Al producirse la intersección los alzados dejarían de ser adintelados y como consecuencia, existiría una cierta inestabilidad del conjunto especialmente en el apoyo trasero. Por este motivo es necesario realizar una serie de adaptaciones y aproximaciones geométricas para que el frente y el soporte posterior vuelvan a ser adintelados (Figura 4).

Para conseguirlo los dinteles superior e inferior y sus particiones tienen que ser proyectados sobre las superficies verticales cilíndricas que configuran los frentes «en torre cavada y redonda». Esta concepción implica que el intradós no pueda ser determinado inicialmente por el tracista asociándolo a una figura geométrica concreta, sino que éste va a surgir como resultado de la transformación producida en los frentes. En este caso, como se parte de dos líneas curvas con diferente radio ubicadas a diferente altura se va a obtener una superficie que podría asimilarse a una porción de tronco cónico oblicuo. La directriz de la base corresponde a la circunferencia de la torre re-

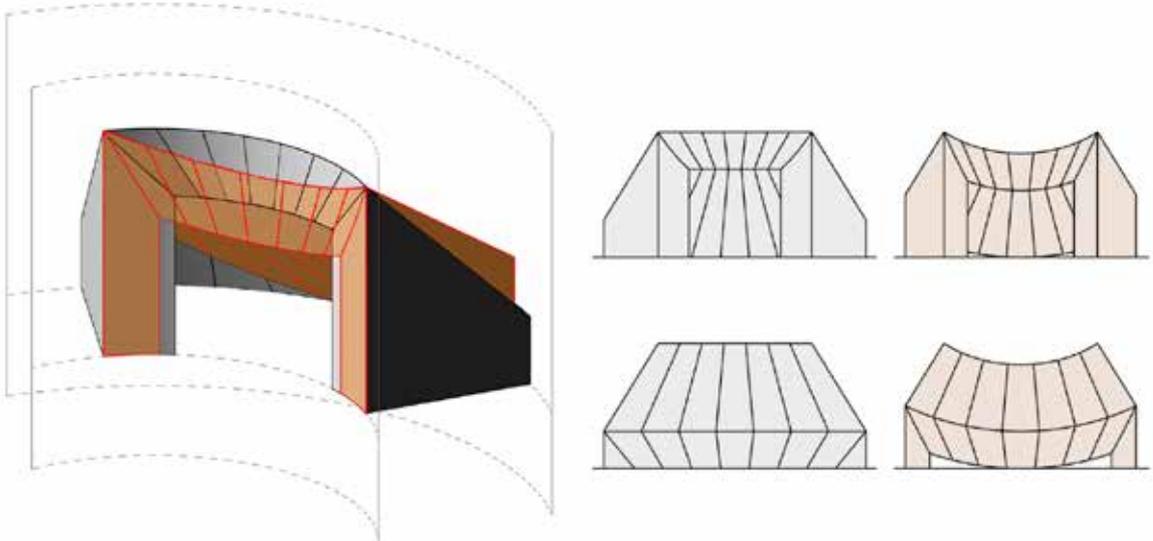


Figura 4. *Izquierda*: Representación en perspectiva de la «Tronera a regla torre cavada y redonda»: en gris: forma final tras la adaptación geométrica realizada por Vandelvira, en naranja: volumen obtenido si la «Tronera a regla capialzada» según el folio 40r. es intersecada por dos cilindros verticales. *Derecha*: Alzados frontales y posteriores de ambas posibilidades.

