

## EL DIBUJO COMO HERRAMIENTA PARA PENSAR UNA NUEVA FORMA DE LA FORTIFICACIÓN DURANTE EL RENACIMIENTO ITALIANO: EL EJEMPLO DE DOS PROYECTOS DE LEONARDO DA VINCI

### DRAWING USED AS A TOOL FOR DEVISING A NEW FORM OF FORTIFICATION DURING THE ITALIAN RENAISSANCE: THE EXAMPLE OF TWO PROJECTS BY LEONARDO DA VINCI

Aritz Díez Oronoz

doi: 10.4995/ega.2021.14678

La irrupción de la artillería marcó el comienzo de un acelerado proceso de refundación de la arquitectura militar durante el Renacimiento. Esta necesidad trascendía el plano funcional al que se vincula tradicionalmente la fortificación, poniendo en riesgo las connotaciones simbólicas y representativas que hasta ese momento representaban las murallas medievales en el imaginario colectivo. El dibujo, como medio a través del que comprender la nueva realidad impuesta por la artillería y como herramienta con la que guiar las reflexiones de los arquitectos partícipes de este desafío, tomó un papel activo en la refundación de lo que hoy en día conocemos como la fortificación

bastionada, definiendo las bases de una nueva lógica geométrica y formal de la que trata este artículo. Dos proyectos de Leonardo da Vinci reconstruidos por el autor, sirven de base para estudiar la base geométrica y formal que fundó esta nueva idea de la fortificación.

**PALABRAS CLAVE: FORTIFICACIONES, LEONARDO DA VINCI, GEOMETRÍA, FORMA**

*The irruption of artillery marked the beginning of a rapid process to refund military architecture during the Renaissance. This need transcended the functional aspect to which fortification was traditionally associated, thus jeopardising the symbolic and representational connotations that medieval walls had hitherto represented in the collective imagination. Drawing, used as a medium to comprehend the new reality imposed by artillery, and as a tool to guide the thinking of the architects involved in this challenge, played an active role in refunding what is known today as the bastioned fortification. It laid the foundations for a new geometric and formal logic, discussed in this article. Two projects by Leonardo da Vinci, reconstructed by the author, serve as the basis for studying the geometric and formal basis on which this new idea of fortification was founded.*

**KEYWORDS: FORTIFICATIONS, LEONARDO DA VINCI, GEOMETRY, FORM**



La arquitectura militar durante el *Quattrocento* italiano estuvo caracterizada por una problemática que trascendía su función defensiva y que estaba estrechamente vinculada con sus aspectos geométricos, formales y representativos (Muratore, 1978). Frente a unas fortificaciones medievales cada vez más obsoletas debido al imparable poder destructivo de la artillería, se hizo necesario encontrar un nuevo sistema capaz de hacer frente al desafío establecido por las armas de fuego. Paralelamente, era necesario encontrar un nuevo lenguaje capaz de sustituir, más allá del plano puramente funcional, todo el complejo repertorio de formas que hasta ese momento eran parte de la imagen y de la expresión de las fortificaciones medievales. En otras palabras, era necesario encontrar un sustituto de aquella imagen de la muralla medieval que era el verdadero garante de la defensa y de la identidad ciudadana en el imaginario colectivo (Fig. 1 y 2).

La necesidad de reinventar *ex nihilo* una nueva arquitectura defensiva capaz de hacer frente al poder de la artillería se convirtió por este motivo en uno de los principales desafíos del Renacimiento italiano y tuvo como protagonistas a los principales arquitectos de su tiempo, que dedicaron gran parte de sus esfuerzos a encontrar una nueva forma de la fortificación efectiva, funcional y coherente desde el punto de vista expresivo y formal (Marani, 1984) 1. Algunos de ellos cercanos a Leonardo, como Francesco di Giorgio, en cuyos *Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare* pueden hallarse claras correspondencias entre las ideas de ambos arquitectos (Papini 1946, pp. 219-222).

La renovación de las fortificaciones y la tratadística sobre el arte de la guerra traspasó rápidamente fronteras, incorporando al resto de estados europeos en esta carrera (Faucherre et al., 2014). Destacan los esfuerzos de Albrecht Dürer, que publicó el primer tratado impreso de arquitectura militar (Dürer, 1527), el valenciano Pedro Luis Escrivà, pionero en este ámbito más allá de las tierras italianas (Cobos et al., 2000), o las vistas de fortificaciones recopiladas en sus *Antigualhas* por del portugués Francisco de Holanda (De Holanda, 1535ca.).

### La geometría del disparo

Es preciso señalar que los cambios que produjo el método de la perspectiva lineal en la percepción del espacio, jugaron un papel determinante en este proceso. Más allá de revolucionar el modo de entender y representar el espacio, la perspectiva lineal fue además el resultado de una *forma mentis* que concebía el mundo como una realidad regulada mediante leyes geométricas sistematizadas, que servían de base “para la construcción de un mundo empírico sólidamente fundado” que resultó esencial para el desarrollo de la arquitectura militar (Panofsky 2016, p. 48). El principal éxito de la perspectiva renacentista fue reducir la complejidad de la experiencia de la vista a unas leyes geométricas simples y sistematizadas: al mismo tiempo que el espacio representado se postulaba como un espacio sistematizado, la existencia misma se convirtió en una realidad sistematizable a través de leyes geométricas análogas (Focillon 2002, p. 28).

Del mismo modo que otras realidades pudieron comenzar a estu-

Military architecture during the Italian Quattrocento was characterised by a problem that transcended its defensive function and closely linked to its geometric, formal and representational aspects (Muratore, 1978). Faced with medieval fortifications that were becoming increasingly obsolete due to artillery's unrelenting destructive firepower, a new system was needed capable of rising to the challenge posed by firearms. At the same time, there was also the need to develop a new language capable of replacing, beyond the purely functional aspect, the complex repertoire of forms that had hitherto formed part of the image and expression of medieval fortifications. That is, a substitute had to be found for the image of the medieval wall, which was the true guarantor of citizen defence and identity in the collective imagination (Figs. 1 and 2).

The need to reinvent *ex nihilo* a new defensive architecture able to cope with artillery firepower thus became one of the major challenges of the Italian Renaissance, engaging the leading architects of the time, who devoted a large part of their efforts to finding a new form of fortification that was effective, functional and coherent from an expressive and formal point of view (Marani, 1984) 1. Some were close to Leonardo, such as Francesco di Giorgio, in whose *Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare* clear parallels can be seen between both architects' ideas (Papini, 1946, pp.219-222). The renovation of fortifications and treatises on warcraft rapidly crossed borders, with other European countries joining the race (Faucherre et al., 2014). Notable are the endeavours made by Albrecht Dürer, who published the first printed treatise on military architecture (Dürer, 1527), the Valencian, Pedro Luis Escrivà, a pioneer in this field outside Italy (Cobos et al., 2000), and the views of fortifications compiled in *Antigualhas* by Francisco de Holanda, from Portugal (De Holanda, ca. 1535).

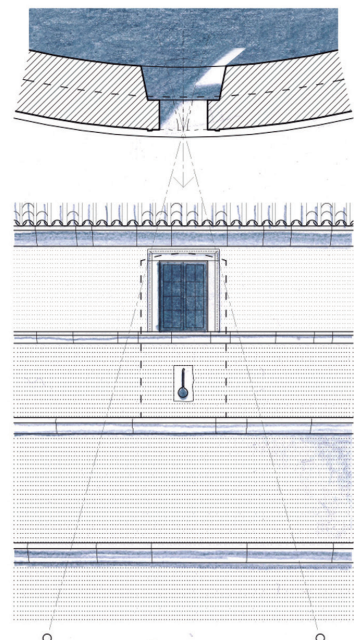
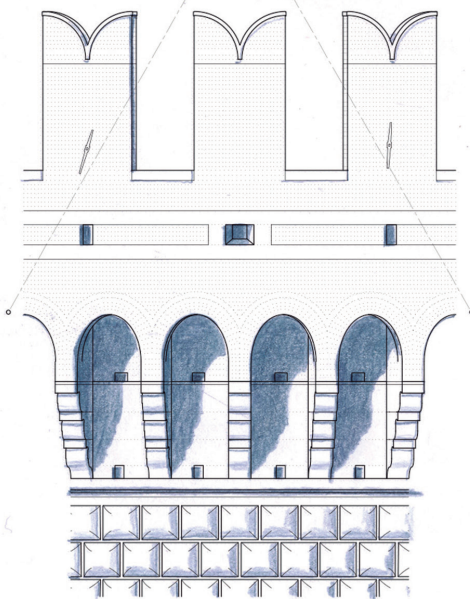
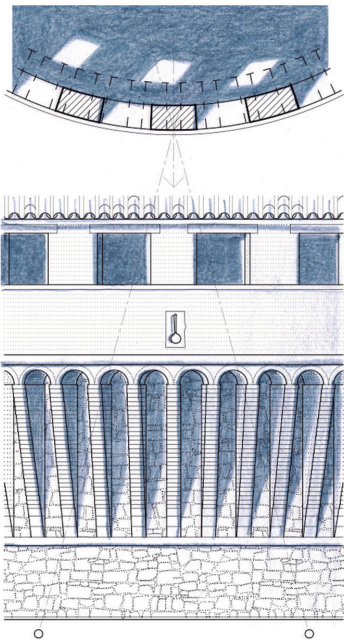
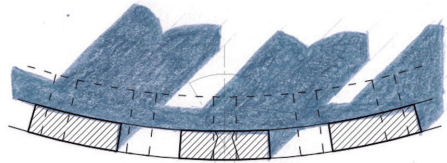
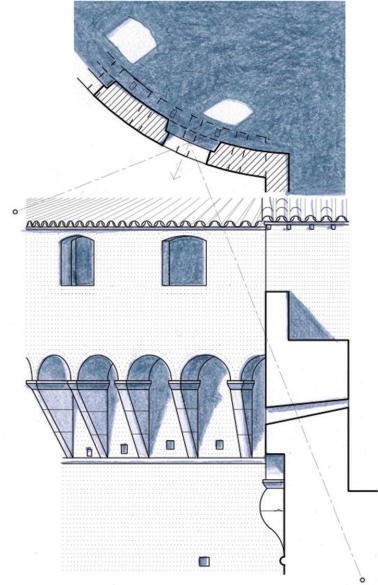
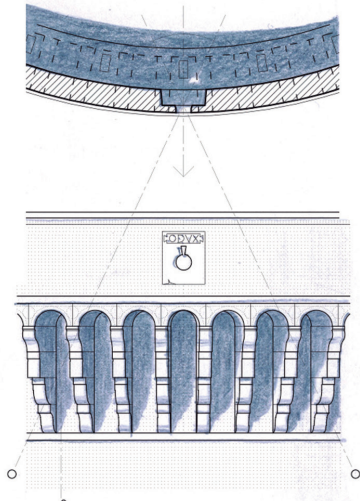
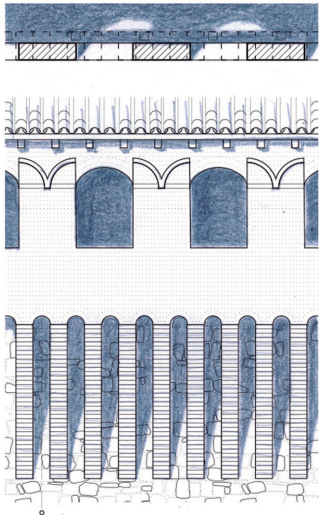
### The geometry of gunfire

