

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

II

EL SIGLO DE LAS LUCES
De la ingeniería a la nueva navegación

Pedro Álvarez de Miranda
Arturo Ansón Navarro
Juan José Arenas de Pablo
Horacio Capel Sáez
Fernando Cobos Guerra
Irina Gouzevitch
Víctor Navarro Brotons

Guillermo Pérez-Sarrión
Manuel Sellés García
Manuel Silva Suárez
Julián Simón Calero
Hélène Vérin
Siro Villas Tinoco

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

Publicación número 2.562
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 · 50007 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 · Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
<http://ifc.dpz.es>

FICHA CATALOGRÁFICA

El Siglo de las Luces. De la ingeniería a la nueva navegación / Manuel Silva Suárez, ed. — Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias; Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2005.

624 p.; il.; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España; II)
ISBN: 84-7820-815-1

1. Ingeniería-Historia-S. XVIII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución «Fernando el Católico», ed.

© Los autores, 2005.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005.

Cubierta: Ambrosio Lanzaco (dib.) y Josef Dordal (grab.): «Planta y perfil del Puente y Almenara construido en el Canal Ymperial, llamado de Formigales». Lámina n.º 3 de la *Descripción de los Canales Imperial de Aragón, y Tauste. Dedicada a los augustos soberanos Don Carlos IV y Doña María Luisa de Borbón. Por el actual protector de ambos canales, el conde de Sástago*, Zaragoza, Impr. de Francisco Magallón, 1796.

Contracubierta: Ilustraciones de las láminas 3 y 4 en el tomo II del *Examen marítimo, Teórico Práctico o Tratado de Mecánica aplicado a la Construcción, Conocimiento y Manejo de los Navíos y demás embarcaciones*, de Jorge Juan y Santacilia, Madrid, Impr. de D. Francisco Manuel de Mena, 1771.

ISBN: 84-7820-814-3 (obra completa)

ISBN: 84-7820-815-1 (volumen II)

Depósito Legal: Z-3032-2005

Revisión técnica de la obra: Marisancho Menjón

Digitalización: María Regina Ramón, Cristian Mahulea, FOTOPRO S.A.

Maquetación: Littera

Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauban

Fernando Cobos-Guerra
Arquitecto, Valladolid

I

ESTADO DE LA CUESTIÓN E IDEAS PRECONCEBIDAS

«No se puede dudar de que los españoles aspiran al dominio universal y que los únicos obstáculos que hasta el presente han encontrado son la distancia entre sus dominios y su escasez de hombres».

(El cardenal Richelieu a Luis XIII de Francia¹, en 1624)

Hay varias ideas preconcebidas, que este texto pretende rebatir, acerca de las fortificaciones de los siglos XVII y XVIII. La primera es considerar que tras la muerte de Felipe II el reinado de los Austrias menores fue un período de absoluta decadencia militar cuya deficiencia tecnológica fue subsanada por la regeneración que los Borbones, y su elenco de técnicos franceses, impusieron a la Corona de España después del tratado de Utrecht. Es cierto que la monarquía española no pudo garantizar su antigua hegemonía naval y terrestre en buena parte del siglo XVII, pero, aun así, ¿cómo explicar que tan vasto imperio se conservara en gran parte intacto durante más de un siglo? Es justo reconocer que, incluso aceptando que ni la Armada ni las tropas terrestres fueron tan inoperantes como se cree, la gran protagonista de la defensa fue la fortificación, gracias en buena medida a los intensos trabajos realizados tanto en Europa como en América.

El español será, posiblemente, el imperio que más fortificaciones haya construido en la historia de la humanidad, y su arquitectura ha marcado el paisaje de sus dominios tanto o más de lo que lo hizo la romana con los suyos. Si Richelieu tenía razón en la afirmación de la cita que encabeza este texto, la única opción viable para que la

¹ Tomamos prestada la cita (originalmente en G. Hanotaux, *Histoire du Cardinal de Richelieu*) del estudio de G. PARKER, 1972, por ser aún más adecuada a nuestro tema, como se verá, que incluso al del propio Parker.

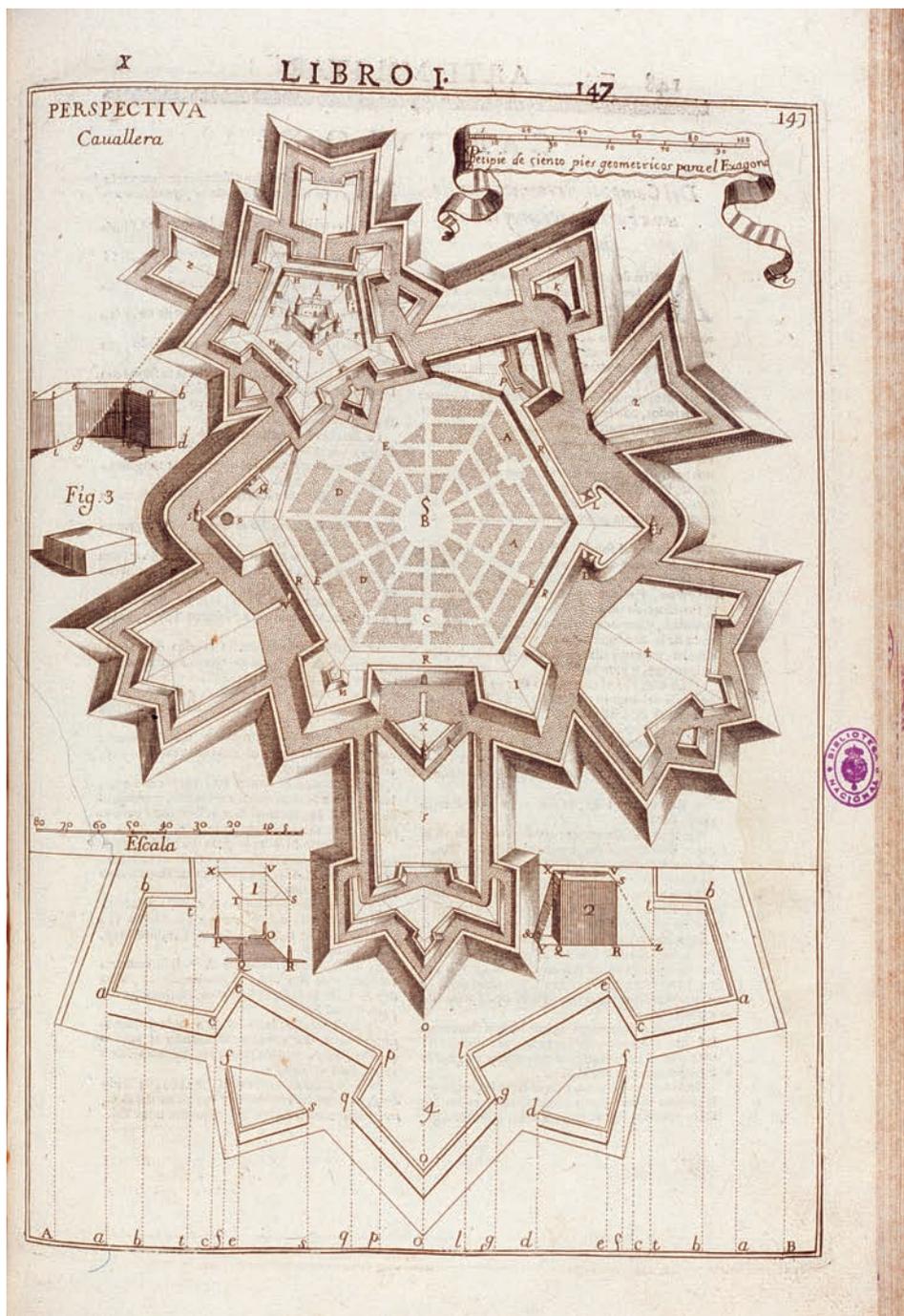
monarquía hispánica se enfrentara a la escasez de hombres y a las enormes distancias entre sus dominios era construir fortificaciones que aseguraran el control estratégico, defendidas por pocos hombres y dispuestas a resistir durante muchos meses hasta que llegaran los refuerzos o hasta que la escasez, el desánimo o los temporales, obligaran a los enemigos a desistir. En una época en la que ya se sabía que ninguna fortaleza era inexpugnable, éstas se clasificaban por el tiempo que podían resistir sin socorro; y, en la bien organizada práctica militar del XVIII, sitiadores y sitiados conocían esos tiempos, lo que formaba parte de las previsiones estratégicas de los Estados.

Entre los siglos XVI y XIX las posesiones españolas se apuntalaron con un costoso sistema de fortificaciones, y aunque falló en Túnez (1574), en Cádiz (1596), en Dunkerque (1658), en Namur (1692) o en La Habana (1762), en momentos críticos para la supervivencia del imperio, ésta no hubiera sido posible si el sistema en su conjunto no hubiese funcionado razonablemente bien, más allá incluso de algunos casos heroicos bastante conocidos. Nos falta, desde luego, saber hasta qué punto la Corona no contaba de antemano con el heroísmo de los defensores de Salsas (1503) o de Cartagena de Indias (1741), tanto o más de lo que confiaba en las bondades de las fortificaciones de Lisboa, Orán, Canarias o El Ferrol, por citar sólo algunos de los ataques que fracasaron ante una buena defensa. Pero, significativamente, después de cada fracaso o de cada defensa heroica siempre era inmediatamente mejorada la fortificación, de forma que tras doscientos años de asaltos y defensas, los sistemas fortificados de Cartagena de Indias o de La Habana, por ejemplo, eran mucho más hijos de la experiencia que de la teoría fortificatoria del momento. En todo caso, el número de ataques enemigos fracasados supera con creces al de los que tuvieron éxito², y eso sin saber cuántos ataques no llegaron ni siquiera a producirse ante la aparente inexpugnabilidad de las fortificaciones. En 1640, el ingeniero de la Corona española Juan de Médicis justificaba su soberbio proyecto para Malta (del que luego hablaremos) con las siguientes palabras:

«La frente vieja de la ciudad Valeta, por buenas que se juzguen sus defensas, nadie puede dudar que no se puedan mejorar mucho, así como el modo de fortificar que oy se usa, se tiene por más refinado, y mejor del que se usaba 70 u 80 años ha. [...] procurando hazer las fortificaciones de tal manera, que no solamente tengan y parezcan defensibles, pero que en quanto se puede, sean tenidas del enemigo por inexpugnables. Pudiendo desto resultar el beneficio de no ser interpreso, que tanto se desea, pues la honra que se ganaría en averle valerosamente defendido vendría a costar muy caro, por la destrucción que suele traer consigo una larga, y fuerte expugnacion, aunque felizmente sustentada»³.

² Inexplicablemente, la Historia española ha recordado mucho mejor los fracasos que todos los éxitos de sus defensas o de su flota, y tienen que ser los propios historiadores británicos los que recuerden derrotas de su Armada tan señaladas como la de Flores en 1591 (R. HUMBLE: *Naval Warfare*, Londres, 2002, p. 60) o los innumerables fracasos en sus asaltos a las costas portuguesas, españolas o americanas.

³ Real Academia de la Historia (RAH), 9/3773 (2).



10.1. *Perspectiva caballera de una fortificación.* (Escuela de Palas, Milán, 1693, tomo II, p. 147; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)

La segunda idea consolidada es que hasta el siglo XVIII, en que los ingenieros de los Borbones introdujeron las novedosas teorías de Vauban, especialmente sus obras avanzadas, las fortificaciones españolas seguían repitiendo modelos del período de Felipe II. Se olvida entonces que Vauban es un ingeniero del XVII, que luchó principalmente contra los ejércitos españoles y que tenía delante a brillantes ingenieros de la Corona española que con medios muy limitados hicieron frente a las poderosas tropas francesas del Rey Sol. Estos ingenieros, desde las “escuelas” de Milán o Bruselas y su brillante tratadística, o desde las fortificaciones que levantaron en el Mediterráneo o en el Caribe, marcan un desarrollo propio con proyectos que ya a mediados del siglo XVII nada tenían que envidiar a los sistemas que más tarde popularizarían Pagan o Vauban.

La revisión de estas dos ideas previas nos llevará necesariamente a analizar hasta qué punto las fortificaciones que en el XVIII se habían considerado de la escuela de Vauban eran simples aplicaciones de los sistemas inventados en el XVII, y cómo las verdaderas innovaciones que Vauban y otros propusieron a finales del XVII y en el XVIII no llegaron a tener aplicación general hasta mucho más tarde.

El objetivo de este texto no es, por tanto, hacer una suerte de “estado de la cuestión” o síntesis de lo mucho y bueno publicado⁴ sobre los ingenieros y su formación en el XVIII sino, más bien, abrir camino para una lectura nueva de la evolución técnica que tuvo la fortificación española desde el XVI. No ayuda desde luego el hecho de que el imperio de los Austrias fuera multinacional y multilingüístico, aunque, como han señalado ya algunos autores italianos⁵, los ingenieros “milaneses” servían a España aún con tratados en italiano –e igualmente podría decirse de los procedentes de los Países Bajos–, de forma que no es lógico que de estas dos grandes escuelas de fortificación de la Corona sólo tomemos como tratados españoles los que están escritos en castellano. No ayuda tampoco que los territorios citados dejaran de ser parte de la corona hispánica con la llegada de la dinastía borbónica, perdiéndose el vínculo tanto territorial como vasallático de muchos de los militares del imperio⁶. Y aun así, tanto en la “refundación” del cuerpo de ingenieros español con la llegada de los Borbones, como en la praxis de los ingenieros del XVIII, pervivieron muchas más influencias y criterios del XVII hispánico de los que aparentemente podríamos reconocer.

⁴ Véase H. CAPEL, J. E. SÁNCHEZ y O. MONCADA, 1988, como representación de los numerosos trabajos publicados por el grupo de investigadores en torno a Horacio Capel; y también, R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1991, como representación de lo publicado por estos autores, con opiniones a veces divergentes de lo postulado por el grupo de Capel. Véase también Carlos SAMBRICIO, 1991.

⁵ A. COPPA: «La circulación de ideas a través de los tratados de los ingenieros militares milaneses al servicio de Carlos V y Felipe II», en C. HERNANDO (coord.), 2000, y algunas de las ponencias contenidas en G. COLMUTO ZANELLA y L. RONCAIL, 2004.

⁶ Y otros, como el III marqués de Leganés, tomaron partido por los Austrias.

Este texto no puede dejar de ser, por tanto, complementario de otros e incompleto en sí mismo. Complementario, en primer lugar, de nuestro anterior trabajo sobre los principios de la fortificación abaluartada renacentista⁷, sin cuyo fundamento no es posible entender muchas de las cuestiones aquí referidas; complementario igualmente de lo publicado sobre los ingenieros y los tratados del XVIII, quizá el período de la ingeniería militar española mejor estudiado y sobre el que sólo planteamos un nuevo punto de vista que no afecta tanto a la historia concreta ya conocida como a su valoración global. Finalmente, el texto será incompleto por cuanto muchas de las próximas reflexiones son sólo la base inicial de un programa de investigación que pretendemos desarrollar en los próximos años⁸.

Revindicar la importancia de los ingenieros de la Corona española en la génesis de las ideas de la fortificación de los siglos XVII-XVIII y explicar dicha génesis es casi el mismo objetivo. Antes es necesario, sin embargo, retomar el discurso sobre los principios de la fortificación abaluartada del siglo XVI y analizar los cambios fundamentales. Para ello hemos dividido este artículo en cinco capítulos: «Los elementos y las máximas de la fortificación», donde analizaremos cómo se van modificando los valores básicos del diseño de fortificaciones; «Los trazados, su cómputo y las tablas de fortificar», base científica de la fortificación como disciplina matemática; «Las escuelas nacionales y los tratados», en referencia a la experiencia en la formación de los ingenieros entre el XVII y el XVIII, con especial atención a algunos tratados españoles menos conocidos; «Los nuevos elementos y su debate: la forma del baluarte y las obras exteriores», la supuesta gran innovación de la influencia vaubantiana, donde analizaremos algunos de los tratados y proyectos que ya marcaron en la primera mitad del XVII toda la fortificación posterior; y, finalmente, «Vauban, la vuelta a las casamatas y el final del sueño racionalista», apenas unos apuntes sobre la crisis de las fortificaciones usuales en el XVIII, a partir de las propias contradicciones internas ya detectadas en el XVII.

Conviene en todo caso advertir al lector que la ciencia de la fortificación debe estudiarse como todas las «ciencias demostrativas»⁹; no se puede llegar a los problemas finales si no se comprenden los principios iniciales.

⁷ F. COBOS: «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada», en M. SILVA, 2004.

⁸ Los trabajos en curso sobre el XVII y el XVIII en los que colaboramos Javier de Castro, Alicia Cámara y otros muchos investigadores, con el patrocinio del Ministerio de Defensa y la Asociación Española de Amigos de los Castillos.

⁹ La expresión es de Luis Escrivá, en su tratado de 1538, refiriéndose a la necesidad del dibujo; geometría y luego cálculo matemático se incluirían después como parte del proceso “demostrativo” (L. ESCRIVÁ: *Apología en excusación y favor de las fábricas del reino de Nápoles*, cap. XVI, manuscrito en la Biblioteca Nacional de Madrid. Edición anotada y comentada en F. COBOS, J. J. CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN, 2000).

II

LOS ELEMENTOS Y LAS MÁXIMAS DE LA FORTIFICACIÓN

«Hallamos en todos los Autores que de fortificación existieron, que para determinar la cantidad de la extensión del lado, a la figura que pretendieron fortificar; que miraron entre otros, a tres esenciales objetos: de los cuales, el primero es la arma con que avia de defender su Plaza; el segundo, la parte de donde avían de administrar la principal defensa; el tercero, que todas las partes de una Plaza estuviesen de tal modo dispuestas, con tal razón compartidas y formadas, que unas a otras se defendiesen por medio de líneas franqueantes, y flanqueantes, o fixantes».

(*Academia de fortificación*, Enríquez de Villegas, 1651¹⁰)

Las ilustraciones adjuntas de la lámina 10.2 explican los elementos o partes comunes de la fortificación: líneas, ángulos, líneas de defensa, baluartes, flancos y obras exteriores. Conocidas éstas (aquí, gracias al juego educativo de cartas publicado por P. Minguet en 1752¹¹), serán los principios o máximas los que determinarán en su conjunto cada modelo de fortificación. La definición de estas máximas fue el resultado de todo el proceso de formulación de principios que analizamos en nuestro estudio del tomo anterior; y aunque tratados tempranos de ingenieros de la Corona española como los de Pietro Paolo Floriani¹² (Macerata, 1630) o Juan Santans y Tapia¹³ (Bruselas, 1644) no las incluyen expresamente, otros como el de Antoine de Ville (Lyon, 1628) sí lo hacen.