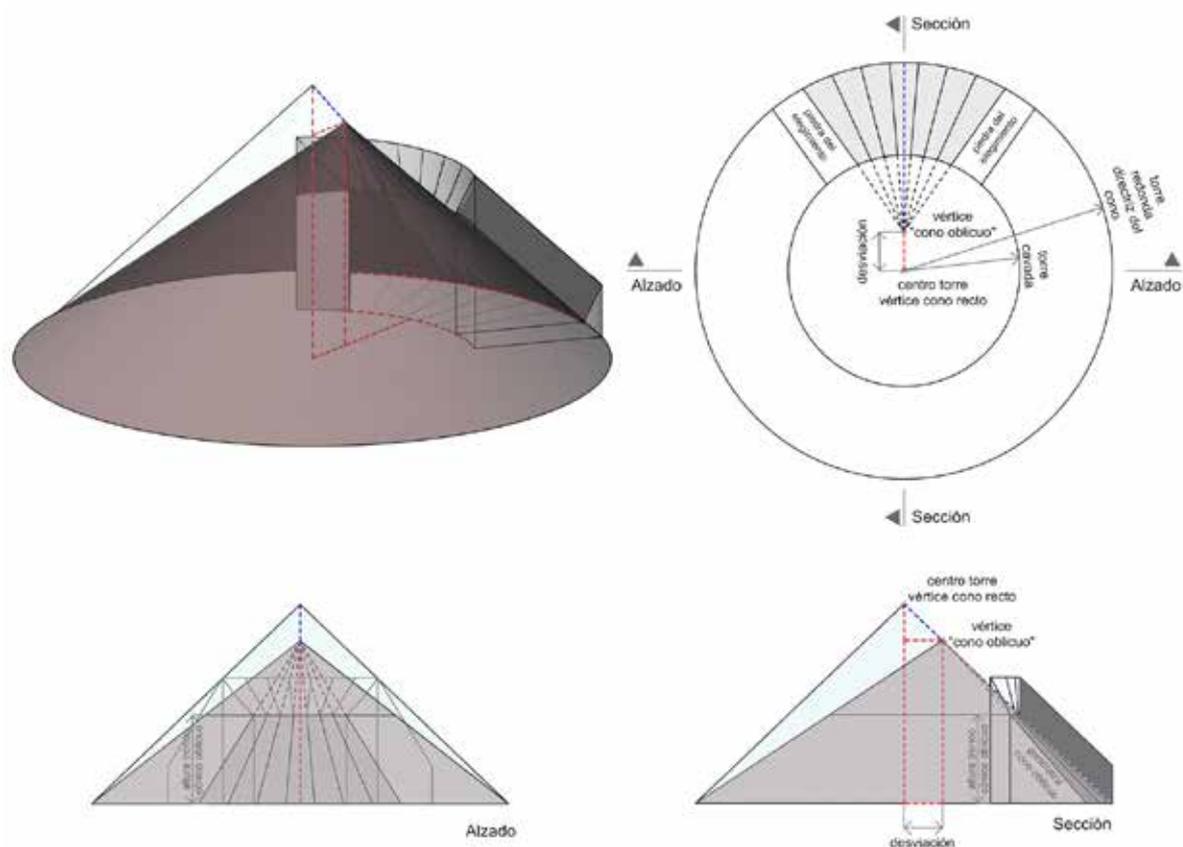


Figura 5. Perspectiva, planta, alzado y sección de la «tronera a regla torre cavada y redonda» con el cono oblicuo en granate al que puede asimilarse el desarrollo de su intradós. En discontinua: la distancia de la desviación del vértice del cono. En azul: el cono recto que casi contiene el cono oblicuo del intradós

donda y la altura del tronco cónico a la «decenda». Una parte de la generatriz coincide con la arista recta interior de la «piedra del elegimiento» que conecta con el intradós (Figura 5).

Llamativo es que, independientemente de que se trate de la «tronera a regla» simétrica sin viaje delimitada por una torre con frentes concéntricos, la geometría no se aproxime a un tronco de cono recto. Cuando a un cono recto se le interseca a partir de dos planos verticales que no coinciden con sus generatrices entonces se generan secciones curvas y como ya se ha dicho la arista entre el intradós y la «piedra del elegimiento» es una recta. Esa aproximación a un cono oblicuo queda prácticamente contenida en el cono recto que se formaría usando como generatriz la prolongación del eje central del intradós de la tronera. La desviación del cono oblicuo será mayor o me-

nor en función del resto de los parámetros que definen el elemento.

Esta tronera y su variante «en viaje» constituyen por lo tanto los dos únicos elementos en todo el tratado cuya geometría de trasfondo es similar a la de un cono colocado con la altura en posición vertical.

Este proceder basado en una proyección inicial es exactamente el mismo que aparece por primera vez en las cinco trompas expuestas en el tratado entre los folios 10v. y 12v. En ellas la forma del intradós se desvincula de la figura del cono geométrico. Se construye directamente extruyendo a un punto la curva alabeada procedente de la proyección del arco sobre los planos verticales de la pared. Este grupo de trompas fueron poco diferenciadas y destacadas por Vandelvira. A primera vista su percepción formal es la misma que la del resto, sin embargo, pro-

porcionaban la posibilidad al tracista de diseñar trompas más amplias⁸.

Vandelvira sigue usando este método basado en la proyección del alzado inicial sobre una superficie para todas las «decendas» y troneras que se desarrollan «en esquina y rincón», «en torre redonda y cavada» e incluso en la «tronera que guarda bóveda»⁹. Lo curioso es que en ningún momento se hacen referencias específicas al hecho de que con este sistema se produce una corrección formal para facilitar la traza y la talla¹⁰. Esta aclaración quizás no era demasiado relevante para los casos nombrados arriba puesto que las «decendas» siguen transmitiendo una espacialidad cilíndrica y las troneras con frentes de arco una cónica. Sin embargo, en las «troneras a regla en torre cavada y redonda» la figura geométrica del elemento originario se ve sustituida por otra y su percepción espacial varía. ¿Fue quizás éste el motivo por el que esta propuesta no se encuentra construida?¹¹

De forma generalizada la utilización de este método es muy fácil de reconocer. En las trazas en las que se recurre a él, la cimbra que acompaña a la declaración sólo se deforma horizontalmente con respecto al alzado, mientras que las medidas verticales lógicamente son las mismas¹². La excepción la representan las dos «troneras a regla en torre redonda y cavada». En ellas no parece que una cimbra que muestre el desarrollo de su frente curvado sea necesaria pues no han sido halladas¹³.

Esa proyección del alzado sobre las superficies curvas frontales pasa desapercibida también en el desarrollo de la traza. Su realización no se lleva a cabo al inicio del proceso sino sólo una vez que se ha obtenido parte del desarrollo del intradós.