It should be noted that the changes brought about by the linear perspective method in the perception of space played a decisive role in this process. Besides revolutionising the way in which space was understood and represented, linear perspective was also the



1. Elenco de remates de influencia medieval en fortificaciones contemporáneas a Leonardo. Castello di Torrechiara (a), Rocca di Senigallia (b), Rocca Rivaldino di Forlì (c), Torrione di Cagli (d), Castello Sforzesco di Milano (e). Rocca di Sassocorvaro (f). Dibujos del autor

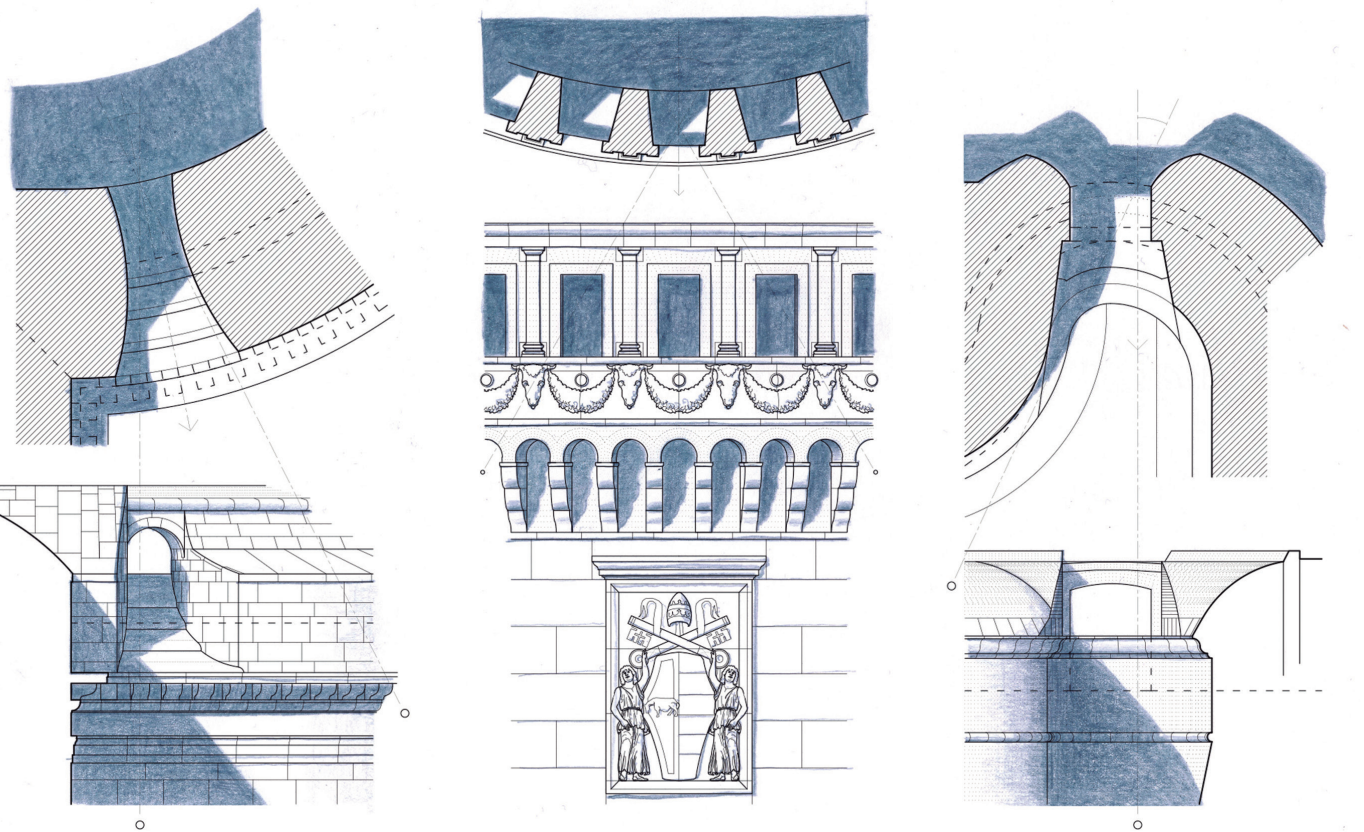
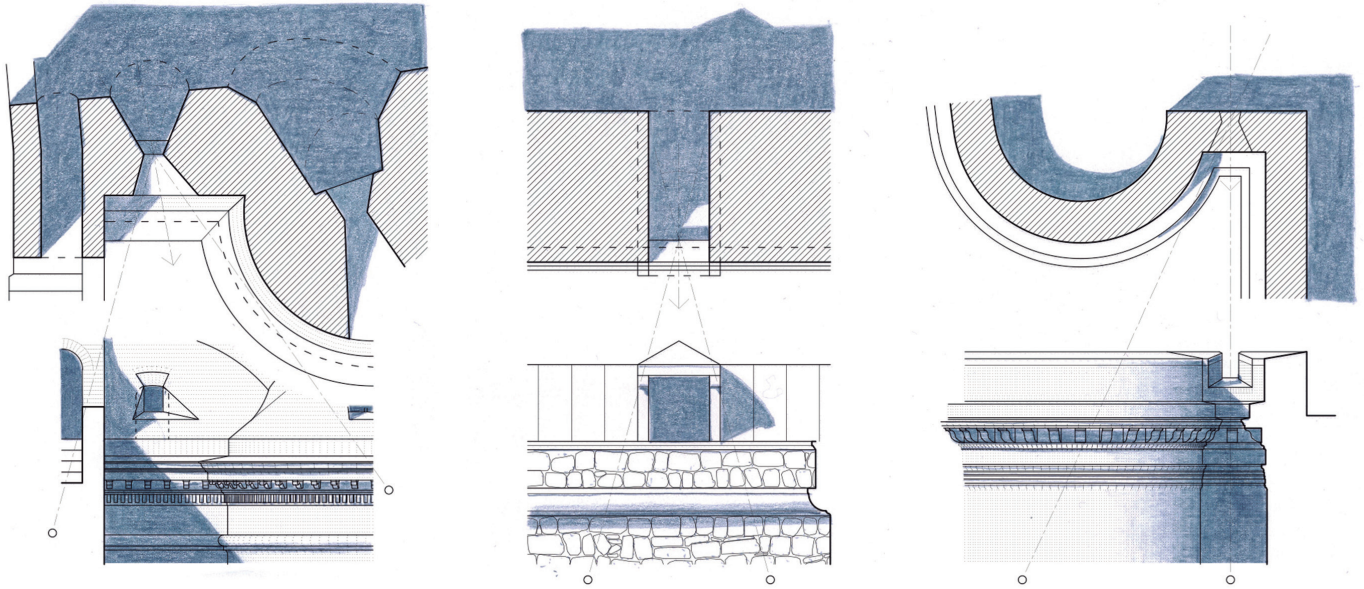
2. Elenco de coronaciones con motivos clásicos en fortificaciones contemporáneas a Leonardo. Bastione di Porta Pispini (a), Forte di Civitacastellana (b) Forte di Nettuno (c), Fortezza di Civitavecchia (d), Torrione Borgia del Castel Sant'Angelo (e). Fortezza Nuova di Pisa (f). Dibujos del autor





1. Collection of medieval-influenced crenellations on fortifications contemporary to Leonardo. Castello di Torrechiara (a), Rocca di Senigallia (b), Rocca Rivaldino di Forlì (c), Torrione di Cagli (d), Castello Sforzesco di Milano (e), Rocca di Sassocorvaro (f). Drawings by author