Pese a que inicialmente las máximas pudieron servir para diferenciar a cada tratadista, a finales del siglo XVII casi todos coincidían en lo fundamental. Así, con los dos primeros “objetos” mencionados por Villegas en la cita inicial (el arma y el flanco) coincide en el orden Medrano¹⁴, en 1700, en sus *Máximas y preceptos que generalmente se han de guardar en la fortificación regular e irregular*, cuando por primera máxima da «que la línea de defensa no sea mayor que el alcance que el mosquete en punto en blanco, que es de mil pies», y por segunda «que el flanco no sea mayor de 180 y menor de 100 pies», por las razones que luego explicaremos sobre la capacidad de fuego, o sobre el debate ya conocido acerca de los ángulos flanqueados obtusos o agudos. Pero en la tercera máxima ya divergen los tratadistas, fundamentalmente en el orden. Por ello, y para que el lector pueda hacerse una idea general, vamos a seguir

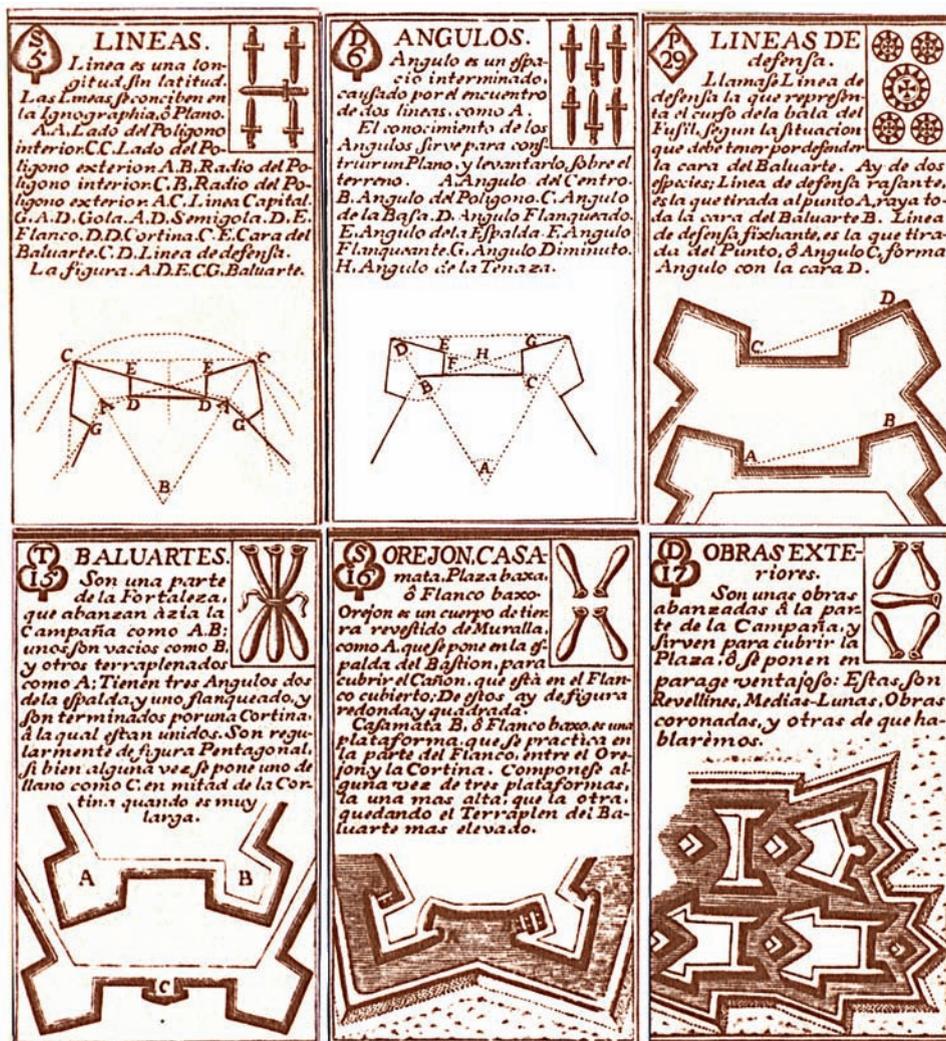
¹⁰ Diego ENRÍQUEZ DE VILLEGAS: *Academia de fortificación de plazas y nuevo modo de fortificar una plaza real diferente en todo de todos que se hallan en los autores que desta ciencia y arte escribieron*, Madrid, 1651, p. 87.

¹¹ Pablo MINGUET: *Juegos de la fortificación*, Madrid, 1752.

¹² Pietro Paolo FLORIANI: *Diffesa e offesa delle piazze*, Macerata, 1630.

¹³ Juan de SANTANS Y TAPIA: *Tratado de fortificación militar destes tiempos breve e intelegible puesto en uso en estos estados de Flandes*, Bruselas, 1644.

¹⁴ Sebastián FERNÁNDEZ DE MEDRANO: *El arquitecto perfecto en el arte militar*, Bruselas, 1700.



10.2. Líneas, ángulos, líneas de defensa, baluartes, flancos y obras exteriores de una fortificación. (Pablo MINGUET: Juegos de la fortificación, Madrid, 1752.)

el orden que da Lucuze¹⁵ (Barcelona, 1772), comparándolo con las máximas de los tratados de Villegas (Madrid, 1651), *Escuela de Palas* (Milán, 1693), Medrano (Bruse-

¹⁵ Pedro de LUCUZE: *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortalezas dispuestos para la instrucción de la juventud militar*, Barcelona, Impr. Thomas Piferrer, 1772.

las, 1700) y Cassani¹⁶ (Madrid, 1705), y el supuesto método de Vauban en la edición del abad Du Fay y el Chevalier de Cambray (Amsterdam, 1712)¹⁷.

La primera máxima de Lucuze dice que «todas las partes de una fortificación deben ser vistas, y flanqueadas las unas de las otras», siendo ésta la gran diferencia con la fortificación medieval, donde cada torre se defiende a sí misma, y lo que la convierte en un sistema cerrado. Es el tercero de los objetos de Villegas o la undécima máxima de Medrano: «Que no haya parte de la plaza que no esté vista y defendida de otra». No es muy distinta, lógicamente, de la primera del método Vauban: «Todas las partes que encierran un espacio deben ser flanqueadas, con el fin de que no exista ningún lugar alrededor de la plaza donde el enemigo pueda alojarse sin ser visto, no sólo de frente sino también de lado e incluso de revés, si es posible», reforzando la idea de la defensa lateral o flanqueante antes que la frontal, que es la esencia del sistema abaluartado.

Como la segunda máxima de Lucuze es que «La longitud de la línea de defensa se ha de proporcionar al alcance del fusil», coincidiendo con lo citado de Villegas y Medrano, algunos autores funden ambas máximas y afirman: «Que no ayga en toda la fortificación punto alguno que no sea visto y defendido, alternativamente, uno de otro, de muchos puntos de la fortificación, al tiro del mosquete», primera máxima de la *Escuela de Palas*, en la que coincide también el tratado del padre Cassani. Sobre cómo computar la línea de defensa, Villegas cita a De Ville, donde dice: «Algunos llaman línea de defensa aquella que es tirada desde la punta del baluarte hasta donde se encuentra con el flanco o con la cortina: pero tengo para mí, que la verdadera línea de defensa se deve tomar desde el ángulo del flanco con la cortina hasta la punta del baluarte opuesto, por razón que se tira desde el flanco, del qual pende la defensa del baluarte»¹⁸. La polémica respecto a la determinación de la línea de defensa como base del trazado, que ya explicamos en nuestro artículo referido al siglo XVI en el tomo anterior, afecta ahora mucho más a la definición del flanco principal y del segundo flanco, que veremos en el siguiente punto, que a la longitud misma de la línea de defensa. Sobre esto último, la *Escuela de Palas* propone «que la línea de defensa no sea mayor del tiro de mosquete, que lo más ordinario llega a 900 pies», aunque Villegas propone 1.100 pies, pues «para esto se ha de suponer que pretendemos defender nuestras plazas, con mosquetes bizcaínos, que son los de que se sirve la nación española como propia arma suya»¹⁹. Contra líneas de defensa demasiado

¹⁶ J. CASSANI: *Escuela militar de fortificación ofensiva y defensiva*, Madrid, 1705.

¹⁷ *Verdadero método para fortificar de Mr. de Vauban, donde se muestra el método que se usa actualmente en Francia para fortificar las plazas*, en la edición en castellano publicada por GUTIÉRREZ y ESTERAS, *op. cit.*, pp. 161 y ss. La primera edición, más reducida, del abad Du Fay (*Manière de fortifier selon la méthode de M. de Vauban*), es de 1692.

¹⁸ ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit.*, p. 95.

¹⁹ ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit.*, p. 110.

largas está también el abad Du Fay²⁰. Pero, aceptado comúnmente que «la línea de defensa se debe proporcionar al tiro de mosquete y no al de cañón» (máxima IV de Cassani), el mayor alcance de los mosquetes vizcaínos tenía algunas ventajas, ya que implicaba menos baluartes (más distanciados) para englobar igual superficie, pues, como reza la máxima XIV de Medrano, «que un mismo recinto fortificado con menos baluartes a la defensa del mosquete, tenga primer lugar que el que tuviere más»²¹.

La tercera máxima de Lucuze, quizás por su tardía redacción, es ambigua en la polémica ya citada sobre primer y segundo flanco, y se limita a decir que «las partes que defienden se deben aumentar quanto se pueda, y disponerlas de suerte que flanqueen a las expuestas en la mejor forma, sin que se descubran de la campaña», aunque no aclara inicialmente cómo. El jesuita Cassani da por máxima aumentar el tamaño de las partes que defienden (los flancos), y el abad Du Fay asegura que «los mejores flancos son los grandes».

En el XVII se había considerado que si la cara del baluarte se alineaba con un punto de la cortina y no con la esquina de encuentro entre flanco y cortina, el parapeto situado entre dicho punto y el flanco podía utilizarse para defender también la cara del baluarte (ver figuras 10.2 y 10.3) y a ese segmento se llamó segundo flanco o flanco secundario. Pero había dos problemas en ello: el primero, al que veladamente se refiere Lucuze, es que quedaba el flanco principal muy expuesto al fuego enemigo; el segundo era que cuanto mayor fuera el segundo flanco, más agudo sería el ángulo de la punta del baluarte²², y, aunque en la *Escuela de Palas* se da por máxima «que la frente de un baluarte, o fuerza dél, no depende que sea en ángulo agudo, recto o obtuso, sino de la mayor o menor longitud de los flancos opuestos a sus frentes», lo cierto es que otros tratadistas no admitían otro ángulo flanqueado que el recto o, en todo caso, «que el ángulo flanqueado de baluarte, revellín u otra fortificación no sea menor de 60 grados ni mayor de 90, que es el más perfecto y el que yo sigo», como decía Medrano²³. Du Fay, en su método vaubantiano acepta sólo entre 60 y 100 grados, mientras que, por el contrario, a Villegas en 1651 no le preocupaba que el ángulo flanqueado fuera muy agudo, y, aunque «contra esta opinión discurría largamente Antonio de Villa y en nuestra Arquitectura Militar, por las mismas demostraciones, que trae Villa, y por sus mismas razones, demostramos lo contrario de lo que pretende probar, sacando por mejores los ángulos agudos que los rectos»²⁴.

²⁰ «Las caras del baluarte deben ser defendidas por los fusiles de los flancos opuestos» (máxima XII); pero en la XV aclara que «la línea de defensa no debe sobrepasar las 120 ó 125 toesas, ya que los fusiles no tienen efecto más allá de esta distancia. Goldman no tiene [razón] cuando afirma que puede ser de 150 toesas, al igual que George, Pascha, que afirma que esta distancia puede ser de 136».

²¹ «Que las plazas, que contienen tanto terreno como otras, con menos baluartes, son las mejores, y más capaces»; máxima XXIV de la *Escuela de Palas*.

²² Sobre el problema del ángulo flanqueado agudo véase F. COBOS, 2004, *op. cit.*

²³ Medrano, *op. cit.*, máxima VI.

²⁴ ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit.*, p. 107.

Villegas es, por supuesto, un claro partidario de este segundo flanco, pues «el fiar la defensa de la brecha tan sólo del flanco primario, que es no entender el Arte de defender, ni conocer la de expugnar; porque uno de los principales defectos que notan en el modo de fortificar de Adan Fritag, es que no da flanco secundario»²⁵. La discusión duró gran parte del XVIII, aunque ya a finales del XVII la *Escuela de Palas* señalaba en su máxima XI «que los flancos sean de justa longitud, ni menos de 100 pies ni mayores de 150», aunque incluía una máxima XII que decía «que desde cualquier flanco se descubra sin ningún impedimento la cortina, el flanco, la frente, el foso, estrada cubierta, y espalto, que le está opuesto». Cassani, ya en 1705, niega implícitamente el segundo flanco, cuando incluye entre sus máximas que «la línea de defensa debe tocar el angulo del flanco», aunque su propuesta entra a polemizar sobre la magnitud de dicho ángulo, en un debate interrelacionado que comentaremos más adelante.

Como cuarta máxima, Lucuze establece que «las partes expuestas a las baterías del sitiador han de tener la robustez necesaria para resistir el ataque»; la *firmitas* vitrubiana, con los especiales condicionamientos propios de la fortificación. En ella coinciden casi todos: «Una fortificación permanente ha de constar de flancos, caras y cortinas, tan bien contruidos que los primeros cañonazos no consigan derribarlos», dice la segunda máxima del método vaubantiano de Du Fay; y «que toda la plaza esté igualmente fortificada, de modo que pueda resistir al mayor tiro de cañón, y todos los parapetos a su prueba», la segunda de la *Escuela de Palas*.

En cómo se consigue esto hay más diferencias, aunque Medrano y la *Escuela de Palas* coinciden en que «los baluartes terraplenados serán mejores que los vacíos, porque en éstos no se pueden hazer cortaduras»²⁶. Añade el autor del tratado milanés que de «todos los parapetos y partes expuestas a las baterías, son mejores los de tierra fuerte que no los de muralla»; y «que la plaza que tuviere el terraplén capaz de hazer el parapeto a prueba, y suficiente para el reculo de la artillería, sea preferida a las que no tuvieren». Tanto terraplén necesita mucha tierra y, en consecuencia, siempre siguiendo la *Escuela de Palas*, aparecen otras máximas que dicen «que no sean tan grandes los baluartes, porque su capacidad no es suficiente a recibir la tierra que se saca del foso, y no permite que los defensores se puedan atrincherar en caso de necesidad»; o que «los fosos angostos y poco profundos en las grandes plazas no son de provecho, porque no dan bastante tierra para los rampares, parapetos, &c., y se passan y ciegan presto». Las características de los fosos también aparecen en las máximas de muchos tratados, relacionadas tanto con la necesidad de cuadrar lo excavado con lo terraple-

²⁵ ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, *op. cit.*, p. 105.

²⁶ *Escuela de Palas*, máxima II. Medrano dice «que el baluarte terraplenado sea preferido al vacío, y el entero al medio».

nado²⁷, como con las mejores condiciones para la defensa, aunque, para no salirnos más del guión de las máximas de Lucuze, que no lo incluye, no lo analizaremos ahora.

La quinta máxima de Lucuze afirma: «La plaza debe estar igualmente fortificada por todas partes, dominar la campaña vecina, y descubrirla hasta el alcance del cañón». Coincide con la segunda de Cassani. Esto, siempre que el terreno lo permita, ya que otra máxima de la *Escuela de Palas* asegura que «las plazas dominadas de alguna eminencia, o que tenga fosos y barrancos en su contorno, no son tan buenas como las que no los tienen, y tuvieren su campaña rasa y descubierta». Ha desaparecido, por tanto, el valor defensivo del lugar que escoge el ingeniero para realizar una fortaleza forzosamente irregular²⁸, y, de hecho, se afirma «que las plazas irregulares que se parecieren y aproximaren a las regulares, se prefieran a las que no» (máxima XXV de la *Escuela de Palas*), «que la fortificación irregular se aproxime a la fortificación regular» (15.^a de Medrano) o, directamente, que «una fortificación regular es preferible a una irregular» (III de Du Fay).

Finalmente, como corresponde a su tiempo, la sexta y última máxima de Lucuze hace referencia a las obras exteriores: «Si la plaza tiene obras exteriores las unas delante de las otras, deben disminuir su altura a proporción que se adelantan hacia la campaña, de suerte que la plaza domine a la más próxima, y ésta a la que le sigue, &c.», formulación muy parecida a la de Medrano: «Que toda la fortificación exterior esté dominada, defendida y descubierta de la interior»; o a la de la *Escuela de Palas*: «Que las partes más apartadas del centro de la plaza sean vistas, y mandadas, por las que están más cerca», por citar sólo algunas²⁹.

Aunque Lucuze no da más máximas generales, la mayoría de los tratados anteriores incluían además condiciones o magnitudes de partes o ángulos que la fortificación debía cumplir: «Que la media gola sea de la grandeza del flanco [...]; que la cortina sea de 400 a 500 pies [...]; que la cara del baluarte sea de 300 a 360 pies [...]; que el ángulo flanqueante sea recto [...]; que la entrada encubierta sea de 25 a 30 de ancho [...]; que la explanada tenga de 60 a 100 pies», entre las máximas no citadas de Medrano; o «que la longitud de las frentes que se acercare a los dos tercios de la cortina, se prefieran a los otros», en la *Escuela de Palas*.

Podríamos hacer una tabla con todas estas diferencias entre autores, aunque en este caso la estadística no es realmente un camino directo hacia un conocimiento más profundo; pero, finalmente y como dice el autor de la *Escuela de Palas*³⁰,

²⁷ «Que el foso sea de la grandeza del flanco [...], y siendo grande, no puede ser profundo, porque no habrá donde echar la tierra [...], para que haya tierra para hacer las fortificaciones; la profundidad del foso ha de corresponder con la altura de la muralla como de 15 a 20 pies», dice la 8.^a de Medrano.

²⁸ Ver el último capítulo de nuestro estudio sobre el siglo XVI en F. COBOS, 2004, *op. cit.*

²⁹ «Las obras exteriores deben estar siempre menos altas que la fortificación del cuerpo de la plaza, las más alejadas deben ser las más bajas», máxima XX del método vaubantiano del abad Du Fay.

³⁰ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 10.

«Todos los autores, que tratan de fortificación, y quantos buenos ingenieros, y soldados inteligentes ay en esta profesión, apruevan, y convienen en lo general, con las máximas y preceptos que en el capítulo pasado se han propuesto: los quales observan con diligencia, cuándo han de hazer nuevas plantas de plazas, o antes de reconocer o remendar alguna ya fortificada. Sólo en lo particular de tales máximas y reglas se diferencien, como en la delineación, si el ángulo flanqueado será mayor o menor del recto; si la línea de defensa deve ser ficante o razante, y si corta o larga; si los flancos han de estar obtusos o rectos a la cortina. En la ichonographía disputan qué anchor se deve dar a los terraplenes, parapetos, fosos, estrada cubierta, y esplanada. En la ortographía o perfil, discurren si deve ser de tierra o muralla, y de las alturas o escarpes que se deven dar a los rampares y parapetos. Desta variedad de pareceres, ha nacido el que los autores que han escrito desta materia, desde que se inventó la Artillería asta hoy, se diferencien entre sí, siguiendo cada uno su opinión, y inventando nuevas descripciones y modos de fortificar, para mostrar cada uno, a la posteridad, su ingenio y bizarria de tirar sus líneas».

III

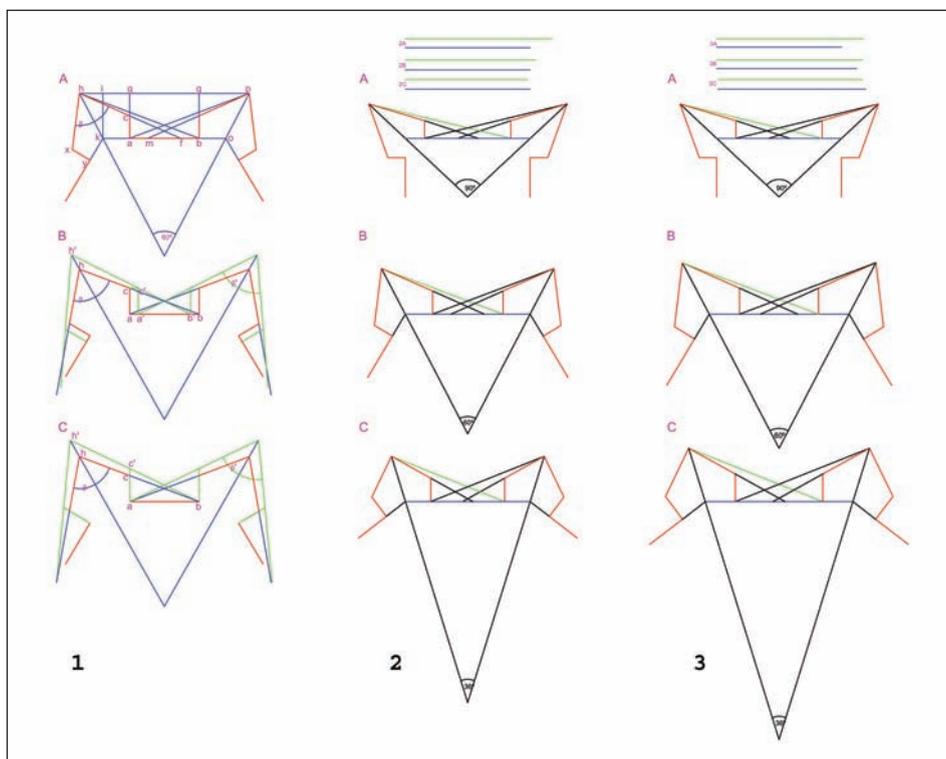
LOS TRAZADOS, SU CÓMPUTO Y LAS TABLAS DE FORTIFICAR

«[...] y de esta manera se podrán calcular todas las líneas de figuras regulares de muchos lados, que por parecer suficiente hasta 12, se verán sus proporciones en las tablas siguientes».