La traza de las «troneras en torre cavada y redonda»

En las «troneras a regla» con frente recto el conjunto de plantillas se incluía dentro de un trapecio (Figura 2-3). En estas «troneras en torre cavada y redonda» dos de los lados de ese «trapecio» van a ser curvos y se trazan con los mismos radios de las circunferencias de la planta. La «A», directriz del cono, procede de la curva «B» en planta, la parte más ancha e inferior de la tronera. La que contiene el punto «D», corresponde a la delimitación superior del tronco cónico y es equivalente a la «C». La distancia a la que se encuentra la una de la otra se ha hallado capialzando

el recorrido de la superficie a lo largo del eje central. A partir de esta característica se percibe que no se trata de un cono recto porque de serlo, ambas curvas serían de nuevo concéntricas (Figura 6a).

La delimitación de la longitud de esas dos curvas se produce simultáneamente a su partición en las porciones necesarias para obtener la plantilla para cada dovela. Las medidas para su realización se toman de las curvas de la planta a partir del eje central. Previamente se han trasladado sobre ellas las ubicaciones de las juntas de los frentes tirando plomos desde las monteas. En palabras de Vandelvira: «... y en estas dos cerchas trazarás las plantas con el tanto del ancho de las cabezas de la planta como las demás de atrás» (Figura 6b).

El proceso por lo tanto se parece bastante al caso con frentes planos a pesar de desarrollar una superficie de intradós parecida a la de un cono oblicuo. En otros elementos que se conciben directamente a partir de un cono oblicuo, como las trompas «en viaje» y «despiezadas», se tenían que capialzar varias medidas para cada plantilla. De hecho, es así como debe procederse para obtener las saltarreglas también en este caso. Además, por el cambio de radio entre los frentes, las de un lado no pueden ser trazadas paralelas a las del otro. También es importante pensar en proyectar la posición del punto medio de la junta sobre las curvas de la planta para poder dibujar las saltarreglas con la convexidad adecuada.

Que los frentes vuelvan a ser adintelados tiene colateralmente otros beneficios: la «piedra del elegimiento» puede concebirse con una forma más regular si el alzado ha sido proyectado sobre las superficies que generan la intersección. De esta manera las aristas de los lados estrechos son horizontales y los frentes pueden tallarse sencillamente «robando» en vertical el volumen sobrante. Esta característica es más evidente en los elementos con frentes en arco de medio punto que en los adintelados.

Tal y como Vandelvira ha dibujado los extremos del dintel, las «piedras del elegimiento» de las «troneras a regla torre cavada y redonda» también se aprovecharían de esta adaptación formal. Sin embargo, es una solución poco factible por la presencia de esquinas puntiagudas. La fusión de esa última parte del dintel con la «piedra del elegimiento» mejoraría su constructibilidad y consecuentemente la corrección de la forma no tendría efecto alguno en esa dovela¹⁷.

El título de la «tronera a regla en torre cavada y redonda» se complementa con la representación de un