2. Collection of crestsings with classical motifs on fortifications contemporary to Leonardo. Bastione di Porta Pispini (a), Forte di Civitacastellana (b) Forte di Nettuno (c), Fortezza di Civitavecchia (d), Torrione Borgia del Castel Sant'Angelo (e), Fortezza Nuova di Pisa (f). Drawings by author







product of a *forma mentis* that conceived the world as a reality governed by systematised geometric laws, serving as a basis “for the construction of a solidly grounded empirical world” that was essential to the development of military architecture (Panofsky, 2016, p.48). The main achievement of the Renaissance perspective was to reduce the complexity of experiencing sight to simple, systematised geometric laws: whilst the space depicted was posited as a systematised space, existence itself became a reality that was systematisable by means of analogous geometric laws (Focillon, 2002, p. 28). In the same way that other realities could begin to be studied using geometry-based methods, giving rise to the first scientific disciplines in the modern sense – such as cartography, astronomy, anatomy or optics – the complexity of experiencing artillery gunfire could also be synthesised in a simple and manageable idea via geometry (Cassirer, 1977, p. 235). That is, using a method that could be developed with graphic tools and was connatural to the architect’s craft. Indeed, it was Leonardo da Vinci who made a decisive contribution to synthesising the geometric idea of artillery, providing the definitive momentum for revolutionary change that would drive the process of reinventing a new logic of fortification, freeing it from its medieval heritage and setting it in a formal universe of its own (Fiore, 1978, pp. 26-27). One of Leonardo’s original drawings from the *Codex Atlanticus* truly illustrates this brilliant analogy between projectile trajectory and the geometric logic of linear perspective (Fig. 3). The drawing develops the idea of a zigzagging elevation wall with firing positions at its inward angles. From these inward vertices, a cluster of straight lines projects across the top of the drawing in a similar fashion to the “infinite straight and radiant lines crossing and intertwining unhindered by one another” that Leonardo himself uses to explain the nature of light (Manuscript A, f.2) 2. Indeed, it is precisely in this drawing that these lines of light transfer their logic from the realm of sight to that of siegecraft, thus becoming the depiction of cannonball trajectories, represented by Leonardo as small circles in the drawing’s upper margin.

diarse mediante métodos basados en la geometría, dando origen a las primeras disciplinas científicas en el sentido moderno como la cartografía, la astronomía, la anatomía o la óptica, la complejidad de la experiencia de la artillería pudo ser también sintetizada en una idea sencilla y gestionable a través de la geometría (Cassirer, 1977, p. 235). Esto es, a través de un método que pudiera ser desarrollado mediante herramientas gráficas y que resultara connatural al oficio del arquitecto.

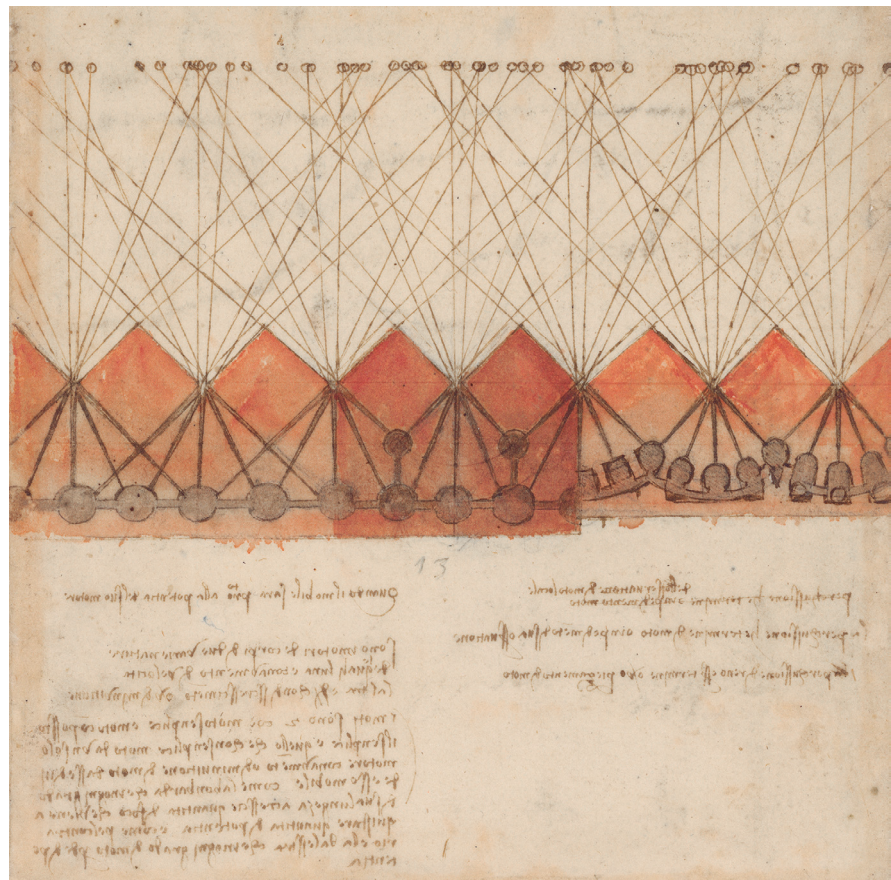
Fue precisamente Leonardo da Vinci quien contribuyó de forma decisiva a sintetizar esta idea geométrica de la artillería, dando el empuje definitivo al cambio revo-

3. Dibujo autógrafo de Leonardo da Vinci representando un lienzo de forma zigzagante en el que el disparo del cañón aparece por vez primera asimilado a una línea recta. *Codex Atlanticus*, 767r

4. Dibujo de una fortaleza con torreones en terreno montañoso. *Codex Atlanticus* 117r

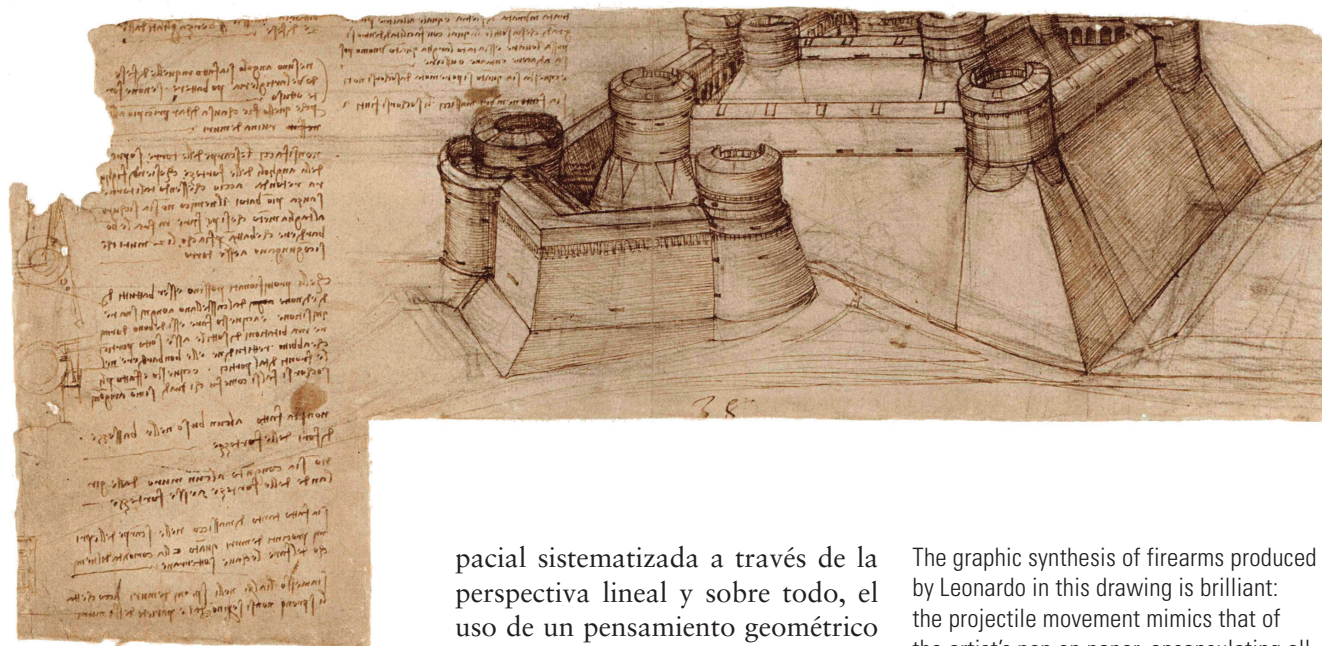
lucionario que impulsó el proceso de reinención de una nueva lógica de la fortificación, liberándola de la herencia medieval y vinculándola a un universo formal propio (Fiore 1978, pp. 26-27).

Uno de los dibujos autógrafos del *Codex Atlanticus* de Leonardo es realmente clarificador de esta genial analogía entre la trayectoria de los proyectiles y la lógica geométrica de la perspectiva lineal (Fig. 3). La lámina, desarrolla la idea de una muralla de alzado zigzagante con puestos de tiro en sus ángulos entrantes. A partir de estos vértices internos, un ramillete de líneas rectas se proyecta ocupando la parte superior de la lámina de un modo análogo a las “infinitas líneas rec-





- 3. Original drawing by Leonardo da Vinci depicting a zigzagging curtain wall in which the cannon shot appears for the first time as a straight line. Codex Atlanticus, 767r
- 4. Drawing of a fortress with towers in mountainous terrain. Codex Atlanticus, 117r



4

tas y radiantes cruzadas y entrelazadas sin obstaculizarse entre sí” de las que el mismo Leonardo se vale para explicar la naturaleza de la luz (Manuscrito A, f.2) 2. Justamente en este dibujo, estas líneas de luz trasladan su lógica del ámbito de la vista a la de la poliorcética, convirtiéndose en la representación de la trayectoria de las balas del cañón, representadas por Leonardo como pequeños círculos en el margen superior de la lámina.