(Santans y Tapia en su *Tratado* de 1644)

En la figura 10.3.1A se refleja el trazado de una fortificación abaluartada. Simplificando, diremos que $h-p$ es el polígono exterior, $k-o$ el polígono interior, $k-a$ las medias golas, $a-b$ la cortina, $a-c$ el flanco, y $c-h$ el frente o cara del baluarte; β es el ángulo flanqueado y 60° es, en este caso, el ángulo central del polígono por ser un hexágono. La línea que une el centro del polígono con la punta de los baluartes ($h-p$) se llama línea capital; $h-b$ es la línea de defensa fijante; y $h-f$ es la línea de defensa rasante, diferenciándose fundamentalmente, una de otra, en que la rasante está alineada con la cara del baluarte (es rasante a ella, y representa el tiro que barre a lo largo de dicha cara), mientras que la fijante representa la máxima distancia entre la punta del baluarte y el flanco donde se sitúan las piezas que lo cubren. Como hemos dicho anteriormente, en la fortificación del siglo XVII, el tramo de cortina $f-b$ entre el cabo de estas dos líneas se llamó segundo flanco, pues en esa posición podían colocarse piezas de artillería o mosquetes que defendían la cara del baluarte.

Durante el siglo XVI y los inicios del XVII, los problemas de trazado fueron resueltos fundamentalmente con regla y compás; si se daba una dimensión para el polígono principal ($k-o$) o para la línea de defensa ($h-b$), se podía levantar la traza siempre y cuando se conociera la relación que había entre la cortina ($a-b$) y la media gola ($k-a$) y se conociera la medida del flanco ($c-a$). Todas estas dimensiones podían ser dadas por el tratadista o decididas por el ingeniero de acuerdo con las máximas que hemos mencionado, e implicaban necesariamente un ángulo flanqueado (β)



10.3. Esquemas para la interpretación del trazado de la fortificación: (columna 1) Líneas y ángulos comunes y variación de éstos al modificarse las dimensiones de flanco o gola; (col. 2) Variación de la dimensión de la línea de defensa para distintos polígonos con igual dimensión de lado; (col. 3) Variación del lado del polígono para mantener igual dimensión de línea de defensa.

concreto, que podía o debía cumplir las máximas que le afectan (ser recto, o no ser menor de 60°). Evidentemente, como se ve en la figura 10.3.1B, si el tamaño de la cortina cambiaba o si aumentaba la medida del flanco (figura 10.3.1C), el ángulo flanqueado β y la línea de defensa $h'b'$ cambiaban de dimensión y podían no cumplir ya con las máximas establecidas.

En el siglo XVII se empezó a establecer fórmulas trigonométricas que relacionaban las distintas magnitudes entre sí, de forma que era posible establecer una relación matemática entre la variación de unas magnitudes y otras. El autor de la *Escuela de Palas* dice que el tratado de Samuel Marolois (Amsterdam, 1628 y 1644) fue de «los primeros que escribieron geoméricamente la fortificación [y] por el cómputo y tabla de senos halla los ángulos»³¹, aunque Santans y Tapia (Bruselas, en el mismo año 1644)

³¹ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 36.

también incluye un «proceso de cálculo matemático» por métodos aritméticos y geométricos³², al igual que otros tratados anteriores como el de de Fritach (1640). Este sistema permitía, en función de unos parámetros fijos, o de unos intervalos concretos (del ángulo flanqueado, de la línea de defensa), hallar las demás magnitudes de las partes que componían la fortificación, generando la correspondiente tabla numérica. Por medio de la tabla se podían conocer todas las magnitudes al tiempo y elegir la forma más conveniente a un lugar o necesidades concretas sin necesidad de dibujarlas todas.

Este método resultaba también especialmente útil para formular una regla que sirviera para fortificaciones construidas a partir de polígonos de distinto número de

Primer Proporción.										
Longitudes de Lin. en vn Fuerte Real grande valiendo la lin. de la defenſa fixa 60. vergas.										
Figura.		4	5	6	7	8	9	10	11	12
Semidiámetro.	KF.	42	52	62	72	83	91	103	114	124
Lado de la figura.	FL.	60	61	62	63	63	63	63	63	64
La gola.	FC.	12	12	13 ¹	14	14				
Linea capital.	FA.	15	17	18	20	21	22	24	24	24
Traues o franco.	CB.	.6	7	8	9	10	11	12	12	12
Frete del baluarte.	AB.	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Cortina franca.	CH.	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Parte de la cortina franqueada.	CR.	27	22	21	22	22	23	23	21	20
Parte de cortina franca.	RH.	.8	13	14	13	13	12	12	14	15
Lado de la figura exterior.	AY.	82	81	81	80	79	79	78	78	77
Distancia.	AV.	23	22	22	22	21	21	21	21	20
Traues alargado.	CV.	11	13	16	18	19	21	22	23	24
Linea de la defenſa.	AR.	51	47	47	47	48	50	50	49	48
Linea de la defenſa fixa.	AH.	60	60	60	60	61	61	61	61	61

Esta Proporción de lados corresponde a las 9. figuras primeras siguientes regulares, y a la de vn quadrado antecedente: y si el impressor no las ajustare con precisión, se entiendaſe a de guardar esta.

SII

10.4. *Tabla de longitudes de líneas de un fuerte real grande según el número de lados, para una línea de defensa fijante de 60 vergas. (Juan de SANTANS Y TAPIA: Tratado de fortificación militar destes tiempos..., Bruselas, 1644, p. 115; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199.)*

³² «[...] y de esta manera se podrán calcular todas las líneas de figuras regulares de muchos lados, que por parecer suficiente hasta 12, se verán sus proporciones en las tablas siguientes, de dos modos, en un fuerte real grande, valiendo la línea de defenſa fixa de 60 vergas, y en un fuerte real pequeño valiendo el lado de la figura exterior 60 vergas, que cualquiera destas dos proporciones se puede guardar por ser buenas y las más modernas en estos payſes e se ajustan en lo más, con las de Adan Fritag, en su libro primero de Architectura militar, que está en lengua francesa, aproximándose todo lo posible el ángulo del baluarte de las figuras de seis arriba a los 90 grados de un recto, que es de mayor defenſa». SANTANS Y TAPIA, *op. cit.*, pp. 113-114.

lados. Si nos fijamos en la columna 2 de la figura 10.3, vemos cómo manteniendo la dimensión del lado del polígono, la dimensión de la línea de defensa o el ángulo flanqueado varían sustancialmente del cuadrado al hexágono, o del hexágono al decágono. Por el contrario, en la columna 3, el lado del polígono varía de dimensión para conseguir que la línea de defensa no varíe. Obviamente, es posible establecer una fórmula trigonométrica que ligue las variaciones de una y otra magnitud en función del ángulo central del polígono, e igualmente podría ligarse mediante fórmulas matemáticas equivalentes la variación de las dimensiones de otras partes como la cortina, el flanco o la cara del baluarte.

Puede establecerse así una regla matemática que permita que la línea de defensa nunca supere una magnitud concreta, que el ángulo flanqueado nunca sea menor de 60° , o que el flanco siempre tenga la misma dimensión. Es posible, desde luego, que esta regla no valga para todos los polígonos, y aparte del triángulo, que es desechado por todos los tratadistas por lo ya explicado en el tomo anterior, algunos autores del XVII y del XVIII limitaron la aplicación de su regla a polígonos de cinco o más lados, o de menos de un número determinado de ellos.

Resulta evidente que el cálculo, o el cómputo, como se dice en la época, era extraordinariamente complejo, y, aunque el método de cada tratadista podía dibujarse, normalmente se acompañaba de las fórmulas trigonométricas que vinculaban unas magnitudes con otras; y a través del cálculo podía sacarse un extenso listado de las dimensiones de cada parte y de los valores de cada ángulo para las construcciones hechas a partir de los distintos polígonos.

La simplificación del cálculo llegó cuando John Napier descubrió los logaritmos y publicó su *Mirifici logarithmorum canonis descriptio*, en 1614; también gracias a Henry Briggs³³, quien en 1624 publicó sus tablas de logaritmos en base 10. Las tablas de logaritmos se convirtieron en un método de cálculo increíblemente sencillo para resolver ecuaciones trigonométricas, algo así como la calculadora de la época, y su aplicación al cálculo de las variables de la arquitectura militar fue inmediata.

«La logarithmica, que es ciencia admirable y nueva, que con sus reglas nos quita la molestia de multiplicar, partir, extracción de raíces, y reglas proporcionales», decía José Chafrión en la exhortación inicial de la *Escuela de Palas* a propósito del contenido del tratado X del curso matemático de este nombre. A partir de este momento, el cálculo queda indisolublemente unido a los tratados de fortificación. El autor de la *Escuela de Palas* explica que para la construcción de una fortaleza «enseña a delinearla geoméricamente con el compás y la regla solamente, en donde salen los ángulos y líneas, según el cómputo que haze por trigonometría y logarithmos, que de todo se pone un exemplo, y una tabla general, para que el aficionado pueda obrar con justificación y brevedad», aclarando³⁴ que «esta operación [por trigonometría] es la misma

³³ Ver R. MANKIEWICZ: *The story of Mathematics*, Londres, 2000, cap. 10.

³⁴ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 130.

que la pasada [por logaritmos] con esta diferencia sola, que lo que la primera haze con la suma y la resta, ésta la executa con la multiplicación y partición».

Las variaciones de los distintos modelos de trazado podían ser, por tanto, casi infinitas, pero todas se sustentaban en una regla matemática que podía ser traducida a fórmulas trigonométricas que, mediante las tablas logarítmicas, llevaban a una prolija relación o tabla de magnitudes. Está, pues, justificado plenamente que la arquitectura militar fuera un apartado, expresamente el último, de los cursos de matemáticas, que incluía conocimientos suficientes de cálculo logarítmico y trigonometría como para hacer comprensible el soporte matemático del trazado de las fortificaciones. La portada y título de la *Escuela de Palas* es lo suficientemente elocuente como para no engañar a nadie:

«*Escuela de Palas*, o sea, Curso Mathemático, dividido en XI Tratados que contienen la Aritmética, Geometría Especulativa, Práctica, Lugares Planos, Dados de Euclides, Esphera, Geographía, Álgebra Numerosa, y Especiosa, Trigonometría, y Logarítmica, y últimamente el Arte Militar».

Y donde, por ejemplo, el libro 1, Tratado X, «De la Trigonometría plana espherica, y Logarítmica», contiene en su libro I, «Del Canon Trigonométrico, y de los Logaritmos», los siguientes capítulos: «Definiciones de la Trigonometría»; «Fundamentos del Canon Trigonométrico»; «De los lados de las figuras regulares»; «Modo de hallar los Senos, Tangentes, y formar las Tablas»; «De los Logarithmos, su invención, naturaleza, y propiedades»; «De los Logarithmos directos»; «Modo de hallar los Logarithmos de los números intermedios»; «Declaración y uso de las Tablas Trigonómicas», etc.

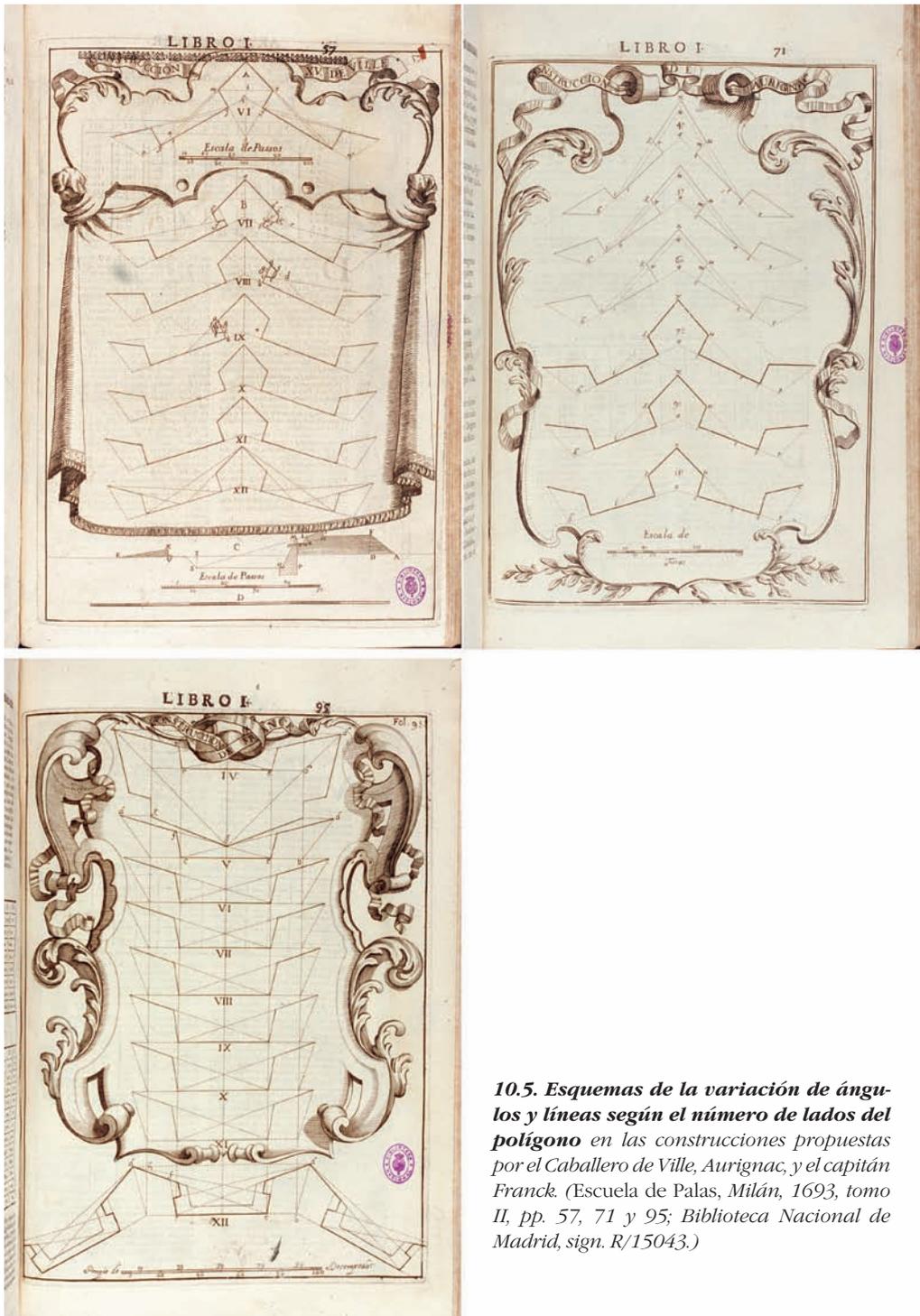
Los dos posibles autores de la *Escuela de Palas*, el III marqués de Leganés y José Chafrión, fundador y alumno aventajado, respectivamente, de la Escuela de Matemáticas de Milán, eran discípulos directos del jesuita y matemático Padre Zaragoza, insigne representante de una escuela jesuítica de matemáticos en España que tendría seguidores en Tosca o Cassani, también jesuita, influidos todos ellos por Caramuel y autores, también todos ellos, de tratados de fortificación. La influencia de los jesuitas se había notado asimismo en los Países Bajos, a través de la Universidad de Lovaina³⁵, y en Portugal³⁶.

Con estas bases se produce entonces una traducción de la tratadística militar al lenguaje matemático. El autor de la *Escuela de Palas*, a propósito del método de fortificar de Mallet, explica:

«Mallet dio la regla para su cálculo, pero se olvidó de hazer el cómputo de las demás figuras regulares, y del formar una tabla, para alivio de los que quisieren seguir sus

³⁵ Téngase sólo a título de ejemplo la presentación del tratado publicado por Santans y Tapia en Bruselas en 1644, que firma «Ignacio Der Kennis, Profesor de la Theologia, Philosophia y Mathematica, en el Collegio de la Compañía de Jesús en Lovayna», a la que más adelante nos referiremos.

³⁶ Sobre Portugal y, especialmente, Brasil el acercamiento más completo de los últimos años es la tesis doctoral de B. P. Siqueira BUENO, 2003.



10.5. Esquemas de la variación de ángulos y líneas según el número de lados del polígono en las construcciones propuestas por el Caballero de Ville, Aurignac, y el capitán Franck. (Escuela de Palas, Milán, 1693, tomo II, pp. 57, 71 y 95; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)

Trabaxos de Marte; de lo que yo, compadecido, por si no se hallaren a mano el canon logaríthmico, la he formado hasta el decágon; advirtiendo, que los números de los ángulos son grados, minutos primeros, y segundos; y los de las líneas son pies de París».

Y a De Ville, cuyo primer tratado era muy temprano para recoger esta tendencia, lo incorpora explicando que «para su segunda delineación [¿1666?] se sirve de las Tablas de Senos, como también de sus logarithmos, acabando su cálculo con la suputacion de quatro triángulos rectángulos y un triángulo obtusángulo. Y con el supuesto, y que el lado interior se divida en 900 pies, y la media gola, y flanco sea la sexta parte de la cortina, esto es 150 pies, procede así [...]». Sigue el cálculo y más adelante aclara que, según su opinión, «este autor ha imitado a los italianos, y los demás autores franceses le han imitado a él»³⁷.

Las ventajas de disponer de tablas con todas las magnitudes de cada modelo en cada posible variante era tal, ante la necesidad de elegir o replantear el proyecto en un caso concreto, que la complejidad del cálculo quedaba compensada y permitía al ingeniero elegir “fácilmente” entre muy diversos métodos.

Las diferencias en el método de trazado podían empezar por la decisión de si se tomaba como magnitud inicial el polígono exterior (*h-p* en la fig. 10.3.1A) o el polígono interior (*k-o* en la misma figura), en función de que fueran los accidentes naturales exteriores o la forma urbana interior el principal condicionante. Después, las diferencias deberían haber tenido más que ver con soluciones que pretendían que el ángulo flanqueado fuera siempre recto, que el flanco fuera siempre de la misma dimensión, o que la línea de defensa fuera una dimensión constante. Sin embargo, y paradójicamente, la mayor parte de los tratados establecían reglas proporcionales que pretendían que todas las magnitudes variasen ligeramente para que ninguna de ellas llegara a ser desmesurada o ridícula. Es curiosamente en la *Escuela de Palas* donde su autor explica esta paradoja:

«Casi todos los autores que han escrito de fortificación, en sus hypotheses dan conocidos algunos ángulos, y líneas, por las quales infieren precisamente la cantidad de las otras: y la mayor parte suponen en todas las figuras regulares sabido el lado del polígono, la capital, la cortina, y la frente, y les señalan determinadas medidas, observando entre ellas una tal proporción; y de las demás partes, como son la línea de defensa, flanco, y media gola, en cada figura se mudan las medidas; siendo así que éstas son las que havían de ser siempre fixas en todos los polígonos: pues el flanco tan capaz deviera de ser de artillería y tiradores para defender el baluarte de un pentágono, como el de un octágono; la media gola tanta capacidad ha de tener para hazer cortaduras, y levantar cavalleros en el baluarte de un pentágono, como en el de un nonágono. La gran línea de defensa tan larga deviera de ser en el quadrado, como en el eptágono, pues con las mismas fuerzas y armas atacará el enemigo una plaza de ocho baluartes, que una de quatro u cinco, y en este absurdo (a mi parecer) no sólo incurre Fritach, Dogen, y todos

³⁷ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 56.

sus sequaces (que para el flanco del cuadrado en la Fortificación Real dan 112 pies, y para el dodecágono 249, que es más del doble); sino es también los franceses modernos, como Mallet, y Vauban, pues Mallet da al flanco del cuadrado 102 pies, y en el decágono 161, y Vauban da 108 pies al flanco del cuadrado, y 222 en el dodecágono, y no declaran la razón militar, sino es la del cómputo».