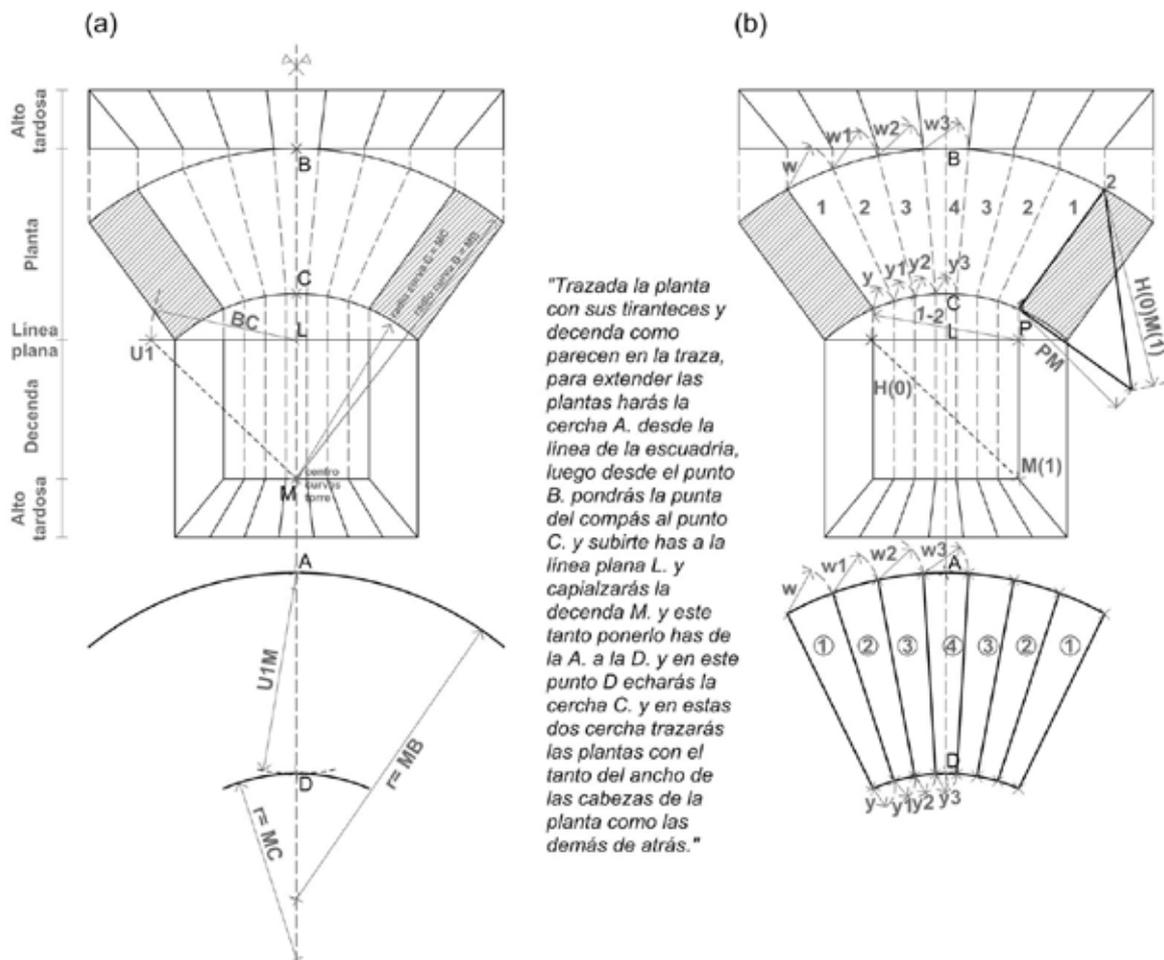


Figura 6. (a) Traspaso de las curvaturas de la planta al desarrollo del «trapecio» que contiene las plantillas y capialzo de la longitud del intradós en su eje central. (b) Proyección de las juntas de la monte a las curvas de la torre en planta y traspaso de las distancias al desarrollo de las plantillas.

elemento también en «decenda» para cerrar la parte inferior de la construcción. Su desarrollo únicamente variaría en la adaptación de la distancia entre la posición de las dos curvaturas si la inclinación es diferente a la de la zona superior. Esto implica que las dovelas que lo conforman tienen también una disposición de las juntas en planos verticales. Esta configuración sorprende al lector ya que debido a la carencia de explicaciones no queda completamente claro si esta representación se debe tomar sólo como una alternativa a la del folio 41r. con juntas horizontales.

En este folio también hay otros aspectos que se dejan a la libre elección del tracista. Por ejemplo, en

el alzado incluido se ha omitido la representación de las juntas. Consideramos que una inclinación como la de su parte superior no sería en este caso necesaria porque estáticamente las dovelas no están expuestas al mismo tipo de esfuerzo. Diseñarlas en vertical facilitaría también la talla (Figura 7).

DIFERENCIAS EN EL DESARROLLO DE LAS «TRONERAS A REGLA» Y LOS «CAPIALZADOS A REGLA»

Para cerrar este estudio sería conveniente también comparar las «troneras a regla» con los «capialzados

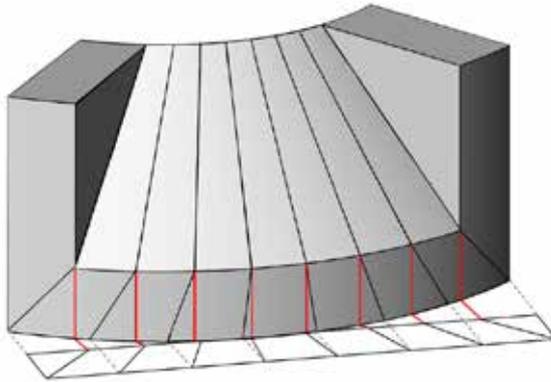


Figura 7. Representación en perspectiva de la parte inferior de la «tronera a regla en torre cavada y redonda». En rojo las juntas verticales en el frente que podrían sustituir a las inclinadas trazadas según la parte superior.

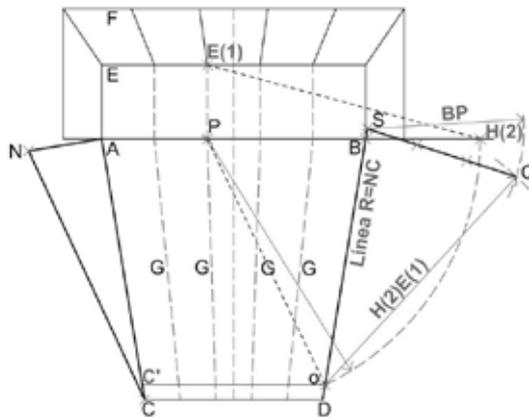
a regla» ya que, aparte de que a primera vista se parecen considerablemente, Vandelvira los introduce consecutivamente en la secuencia didáctica. Palacios (1990, 87; 97) denominó a las «troneras a regla» en

su conjunto «capialzados en decenda». Esta asimilación no es sin embargo demasiado idónea si se valoran en profundidad todas las características de ambos elementos.

En el tratado hay dos tipos de capialzados, aquellos con ambos frentes adintelados «a regla» y aquellos que sustituyen uno, el frontal, por un arco. Los que interesan aquí, los primeros, desarrollan un intradós plano y necesitan también «piedras del elegimiento» para generar la diferencia de cota. Los segundos aprovechan el peralte del arco para generar el desnivel y se constituyen como una superficie reglada conoide.