La síntesis gráfica de las armas de fuego realizada por Leonardo en este dibujo es brillante: el movimiento del proyectil se equipara al de la pluma del artista sobre el papel, sintetizando toda la complejidad del momento en una síntesis gráfica tan elemental como una sencilla línea recta. Este resultado es tan natural y efectivo que conviene subrayar el largo proceso de reflexión colectiva que fue necesario para llegar a esta síntesis gráfica: el apoyo de una percepción es-

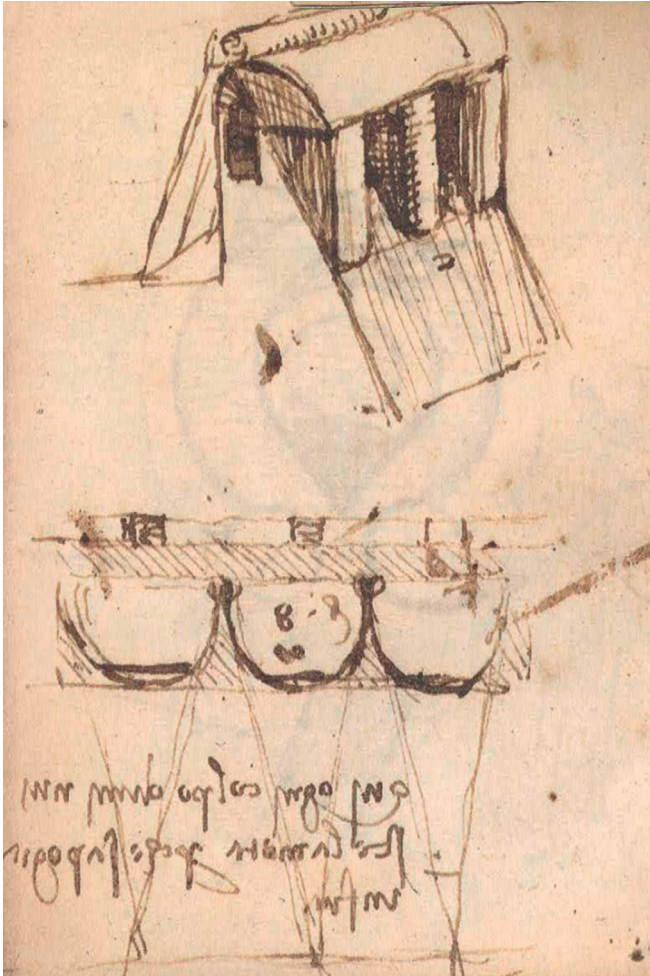
pacial sistematizada a través de la perspectiva lineal y sobre todo, el uso de un pensamiento geométrico apoyado en el dibujo como principal herramienta de trabajo (Fig. 4) (Fara, 1993).

De este modo, el dibujo y la geometría se convirtieron en la principal herramienta para comprender las leyes de la artillería y en el principal método para guiar las reflexiones de los arquitectos durante el Renacimiento. Un proceso, como señala María Bolaños (2017, p. 20), *presidido por el valor iniciático del dibujo, nacido por una avidez por la observación y entendido como experimentación y búsqueda visual, como abstracción de las formas, como un método casi científico de conocimiento que alumbró la obra porque cierra el “primo pensiero” del artista*. Es bien conocido que Leonardo da Vinci fue uno de los pioneros y maestros en la utilización del dibujo como herramienta de comprensión de la realidad. En lo que respecta a la fortificación, sus proyectos se inscriben dentro de un amplio elenco de soluciones que exploran un universo geométrico y formal siempre personal, que forma un repertorio variado de

The graphic synthesis of firearms produced by Leonardo in this drawing is brilliant: the projectile movement mimics that of the artist’s pen on paper, encapsulating all the complexity of the moment in a graphic synthesis as elementary as a simple straight line. The result is so natural and effective that it is worth underlining the lengthy process of collective reflection required to achieve such graphic synthesis. It requires the support of a spatial perception systematised by linear perspective and, above all, the use of geometric thinking based on drawing as the primary working tool (Fig. 4) (Fara, 1993).

Drawing and geometry thus became the primary tool used to understand the laws of artillery and the primary method for guiding architects’ thinking during the Renaissance. A process, as María Bolaños notes (2017, p.20), *presided over by the initiatory value of drawing, born from an eagerness to observe, and understood as experimentation and visual research, as the abstraction of forms, a quasi scientific method of knowledge that illuminates the work because it shuts off the artist’s “primo pensiero”*. Leonardo da Vinci is known to be one of the pioneers and masters in the use of drawing as a tool for comprehending reality. As far as fortification is concerned, his projects form part a wide range of solutions that explore an ever personal, geometric and formal universe, forming a varied repertoire of unprecedented and highly evocative solutions. His proposals, as I. Calvi (1943, p. 138) notes, are brilliant and valuable





5



6

reflections that open the door to novel pathways framed within the general rules of military architecture at the time.

### The resistant form

Defensive architecture thereby became an essentially form-based geometric problem, and fertile terrain for geometric reflection and experimentation, which fuelled architects' imaginations towards truly expressive results in terms of geometry and form.

As Francesco Paolo Fiore noted (Fiore, 1978, pp. 26-27), consolidation of this geometrical thinking forced the transition from an idea of fortification based on "resistance via sturdiness of materials" to one based on the concept of "resistance via form". In other words, as opposed to artillery synthesised in line geometry, defensive responses could analogously be conceived based on the form and geometry of the actual fortifications. As a great acquaintance of Leonardo's, Francesco di Giorgio, noted in his works, circular form "*più resiste per la rotundità e meno riceve le percosse della*

soluciones inéditas y muy sugestivas. Sus propuestas, como señala I. Calvi (1943, p. 138), tienen el valor de brillantes reflexiones que abren la puerta a nuevos recorridos enmarcados dentro de las reglas generales de la arquitectura militar del momento.

### La forma resistente

La arquitectura defensiva se transformó de este modo en un problema eminentemente geométrico pensado en base a su forma, convirtiéndose en un ámbito fértil para la reflexión y experimentación geométrica que impulsó el imaginario de los arquitectos hacia resultados realmente expresivos en relación a su geometría y forma.

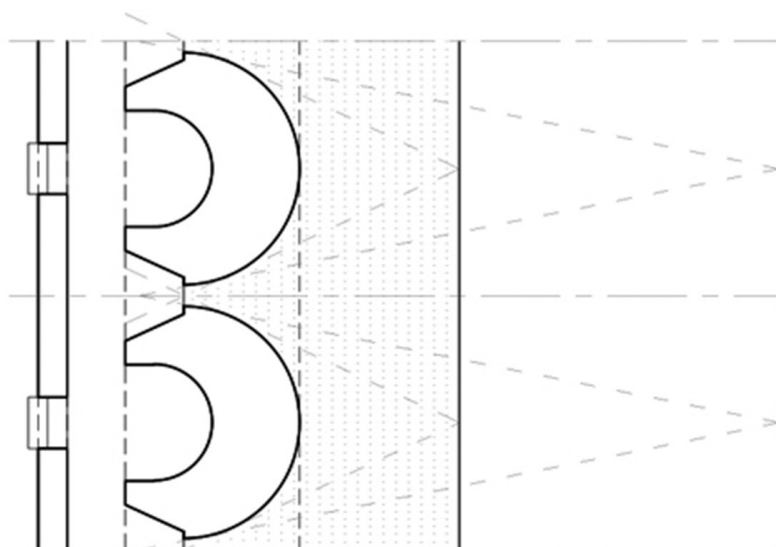
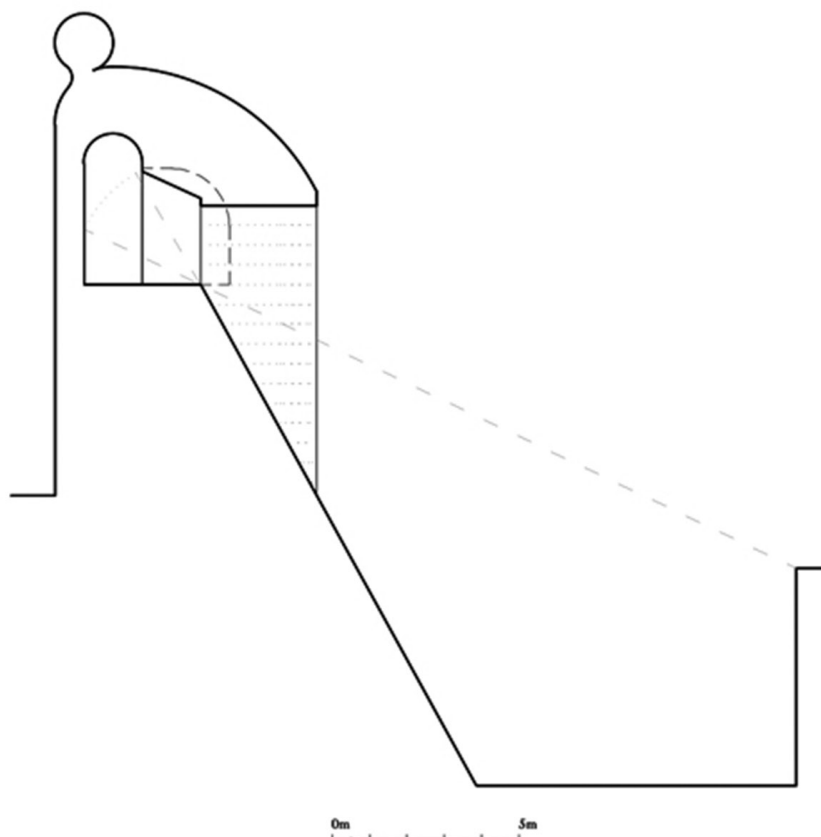
Como afirmara Francesco Paolo Fiore (Fiore 1978, pp. 26-27),

la consolidación de este pensamiento geométrico forzó el paso de una idea de la fortificación basada en una idea de "resistencia por solidez de los materiales" a otra fundamentada en el concepto de "resistencia por forma". Esto es, frente a una artillería sintetizada en la geometría de la línea, las respuestas defensivas podían pensarse análogamente mediante la forma y geometría misma de las fortificaciones. Como indica en sus textos un gran conocido de Leonardo, Francesco di Giorgio, la forma circular "*più resiste per la rotundità e meno riceve le percosse della bombarda*" (Maltese 1967, p. 430). Una afirmación que pone de manifiesto la importancia que tomó en este proceso la idea de oponer geometrías pasivas que resistían por su propia concep-



- 5. Axonometría y planta acotada del lienzo con contrafuertes cilíndricos. Manuscrito L, 50v
- 6. Axonometría con definición constructiva del lienzo. Manuscrito L, 63r
- 7. Restitución planimétrica del lienzo con contrafuertes cilíndricos. Dibujo del autor

- 5. Axonometric and dimensioned plan for the cylindrically-buttressed curtain wall. Manuscript L, 50v
- 6. Axonometric plan for the curtain wall with construction details. Manuscript L, 63r
- 7. Author's planimetric reconstruction of the cylindrically-buttressed curtain wall



*bombarda*" (Maltese, 1967, p. 430). A remark highlighting the importance in this process attached to the idea of opposing passive geometries that resisted, due to their geometric design, the active firing of a bombard.