Si la razón del cómputo se imponía a la razón militar hasta producir absurdos, como acertadamente criticaba un autor tan poco sospechoso de despreciar las matemáticas, ¿valía todo esto realmente para algo? Evidentemente, el dibujo o cálculo geométrico no podía trasladarse directamente al replanteo sobre el terreno, y para este caso, conocer todas las magnitudes de forma precisa antes de tantearlas con el dibujo podría resultar muy útil. Que dicho cálculo para las tablas se hiciera por métodos matemáticos, y no midiendo sobre infinidad de dibujos previos, también es comprensible. Sin embargo, reducir la razón militar exclusivamente a la razón matemática era ir demasiado lejos, y ya en la época algunos autores reconocían, a propósito de estos tratados, que «Como la mayor parte dellos han procedido por cómputo de ángulos y líneas, en que emplean la geometría, trigonometría, y logarítmica, que no todos los ingenieros y soldados entienden [...], y assí entendiéndolas mal nuncan podrán executarlas bien»³⁸.

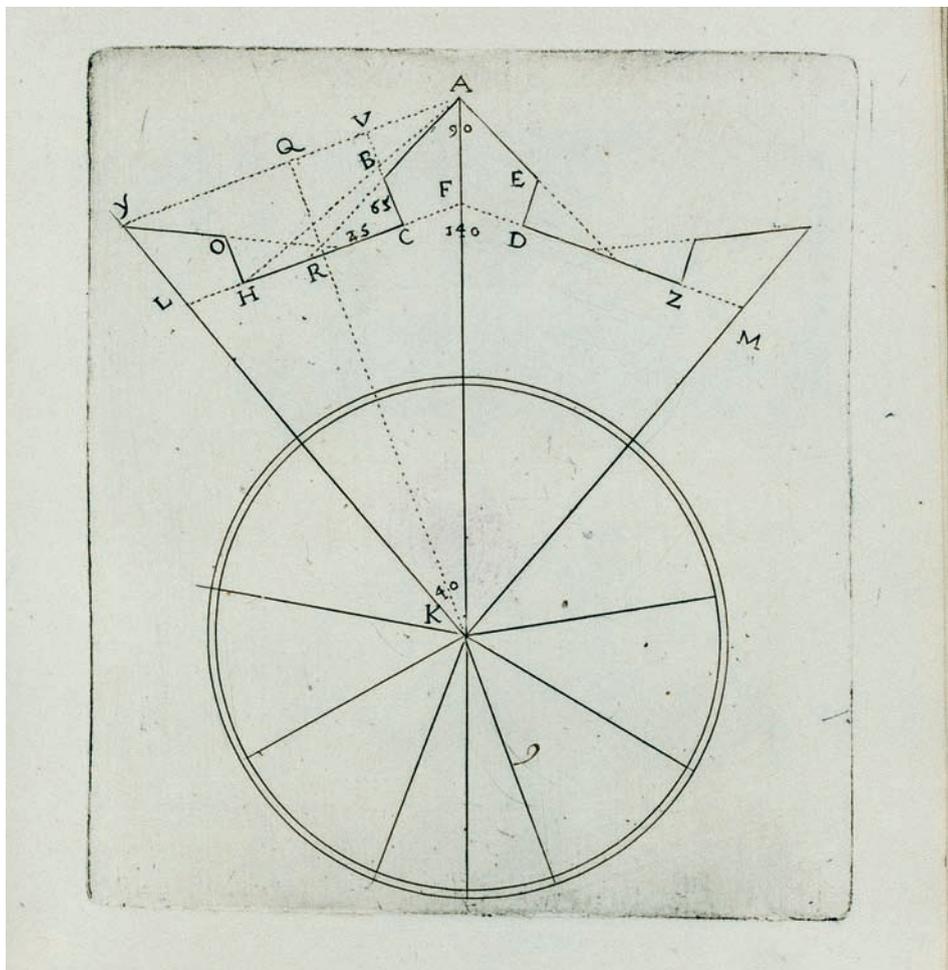
En el fondo, el cálculo o el cómputo pretendía establecer un sistema científico cerrado para la formulación de las variantes, y la definición precisa de las partes que sustituyera virtualmente al dibujo. Obsérvese, si no, la formulación casi críptica de esta máxima del método vaubantiano de Du Fay:

«Cuanto más estrecho sea el ángulo del centro, más fuerte resultará la defensa y mejor será la plaza, ya que tendrá más lados».

Es obvio que, a mayor número de lados de un polígono, el ángulo central (el que forman las líneas capitales que unen el centro con los vértices, ver figura 10.6) es menor, y el autor podría haber dicho, simplemente, que “a más lados, más fuerte”. Pero aunque el argumento es discutible –a tenor de otras teorías–, él pretende hacernos ver que la mayor fuerza defensiva depende directamente del valor del ángulo central, cuando en realidad dependía del mayor número de cañones y defensores que la disposición permitía.

Es verdad, desde luego, que, cuando a mediados del XVII Descartes daba los primeros pasos para fundir la geometría con el álgebra, aún faltaba mucho para que el dimensionamiento de las estructuras dejara de ser un método puramente geométrico y dependiera de procesos de cálculo de resistencias o esfuerzos. Sin embargo, en apenas doscientos años, el arte de la fortificación había pasado de estar en manos de los pintores y artistas del primer Renacimiento a ser casi competencia exclusiva de los matemáticos. Y entre estas dos disciplinas quedaría atrapada la profesión de arquitecto o la de ingeniero hasta nuestros días.

³⁸ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 82.



10.6. Construcción de una fortificación a partir del ángulo central del polígono. (Juan de SANTANS Y TAPLA: Tratado de fortificación militar destes tiempos, Bruselas, 1644; Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199.)

Obviamente, en la época había reglas geométricas y proporcionales y métodos gráficos bastante sencillos para trazar y construir fortificaciones eficaces y modernas. El enciclopédico trabajo de la *Escuela de Palas* incluye uno de estos métodos, explicando que, como las partes de la fortificación,

«en cada polígono tiene medidas diferentes. Para determinarlas sin error, los matemáticos recurren a la Trigonometría, ciencia comúnmente ignorada de los ingenieros militares, y resolviendo triángulos, según la doctrina de senos, tangentes y secantes, sacan la conclusión precisamente, sin errar un cabello. Pero como en la Arquitectura Militar es inútil y superflua toda extraordinaria precisión, porque jamás pudo el aza-

dón, por ser gobernado de mano rústica y absolutamente ignorante, ejecutar precisamente las medidas que el ingeniero definió, sino que siempre corre a poco más o menos, y como jamás se perdió o ganó alguna plaza por ser sus líneas un pie mayores o menores de lo que prescriben las resoluciones triangulares, luego siguiendo las ideas del Emperador Fernando Tercero, daré una regla fácil con que, pies más o menos, se venga a hazer lo mismo que con toda la Geometría y Trigonometría, que sin causa desperdician los matemáticos especulativos»³⁹.

Y, sin embargo, este método de cálculo simplificado seguía siendo un método de cálculo de una fortificación regular. Se había producido así una separación radical entre la apreciación de la fortaleza perfecta en cuanto a su razón matemática y la apreciación que en el siglo XVI los españoles tenían de la fortificación perfecta por su adecuación al lugar. Y es este desprecio por la fortificación irregular, que antes veíamos claramente en las máximas, el que impregnaría la enseñanza de la arquitectura y la ingeniería teórica, ya que sólo lo regular se puede someter al cálculo, en una limitación que se arrastrará no sólo hasta el moderno cálculo de estructuras, sino, mucho más profundamente, en las propias claves estéticas y proyectuales de la arquitectura académica imperante hasta el siglo XX.

Pero, aceptadas por la mayoría estas teóricas reglas de juego, sólo las dimensiones fijas iniciales, y el grado de variación que de unos a otros polígonos se admitía en las distintas partes de la fortificación, era en el fondo la principal diferencia que existía entre unos tratados y otros. Esta diferencia es la que en algunos casos servía para argumentar la existencia de escuelas nacionales, pero algunos tratados, y específicamente los españoles de Villegas y *Escuela de Palas*, negaron estas diferencias por el expeditivo método de desmenuzar, una a una, las claves de los trazados (en el caso de Villegas) o los cálculos matemáticos (*Escuela de Palas*) de casi todos los tratados publicados en la época.

Resulta, por tanto, curioso que, aunque la historia de la arquitectura en general se ha fijado en diferencias formales, como la forma del baluarte o las obras exteriores, para identificar la fortificación del XVIII –y atribuírsela directamente a Vauban, la mayor parte de las veces–, el método científico más seguro de averiguar la paternidad “tratadística” de una fortaleza concreta sería “simplemente” hacer una tabla con todas las medidas y magnitudes de sus partes, y ver con qué tabla de qué tratado coincide. La paradoja del asunto es que, si se hiciera esto, se descubriría que la mayor parte de las fortificaciones realmente construidas por la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII son, en mayor o menor medida, trazados irregulares.

³⁹ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 83.

IV

LAS ESCUELAS NACIONALES Y LOS TRATADOS

«Opóngome totalmente al necio prurito de aquellos malos patricios que solamente saben citar autores peregrinos, no conociendo, ni aun por el nombre, los de su nación».

(Pedro de Lucuze, en su tratado de 1772)

Son dos los factores que desdibujan nuestra apreciación de la importancia de la tratadística española. El primero tiene que ver con el carácter plurinacional y plurilingüístico del imperio de los Austrias y el error habitual de considerar sólo los tratados escritos en castellano, ya fueran publicados en Madrid, en Bruselas, en Milán o en Nápoles, ignorando, por contra, los tratados publicados en estos mismos lugares en italiano, francés o latín.

Es cierto que los debates del Consejo de Guerra, los pareceres de los expertos e incluso los proyectos más significativos se redactan en castellano, y las grandes decisiones de fortificación se tomaron y se justificaron en el idioma de la Corte, sin perjuicio de que los expertos que participaban conocieran por lo general los otros idiomas del imperio. Sólo cuando se pretendió emplear en la enseñanza todo lo publicado y, especialmente, cuando con la llegada de la dinastía borbónica las posesiones hispánicas quedaron reducidas a los territorios que comúnmente se entendían en castellano, el espectro de la tratadística disponible se redujo a los tratados escritos en este idioma.

Pero esto no ocurrió siquiera en los primeros años de la Academia de Barcelona en el XVIII, pues, como se ha señalado acertadamente, la mayor parte de los ingenieros al servicio de la nueva dinastía eran franceses, filofranceses o dominaban este idioma, y los textos básicos estaban en francés⁴⁰. A mediados del XVIII, cuando Lucuze redacta su tratado, una tímida reacción a este orden de cosas ya se había producido.

«El soldado debe estudiar principalmente en los libros de su idioma, tanto por serle más inteligible que el extranjero como porque es hacer injuria a la nación dexarse llevar de la preocupación común de tener por lo mejor a lo más extraño».

La preocupación por disponer de tratados en español no nace, desde luego, en este momento. En 1644, en la introducción del tratado de Santans, éste dice escribirlo

«obligado de la poca satisfacción que en estos sus payses tiene de nuestra nación, pareciéndoles no ha havido ingeniero español en ellos que pueda entender la arquitectura militar, dexándolo a los holandeses y franceses, que aunque no se les puede negar han sido theóricos, y prácticos, haviendo escrito sobre esta materia bien y cumplidamente, como son el Cavallero Anton de Villa, Adan Fridag, Marloes, Pitiscus, y otros muchos, assí mismo en castellano (si no me acuerdo mal) andan por el mundo el Capitán Roxas,

⁴⁰ R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, *op. cit.*, p. 76.

Lechuga, Ufano, que escribieron de fortificación y artillería, y Miguel Pérez, de ojea de escuadrones, y otros con mucha sciencia y esperiencia, y mucho de la geometría comentándola, la aritmética, y álgebra, perspectiva, música, navegación, arquitectura, cosmographía, idrographía, astronomía, y astrología, y finalmente todas las partes que están debaxo del nombre de matemáticas».

A mayor abundamiento, en la presentación del mismo tratado, Ignacio Der Kennis, «Profesor de la Theología, Philosophía y Mathemática, en el Collegio de la Compañía de Jesús en Lovayna», afirma que tiene «mucha confiança que se descubrirá con esto no solamente la fortaleça militar de la illustre nación de España; pero también por esta guía se verá por el mundo su sciencia en fortificar».

La poca predisposición de los españoles a escribir tratados generales, ya comentada⁴¹, quedaba compensada con creces por la riqueza de los debates y experiencias sobre fortificaciones reales. A ello hace referencia Lucuze cuando afirma que en tratados y autores de esta materia

«deben anteponerse los nacionales a los forasteros (no obstante que entre éstos se hallan obras de grande reputación, y dignas de traducirse a nuestro idioma), pues los tenemos excelentes en el Arte Militar; y porque los acaecimientos de la guerra en esta Monarquía son para nosotros ejemplares los más vivos, los más eficaces, y los más instructivos».

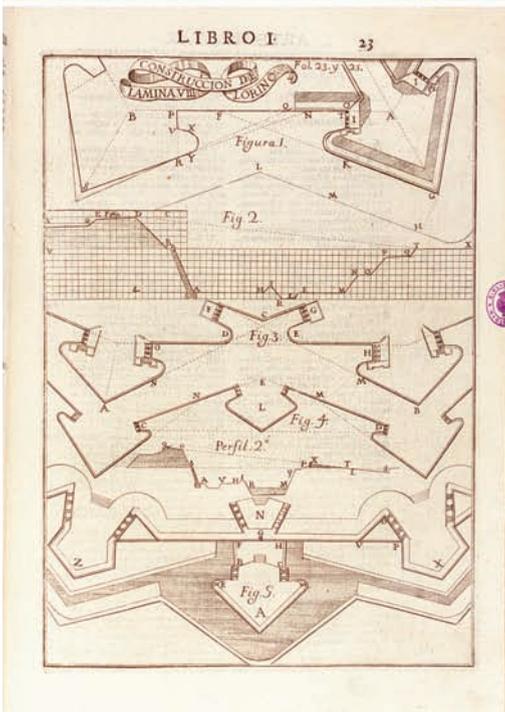
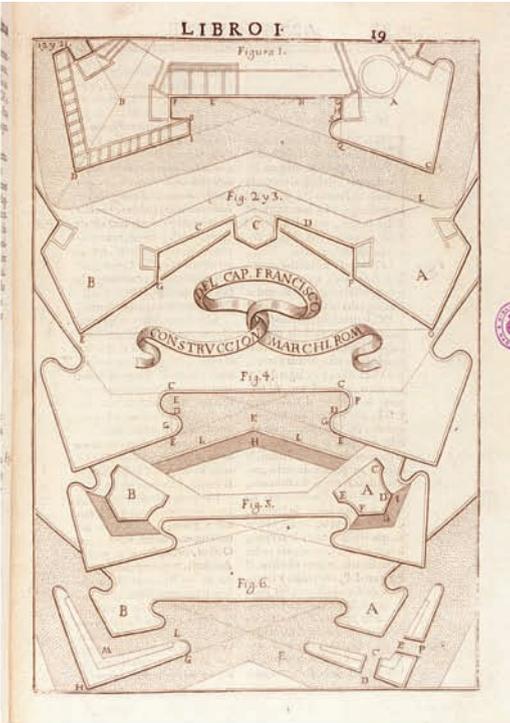
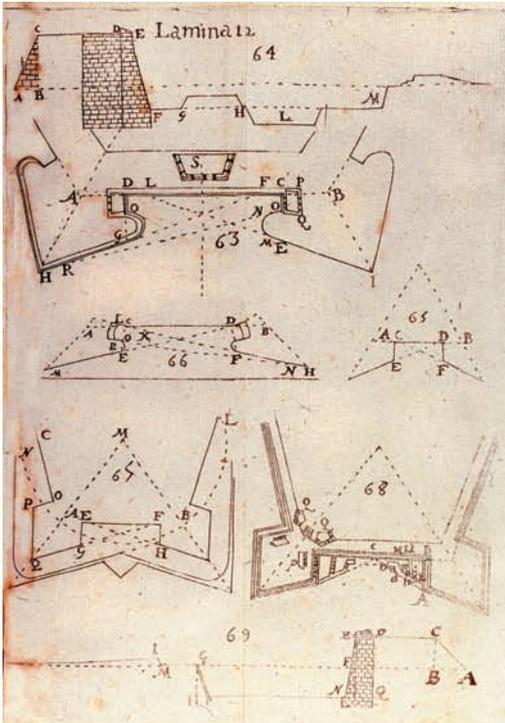
También era verdad que entre el tratado de Santans en 1644 y el de Lucuze en 1772 se había publicado un buen puñado de grandes tratados. Lucuze da un amplio listado, que por extenso no reproducimos completo en el cuadro anexo (pag. sigte.).

En la lista de Lucuze faltan las obras manuscritas, algunas de la importancia del tratado de Escrivá (1538), y otras muchas que conformaron el conocimiento de la fortificación en su época, como la de Mateo Calabro (1733)⁴². Faltan también, y esto es más curioso, los tratados de los padres jesuitas Zaragoza o Cassani y el del padre Tosca, ignorando así, posiblemente obligado por las circunstancias políticas del momento, la importancia que para la enseñanza de las fortificaciones –y de las matemáticas– habían tenido los religiosos, especialmente los jesuitas, en el siglo XVII y parte del XVIII.

Ignora también Lucuze, pero en 1772 es comprensible, todos los tratados escritos y/o publicados en las antiguas posesiones españolas en otros idiomas, o los publicados en países aliados por ingenieros que estaban al servicio de la Corona española. Al primer grupo pertenecerían claramente, por sólo citar algunos, los de G. Busca

⁴¹ F. COBOS, 2004, *op. cit.*

⁴² Sobre Escrivá, ver F. COBOS, J. J. CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN, *op. cit.* Sobre Mateo Calabro, ver CALABRO, Mateo: *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733*. Estudio introductorio, notas y glosario por Fernando R. DE LA FLOR; transcripción de María Isabel Toro Pascua, Salamanca, 1991.



10.7. Diversas construcciones: 1) entre ellas las tenazas del padre Zaragoza (figura 68) representadas en el tratado del padre José Casani, Escuela Militar de Fortificación Ofensiva y Defensiva, Madrid, 1705; 2 y 3) de F. Marqui y B. Lorini, representadas en Escuela de Palas, Milán, 1693, tomo II, pp. 19 y 23. (Biblioteca Nacional de Madrid, signs. 2/15086 y R/15043, respectivamente.)