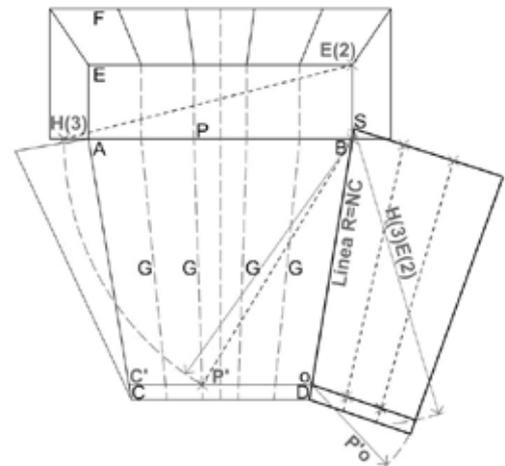
Según García Baño la diferencia entre las troneras y los capialzados recae en que el frente de menor anchura se ubica en las troneras en la zona más elevada y en los capialzados en la parte inferior (García Baño 2017, 315)¹⁸. Esta hipótesis queda justificada en los planteamientos iniciales de las trazas de Vandelvira¹⁹. Lo que no es tan obvio es por qué la primera «tronera a regla» recibió también el apo-

(a)



"para sacar las plantas extendidas pondrás la una punta del compás en el punto O. y la otra en el punto P. y teniendo queda la punta del compás del punto P. mudarás la otra punta a la línea plana y capialzarás lo que hay de la P. a la línea E. y con este tanto pondrás la una punta del compás en el punto O. y con la otra harás la cercha Q. y luego alargarás la línea R., que sea tan larga como la línea de la piedra del fundamento, como parece de la N. a la C.; la cual se alarga en el punto S.; luego tomarás lo que hay de la P. a la B. y echarlo has de S. que cruce con el punto y cercha Q.; llevarás una línea la cual dividirás en tres partes como está la planta hasta la clave;"

(b)



"a la parte baja harás en cruz otro tanto, capialzando por la misma orden que se capialzó la parte alta y con estas tres plantas se labrará este capialzado por no ser de viaje"

Figura 8. Representación del capialzo de medidas para obtener el perímetro del trapecio que contiene los tipos de plantillas de intradós necesarios en el «capialzado a regla».

do «capialzada». A mayores, según la representación en el tratado, los capialzados disponen en la parte más baja de una quicialera, una superficie destinada a contener el ancho de puertas y ventanas que no se presenta en las troneras²⁰.

Son tres las variantes de «capialzado a regla» que aparecen en el «Libro de traças de cortes de piedras», aunque están divididas en cuatro títulos porque la manera de realizar particiones en el primer caso se muestra separadamente: el «capialzado a regla y su despiece» (fol. 43v.-44v.), el «capialzado a regla en viaje» (fol. 45r.) y el «capialzado a regla en torre cavada» (fol. 45v.)²¹.

Las plantillas de intradós se obtienen en todos estos casos también conjuntamente a partir del desarrollo de un trapecio. La diferencia con respecto a las troneras es que ahora el perímetro tiene que delimitarse triangulando las medidas de las diagonales por ubicarse vinculado a la planta y no separado del resto de la traza. En el caso «capialzado a regla» del fol. 44r. Vandelvira decidió dibujar únicamente la mitad de la superficie del intradós por-

que es simétrico. El tiempo dedicado a la traza hubiera sido el mismo si se hubiera representado entero, la única ventaja de la reducción es el ahorro de espacio en el papel o en el suelo de trazas si éste escasease (Figura 8).

Particularidades del «capialzado a regla en torre cavada»

Cuando se analiza el caso «en torre cavada» del folio 45v. se observan otras diferencias relevantes en el planteamiento con respecto a la tronera. El primero es que la «torre cavada» que aparece en la planta se traspasa con exactamente el mismo radio al trapecio de las plantillas. Geométricamente esto significa que las plantillas equivalen a la parte restante del plano inclinado del intradós que queda tras producirse un corte a través de un cilindro vertical, circunstancia que se había evitado en el caso de las troneras (Figura 9a)²².

La intersección provoca que la línea recta del dintel se convierta en una curva porque en el centro el