This geometric logic gave rise to two fundamental rationales in terms of its geometric response. On the one hand, circular forms to oppose the projectile's straight trajectory, based on cylindrical forms or curved surfaces that took on a compact and passive appearance, opposing the dynamism of cannon shot. On the other hand, the use of angular forms based on slanted planes and triangular-based forms designed to deflect the projectile's straight line, which, due to their geometric qualities, took on a more active and aggressive appearance (Marani, 1984). Leonardo's projects for the fortress at Piombino and a cylindrically-buttressed curtain wall are two prime examples of how this formal logic was applied. These proposals have come to our attention thanks to a series of original drawings revealing both the definitive solution and traces of the artist's ideas while in the process of being shaped. *Thoughtful drawing* that seeks to lend concrete form to these projects' ideas; to paraphrase T. Anasagasti, *emotive drawing* (1995, p. 204) which, due to being fragmentary, reveals various facets of two projects that the author has reconstructed graphically as part of his doctoral thesis, which focuses on the foundations that defined the geometric and formal logic of fortifications during the Renaissance (Díez Oronoz, 2019, pp. 80-81).

### Circular geometries: proposal for a curtain wall with cylindrical forms

Leonardo's proposals based on circular forms were influenced by the idea of the medieval tower. In his sketches, Leonardo put forward a reinterpretation of the parts composing this type of construction so as to adapt them to a new approach to form. The drawing for a fortress in mountainous terrain is characteristic of this transformation (Fig. 4). The fortress is characterised by a series of steeply sloping enclosures with corner towers that featuring uniquely developed



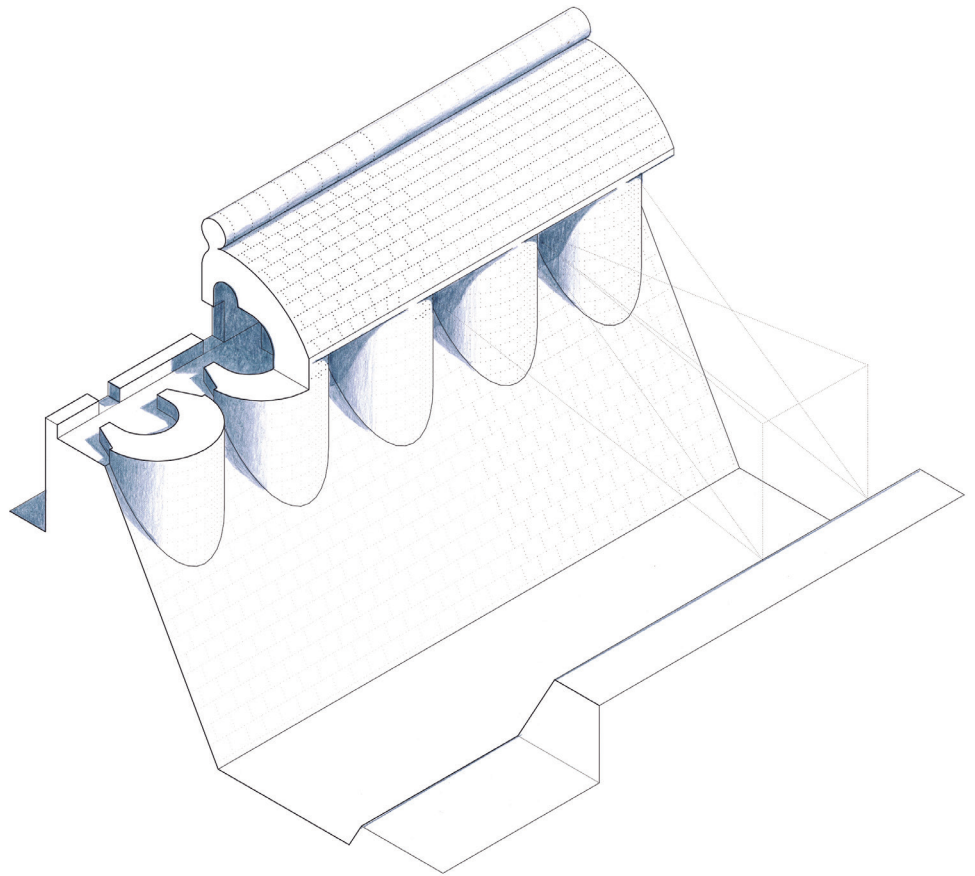


parts. For example, the central cylindrical body is reinforced by cordons reasserting its circular form and crowned by a broad overhanging parapet that enhances the circularity of its form. The scarp transforms into a pointed base that strictly adheres to the line of the curtain walls, lending a more dynamic and aggressive appearance to the proposal, whose pure forms and intersections between volumes dominate its architectural expression (Fara, 1997). Among this type of proposal is the idea of a steeply sloping curtain wall formed by a series of cylindrical buttresses between which the defence posts are located (Figs. 5 and 6). The project is undoubtedly a typological proposal which implements the same formal concept of the zigzagging curtain wall depicted in several of his drawings (Fig. 3), replacing the logic of straight geometries for curved surfaces. The connection between the logic of resistance and the expression of its form is clear. The wall's steep bank accentuates the structure's heaviness and sturdiness, which is crowned by a series of solid cylindrical buttresses that punctuate the elevation's upper half and are capped by a thin straight line forming the curved roof of the inner service areas. Leonardo himself acknowledges this connection between the expression of form and its resistant function in one of his annotations: "*qui ogni colpo diminuisce la metà perchè s'appoggia in fuori*" (Manuscript L, f.50v), i.e., due to the curve, "any impact" is halved as a result of its form.

The idea is illustrated in several drawings developing different aspects of the project: axonometric overviews, drawings of particular project elements, its interiors and studies of artillery positioning, and even gives construction details for the walls 3. The overall measurements in *braccia* provided by one of the drawings in Manuscript L proved essential in order to reconstruct Leonardo's project in its precise dimensions (Fig. 7): each of the circles forming the buttress cylinders has a diameter of 8 Florentine *braccia*, which form the unit from which the proposal's other dimensions are derived. The curtain wall is 10 *braccia* thick in total at the top, with a 2-*braccia* inner service gallery and

8. Reconstrucción axonométrica del lienzo con contrafuertes cilíndricos. Dibujo del autor

8. Author's axonometric reconstruction of the cylindrically-buttressed curtain wall



8

ción geométrica al disparo activo de la bomba.

Esta lógica geométrica dio lugar a dos razonamientos fundamentales desde el punto de vista de su respuesta geométrica. Por un lado, la oposición de formas circulares a la trayectoria recta del proyectil, basadas en formas cilíndricas o superficies curvas que tomaron un aspecto compacto y pasivo, enfrentado al dinamismo del disparo del cañón. Por otro, la utilización de formas anguladas, basadas en planos inclinados y formas de base triangular pensadas para desviar la línea recta del proyectil, que por su condición geométrica tomaron un aspecto más activo y agresivo (Marani, 1984).

Los proyectos de Leonardo para la fortaleza de Piombino y para un lienzo de muralla con contrafuertes cilíndricos, son dos ejemplos modélicos de la aplicación de esta lógica formal. Se trata de propuestas que conocemos gracias a una serie de dibujos autógrafos en los que podemos descubrir tanto la solución definitiva como el rastro de las ideas de nuestro artista en proceso de definirse. Un *dibujar pensante* que trata de dar forma concreta a las ideas de estos proyectos, parafraseando de T. Anasagasti, un *dibujo emotivo* (1995, p. 204) que por su carácter fragmentario nos presenta diversas facetas de dos proyectos que el autor de este artículo ha reconstruido



gráficamente como parte de su Tesis Doctoral, centrada en los fundamentos que definieron la lógica geométrica y formal de las fortificaciones durante el Renacimiento (Díez Ornoz, 2019, pp. 80-81).

### Las geometrías circulares: propuesta para un lienzo con formas cilíndricas

Las propuestas de Leonardo basadas en formas circulares estuvieron influenciadas por la idea del torreón medieval. Leonardo planteó en sus bocetos una reinterpretación de las partes que componían este tipo de construcciones para adaptarlas a una nueva concepción de su forma. El dibujo para una fortaleza en terreno montañoso es característico de esta transformación (Fig. 4). La imagen de la fortaleza está definida por una sucesión de recintos de escarpa pronunciada con torres en sus ángulos que muestran un desarrollo singular de sus partes. Por ejemplo, el cuerpo cilíndrico central está reforzado por cordones que reafirman su condición circular y rematado por un grueso parapeto en vuelo que refuerza la circularidad de su forma. La escarpa se convierte en una base apuntada que sigue estrictamente la directriz de los lienzos, dando un aspecto más dinámico y agresivo a la propuesta, en la que las formas puras y las intersecciones entre los volúmenes toman el protagonismo en la expresión de su arquitectura (Fara, 1997).

Entre este tipo de propuestas destaca la idea de un lienzo de muralla fuertemente escarpada, formado por una sucesión de contrafuertes cilíndricos entre los que se sitúan los puestos de tiro para la

defensa (Fig. 5 y 6). El proyecto es sin duda una propuesta con vocación tipológica, que desarrolla el mismo concepto formal del lienzo zigzagueante representado en varios de sus dibujos (Fig. 3), cambiando la lógica de las geometrías rectas por las superficies curvas. El vínculo entre la lógica de resistencia y la expresión de su forma es clara: el talud escarpado del muro refuerza la pesantez y solidez de la estructura, que aparece coronada por una suerte de sólidos contrafuertes cilíndricos, que ritman la mitad superior del alzado y están rematados por una delgada línea recta que forma la cubierta curva de los espacios de servicio interiores. El mismo Leonardo reconoce en una de sus anotaciones este vínculo entre la expresión de la forma y su función resistente: “*qui ogni colpo diminuisce la metà perchè s'appoggia in fuori*” (Manuscrito L, f.50v), es decir, gracias a la curva, “cualquier golpe” se reduce a la mitad por efecto de su forma.