***Cathálogo de algunos escritores militares españoles,
en que se expresa el nombre, el empleo, el título de la obra, el lugar,
y año de su impresión, por el orden de su antigüedad***

(Extracto del publicado por Lucuze en 1772)

- Luis Gutiérrez de la Vega, Capitán: *Nuevo Tratado, y Compendio de re militari*, impreso en Medina, año 1569.
- Don Bernardino de Mendoza, Comisario General de la Caballería: *Teórica, y Práctica Militar*, en Madrid, 1577.
- Bernardino Escalante, Soldado: *Diálogos del Arte Militar*, en Sevilla, 1583.
- Don Sancho de Londoño, Maestre de Campo General: *Discurso sobre la forma de reducir la disciplina Militar al mejor y antiguo Estado*, en Bruselas, 1587 y 1590.
- Don Diego de Álava y Viamont, hijo de Don Francisco de Álava, Capitán General de Artillería, dio a luz: *El Perfecto Capitán*, obra trabajada por su padre, en Madrid, 1590.
- Don Diego de Salazar, Capitán: *Diálogo del Arte de la Guerra*, en Bruselas, 1590.
- Luis Collado, Ingeniero de los Reales Ejércitos: *Práctica manual de Artillería*, en Milán, 1592.
- Don Cristóbal de Roxas, Capitán e Ingeniero: *Teórica y Práctica de Fortificación*, y otras obras, en Madrid, 1598.
- Don Cristóbal Lechuga, Capitán, Ingeniero y Artillero Mayor: *El Maestre de Campo General, con otras Obras de Fortificación, y Artillería*, en Milán, 1603 y 1611.
- Diego Ufano, Capitán: *Tratado de la Artillería, con otras Obras*, en Amberes, 1613.
- Don Francisco Lanario de Aragón, Duque de Carpiñano, del Consejo de Guerra de Flandes: *Tratado del Príncipe, y de la Guerra*, en Palermo, 1624.
- Don Francisco Manuel Mello, Maestre de Campo: *Política Militar en avisos Generales*, en Madrid, 1639.
- Domingo Moradell, Sargento Mayor de Barcelona: *Prehuds Militars*, en Barcelona, 1640; y traducido del catalán por Jacinto Ayom, en Barcelona, 1674.
- Julio César Firrufino, Catedrático de Geometría y Artillería por el Consejo de Guerra, sacó a luz: *El Perfecto Artillero y otras Obras*, así por su estudio como por las experiencias de su padre Julián Firrufino, también Catedrático por el mismo Consejo de Guerra, en Madrid, 1642.
- Don Juan Santans y Tapia, Capitán e Ingeniero Militar: *Tratado de Fortificación*, en Bruselas, 1644.

- Don Carlos Boniers, Teniente General: *Arte Militar*, en Zaragoza, 1644.
- Don Enrique de Villegas, Capitán de Corazas: *Academia de Fortificación de Plazas, y otras Obras*, en Madrid, 1651.
- Don Vicente Mut, Sargento Mayor e Ingeniero: *Arquitectura Militar, y otras Obras*, Mallorca, 1664.
- El Marqués de Buscayolo, Superintendente de las Fortificaciones de Castilla: *Opúsculos Militares*, en Valencia, 1669.
- Alonso de Zepeda y Andrade, Teniente de Maestre de Campo General: *Epítome de las Fortificaciones Modernas*, en Bruselas, 1669.
- Don Juan de Medina, Maestre de Campo: *Breve Compendio Militar*, en Longon, 1671.
- Don Pedro Antonio Ramón Folc de Cardona, Duque de Segorbe y Capitán General: *Geometría Militar*, en Nápoles, 1671.
- Don Andrés Dávila y Heredia, Capitán de Caballos: *Plazas Fortificadas del Ducado de Lorena*, en Madrid, 1672.
- Don Sebastián Fernández Medrano, Sargento General de Batallas: *El Práctico Artillero: el Perfecto Bombardero; y el Arquitecto Perfecto en el Arte Militar*, en Bruselas, 1691.
- El Marqués de Leganés, Capitán General: *Escuela de Palas*, o *Curso Matemático*, en Milán, 1693. Es obra recomendable, pues recopiló 54 métodos de fortificar de los mejores escritores de diversas naciones, hasta su tiempo: diola a luz Don Bartolomé Chafrión, Alférez de Infantería.
- Don Matheo Morán, Maestre de Campo: *Nuevo modo de Fortificar*; se halla en la *Escuela de Palas*.
- Don Francisco Pietra Santa, Príncipe de San Pedro, Maestre de Campo: *Compendio de Arquitectura Militar*, en Mesina, 1697.
- Don Álvaro de Navia Osorio, Marqués de Santa Cruz de Marcenado y Teniente General: *Reflexiones Militares*, en Turín, 1724. Comprenden todos los ramos de la guerra ofensiva y defensiva; es obra excelente, y como tal celebrada por toda Europa.
- El Conde de Aguilar, Capitán General: *Theses Matemáticas*, que defendió, en Cádiz, 1688.
- Don Ignacio de Sala, Teniente General e Ingeniero Director: *Reflexiones, y Adiciones sobre la Defensa de las Plazas del Mariscal de Vauban*, en Cádiz, 1743.
- Don Phelipe Prosperi, Coronel e Ingeniero en Jefe: *La gran Defensa, o Nuevo Sistema de Fortificación*, en México, 1747.

(Milán, 1601), H. Cataneo (Brescia, 1608), F. Marchi (Brescia, 1609) y todos los ingenieros italianos de la escuela de Milán. Del segundo grupo, de entre los ingenieros que España compartía con Austria o Venecia, valga citar los tratados de B. Lorini⁴³ (Venecia, 1596-97) o P. P. Floriani (Macerata, 1630).

IV.1. Las escuelas nacionales

Tal cúmulo de tratados al servicio de la Corona española no significa que existiera una escuela española o hispano-italiana, o incluso hispano-austriaca, claramente definida. Como muchos de los tratados incluían el repaso y la crítica de lo publicado por todos los autores anteriores, la diferenciación radical entre las escuelas holandesa, francesa, española o italiana se diluía; y España, con escuelas de fortificación en Milán o en Bruselas, amén de los colegios jesuíticos, y frentes de guerra abiertos en toda Europa, participaba simultáneamente en todas las novedades: sus ingenieros, ahora en Flandes, ahora en Portugal, pasando por Hungría, Malta o América, trasladaban las nuevas formas mucho más rápidamente que cualquier tratado.

Ya veíamos que Villegas niega que existieran realmente escuelas nacionales de fortificación, aunque reconoce a los holandeses una forma particular de hacer, con sus fosos inundables y sus obras exteriores:

«No hazen los holandeses orejones, no porque sean defectuosos, mas porque llevan la mira tan sólo en tener apartado de la plaza al enemigo, lo que consiguen por medios de obras de fuera, con que consiguen bastantemente su intento, y con esta consideración, dize Antonio de Vila, que podían fabricar sus plazas sin murallas; porque no solo en ellas, mas en las exteriores obras, libran la seguridad de sus plazas»⁴⁴.

Por su parte, el autor de la *Escuela de Palas*, aunque reconoce una cierta manera de hacer austriaca, niega, por ejemplo, que la fortificación francesa de Vauban sea realmente distinta a la de algunos autores italianos:

«Aunque esta construcción [la atribuida a Vauban] debía ponerse a lo último, por ser de las más modernas, me ha parecido bien el describirla inmediatamente después de las de Marchi y el Lorino, para hazer veer que ella se compone de entrambas».

Años después, Cassani habla de «modos de fortificar, que podemos llamar a la española, por ser según varios autores españoles»⁴⁵, incluyendo entre ellos al autor de la *Escuela de Palas*, justo con la teoría que más se aleja del común de los tratados de la época:

⁴³ Buonaiuto LORINI: *Delle fortificationi, libri cinque. Ne' quali si mostra con le più facili regole la scienza con la pratica, di fortificare le città, & altri luoghi sopra diversi siti. Con tutti gli avvertimenti, che per intelligenza di tal materia possono occorrere*, Venecia, 1597.

⁴⁴ VILLEGAS, *op. cit.*, p. 225.

⁴⁵ CASSANI, 1705, *op. cit.*, p. 170.

El autor de la *Escuela de Palas*

Que uno de los más importantes tratados de matemáticas y fortificación publicados por la Corona española (Milán, 1693) no tenga autor conocido es parte de un juego de máscaras barroco y premeditado. Lucuze se lo atribuye directamente al marqués de Leganés⁴⁶, capitán de Artillería y gobernador militar de Milán; pero, sorprendentemente, Tosca afirma que su autor es el ingeniero José Chafrión⁴⁷. La presentación del tratado, escrita y firmada por Chafrión dando a entender que el autor es otro, se acompaña nada menos que por quince poemas en español, italiano, francés y latín, la mayoría sonetos, firmados por diversos autores y dedicados «a la modesta acción de ocultar el autor deste libro su nombre». Obviamente, tal despliegue de “modestia” sólo es comprensible si el autor sabía que su obra era excepcional (que lo es) y que todos en su tiempo conocían su nombre. La gracia del juego radica, lógicamente, en que los poemas están todos llenos de acertijos, inciertos acrónimos y más evidentes juegos de palabras:

*Es esta Escuela militar gobierno
Espejo de famosos Capitanes
Norma con que le adquieras o le ganes
Modo de colocar tu nombre eterno.*



10.8. Portada del tratado anónimo *Escuela de Palas*, Milán, 1693. (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)

«Este sapientísimo autor establece por principio para su fortificación que las líneas en cualquier polígono deben ser iguales, porque tan capaz ha de ser de defensa el pentágono como el nonágono; luego las líneas del flanco y semigola que defienden cualquiera de las figuras deben ser iguales, para admitir igual número de defensores y artillería en cualquier polígono, siendo cierto que en aquel en que fueren menores avrá menos defensa. Luego para igualar la defensa en todos los polígonos, se deben constituir iguales las líneas».

Son, en todo caso, propuestas extremas, en las que es fácil ver las diferencias; pero, aunque el argumento de *Escuela de Palas* es muy sólido, la fortificación occidental se mantuvo circunscrita a unos principios comunes, más o menos arbitrarios y aceptados por todos los ingenieros, hasta mediados del siglo XVIII. Además, en el caso de la fortificación española, este carácter ecléctico de sus tratados, las limitaciones presupuestarias, el pragmatismo de la defensa y los condicionantes del lugar harán casi imposible que se planteen proyectos que podamos considerar modelos perfectos de una escuela nacional o de un método concreto.

V

LOS NUEVOS ELEMENTOS Y SU DEBATE: LA FORMA DEL BALUARTE Y LAS OBRAS EXTERIORES

«Si la plaza no tiene ninguna obra exterior, quién impedirá al enemigo que desde luego se acerque a las murallas? Abra brecha? Y con todas sus fuerzas empiece los asaltos? Quién estorvará, que desde cerca de la plaza empiece a disparar sus bombas tanto menos inciertas quanto más cercano su tiro? En qué cuidado no debe estar la guarnición, y los ciudadanos, desde el primer punto en que se pone el sitio, no teniendo el enemigo reparo ninguno que vencer hasta el foso y las murallas?»⁴⁸.

Quizás los dos elementos que más claramente diferencian a la fortificación del XVIII de la renacentista sean la nueva forma del baluarte y las obras exteriores; y, curiosamente, ambos elementos surgieron ya en el XVII e incluso en el XVI.

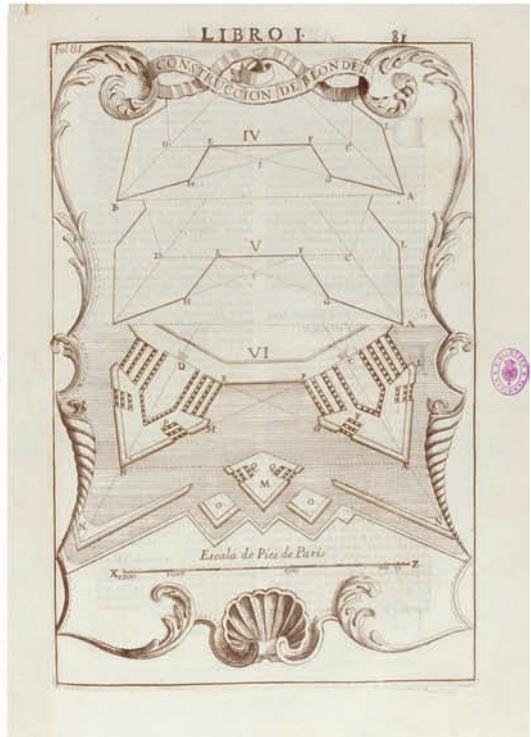
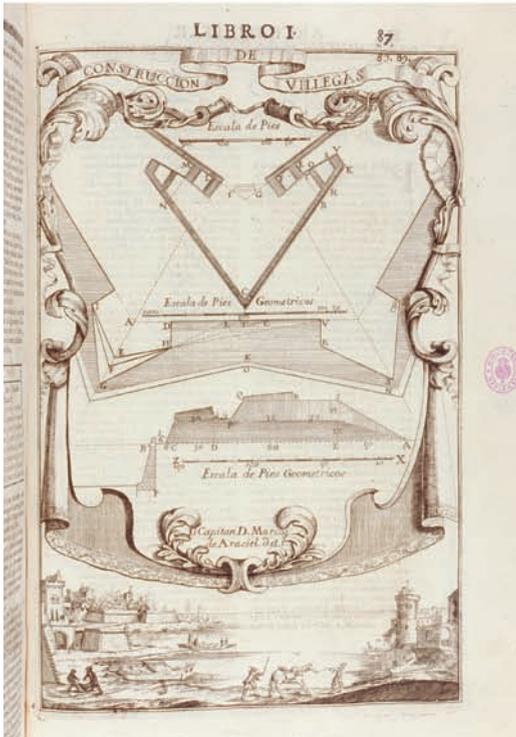
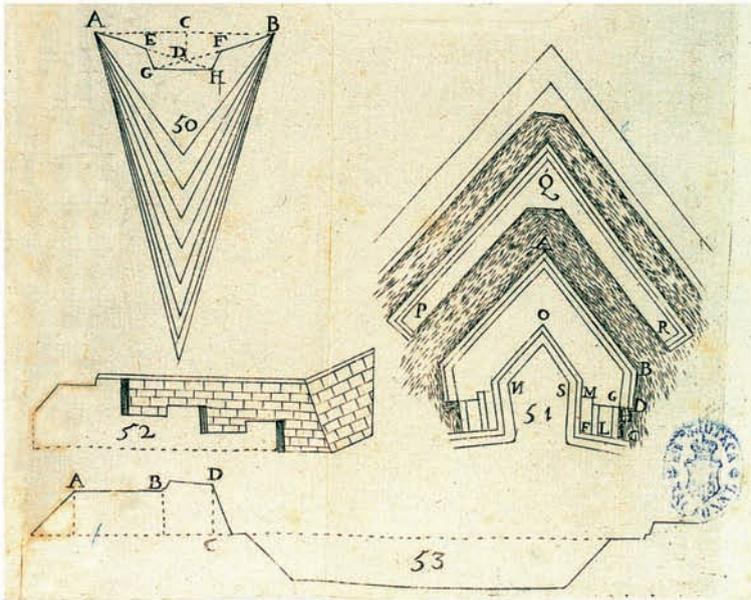
Respecto al baluarte, siguió existiendo la discrepancia sobre el valor del ángulo flanqueado (la punta del baluarte, que ya veíamos al hablar de la fortificación del Renacimiento⁴⁹). Villegas, en 1651, lo resume con precisión:

⁴⁶ Diego Felipe de Guzmán, duque de Sanlúcar, marqués de Morata y III marqués de Leganés.

⁴⁷ La información sobre Tosca procede de la investigación, ahora en curso, de la profesora Alicia Cámara.

⁴⁸ CASSANI, *op. cit.*, p. 87.

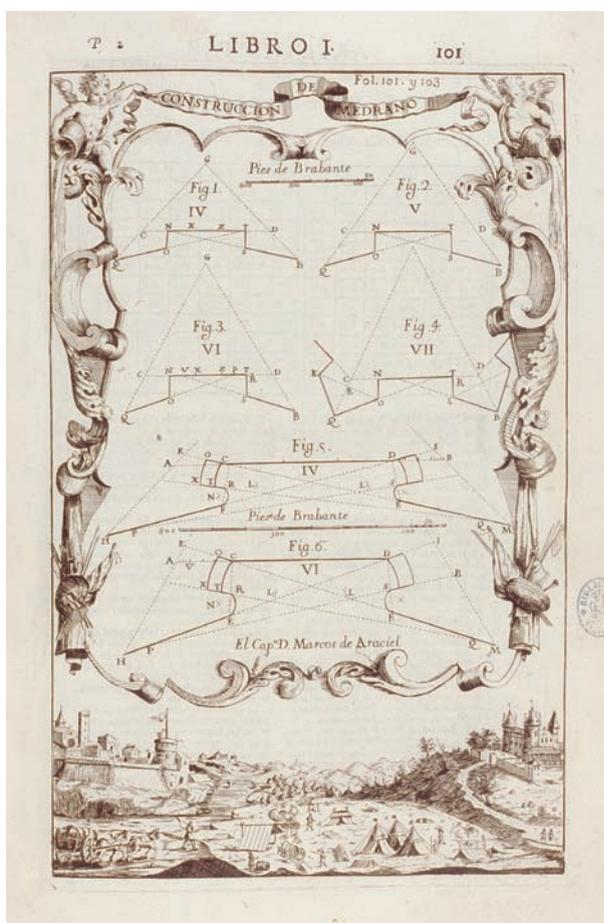
⁴⁹ F. COBOS, 2004, *op. cit.*



10.9. Representación de un baluarte a la manera de: 1) Pagán en el tratado de Cassani de 1705; 2) Villegas en el tratado de Escuela de Palas; 3) Blondel en el tratado de Escuela de Palas. (Biblioteca Nacional de Madrid, signs. 2/15086 y R/15043.)

«Los antiguos eligieron por mejores los baluartes de ángulo flanqueado, obtuso: Antonio de Vila, sólo el recto admite en sus fábricas; de los modernos, los más apruevan el agudo y el recto, con tal razón que el agudo no sea menor de 60 grados⁵⁰. [...] Los autores que eligen el ángulo flanqueado del baluarte, que no sea menor de 60 grados ni mayor que 90, no admiten el agudo, por ser mejor que el recto; antes demuestran absolutamente que es mejor el recto, mas como no salía recto en todas las figuras, la necesidad les obligó a que formasen el baluarte de ángulo agudo»⁵¹.

También se siguió debatiendo sobre si debían hacerse orejones o disponer flanco retirado en los flancos, pero en esta cuestión algunos autores cambiaron el ángulo



10.10. Construcción del frente y baluartes de Medrano con flancos curvos, según la representación que aparece en Escuela de Palas, Milán, 1693, tomo II, p. 101. (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043.)

⁵⁰ VILLEGAS, *op. cit.*, p. 201.

⁵¹ VILLEGAS, *op. cit.*, p. 203.

flanqueante (el que forma el flanco y la cortina y que habitualmente era perpendicular a ésta) para disponerlo perpendicular a la línea de defensa (a la línea oblicua que forma la cara del baluarte opuesto). El francés Pagan fue uno de éstos, y sobre su fortificación explicaba Medrano:

«Los flancos son perpendiculares a la línea de defensa [...] hace este autor casamatas y dentro del baluarte otro paralelo a él con foso alrededor, con lo que viene a dar tres flancos, haciendo el baluarte interior vacío: también quiere contraguarnidas delante de los baluartes y revellines, y cierto que salvo las caras de sus baluartes son grandes, el ángulo flanqueado obtuso y sus flancos por corta espalda poco cubiertos, no se puede condenar esta fortificación, mas sí el gasto que trae consigo».

De hecho, el debate sobre hacer orejones o colocar el flanco perpendicular a la cara, a la cortina o a la línea de defensa, continuó durante casi todo el XVII, dando origen a no pocos modelos de baluarte (ver fig. 10.9), hasta que a finales del XVII, Medrano, por un lado, y los difusores del sistema Vauban, por otro, pusieron de moda el flanco curvo (ver fig. 10.10), que, por su propia condición de curvo y retirado, zanjó en gran parte la polémica.