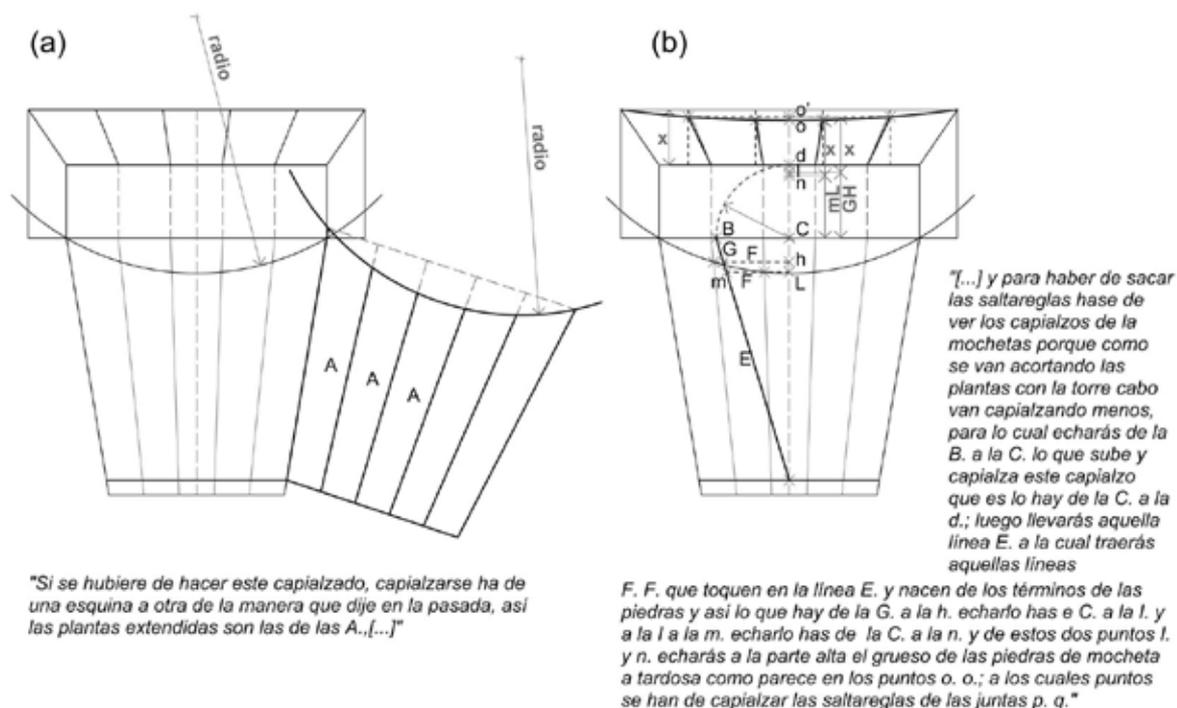


Figura 9. (a) Traspaso de la curvatura de la planta al «trapecio» que contiene todas las plantillas de intradós para el «capialzado a regla en torre cavada» (fol. 45v.). (b) Localización en la monteja de los puntos para proceder a la corrección de las curvas del alzado tras la intersección de la torre cavada.



Figura 10. Alzado del «capialzado a regla»: a) forma geométrica intacta después de la intersección de un plano inclinado con un cilindro vertical; b) corrección de la forma del extradós en los extremos (Vandelvira ca. 1575-1591, fol. 45v.); c) corrección del extradós para facilitar la vinculación con el paramento vertical donde se coloca (Portor y Castro 1708-1719, fol. 41r, 45r. [nº lápiz]).

corte se produce en una zona más baja que en los laterales. En el intradós la curvatura es continua y ordenada, sin embargo, en el extradós se produce una ligera anomalía correspondiente a la posición de las «piedras del elegimiento» (Figura 10a).

La regularización de esta imperfección va a ser especialmente importante para la traza de las saltarreglas. Vandelvira sólo utiliza la corrección obtenida en la monte para el extradós mientras que en la zona del intradós la alteración está contemplada en la plantilla. Esta alteración pasa totalmente desapercibida ya que sólo la nomenclatura y la declaración advierten de su presencia (Figura 9b).

Martínez de Aranda no desarrolló el «capialzado cuadrado en torre cavada a regla» de la misma manera que Vandelvira (Martínez de Aranda ca. 1598-1608, 139-142). El efecto final va a ser sin embargo el mismo porque tomó las medidas del frente para la saltarregla tal como aparecen en la monte. Según Calvo López, Aranda «...fuerza a la superficie del intradós a pasar por un arco de círculo horizontal...» (Calvo López 1999, III: 54). La propuesta planteada por el arquitecto dieciochista Portor y Castro parece querer corregir los problemas de la conexión superior de la arista cóncava del extradós con el resto del paramento del muro que aparecen en Vandelvira. Sólo la arista del frente del intradós se proyecta abombada en la monte (Portor y Castro 1708-1719, fol. 41r, 45r. [nº lápiz]) (Figura 10b, 10c).

El segundo aspecto distinguido de esta traza es que la «torre redonda» ha sido eliminada (ya desde el planteamiento del título). Su presencia únicamente implicaría problemas al tracista. Realizar una sección con el método visto para el frente provocaría una parte trasera que no puede apoyarse uniformemente.

Una adaptación de la forma como la vista en la «trонера a regla» sólo funciona si tiene lugar en ambos frentes. De realizarse la adaptación sólo en el frente inferior entonces se obtiene algo parecido a un cono de seccionado por una curva vertical cilíndrica: en la parte inferior, en el plano horizontal, se encontraría la directriz curva y en la superior la recta (antes de ser seccionada). Es decir, un planteamiento similar al de otros capialzados con frente en arco, pero con los elementos básicos de configuración girados y reordenados en otros planos.

CONCLUSIÓN

Trazas como las de las «troneras a regla en torre cavada y redonda» en la secuencia didáctica del tratado demuestran que la mayoría de los títulos incluidos por Vandelvira tenían una lógica en el aprendizaje.