La idea aparece representada en varias láminas que desarrollan diferentes aspectos del proyecto: vistas generales en axonometría, dibujos de elementos particulares del proyecto, sus espacios interiores o estudios del posicionamiento de la artillería, incluso detalles de definición constructiva de los muros 3.

Las medidas globales en *braccie* que aporta uno de los dibujos del Manuscrito L han resultado imprescindibles para la reconstrucción del proyecto de Leonardo en sus dimensiones precisas (Fig. 7): cada uno de los círculos que forman los cilindros de los contrafuertes tiene un diámetro de 8 brazas florentinas, que constituyen el módulo del que derivan el resto de dimensiones de la propuesta. El lienzo toma en

an 11-*braccia* scarp, all measured in the floor plan. Half of the 11-*braccia* scarp embeds the buttresses while the other half projects outwards to the bottom of the ditch. The overall height of the curtain wall, from the ditch to the curved top's horizontal is 20 *braccia*, whose upper half consists of the cylindrical buttresses, which augment and shore up the scarp's pitch (Fig. 8). As shown in the construction details given by Leonardo (Fig. 6), the buttresses are made up of successive bands of horizontal ashlar arches forming semi-circular, vaulted service chambers, which are also connected to a vaulted gallery on which the curved, crowning top rests.

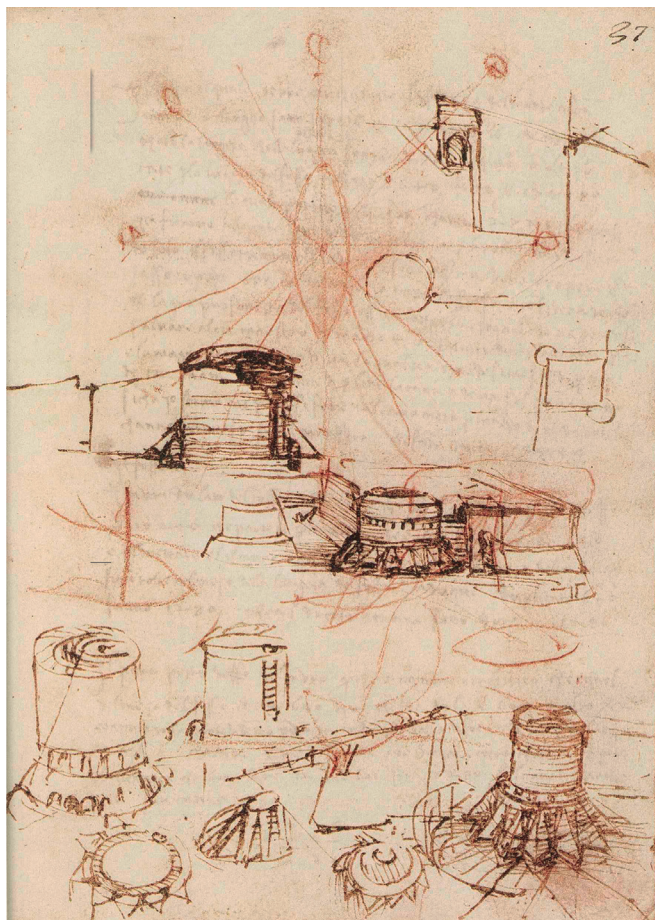
### Leonardo's star-shaped tower for the fortress at Piombino

The project for a tower with a star-shaped scarp is one of the few examples from Leonardo whose specific purpose is known. It is a proposal to fortify the Rocca di Piombino, depicted in several of the Codex Madrid II 4 drawings. Leonardo proposes the construction of two cylindrical towers at two corners of the fortress' square enclosure, whose plan is sketched on the right half of the page (Fig. 9). This proposal also closely relates to the zigzagging curtain wall referred to at the beginning of the article (Fig. 3), now laid out following the curved line of the tower (Fig. 8).

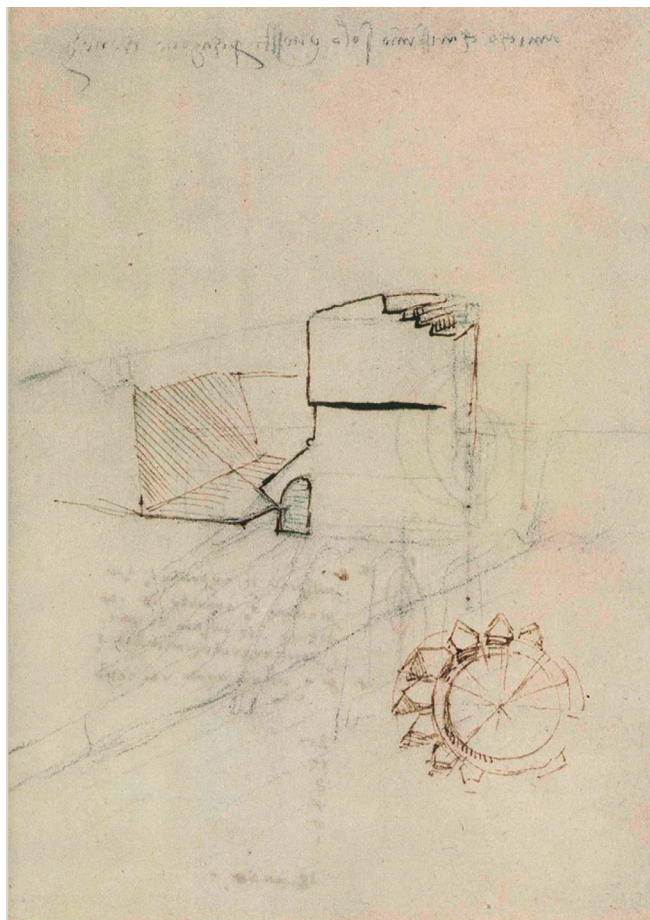
The threatening and dynamic appearance of this jagged block is guaranteed by the star-shaped base surrounding the tower's central cylinder, formed by pyramidal points protruding over the cylinder's pitched scarp, forming inward vertices where embrasures defending the moat are located, and are connected by an inner access gallery. The cylindrical top of the tower rises above this star-shaped structure, defined at its base by a continuous cordon running to the scarp, and is characterised by a series of embrasures used by a second inner gallery on the perimeter.

In this case, the scale reconstruction of the project could be made thanks to the text preserved in the actual codex (Codex Atlanticus, f.36) (Fig.11). The text describes the project using precise measurements, enabling the project's overall volume and

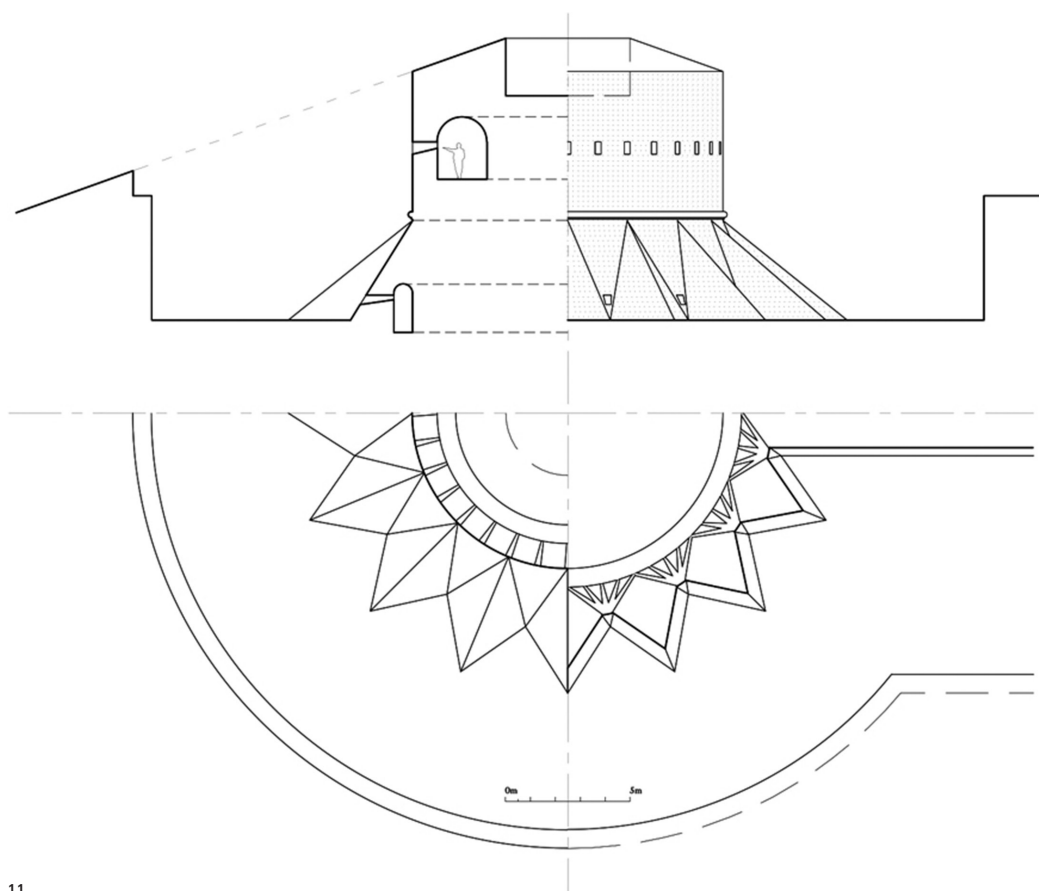




9



10



11



9. Bocetos del proyecto para la rocca de Piombino. Codex Madrid II, 37r

10. Sección fugada del torreón. Codex Madrid II, 85v

11. Restitución planimétrica del torreón de Leonardo para la rocca de Piombino. Dibujo del autor

9. Sketches of the Rocca di Piombino project. Codex Madrid II, 37r

10. Perspective section of the tower. Codex Madrid II, 85v

11. Author's planimetric reconstruction of Leonardo's tower for the Rocca di Piombino

su coronación un grosor total de 10 brazas, con una galería de servicio interior de 2br. y una escarpa de 11br. medidas en planta, la mitad de ellas empotradas contra los contrafuertes y las demás proyectadas hacia la parte inferior del foso. La altura global del lienzo, desde el nivel del foso hasta la horizontal del remate curvo, resulta en 20 brazas cuya mitad superior está ocupada por los contrafuertes cilíndricos que engrosan y refuerzan la inclinación de la escarpa (Fig. 8).