V.1. La falsabraga

La falsabraga es aparentemente un recinto exterior que rodea las murallas principales, a la manera de las barreras castellanas del siglo XV:

«Los antiguos españoles le daban nombre de barbacan, los romanos de antemuralla, los italianos de barbacani, y los primeros inventores de su perfección unos fausebraies, y los españoles falsabraga; de los antiguos, entre otros la trae Carlos Teti, de los modernos se hallará en Antonio de Vila, Pedro Sardi, Samuel Maroloes, Adan Fritag, Nicolas Golman, y otros»⁵².

Pese a lo dicho, su origen es posiblemente otro, e inicialmente, como ya vimos en el artículo dedicado al Renacimiento⁵³, se propusieron unos resaltes o plataformas que circundaban los muros de la fortaleza para retener la ruina de las brechas y evitar que colmatara el foso; pero «los modernos no sólo quisieron que esta fosabrea sirviese para detener la ruina, mas quisieron aplicarla para defensa del foso, y también podemos dezir que de fosabrea le dieron nombre los franceses, de fausee brayes».

Su utilidad para la defensa del foso era consecuencia de la paulatina desaparición de las plazas bajas de los flancos y del alineamiento de los parapetos superiores de la cortina con la línea exterior del glacis. Villegas completa su explicación con este argumento cuando señala que «los arquitectos holandeses libran toda la defensa del foso en estas fábricas; y con esta consideración no descubren de los parapetos de las cortinas, el foso, mas el plano de la estrada cubierta, y lo más ordinario, la campaña de

⁵² VILLEGAS, *op. cit.*, p. 31.

⁵³ F. COBOS, 2004, *op. cit.*

afuera, formando el rasgo de los parapetos de la cortina, y de la estrada cubierta, por una línea, como se ve en los perfiles de sus fábricas»⁵⁴ (ver fig. 10.11.1, con falsabraga, y fig. 10.14.1, con parapeto de cortina alineado a la pendiente del glacis).

Aunque algunos ingenieros españoles, como Grunenbergh⁵⁵ en su proyecto de ciudadela de Mesina, o la escuela de Milán en las defensas de Lombardía, las usan, otros muchos afirman, como el propio Villegas en 1651, que «sus defectos consideramos mayores que sus virtudes», y explica que «unos ciñen con esta fábrica toda la muralla, como llevamos dicho; otros tan sólo le hazen enfrente de la muralla, que no es tan defectuosa». De parecida opinión es Cassani en 1705, cuando afirma sobre la falsabraga:

«Generalmente se reprueba el día de oy por dos razones; la primera, porque la parte de la falsabraga que corresponde a los flancos queda enfilada, si el enemigo llega a derribar un corto parapeto que la defiende. Y aún más eficaz razón es que el enemigo, por la parte que quiere asaltar la ciudad, bate la muralla, y con pocos tiros que aseste, la tierra que de la muralla y terraplén cae, ciega la falsabraga»⁵⁶.

De hecho, ya en el siglo XVIII el único vestigio de la falsabraga serán las tenazas o tijeras bajas entre baluartes que con diversas formas, desde las del Padre Zaragoza a las de Pagan, terminarán siendo aceptadas con los diseños de la escuela del primer sistema vaubantiano o las muy parecidas que proponen Medrano y otros autores posteriores.

V.2. *Las obras exteriores*

En el dibujo anexo (fig. 10.12) aparecen casi todos los tipos de obras exteriores a mediados del XVII, aunque las más usuales y sencillas fueron los revellines, teniendo en cuenta en todo caso que, como avisa el autor de la *Escuela de Palas* años después,

«suelen equivocarse los militares entre el nombre del revellín y media luna, pues casi la mayor parte llaman media luna al revellín, que se haze delante las cortinas para cubrir las puertas, flancos, plazas baxas y falsas bragas [...]. Media luna propiamente es la que se construye delante las puntas de los baluartes, y que tienen sus golas en arco»⁵⁷.

Aunque obras exteriores aparecen ya en los dibujos de F. Marchi, e incluso los baluartes avanzados de fortificaciones como Salsas (1487) pueden considerarse como tales, su uso y difusión se generaliza a finales de los años treinta del siglo XVII. De Ville, en su tratado de 1628, las incluye, y también Floriani en 1630, haciéndolas nacer de la experiencia de la guerra y citando el revellín de la contraescarpa de Ver-

⁵⁴ VILLEGAS, *op. cit.*, p. 437.

⁵⁵ Carlos de Grunenbergh, ingeniero de origen flamenco que fortifica las plazas de la frontera entre Galicia y Portugal antes de trasladarse a Sicilia en 1681.

⁵⁶ CASSANI, *op. cit.*, p. 85.

⁵⁷ *Escuela de Palas*, tomo II, p. 136.

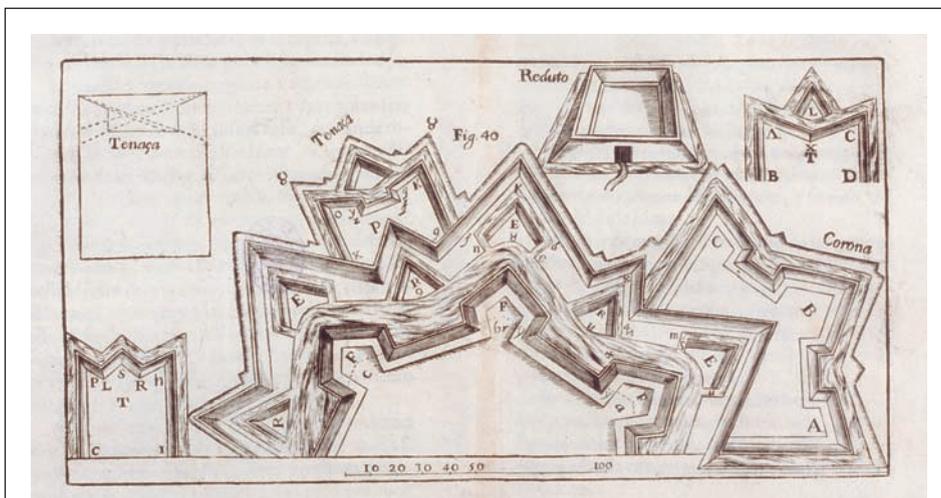


10.11. Sobre la falsabraga: 1) Sección de un frente fortificado con falsabraga según Escuela de Palas (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043); 2) La ciudadela de Mesina con falsabraga perimetral, según el proyecto de Carlos de Grunenbergh, 1686.

celli como uno de los primeros ejemplos que demostraron su eficacia⁵⁸. Sobre la función de los revellines y su origen, Santans escribe en su tratado de 1644:

«Los revellines se ponen siempre en medio de las cortinas en la parte exterior del foso, que sus lados cubren toda la cortina con su foso, comunicándole con el de la plaça; de forma que viene a quedar aislado, y delante de las puentes son tan usados que siempre se ponen en qualquier fortificación, y de grande utilidad; y para delante de las puertas en lugar de baluartes, y se ahorra gran costa, aunque algunos atribuyen las pérdidas de las plaças a estos rebellines, séase como les pareciere, están puestos en uso y deve seguirse utilidad, pues el enemigo los pone en las suyas, como se vio el año de 42 en las villas de Lens y la Bassé, quando se ganaron por ataques siendo governador de estos Estados el Exmo. Señor Don Francisco de Melo, y quien tuvo a su cargo dichos ataques fue el Exmo. Señor D. Andrea Cantelmo, General de la artillería de ellos [...]. No

⁵⁸ «[...] et così giusto successe sotto Vercelli nel Rivellino della contrascarpa dalla parte de' Spagnoli, i quali, benche in tutta una notte l'acquistassero con mortalità di 200»; FLORIANI, *op. cit.*, p. 131.



10.12. Descripción general de las obras exteriores de una fortaleza, según la figura 40 del tratado de SANTANS Y TAPIA, Bruselas, 1644. (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/8199.)

Diferencias de fortificaciones que se pueden ofrecer en una villa⁵⁹

Síguele una figura de fortificar una villa, en que se muestra las diferencias de fortificaciones que se pueden hazer fuera, unidas a las de la plaça puestas en uso, en estos Estados cuyos nombres, de cada pieza, y en qué partes se ven en la figura 40, con los perfiles que le toca.

La plaça principal, es	a.b.c.
Baluartes son los de la letra	F.
Reuellines los de la letra	R.
Medias lunas las de la letra	E.
Obra a cuerno y en español se tiene por tenaça es la de letra	P.
Tenaça que llaman en estos estados, es la de la letra	T.
Corona es la de las letras	ABC.

es negable el ser mejor baluartes en lugar de revellines, aunque el Barón de Groto en su fortificación dize son mejores que baluartes⁶⁰.

La citada referencia al sitio de Vercelli y su revellín que hace Floriani en 1630 es contradictoria con lo dicho por Santans cuando asegura que el uso y utilidad de los revellines se aprendió en Flandes a principios de los cuarenta del siglo XVII. Lo cierto es, realmente, que los ingenieros de la Corona española ya los habían usado magistralmente en proyectos anteriores, especialmente en Malta, cuando curiosamente el virrey de Sicilia (del que Malta depende) era el propio Francisco de Melo.

⁵⁹ SANTANS, *op. cit.*, pp. 272 y 273.

⁶⁰ SANTANS, *op. cit.*, pp. 262-263.

V.3. *El debate de Malta*

Aunque, curiosamente, no faltan muy buenos estudios sobre la fortificación de Malta, e incluso sobre la importante presencia de ingenieros franceses en la isla⁶¹, y se ha considerado que Malta pudo ser un modelo para muchas otras fortificaciones, la influencia española apenas se ha estudiado. Esto es todavía más extraño si se considera que la defensa de la isla, alquilada a la Orden de San Juan en tiempos de Carlos V, había estado siempre bajo la supervisión del Consejo de Guerra español, de los ingenieros de la Corona y del virrey de Sicilia. Cuando a partir de 1630 se ve la necesidad de reforzar sus defensas frente al turco, se producen una serie de debates y proyectos que constituyen uno de los episodios más interesantes de la época para conocer la evolución de la fortificación y el origen de muchas de las ideas que luego se aplicarán en los siglos siguientes. El conjunto de esta documentación, en castellano, impresa en muchos casos ya en la época y que fundamenta el debate ante el Consejo de Guerra español, no puede resumirse en este artículo y será objeto de una posterior publicación, pero un breve resumen puede darnos una idea de su alcance.

Entre 1635 y 1639 se habían sucedido diversos proyectos y pareceres que en carta al rey de España se resumen así:

«Que aviendo el Gran Maestre antecesor del que oy es, comenzado la nueva fortificación en la Ciudad de Valeta, donde está la religión, cuya planta puso en aquella ocasión en las reales manos de V. M. juntamente con los pareceres que sobre la materia se dieron [...]. Y aviéndose después en la ejecución dellas reconocídose algunos inconvenientes considerables [...], y ha embiado al Cavallero Bartona a Florencia, Nápoles y Milán con las plantas y demás razones que han parecido, para comunicar y conferir la materia, y a pedir al Marqués de Leganés ordene a los ingenieros que tiene den su parecer, y para tomar en ello la resolución más conveniente, ha hecho yr a Malta al Padre Fiorençola de la Orden de Santo Domingo, persona de grande opinión en Italia en materia de fortificaciones»⁶².

El proyecto iniciado y revisado por la Corona española era el de P. P. Floriani; los ingenieros del marqués de Leganés (el abuelo del supuesto autor de la *Escuela de Palas*) eran Juan de Médicis, II marqués de Santangelo⁶³, y Juan de Garay, capitán

⁶¹ S. SPITERI, 2001; y «The Role of the Military Engineer in the organisation of the Hospitaller Military Order of St. John», en A. CÁMARA y F. COBOS (coords.): *Actas del Congreso Internacional Fortificación y Frontera Marítima*, Ibiza, 2003. Ed. digital, Ibiza, 2005. Sobre los ingenieros franceses ver también D. de LUCA, 1988, 1, pp. 23-33.

⁶² AGS, E., leg. 3482, 170, año de 1639.

⁶³ No confundir con el también ingeniero al servicio de España Giovanni de Médicis, hijo natural de Cosme, duque de Toscana y muerto en 1621. Este segundo Juan de Médicis era hijo de Rafael de Médicis, que había recibido en 1625 de la Corona de España (reino de Nápoles) el «título de Marqués de Santo Angelo de Grotte, tierra de la provincia de condado de Molisse, con la condición de que le suceda su hijo D. Juan de Médicis» (Madrid, 12 de junio de 1625, s.p., 188-138v; AGS, Cat. XXVIII, títulos y privilegios de Nápoles, 373).

general de la artillería de Milán. De ellos y del citado padre dominico Fiorezola se conservan los pareceres, sometidos al Consejo de Guerra e impresos en castellano para su posterior difusión.

Floriani había defendido su proyecto ante el Consejo de Guerra español en diciembre de 1635, cuando presenta un documento titulado *Respuestas hechas por el Colonel Pedro Pablo Florián en Consejo, cumplido a algunas objeciones, que se hacían sobre la nueva fortificación por él propuesta*, y en el que argumentaba

«que se trata de aver de defenderse de un poder [los turcos] al qual no se debe oponerse comoquiera, y por esto les he propuesto una fortificación tan real, y de miembros tales, que hasta el día de oy no se ha hecho semejante [...], que con toda sinceridad digo mi parecer que siento, que propongo para el servicio de Dios, de la Christiandad, de su Magestad Católica [el rey de España], y de la religión [la orden de Malta]»⁶⁴.

El proyecto de Floriani, para una línea avanzada delante del frente viejo de la Valeta (hoy llamada la Florianiana), se explicaba en un texto, también impreso, de octubre de ese año:

«Pues si consideramos la primera acción que se haze en defender las plaças, que es el tener al enemigo lo más a la larga que se pueda, como se haze con el medio de los puestos aventajados en el primer recinto [...], y si se hubiesen querido valer de las salidas para hacerle perder tiempo, tampoco se podía valer deste medio, pues por no tener estrada encubierta, ni foso capaz ni acomodado, no podía salir gran número de gente en las salidas, ni retirarle con presteza. De manera que con fortificar la frente no más de quinientos pasos geométricos de ancho, se viene a inundar el dicho sitio, y asegurar la fortificación vieja, que por la nueva, formada toda de partes reales, con un valuarte y con dos medios, y con su falsa braga en las cortinas [...]. Y para asegurarse más en cada cortina he sacado un rebellín en medio, con sus retiradas reales»⁶⁵.

La repercusión del proyecto de Floriani y del debate generado se adivina no sólo por el hecho de que sus pareceres estén impresos, sino porque el mismo Floriani escribe al maestre:

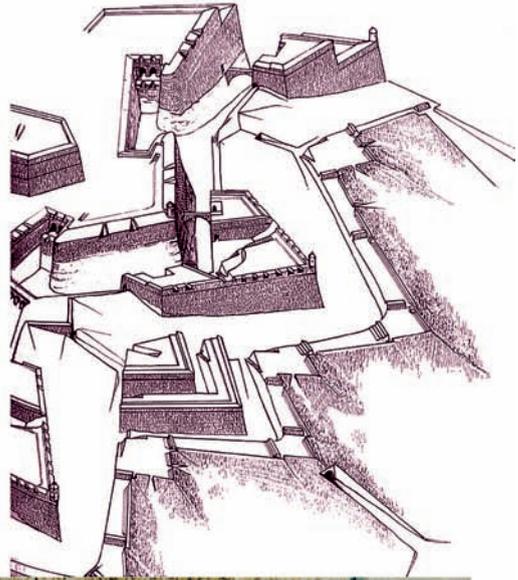
«Yo después dando para ello licencia vuestra Eminencia, embiaré a su Santidad, a su Magestad Cesárea, a las de España y Francia, y a otros Príncipes de Italia, las plantas y dibujos, para que vean que yo tengo fundamento muy real, bueno, y fundado en el servicio de la religión, y de toda la Christiandad»⁶⁶.

La Corona de España se enteró, desde luego, y, aunque no descartamos que los otros príncipes conocieran el proyecto, el Consejo de Guerra ejerció su autoridad e introdujo modificaciones en lo finalmente ejecutado. En diciembre de 1638 un “humilde” escrito del gran maestre al rey de España le explica que, con «el cuidado

⁶⁴ RAH, 9/3773 (7).

⁶⁵ «Malta 17 de Octubre de 1635 años. De V. Eminencia muy humilde criado Pedro Pablo Florian». RAH, 9/3773 (5).

⁶⁶ RAH, 9/3773 (6).



10.13. Descripción de la fortificación de la isla de Malta: 1) Descripción con el parecer para su fortificación de Juan de Médicis en 1639-1640; 2) Detalle de la propuesta de Médicis para el frente viejo de la Valeta y el nuevo frente exterior diseñado por Floriani, véanse los revellines y contraguarnidas (medias lunas) en el frente viejo diseñadas por Medicis (Francesco NEGRO y Carlo Maria VENTIMIGLIA: Atlante di città e fortezze del regno di Sicilia, 1640, Biblioteca Nacional de Madrid); 3) La fortificación del frente de la Valeta, construida según el proyecto de Médicis (S. SPITERI, 2001).

que de la seguridad desta plaza que tanto al servicio de V. Mag. es importante tengo [...], he procurado la venida del P^e. Fiorenzo, la persona de todos estimada por la más eminente de nros. tiempos en materia de fortificación»⁶⁷. Sin embargo, a la Corona no le convence: ordena otros dictámenes y en 1639, «llamado el Padre Ricardo de la compañía de Jhs., hizo el disinio de Malta que V. Md. mandara ver y dio su parecer». Se recomienda entonces que, «si acaso la fortificación que el Maestre embía disiniada estuviere empeçada a hazer, sería de parecer la Junta que V. Md. mandase que se demoliese, y el material se gastase en los baluartes que disinia el Padre Ricardo»⁶⁸.

Se ordena poco después que «Don Francisco [de Melo, virrey de Sicilia] se entere de todo y vea si ay algo que moderar o añadir. [...] y encaminar que si no son necesarias todas las fortificaciones no pasen adelante y se hagan las que fueren menester»⁶⁹. Con el virrey están los ingenieros que vienen de Milán, Juan de Médicis y Juan de Garay, que proyectan y reforman las fortificaciones de Malta y alguna de Sicilia, y cuyos diseños quedan incorporados al bellísimo atlas que el virrey estaba preparando y que hoy se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid⁷⁰.

«Mandome V. Mg. tratar con el Gran Maestre la forma de fortificar a Malta [...] con la presencia de Don Juan de Médicis, Marqués de S. Ángel [...] se había ajustado a satisfacción de todos [...], y porque se acabó de ajustar todo aquí con la presencia del Marqués de S. Angel, que queda mi güesped, me ha parecido dar quenta a V. Mg. mientras ajustando las fortificaciones de las seys plaças prinzipales deste Reyno, porque sólo ay puerto y el enemigo puede tomar pie. Palermo, Messina, Trapana, Melazo, Augusta y Çaragoça, remito a V. Mg. las plantas [...]. Ve que se está formando un libro que [...] con la discreción geográfica de Sizilia las fortificaciones antiguas y nuebas y lo que se podrá hazer de nuebo para fortificarlas, ajustadas por el Marqués de S. Angel y algunos ingenieros del Reyno que lo acompañaban, con que de todo tendrá y quedará la notizia en los Reales Archivos de V. Mg.»⁷¹.

Del proyecto de Juan de Médicis para Malta también hay varios pareceres impresos en castellano. Médicis propone una defensa con revellines y medias lunas (realmente, contraguardias) en el frente viejo y la reforma del frente nuevo empezado por Floriani (ver fig. 10.13.2). En 1640 da instrucciones sobre «la fortificacion de rebellines començada delante de la frente vieja de la ciudad Valeta, conforme al modelo que embié el año pasado»⁷², y poco después perfila todos los detalles de su singular proyecto, que se adelanta en muchos aspectos a cualquier otro proyectado antes, ocu-

⁶⁷ AGS, E., leg. 3482, 127.