Aunque en un primer momento todo el repertorio de elementos «a regla» pueda parecer sencillo de resolver, su presencia amplía el abanico de herramientas con las que el tracista podía adaptar la geometría según le interesase. Con ello no sólo facilitaban la talla posteriormente, sino que además podían mejorar las cualidades físicas y estructurales del artefacto pétreo. Las numerosas particularidades que iban siendo resueltas en cada propuesta permiten ejercitar la traza y tomar consciencia a la vez de pequeños detalles que garantizaban la precisión de la forma en algunos casos.

La «trонера a regla torre cavada y redonda» y el correspondiente capialzado se unen a la lista de ejemplos que demuestran que las aproximaciones con las que trabajaban los canteros en el siglo XVI eran completamente eficientes a pesar de no desarrollar formas geométricas concebida estrictamente como se pretendió en el siglo XIX.

NOTAS

1. Los análisis contenidos en este artículo forman parte de la Tesis Doctoral de la autora, dirigida por Prof. Bruno Klein en la Facultad de Filosofía de la Technische Universität Dresden.
2. Se ha tomado este nombre porque Vandelvira utiliza continuamente el verbo *capialzar* para referirse a la acción de obtener medidas reales. La expresión «*capialzar en cruz*» aparece en el título 39 de la «*decenda de cava en rincón y esquina*». En la copia de Sombigo se tuvo la intención de referenciar directamente una traza concreta, pero finalmente las páginas no fueron transcritas: «*capialzarás las plantas y saltarreglas como dije en la decenda de cava hojas [¿?]*». Goiti terminó su frase con la «*decenda de cava*» sin cita.
3. En el ejemplar atribuido a Sombigo conservado en la biblioteca de la Facultad de Arquitectura de Madrid existe un desorden de los folios 41 y 42. Ambos componen un bifolio y, en una reencuadración posterior, fueron plegados en la dirección contraria.
4. A pesar de ello la composición parece algo más ordenada en la copia de F. L. Goiti porque el tamaño del folio es más amplio (42,2 x 29,3 cm) que el de B. Sombigo (35,5 x 24 cm). Como este procedimiento de traspaso de medidas se ha registrado en la mayoría de los títulos del tratado se ha podido concluir que, para facilitar y agilizar el trabajo, sus autores trasladaron directamente las medidas del manuscrito a partir del que realizaron su ejemplar (Aranda Alonso 2018, 146-148).
5. La resolución del mismo elemento arquitectónico se encuentra en los manuscritos Mss/ 12686 (Alviz ca. 1/2 s. XVI, fol. 14) y Mss/ 12744 (fol. 30) de la Biblioteca Nacional. El desarrollo del primero ha sido analizado por R. García Baño. Este investigador ha observado que el proceso es algo más tedioso en ese manuscrito por la separación de las plantillas (García Baño 2017, 324-335).
6. La morfología de la palabra tanto en Sombigo como en Goiti es siempre «*eligimiento*». Suponemos que se trata de una deformación del verbo «*elegir*». A esta pieza se le podría denominar también *salmer*.
7. Para facilitar el seguimiento del proceso, en las figuras de este artículo en las que se ha reproducido el desarrollo de Vandelvira, la nomenclatura está en negro si aparece en la declaración y en gris si ha sido añadida por la autora.
8. Vandelvira las introdujo en medio de la serie interrumpiendo la sucesión de todas las que estrictamente parten de un cono. Su presencia es rara en la tratadística. El desarrollo de algunas de ellas sólo aparece en los tratados de J. Ribes (1708, «*pechina en esquina escarzana*» fol. 232-233); J. Portor y Castro (1708-1719, «*pechina en torre redonda*» fol. 28v/33v.; «*pechina en torre redonda en viaje*» fol. 22v. y «*pechina en torre cavada*» fol. 21v.) y en el Ms. 12744 («*pechina en torre redonda*» fol. 6v. y «*pechina en torre cavada*» fol. 8v.).
9. «*Decenda de cava en rincón y esquina*» (fol. 30v.-31r.); «*decenda en torre cavada y torre redonda*» (fol. 33v.-34r.); «*tronera que guarda bóveda*» (fol. 37v.); «*tronera (completa) en torre redonda y cavada*» (fol. 38v.); «*tronera en rincón y esquina*» (fol. 40v.).
10. En el caso concreto de la «*tronera en torre cavada y redonda*» de los folios 41v.-42r. la declaración general es por sí misma muy escueta. La de su variante en viaje inexistente.
11. No se ha localizado ningún ejemplo lo cierto es que, como ocurre en general con las troneras, por su forma pasan bastante desapercibidos. Tampoco aparece reproducido en ningún tratado (ni manuscrito ni publicado).
12. *Cimbra* es el término usado para denominar el desarrollo del alzado de un elemento cuyo frente no corresponde a un único plano vertical frontal.
13. En la «*tronera en torre redonda y cavada*» del fol. 38v. tampoco se ha representado la cimbra. En este caso el arquitecto se ha ahorrado el trabajo porque la traza no se ha resuelto. Simplemente se ha incluido para indicar cómo debe procederse a la colocación de las partes de tratarse de una tronera completa. El uso del método de la proyección del alzado en la superficie frontal se puede reconocer también en la forma de la «*pedra de elegimiento*» pues el cateto vertical corresponde a la altura total que desciende la tronera.
14. La utilización como referencia del eje central es especialmente importante en el caso de la «*tronera en torre cavada y redonda en viaje*». El traslado de las medidas de la planta a partir de él va a asegurar que el viaje se traspase a las plantillas correctamente. La comparación de las plantillas obtenidas por el método de Vandelvira y las obtenidas a partir de un modelo 3D manifiestan pequeñas diferencias en las dimensiones, especialmente de las laterales.
15. A pesar de la sencillez del método son numerosos los tachones que aparecen en el desarrollo, especialmente en el caso «*en viaje*» de la copia de F. L. de Goiti.
16. Que las saltarreglas de un lado pueden ser paralelas a las de otro es obvio en muchas decendas, troneras e incluso en los despieces de las trompas. Vandelvira sin embargo no suele decirlo y traza todas con el compás. García Baño también advirtió esta peculiaridad en el Manuscrito 12686 de la Biblioteca Nacional (García Baño 2017, 329). Esto se debe probablemente a que la realización de paralelas no es un sistema muy factible a gran escala en un suelo de trazas. Sólo al final de la declaración de la «*tronera primera*» del folio 36v. se hace mención al hecho de manera muy pasajera: «... los despieces y las saltarreglas vayan a trainel de la cabeza».
17. Así es como se plantean los «*capialzados a regla*» que van a ser analizados a continuación.