Tal y como muestra el detalle constructivo realizado por Leonardo (Fig. 6), los contrafuertes se configuran en base a cintas sucesivas de arcos horizontales de sillaría que forman *cámaras de servicio abovedadas de panta semicircular, vinculadas asimismo a una galería abovedada sobre la que apoya el remate curvo de la coronación.*

## La torre estrellada de Leonardo para la fortaleza de Piombino

El proyecto para una torre con escarpa de forma estrellada es uno de los pocos ejemplos leonardescos de los que conocemos su finalidad concreta. Se trata de una propuesta para fortificar la rocca de Piombino, representada en varias de las láminas del *Codex Madrid II* 4. Leonardo propone la construcción de sendos torreones cilíndricos en dos de los ángulos del recinto cuadrado de la fortaleza, cuya planta se señala a modo de esquema en la mitad derecha de la lámina (Fig. 9). La propuesta está también estrechamente vinculada al lienzo zigzagueante al que se ha hecho referencia al comienzo del artículo (Fig. 3), que viene

dispuesto esta vez siguiendo la directriz curva de la torre.

El aspecto amenazante y activo de esta masa aserrada queda garantizado por esta especie de basamento estrellado que rodea el cilindro central de la torre, formado por puntas piramidales que sobresalen sobre la escarpa inclinada del cilindro, formando vértices interiores en los que se sitúan las aspilleras que defienden el foso, servidas por una galería interior de acceso. Sobre esta estructura estrellada se alza el remate cilíndrico de la torre, definida en su base por un cordón continuo en su encuentro con la escarpa y caracterizada por una sucesión de aspilleras que dan servicio a una segunda galería interior perimetral.

En este caso, la reconstrucción en escala del proyecto ha sido posible gracias al texto conservado en el mismo códice (*Codex Atlanticus*, f.36) (Fig. 11). Este texto describe con mediciones precisas el proyecto, lo que ha facilitado la interpretación de su volumen global y dimensiones. Según esta descripción, el cilindro central tiene un diámetro de 25 brazas y una altura de 20br. El foso que rodea la fortaleza alcanza una profundidad de 10 brazas y una anchura de 21br. que se han trasladado a la axonometría sin tener en cuenta la altura de la escarpa. El resto de dimensiones son fácilmente deducibles a partir de sus dibujos, que han resultado ajustarse con gran precisión a sus mediciones y proporciones: 5 brazas en planta para la base del talud del cilindro y otras 5br. para las puntas piramidales; un alto de 8br. para el basamento –entre el nivel del foso hasta el cordón que delimita el basamento– y otras 12br. para el cuerpo principal. La inclinación

dimensions to be determined. According to the description, the central cylinder's diameter is 25 *braccia* and is 20 *braccia* high. The ditch surrounding the fortress is 10 *braccia* deep and 21 *braccia* wide, which have been transferred to the axonometric plan without taking the scarp's height into account. The remaining dimensions can easily be deduced from the drawings, which have proven to match the measurements and proportions with extreme accuracy: 5 *braccia* according to the floor plan for the cylinder's pitched base and another 5 *braccia* for the pyramidal points; 8 *braccia* for the height of the base – between the ditch and the cordon marking the base – and 12 *braccia* for the main structure. The pitch at the top of the upper parapet aligns with the glacis protecting the counterscarp's vaulted walkway, leaving an inner enclosure that is 10 *braccia* in diameter, "*dove stano li omni a battere coll'artiglieria tutta la campagna*" (Fig. 12) (*Codex Atlanticus*, f.36).

## Concluding thoughts

These two examples represent a small sample of the novel, formal and expressive possibilities that Italian Renaissance architects used to offer a comprehensive response to the problem of fortification. Thanks to these proposals based on the logic of oppositional geometry, the geometric approach deriving from the straight line of cannon shot became increasingly important and of significant value when defining the defensive form. It founded a new system of relationships whereby the angles, orientations, dimensions, etc. of a fortification's individual parts were governed by the same rules (Fara, 1993, pp. 11-20). Hence, the geometric reasoning discovered by Leonardo and developed by so many other architects over the decades was synthesised in a set of geometric rules that established a new idea of fortification, which was closely linked to the new expressive and symbolic values arising from its geometry and form. The idea took shape in the form of the renowned bastioned system, which was firmly based on a systematised geometric procedure linking the parts to the whole (Hale, 1983, p. 15). It is a method founded on the analytical quality of drawing as a means to analyse and





comprehend reality, which was only made possible by the value of drawing as a tool for guiding and defining the geometry and form of the ideas proposed in this intense process of refounding a novel, formal logic of fortification. ■

### Notes

- 1 / Among the Italian artists contemporary to Leonardo who had direct or indirect knowledge of his work were the following: Francesco di Giorgio, Giuliano and Antonio da Sangallo, Baldassarre Peruzzi, Antonio da Sangallo il Giovane and Michelangelo Buonarroti.
- 2 / Original text in Italian: “L’aria e piena d’infinite linee rette e radiose insieme intersegate e intessute senza occupazione luna dell’altra. Representano aqualunche obieto lauera forma della lor chagione”.
- 3 / The more generic drawings are: *Codex Atlanticus*, f.714r, 942; *Manuscript. I*, f. 19r; Ms. B., f. 19r, 20v, 82v; *Manuscript. L.*, f.39v, 46r, 48r, 50v, 61r, 64r. The drawings relating to specific projects are: *Codex Atlanticus*, f. 125r; *Manuscript L.*, f. 49v, 63r.
- 4 / The drawing directly relates to others preserved in the *Codex Madrid II*, 9r, 21v, 24v, 25r, 36, 79r, 85v.

### References

- ANASAGASTI, T., 1995. *Enseñanza de la Arquitectura. Cultura moderna técnico artística*. Madrid: Juan de Herrera Institute.
- BOLAÑOS, M., 2017. *El artista se descubre*. In: M. Bolaños, ed. *Hijo del Laocoonte, Alonso Berruguete and la Antigüedad pagana*. Madrid: Ministry of Education, Culture and Sport, pp.16-21.
- CALVI, I., 1943. *L’architettura militare di Leonardo da Vinci*. Milano: Libreria Lombarda.
- CASSIRER, E., 1977. *Individuo e cosmo nella filosofia del Rinascimento*. Firenze: Nuova Italia.
- COBOS et al., 2000. *Luis Escrivá: su apologia y la fortificación imperial*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- DA VINCI, L., *Codex Atlanticus*, Ambrosian Library.
- DA VINCI, L., *Codex Madrid II*, National Library of Spain.
- DA VINCI, L., *Manuscript L*, National Library of France.
- DE HOLANDA, F., ca. 1535 *Os desenhos das antigualhas que vio Francisco D’Ollanda, pintor português*. Royal Library of El Escorial Monastery, San Lorenzo de El Escorial.
- Díez ORONÓZ, A., 2019. *Una bella sfida formale tra Quattro e Cinquecento. La nascita di una nuova forma architettonica della fortificazione nei grandi architetti del Rinascimento*. Tesis doctoral dirigida por A. Caballero y A. Ustarroz y defendida. Dep. de Arquitectura de la UPV/EHU.
- DÜRER, A., 1527. *Etliche Vnderricht zu Befestigung der Stett Schloss vnd Flecken*. Yale University Library, Beinecke Library, Yale.
- FARA, A., 1993. *La città da guerra*. Turin: Einaudi.
- FARA, A., 1997. *Leonardo e l’architettura militare*. Firenze: Giunti.
- FAUCHERRE et al., 2014. *La genèse dy système bastionné en Europe*. Navarrenx: Cercle historique de l’Arribère.

### 12. Reconstrucción axonométrica del torreón de Leonardo para la rocca de Piombino. Dibujo del autor

del remate del parapeto superior queda alineada con la del glacis que protege el camino cubierto de la contraescarpa, dejando al interior una terraza de 10 brazas de diámetro “*dove stano li omini a battere coll’artiglieria tutta la campagna*” (Fig. 12) (*Codex Atlanticus*, f.36).

### Reflexiones finales

Estos dos ejemplos son una pequeña muestra de las nuevas posibilidades formales y expresivas de las que se valieron los arquitectos del Renacimiento italiano para dar una respuesta amplia al problema de la fortificación.

Gracias a estas propuestas basadas en una lógica de oposición de geometrías, el método geométrico derivado de la línea recta del disparo del cañón tomó un protagonismo creciente y un valor activo en la definición de la forma defensiva, fundando un nuevo sistema de relaciones en el que los ángulos, las orientaciones, las dimensiones, etc. de cada una de las partes de la fortificación queden reguladas bajo unas mismas normas (Fara 1993, pp. 11-20). De este modo, el razonamiento geométrico descubierto por Leonardo y desarrollado por tantos otros arquitectos durante décadas se sintetizó en un conjunto de reglas geométricas que fundaron una nueva idea de la fortificación, estrechamente vinculada con los nuevos valores expresivos y simbólicos derivados de su geometría y forma. Una idea que se concretó en el bien conocido sistema bastionado, fundado sólidamente en un procedimiento geométrico sistematizado que vinculaba las partes al conjunto (Hale 1983, p. 15).