⁶⁸ AGS, E., leg. 3482, 167.

⁶⁹ AGS, E., leg. 3482, 166.

⁷⁰ F. NEGRO y C. M. VENTIMIGLIA: *Atlante di città e fortezze del regno di Sicilia 1640*, Biblioteca Nacional de Madrid, Mss. 787, y edición facsímil a cargo N. ARICO, Mesina, 1992.

⁷¹ Palermo, a 5 de mayo, 1640. AGS, E., leg. 3483, 149.

⁷² RAH, 9/3773 (2).

pándose, por ejemplo, de las salidas y retiradas de las obras exteriores: «Y para que así la media luna exterior, como la interior, puedan comunicarse con sus fosos con más comodidad, a sus lados se harán las surtidas, que vayan a desembocar al plano del foso»; de la defensa contramina («y junto a la punta de las dichas medias lunas se hará una cisterna profunda hasta la llana del foso, que a la necesidad pueda también servir de contramina»); o de estar oculto de la campaña: «Las puentes para poder surtir sobre los rebellines se tengan en parte, y tan bajas quanto baste para no ser vistos desde la campaña [...]. La media luna de dentro tenerla a filo del parapeto de la de fuera, de manera que desde la campaña parezca toda una»⁷³.

Estando integrada la Orden de Malta por caballeros de todas las naciones, cualquier proyecto hecho en Malta era conocido inmediatamente por todos los príncipes de Europa. Además, como bien decía el gran maestre en la carta que hemos citado antes, para los españoles, Malta era un bastión fundamental de la defensa del Mediterráneo “spagnolo” contra el turco. Por este motivo, la ambigua posición de Francia, a menudo aliada con los turcos, provocaba no pocas suspicacias en España, recelosa de que, bajo el hábito de la Orden, sus enemigos espieran sus defensas y conspiraran contra su dominio de este territorio. La presencia en Sicilia de barcos franceses bajo bandera de la Orden de Malta inicia un curioso debate en esos años y, a este respecto, un dictamen de la Corona dice:

«Los Cavalleros del ávito de San Juan en su religión son neutrales, fuera della cada uno sirve el partido de sus obligaciones, y así se ve que cada vasallo acude a su príncipe: los españoles a España, los franceses a Francia, los ingleses a Inglaterra, los alemanes a Alemania y los savoyados a su Duque [...]; los tiempos son sospechosos i cada príncipe procura conseguir su intento por los caminos que puede»⁷⁴.

No sabemos si el hecho de que los pareceres y proyectos citados estén impresos se debe a que circularon copias en todas las cortes europeas, como Floriani quería, pero, incluso aunque no circularan⁷⁵, nada de lo que se hiciera en Malta podía pasar completamente desapercibido. La bien documentada presencia de los franceses Creville y Pagan en 1645 en Malta y su conocimiento y aprobación de lo proyectado por Médicis y Garay⁷⁶; la posterior presencia del también francés Blondel y la más tardía llegada de Grunenbergh, enviado por España desde Sicilia⁷⁷ en 1681 y en 1687, son sólo algunos ejemplos del continuo intercambio de conocimientos que la fortificación de Malta supuso en la época. Si atendemos a la teoría que sitúa en el tratado de

⁷³ RAH, 9/3773 (3).

⁷⁴ AGS, E., leg. 3482, 28.

⁷⁵ No hemos podido comprobar si los ejemplares que aparecen en los índices de los archivos de la Orden de Malta y del Vaticano son la misma edición que la española o copias manuscritas.

⁷⁶ Especialmente en el fuerte luego llamado de Ricasoli. En el frente de la Valeta, Creville propone añadir un hornabeque (S. SPITERI, *op. cit.*, pp. 301 y 283, respectivamente).

⁷⁷ S. SPITERI, *op. cit.*, pp. 285 y 278.

Pagan el origen del modelo de lo que luego llamaríamos escuela vaubantiana, la importancia de los debates y los proyectos de Floriani, y especialmente de los de Juan de Médicis, se vislumbra como determinante del desarrollo posterior de las nuevas teorías fortificadoras.

VI

VAUBAN, LA VUELTA A LAS CASAMATAS Y EL FINAL DEL SUEÑO RACIONALISTA

«Nosotros aventajamos a los romanos en fortificar, pero no se ha llegado a la perfección, y la grande reputación de M. Baubam, y M. Couhorn, no han mejorado, pues han gastado sumas inmensas, y no las han hecho más fuertes».

(Silvestre Abarca, La Habana, 1763)

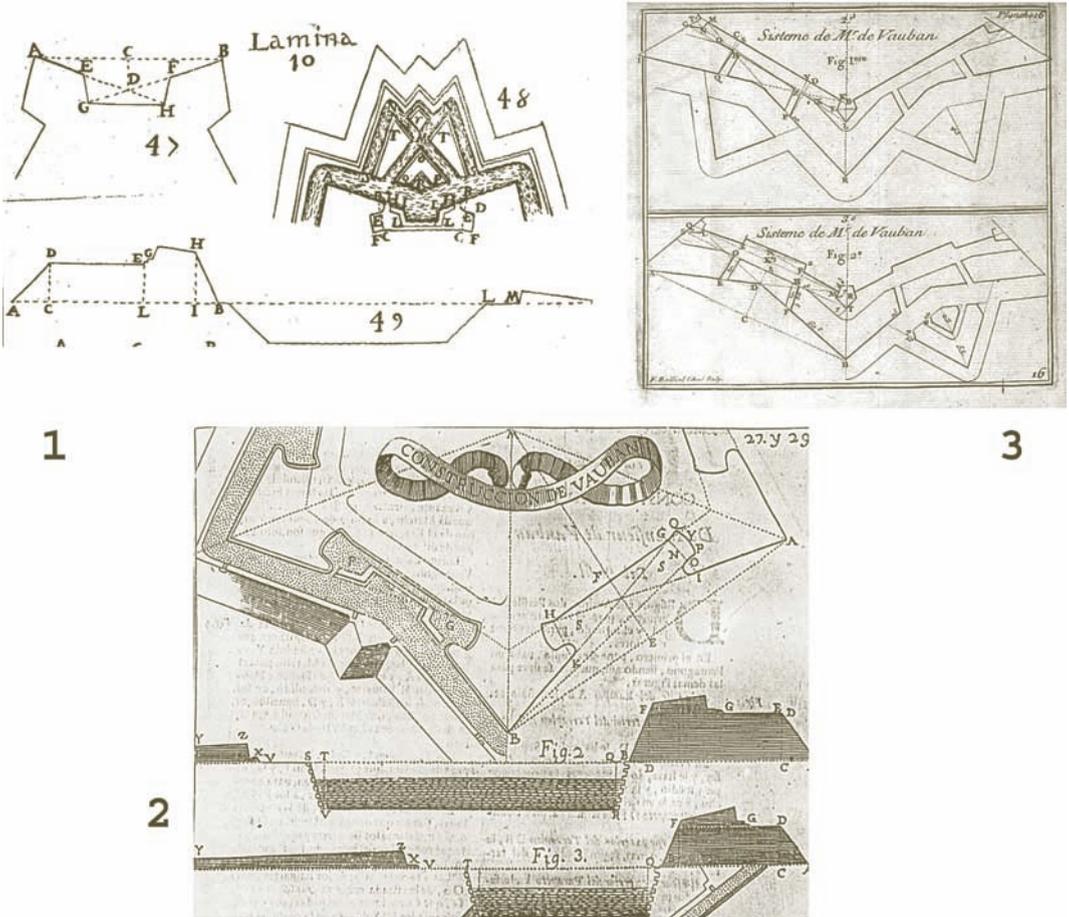
VI.1. *El método de Vauban*

Aunque a partir de la edición de las obras que vulgarizaron los trazados de Vauban la influencia de éstos fue enorme, no se ha considerado habitualmente en la historiografía moderna que tales obras sólo representaban el que luego fue llamado “primer sistema de fortificación de Vauban”, que en realidad no aportaba ninguna novedad importante respecto a otros sistemas de fortificación ya conocidos. Este primer modelo de fortificar de Vauban fue difundido fundamentalmente a partir del libro del abad Du Fay: *Manière de fortifier selon la méthode de M. de Vauban* (1692) y sus sucesivas reediciones ampliadas. Sin embargo, no está claro que dichos métodos fueran la verdadera teoría de Vauban. En 1776 Le Blond decía que a Vauban «se le ha hecho autor de muchos libros de fortificación, sin embargo, de no haber escrito cosa alguna sobre esta materia»⁷⁸. Corroboraba esta impresión el hecho de que en la edición de Amsterdam de 1702 del *Verdadero método para fortificar de Mr. de Vauban*, del abad de Du Fay y del Chevalier de Cambrai, el texto de aprobación del propio Vauban –lo único realmente escrito por él– dice simplemente: «Este pequeño tratado sobre las fortificaciones no contiene nada que no refleje lo que se practica en las plazas del rey».

Los españoles también dudaban. Medrano, en su tratado de 1700, ni siquiera cita un sistema de fortificación que se pueda atribuir a Vauban, y, ya cuando el autor de la *Escuela de Palas* desmenuzaba el modelo de trazado supuesto de Vauban para demostrar que no añadía nada sobre lo ya dicho por Marchi y Lorino, mostraba sus reservas sobre su verdadera atribución:

«No me pongo en averiguar si la construcción que ponen en el libro que se estampó en Amsterdam año 1680 sea de Mons. de Vauban, o de su discípulo el Cavallero Cambrai; lo cierto es que ahora se fortifican las plazas con este método, no sólo en Francia sino en las demás partes de Europa, donde ay medios para el gasto que a menester».

⁷⁸ LE BLOND: *Elementos de fortificación*, Joaquín Ibarra, Madrid, 1776. Citado por R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, 1991, p. 68.



10.14. Esquemas vaubantianos: 1) Trazado del “tenallón” vaubantiano en el tratado de Cassani de 1705 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. 2/15086); 2) Construcción de Vauban según Escuela de Palas en 1693 (Biblioteca Nacional de Madrid, sign. R/15043); 3) Esquemas del segundo y tercer sistema de Vauban. (Anónimo, Bibliothèque Nationale de Paris.)

La paradoja de nuestro conocimiento sobre Vauban, e incluso de la idea que sus coetáneos tuvieron de su fortificación, es que su fama y su influencia se apoya tanto o más en las ideas que se le atribuyeron que en las realmente suyas, mucho más geniales e innovadoras, y que casi nadie valoró ni en su época ni incluso en los siglos siguientes. De hecho, y pese a que Vauban aseguraba que «l’art de la fortification ne consiste pas des règles et des systèmes mais uniquement dans le bon sens et l’expérience», sólo algunos de los autores que con más profundidad han trabajado sobre la fortificación francesa⁷⁹ han resaltado el valor de las adaptaciones al terreno de sus rea-

⁷⁹ N. FAUCHERRE: *Places Fortes, bastion du pouvoir*, París, 1990, p. 47.

lizaciones reales y el poco interés que el propio Vauban tenía por seguir los que supuestamente eran sus propios principios.

VI.2. El tiro parabólico

Siendo la arquitectura militar tan dependiente del desarrollo de la artillería, y habiendo glosado su profunda relación con las matemáticas, sorprenderá al lector que ni en el capítulo dedicado al Renacimiento, en el tomo anterior, ni en éste hayamos dedicado ninguna referencia a Tartaglia, a Galileo o a Newton, y al problema de la ecuación de la trayectoria parabólica del proyectil de artillería. La razón de esto es que, mientras las balas fueron bolas macizas de hierro que no explotaban, la eficacia del tiro “por elevación” fue muy escasa, y todos los diseños de fortificación se basaban en considerar el fuego artillero como una trayectoria recta.

Pero, a finales del siglo XVII, el fuego aéreo mediante bombas explosivas concentrado sobre determinadas partes de la fortificación llegó a ser tan intenso que invalidaba casi todos los principios de defensa hasta ese momento en boga; posiblemente, el propio Vauban se dio cuenta de ello cuando fracasó la defensa que hizo de Namur frente al asalto hispano-holandés, dirigido por el ingeniero holandés Coenhoorn y el español Verboom en 1695, y que Vauban calificó directamente de «manière bestiale d’attaquer»⁸⁰.

Y es precisamente cuando todos los tratadistas, y la mayor parte de las obras que se ejecutaban, habían renunciado al uso de casamatas cubiertas que pudieran proteger a los defensores del bombardeo, el momento en el que Vauban postula un método de fortificación que utiliza casamatas, troneras cubiertas, torres acasamatadas e incluso caponeras; que dobla el fuego de flanco con cortinas en tijera y que reivindica el valor de las galerías bajas que barren el foso con fuego de fusilería. Es aquí donde radica la principal innovación del segundo y tercer sistema de Vauban, y no, paradójicamente, en la proliferación de obras exteriores. De esta novedad, que aparece en obras de Vauban de finales del XVII, no se enteraron la mayor parte de los ingenieros y tratadistas de ese siglo y de gran parte del XVIII; y la vuelta de las casamatas y caponeras se ha atribuido a las ideas, mucho más tardías, del marqués de Montalembert.

El tratado de Cassani, que podríamos considerar habitualmente filovaubantiano, contaba, por ejemplo, hablando del flanco de una fortificación, que «en este sitio se construían antiguamente las casas matas, llamadas así porque desde ellas se matava. Eran unos aposentos o casas cubiertas por todas partes con unas troneras, desde las cuales se disparava a los enemigos. Estas casas matas ya no están en uso; porque el humo de los fogones impedía enteramente el fin, y en aviendo disparado los primeros tiros era imposible el proseguir, y así todas las obras semejantes, como eran los cofres, y las contraminas, ya no se admiten»⁸¹.

⁸⁰ P. BRAGARD *et alii*: *Namur en état de siège*, Namur, 2004, p. 63.

⁸¹ CASSANI, *op. cit.*, p. 80.

Y aunque algunos autores anteriores⁸² y otros posteriores proyectaron casamatas, no hacerlas era el sentir general y la ortodoxia aceptada.

Pero en España, la crisis del modelo falsamente vaubantiano no fue consecuencia directa de las nuevas ideas de Montalembert. A las críticas habidas a partir de las sugerencias de Lucuze sobre la necesidad de apoyarse en la tradición española se unió una serie de proyectos que o bien recuperaban la idea de las casamatas cubiertas y las caponeras, o bien planteaban la defensa con obras separadas entre sí. Se ha hecho referencia⁸³ al proyecto de Carlos Cabrer para fortificar Montevideo (Uruguay) en 1780 con pequeños baluartes aislados, en una solución de frente discontinuo. La propuesta de Cabrer, seis años anterior al proyecto de Montalembert para Cherburgo, resultaría ser un precedente de esta descomposición del modelo vaubantiano clásico.

Sin embargo, hay precedentes tan interesantes como los baluartes o bastiones del frente amurallado de Cartagena, entre el arsenal y el castillo de Galeras (1766-71), donde la orografía condiciona y facilita que la cortina sea una mera empalizada sin valor defensivo significativo⁸⁴ (ver figs. 10.15.1 y 10.15.2). Antes incluso, y también curiosamente con proyectos del capitán general de Ingenieros Juan Martín Cermeño, ya se había producido un cambio sustancial: en sus trabajos para Zamora y Ciudad Rodrigo encontramos una solución de grandes baluartes con fosos y casamatas interiores, paralelas a las caras y a los flancos, como un segundo baluarte interior, desarrollo de lo proyectado en Figueras, pero definidos casi como fuertes independientes; y, por otro lado, grandes fuertes aislados exteriores que, por su dotación y estructura, no pretenden simplemente entretener al enemigo lejos de la plaza hasta ser abandonados en retirada, y se constituyen por el contrario en la defensa principal del conjunto. Proponía, así, Cermeño en 1766 en Ciudad Rodrigo un proyecto «más útil y más sencillo, excusando el cúmulo de obras exteriores y destacadas que propuso Antonio de Gaver, incurriendo en este mismo defecto que motejaba a don Pedro Moreau, sin que mejorase la idea, ni el ahorro, ni la sustancia»⁸⁵.

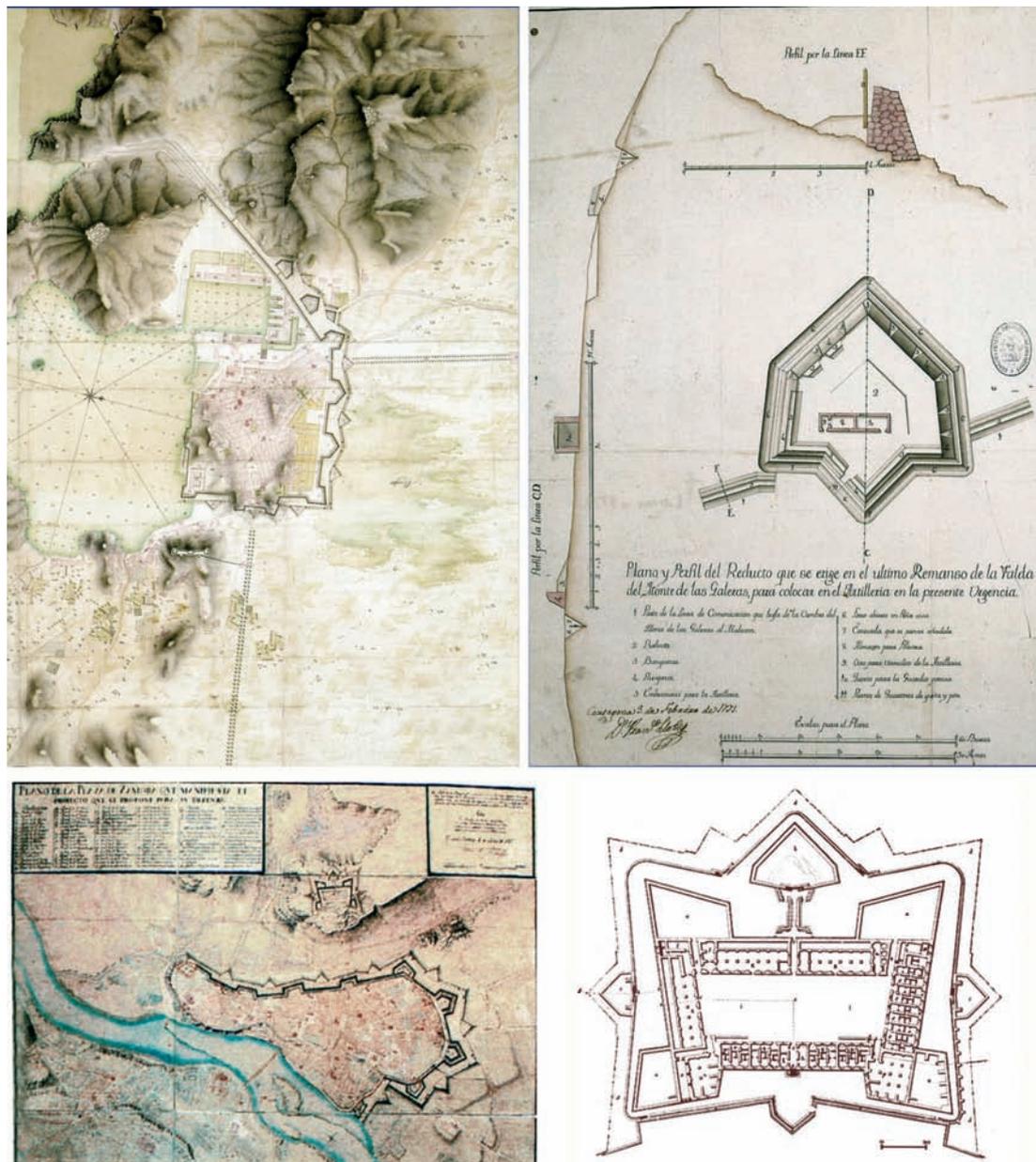
Es probable que complejos sistemas defensivos territoriales como el de Cartagena, el de Orán o el de La Habana optasen por soluciones de fuertes aislados que rompían la concepción unitaria de la defensa clásica. Cuando, a partir de 1763, el ingeniero Silvestre Abarca proyecta y construye el fuerte de San Carlos de la Cabaña en La Habana, para defender la ciudad y el puerto justo por donde más ventaja ganaron los ingleses en su asalto de 1762, su reconocimiento de la imposibilidad de disponer en América de tropas suficientes para hacer salidas y defender obras exteriores (¿qué

⁸² VILLEGAS, *op. cit.*, p. 250, prefiere casamatas.