18. García Baño también unificó el estudio de las troneras y los capitalzados en un único capítulo de su tesis doctoral (García Baño 2017, 312-457).
19. En esta afirmación se dejan de lado los cambios de la orientación de la inclinación según la función de la tronera que Vandelvira propone en el folio 36r.: «si son para luces, que se tracen de manera, si fuere posible, que gocen del cielo, y si son para fortalezas que miren y guarden aquella parte que más necesaria fuere» (fol. 36r.) Véase: (Aranda Alonso 2019, 77-78).
20. Esto provoca que la representación de elemento sea diferente a la vista en las troneras. La presencia de la quicalera provoca irregularidades en algunas trazas.
21. En el libro *Trazas y cortes de piedra en el renacimiento español* únicamente se analizó el primer caso (Palacios 1990, 101-103).
22. Esta afirmación tampoco es correcta en realidad. La curvatura del frente sería en un corte de esas características elíptica. Calvo López apreció esta cualidad en el análisis que realizó sobre el desarrollo de la variante presentada en el tratado de Martínez de Aranda (Calvo López 1999, III: 54).

LISTA DE REFERENCIAS

- Alviz, P. (ca. 1/2 s. XVI). *Manuscrito de trazas de cantería*. Madrid: Biblioteca Nacional de España. Mss/12686.
- Aranda Alonso, María. 2018. Las copias manuscritas de F.L. Goiti y B. Sombigo del «Libro de traças de cortes de piedras» de Alonso de Vandelvira: análisis comparativo de algunos aspectos de su realización. En *Titivillus. International Journal of Rare Book: Revista Internacional sobre Libro Antiguo* 4: 139-151.
- Aranda Alonso, María. 2019. Reflexiones sobre la geometría, concepción y desarrollo de las troneras en el «Libro de traças de cortes de piedras» de Alonso de Vandelvira. En *Actas del Undécimo*

- Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Soria, 9 - 12 octubre 2019*, coord. por Santiago Huerta Fernández, Ignacio Javier Gil Crespo, 1: 71-80. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Calvo López, José. 1999. «*Cerramientos y trazas de monte*» de Ginés Martínez de Aranda. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Madrid.
- García Baño, Ricardo. 2017. *El manuscrito de cantería mss. 12686 de la Biblioteca Nacional de España*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Lázaro de Goiti, Felipe. *Fragmentos de dibuxos y discursos de arquitectura de Alonso de Vande Elvira copiados y ordenados a caso por Felipe Lázaro de Goiti*. s.f. Madrid: Biblioteca Nacional. Mss/12744.
- Martínez de Aranda, Ginés. ca. 1598-1608. *Cerramientos y trazas de monte*. Madrid: Biblioteca del Servicio Histórico Militar. MS-457.
- Palacios González, José Carlos. 1990. *Trazas y cortes de piedra en el Renacimiento español*. Madrid: Ministerio de Cultura.
- Portor y Castro, Juan de. 1708-1719. *Cuaderno de arquitectura*. Madrid: Biblioteca Nacional. Mss/9114.
- Ribes i Ferrer, Josep. 1708. *Llibre de trasas de vias y muntea*. Manuscrito. Barcelona: Biblioteca de Cataluña.
- Vandelvira, Alonso de. ca. 1575-1591. *Libro de traças de cortes de piedras*. Copias: Sombigo y Salcedo, Bartolomé. 1670 [¿] ETSAM (Ms. RAROS 31) (Facs. ed. Palacios González, J. C. 2015. Madrid: Instituto Juan de Herrera.) Lázaro Goiti, Felipe. 1646. Madrid: Biblioteca Nacional. Mss/12719.

María Aranda Alonso es Arquitecta, estudiante de doctorado, y en la actualidad termina su Tesis Doctoral en el Institut für Kunst- und Musikwissenschaft. Technische Universität Dresden (Alemania).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5804-8515>;

Copyright: 2021 SEDHC. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.