Un método fundado gracias a la cualidad analítica del dibujo,

### 12. Author’s axonometric reconstruction of Leonardo’s tower for the Rocca di Piombino

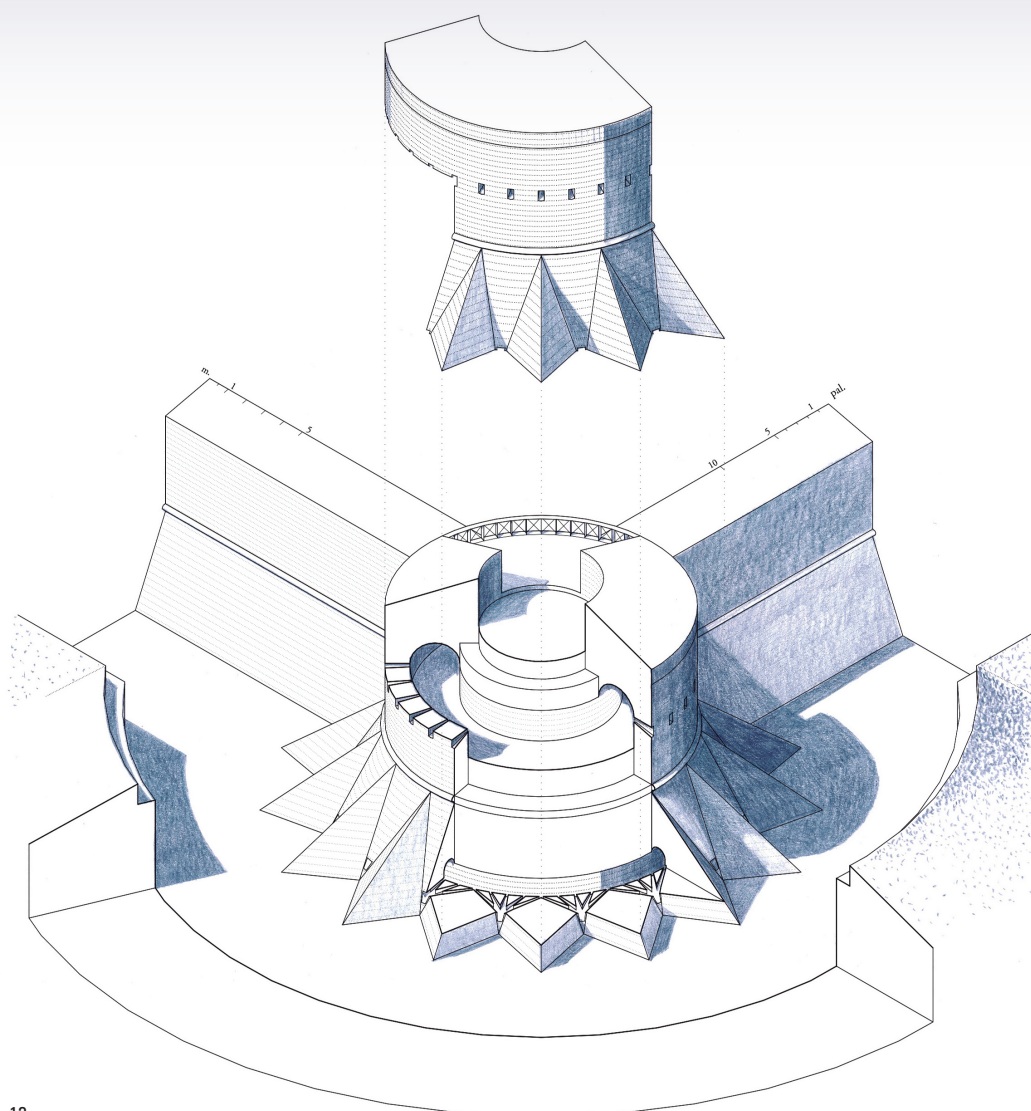
como medio por el que analizar y comprender la realidad, que solo fue posible gracias al valor del dibujo como herramienta con la que guiar y definir la geometría y forma de las ideas planteadas en este intenso proceso de refundación de una nueva lógica formal de la fortificación. ■

### Notas

- 1 / Entre los artistas italianos contemporáneos a Leonardo y que tuvieron conocimiento directo o indirecto de su trabajo destacan, Francesco di Giorgio, Giuliano y Antonio da Sangallo, Baldassarre Peruzzi, Antonio da Sangallo il Giovane o Michelangelo Buonarroti.
- 2 / Texto original en italiano: “L’aria e piena d’infinite linee rette e radiose insieme intersegate e intessute senza occupazione luna dell’altra. Representano aqualunche obieto lauera forma della lor chagione”.
- 3 / Entre los dibujos de carácter más general están los del *Codex Atlanticus*, f.714r, 942; *Manuscrito. I*, f. 19r; Ms. B., f. 19r, 20v, 82v; *Manuscrito. L.*, f.39v, 46r, 48r, 50v, 61r, 64r. Los dibujos que se refieren a desarrollos particulares son los siguientes: *Codex Atlanticus*, f. 125r; *Manuscrito L.*, f. 49v, 63r.
- 4 / El dibujo está vinculado directamente con otros conservados en el mismo *Códice Madrid II*, 9r, 21v, 24v, 25r, 36, 79r, 85v.

### Referencias

- ANASAGASTI, T., 1995. *Enseñanza de la Arquitectura. Cultura moderna técnico artística*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- BOLAÑOS, M., 2017. *El artista se descubre*. In: M. Bolaños, ed. *Hijo del Laocoonte, Alonso Berruguete y la Antigüedad pagana*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp. 16-21.
- CALVI, I., 1943. *L’architettura militare di Leonardo da Vinci*. Milano: Libreria Lombarda.
- CASSIRER, E., 1977. *Individuo e cosmo nella filosofia del Rinascimento*. Firenze: Nuova Italia.
- COBOS et al., 2000. *Luis Escrivá: su apologia y la fortificación imperial*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- DA VINCI, L., *Codex Atlanticus*, Biblioteca Ambrosiana.
- DA VINCI, L., *Códice Madrid II*, Biblioteca Nacional de España.
- DA VINCI, L., *Manuscrito L*, Biblioteca Nacional de Francia.
- DE HOLANDA, F., 1535ca. *Os desenhos das antigualhas que vio Francisco D’Ollanda, pintor português*. Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial, San Lorenzo de El Escorial.



12

- DÍEZ ORONÓZ, A., 2019. *Una bella sfida formale tra Quattro e Cinquecento. La nascita di una nuova forma architettonica della fortificazione nei grandi architetti del Rinascimento*. Tesis doctoral dirigida por A. Caballero y A. Ustarroz y defendida. Dep. de Arquitectura de la UPV/EHU.
- DÜRER, A., 1527. *Etliche Vnderricht zu Befestigung der Stett Schloss vnd Flecken*. Yale University Library, Beinecke Library, Yale.
- FARA, A., 1993. *La città da guerra*. Turin: Einaudi.
- FARA, A., 1997. *Leonardo e l'architettura militare*. Firenze: Giunti.
- FAUCHERRE et al., 2014. *La genèse dy système bastionné en Europe*. Navarrenx: Cercle historique de l'Arribère.
- FIORE, F.P., 1978. *Nuove fondazioni urbane e castellane: strutture abitative e perimetri difensivi*. In: G. Muratore, (ed.). *I castelli: Architettura e difesa del territorio tra Medioeve e Rinascimento*. Novara: Istituto Geográfico de Agostini, pp. 25-41.
- FIORE, F.P., 1978. *Nuove fondazioni urbane e castellane: strutture abitative e perimetri difensivi*. In: G. Muratore, (ed.). *I castelli: Architettura e difesa del territorio tra Medioeve e Rinascimento*. Novara: Istituto Geográfico de Agostini, pp. 42-53.
- FOCILLON, H., 2002. *Vita delle forme seguito da Elogio della mano*. Torino: Einaudi.
- HALE, J.R., 1983. *The early development of the bastion: an Italian chronology c.1450- c.1534*. In: J.R. Hale (ed.) *Renaissance War Studies*. London: The Hambledo Press.
- MALSESE, C. (ed.), *Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare*. Milano: Il Polifilo.
- MARANI, P.C., 1984. *Disegni di fortificazioni da Leonardo a Michelangelo*. Firenze: Cantini.
- MURATORE, G., 1978. *Insediamenti e paesaggio ambientale fisico e cultura materiale*. In: G. Muratore, (ed.). *I castelli: Architettura e difesa del territorio tra Medioeve e Rinascimento*. Novara: Istituto Geográfico de Agostini, pp. 42-53.
- PANOFSKY, E., 2016. *La perspectiva como forma simbólica*. Barcelona: Fábula Tusquets.
- PAPINI, R., 1946. *Francesco di Giorgio Architetto*. Florencia: Electa.
- FIORE, F.P., 1978. *Nuove fondazioni urbane e castellane: strutture abitative e perimetri difensivi*. In: G. Muratore, (ed.). *I castelli: Architettura e difesa del territorio tra Medioeve e Rinascimento*. Novara: Istituto Geográfico de Agostini, pp.25-41.
- FOCILLON, H., 2002. *Vita delle forme seguito da Elogio della mano*. Turin: Einaudi.
- HALE, J.R., 1983. *The early development of the bastion: an Italian chronology c.1450- c.1534*. In: J.R. Hale (ed.) *Renaissance War Studies*. London: The Hambledo Press.
- MALSESE, C. (ed.), *Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare*. Milan: Il Polifilo.
- MARANI, P.C., 1984. *Disegni di fortificazioni da Leonardo a Michelangelo*. Firenze: Cantini.
- MURATORE, G., 1978. *Insediamenti e paesaggio ambientale fisico e cultura materiale*. In: G. Muratore, (ed.). *I castelli: Architettura e difesa del territorio tra Medioeve e Rinascimento*. Novara: Istituto Geográfico de Agostini, pp.42-53.
- PANOFSKY, E., 2016. *La perspectiva como forma simbólica*. Barcelona: Fábula Tusquets.
- PAPINI, R., 1946. *Francesco di Giorgio Architetto*. Florence: Electa.