⁸³ R. GUTIÉRREZ y C. ESTERAS, *op. cit.*, p. 148.

⁸⁴ Sobre estos proyectos, ver A. INIESTA y J. A. MARTÍNEZ (coords.), 2002.

⁸⁵ F. COBOS y J. J. de CASTRO, 1998, p. 285.



10.15. Proyectos del ingeniero militar Juan Martín Cermeño: 1) Fragmento del plano general de Cartagena, su arsenal y su puerto, con el proyecto de fortificación, 1766 (Museo Naval de Madrid, E-43-10); 2) Proyecto del ingeniero Llobet para un reduto de artillería en la falda del monte de Galearas, siguiendo el diseño general de Cermeño (Servicio Histórico Militar, 2652-9); 3) Proyecto general de la ciudad de Zamora, 1766 (Servicio Geográfico del Ejército, n.º 341); 4) Fuerte avanzado propuesto para el padrastro de San Francisco, en Ciudad Rodrigo, 1766 (Servicio Geográfico del Ejército, 385).

razón tenía Richelieu!) ya incluye el juicio crítico sobre Vauban y Coehoorn que reproducíamos al comienzo de este capítulo⁸⁶.

Curiosamente, dos de las teorías más usadas para explicar el debate de la fortificación en la segunda mitad del siglo XVIII podrían ser en gran parte falsas, no tanto por la ignorancia de los historiadores modernos como por las ideas equivocadas que sobre Vauban tenían los propios ingenieros del XVIII. La primera de estas ideas enfrentaría en un debate los sistemas de fortificación de Vauban contra Montalembert⁸⁷; un debate que realmente existió (cuando Vauban llevaba muerto 70 años) y que perdió en Francia el propio Montalembert. Sin embargo, las ideas supuestamente vaubantianas que se opusieron a las teorías de Montalembert eran más bien, como hemos visto, el resultado de la depuración del modelo de fortificación del siglo XVII que se extendió a lo largo de todo el XVIII, y que tenía por referente una concepción de la fortificación abaluartada que se consideraba heredera de Vauban sin serlo realmente.

Quizá una clave de este equívoco esté también en la teoría, comúnmente aceptada, sobre el origen de la fortificación de Montalembert y su inspiración en los modelos desarrollados a finales del XV y principios del XVI por diversos ingenieros y, principalmente, por Alberto Durero. No pretendemos negar, sin embargo, el hecho de que las torres, caponeras y bastiones de Durero se parecen mucho a las propuestas de Montalembert, pero también se parecen a las menos conocidas de Vauban; podríamos incluso suponer que el genial pintor alemán influyó por igual en ambos ingenieros, y que la aceptación de las ideas de Montalembert en Alemania ha facilitado que la historiografía alemana relacionara ambos sistemas de fortificación. Sin embargo, y pese a los recientes intentos de demostrar la importante influencia de Leonardo da Vinci en Durero, resulta ahora para nosotros evidente que ambos geniales pintores del Renacimiento tuvieron como referente principal de sus diseños la fortaleza española de Salsas, que Durero cita expresamente⁸⁸. Y es precisamente en Salsas donde el argumento “filogénico” se cierra sobre Vauban.

En la segunda mitad del siglo XVII, tras la Paz de los Pirineos, todo el Rosellón, con la fortaleza de Salsas incluida, pasó a dominio francés, y el propio Vauban realizó una visita de inspección que en buena lógica debiera haber supuesto la destrucción o

⁸⁶ La cita es de ROIG DE LEUCHSENRING: *Los monumentos nacionales de la República de Cuba. Vol. III: Fortalezas coloniales de La Habana*, pp. 200, 205 y 206-274. Ver también A. CÁMARA y F. COBOS: «La experiencia de la monarquía española en la fortificación marítima del Mediterráneo y su proyección en el Caribe», en *Actas del Congreso Internacional «Fortificación y Frontera Marítima»*, Ibiza, 2003. Ed. digital, Ibiza, 2005.

⁸⁷ MONTALEMBERT, marqués Marc-René de: *La fortification perpendiculaire*, París, 1777.

⁸⁸ Sobre este tema puede verse F. COBOS: «Los orígenes de la escuela española de fortificación del primer renacimiento», en A. VALDÉS (coord.): *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica*, Madrid, 2004.

la transformación radical de la vieja fortaleza renacentista de los Reyes Católicos. Sin embargo, el resultado de su informe fue la “restauración” de la fábrica original y su valoración como hito de la historia de la fortificación europea. El informe dice mucho sobre sus verdaderas teorías de fortificación y explica casi mejor que ningún otro documento una temprana –y aparentemente insólita– devoción por las caponeras y casamatas. Dice Vauban de Salsas:

«se trata de una construcción muy particular compuesta a la antigua manera de fortificar. Y, aunque esté mal flanqueada, hay cinco cosas que la hacen fuerte y buena:

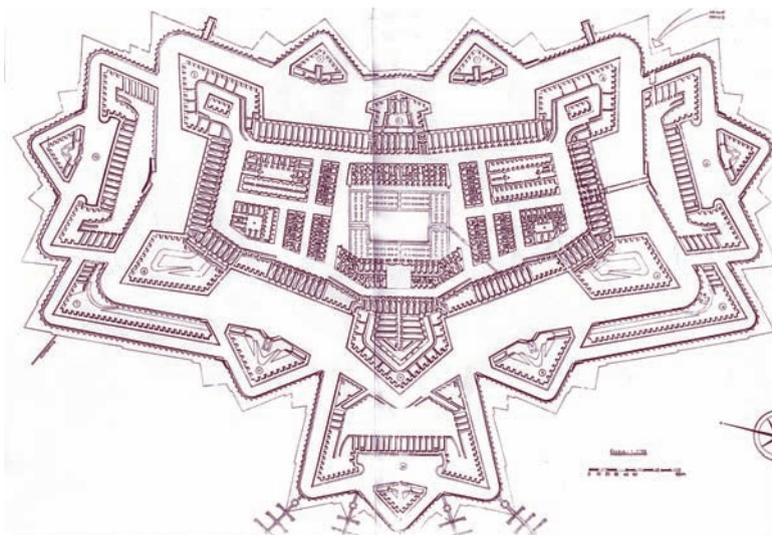
- 1.º La masa extraordinaria que excede lo razonable de su revestimiento.
- 2.º La bondad y solidez de los materiales que la componen es tal que pocas fortalezas podrían igualarla.
- 3.º Las casamatas de estas torres muy bien abiertas y conducidas.
- 4.º Las contraminas que reinan alrededor.
- 5.º Su foso grande y profundo».

Se centra asimismo en describir los «elementos exteriores en forma de cruz que también son de masa gruesa de fábrica cuando son casamatados como las torres de la plaza. Estuvieron por delante atados con bellos cofres que fueron demolidos no sé por qué, pero sé que es una lástima porque el fondo del foso, que ahora sólo está visto por la casamata, estuvo muy bien defendido».

Son estas casamatas, y especialmente estos «cofres» o caponeras que pondera Vauban, los que habían caído en desuso desde mediados del XVI, y los que reivindicaría Montalembert, supuestamente en contra de las teorías vaubantianas. No era un sistema desconocido, desde luego, y Villegas recordaba en su tratado de 1651 que «los primeros arquitectos militares, en lugar del refoseto, hazían en el foso seco; al opósito de las puntas de los baluartes unas casamatas quadradas, a que llamavan del foso, eran flanqueadas de los flancos, y de las casamatas de los baluartes opuestos: alojavan en ellas 15 ó 20 mosqueteros, que defendían todo el foso, hasta el ángulo de la contraescarpa, con las frentes todas de los baluartes»⁸⁹. Pero no es menos cierto, desde luego, que casi ningún tratadista defendía su uso en el XVII y mucho menos en la primera mitad del XVIII.

La visión de las raras caponeras que Vauban propone en su tercer sistema cambia radicalmente si se conoce su opinión sobre Salsas. Hoy la fortaleza española se conserva gracias a que el propio Vauban ordenó conservarla sin transformarla (afortunadamente, no pasó por allí alguno de sus supuestos seguidores). Y si la historia de la fortificación del XVIII no puede acabarse sin subrayar el paradójico bucle que se produce cuando Montalembert, aparentemente, se inspira en las soluciones de Durero, en este caso, nos parece mucho más bello, tratándose de la historia de la fortificación española, acabar relatando cómo fue el mismísimo Vauban el que acu-

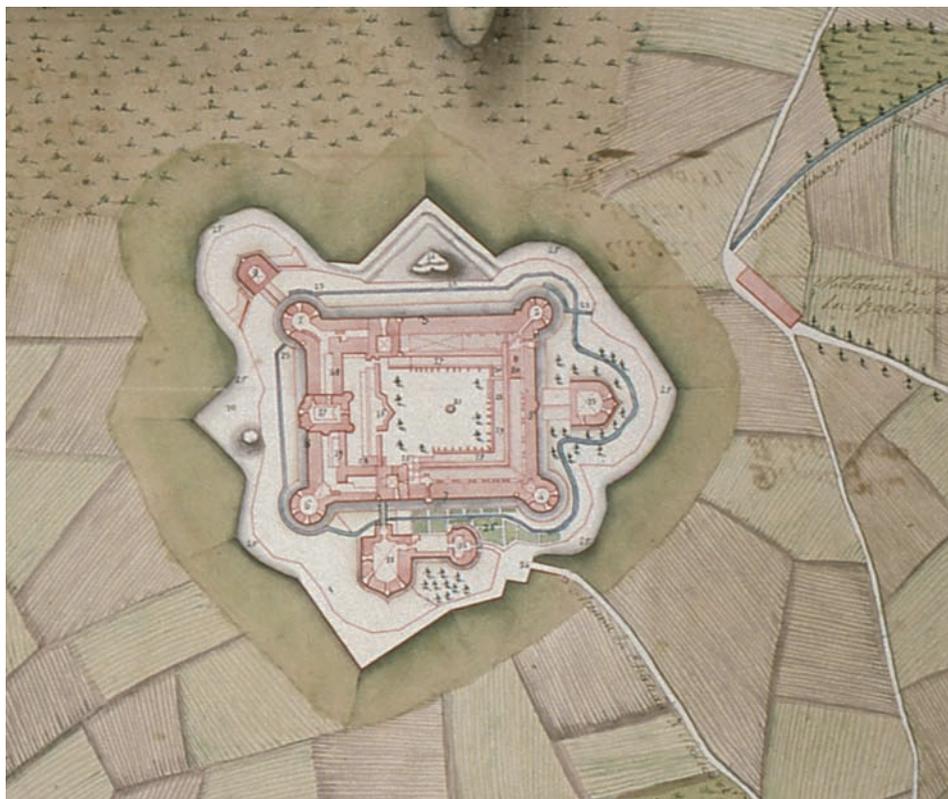
⁸⁹ VILLEGAS, *op. cit.*, p. 50.



10.16. La fortaleza de San Fernando de Figueras: *Planta del castillo, construido a partir de un proyecto de Juan Martín Cermeño, 1753. Vista aérea parcial del baluarte principal.*

La fortaleza de San Fernando de Figueras

La que es, posiblemente, la fortaleza más impresionante construida en la España del XVIII, nació con un proyecto de 1753 del capitán general Juan Martín Cermeño. Concebida como fortaleza-tapón de la frontera de Francia, su importante guarnición, que incluía un cuerpo de caballería, debía garantizar que ningún ejército pasase de largo o la cercase sin un gran esfuerzo; por esta razón los elementos de intendencia, como casas o almacenes, y las impresionantes caballerizas y aljibes, fueron diseñados con esmero. La fortaleza, de planta irregular aunque simétrica, se adapta perfectamente a un cerrete que Cermeño eligió expresamente para esta función. La traza no tiene más de dos baluartes iguales, y se dan casi todos los tipos de soluciones según el lugar y la función. Su gran despliegue de obras exteriores, con retiradas muy bien estudiadas y complejos sistemas contramina, se sitúa hacia la parte de Francia y donde la pendiente permite un ataque mejor. En el centro de este frente, un baluarte hueco, con otro baluarte interior y abundantes casamatas para fusilería tanto en el foso interior como en el exterior, dan idea de la dureza del asalto que cabía esperar. Por los otros frentes, un inteligente giro de los lados laterales cortos, y una solución en tijera con un pequeño baluarte en el ángulo del frente posterior, daban resguardo contra el fuego de enfilada y el bombardeo por tiro por elevación a las zonas por las que tanto la caballería como la infantería debían hacer sus salidas.



10.17. La fortaleza de Salsas, al norte de Perpiñán, en 1783. (*Musée de Plans-Reliefs de Paris, C-253.*)

dió a las fuentes originales de Durero, a la fortaleza de Salsas de Ramiro López. Y ante ella, cerrando nuestro particular círculo de estos dos artículos que arrancaban precisamente en Salsas⁹⁰, y dándonos de paso otro argumento para considerar la fortificación como el elemento calve de la supervivencia del Imperio español, Vauban escribió:

«En una palabra, esta plaza ha sido construida por un ingeniero excelente, porque en un espacio muy pequeño encontramos todos los alojamientos, almacenes, acomodos necesarios para el mantenimiento de una potente guarnición, y todo ello construido de tal modo, que una vez debida y correctamente reparada, podemos decir que es un gasto realizado para 100 años»⁹¹.

⁹⁰ F. COBOS, 2004, *op. cit.*

⁹¹ Vauban, *Visites des places frontières* (1670-1710), «Mémoire succinct pour rendre compte a Monseigneur de Louvoy sur les fortifications de Pignerol et Roussillon», f. 9-11, Salses, Bibliothèque du Service Historique de l'Armée de Terre, París, Ms. in fol. 33 i.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAGARD, P., *et alii*: *Namur en état de siège*, Namur, 2004.
- BUENO, B. P. Siqueira: *Desenho e desígnio: o Brasil dos engenheiros militares (1500-1822)*, Universidad de São Paulo, 2003 (tesis doctoral inédita).
- CALABRO, Mateo: *Tratado de fortificación o arquitectura militar. Dado por el capitán de infantería Don Mateo Calabro Ingeniero en segunda de los Reales Ejércitos de Su Majestad y Director General de esta Real Academia de Matemáticas de Barcelona. Abril 1.º de 1733*. Estudio introductorio, notas y glosario por Fernando R. de la FLOR, transcripción de María Isabel Toro Pascua, Salamanca, 1991.
- CÁMARA, A. y COBOS, F. (coords.): *Actas del Congreso Internacional «Fortificación y Frontera Marítima»*, Ed. digital, Ibiza, 2005.
- CAPEL, H.; SÁNCHEZ, J. E. y MONCADA, O.: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona, 1988.
- CASSANI, J.: *Escuela militar de fortificación ofensiva y defensiva*, Madrid, 1705.
- COBOS, F.: «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada», en M. SILVA SUÁREZ (ed.), 2004, pp. 401-438.
- «Los orígenes de la escuela española de fortificación del primer renacimiento», en A. VALDÉS (coord.): *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica*, Madrid, 2004.
- CASTRO, J. J. de: *Castilla y León. Castillos y Fortalezas*, León, 1998.
- CASTRO, J. J. de y SÁNCHEZ-GIJÓN, A.: *Luis Escrivá, su Apología y la fortificación Imperial*, Valencia, 2000.
- COLMUTO ZANELLA, G., y RONCAIL, L. (a cura di): *Atti del convegno di studi «La difesa della Lombardia spagnola»*, Milán, 2004.
- COPPA, A.: «La circulación de ideas a través de los tratados de los ingenieros militares milaneses al servicio de Carlos V y Felipe II», en C. HERNANDO (coord.), 2000.
- ENRÍQUEZ DE VILLEGAS, Diego: *Academia de fortificación de plazas y nuevo modo de fortificar una plaza real diferente en todo de todos que se hallan en los autores que desta ciencia y arte escrivieron*, Madrid, 1651.
- ESCRIVÁ, L.: *Apología en excusación y favor de las fábricas del reino de Nápoles*. Edición anotada y comentada en F. COBOS, J. J. CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN, 2000.
- FAUCHERRE, N.: *Places Fortes, bastion du pouvoir*, París, 1990.
- FERNÁNDEZ DE MEDRANO, Sebastián: *El arquitecto perfecto en el arte militar*, Bruselas, 1700.
- FLORIANI, Pietro Paolo: *Diffesa e offesa delle piazze*, Macerata, 1630.
- GUTIÉRREZ, R. y ESTERAS, C.: *Territorio y fortificación. Vauban, Fernández de Medrano, Ignacio Sala y Félix Prósperi, influencia en España y América*, Madrid, 1991.

- HERNANDO, C. (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V*, Madrid, 2000.
- INIESTA, A. y MARTÍNEZ, J. A. (coords.): *Estudio y catalogación de las defensas de Cartagena y su bahía*, Murcia, 2002.
- LE BLOND: *Elementos de fortificación*, Joaquín Ibarra, Madrid, 1776.
- LUCA, D. de: «French military Engineers in Malta during the 17th and 18th Centuries», *Melita Historica*, n.º 8, 1988, 1, pp. 23-33.
- LUCUZE, Pedro de: *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortalezas dispuestos para la instrucción de la juventud militar*, Barcelona, Impr. Thomas Piferrer, 1772.
- MINGUET, Pablo: *Juegos de la fortificación*, Madrid, 1752. Edición facsímil a cargo de F. de la FLOR, Madrid, 1988.
- MONTALEMBERT, marqués Marc-René de: *La fortification perpendiculaire*, París 1777.
- NEGRO, F. y VENTIMIGLIA, C. M.: *Atlante di città e fortezze del regno di Sicilia 1640*, Biblioteca Nacional de Madrid, Mss. 787, y edición facsímil a cargo de N. ARICO, Mesina, 1992.
- PARKER, G.: *The Army of Flanders and the Spanish Road 1567-1659*, Cambridge, 1972.
- ROIG DE LEUCHSENRING: *Los monumentos nacionales de la República de Cuba. Vol. III: Fortalezas coloniales de La Habana*, pp. 200, 205 y 206-274.
- SAMBRICIO, C.: *Territorio y ciudad en la España de la Ilustración*, Madrid, 1991.
- SANTANS Y TAPIA, Juan de: *Tratado de fortificación militar destes tiempos breve e intelegible puesto en uso en estos estados de Flandes*, Bruselas, 1644.
- SILVA SUÁREZ, M. (ed.): *Técnica e ingeniería en España. I. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004.
- SPITERI, S.: *Fortresses of the knights*, Malta, 2001.
- VALDÉS, A. (coord.): *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica*, Madrid, 2004.

ÍNDICE ABREVIADO DEL VOLUMEN II

EL SIGLO DE LAS LUCES. DE LA INGENIERÍA A LA NUEVA NAVEGACIÓN

Presentación: Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión	9
1. La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas. <i>Víctor Navarro Brotons</i>	33
2. Ciencia, técnica y poder. <i>Siro Villas Tinoco</i>	75
3. Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: Una perspectiva europea. <i>Irina Gouzevitch y Hélène Vérin</i>	115
4. Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa. <i>Manuel Silva Suárez</i>	165
5. Consideraciones sobre el léxico “técnico” en el español del siglo XVIII. <i>Pedro Álvarez de Miranda</i>	263
6. La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado. <i>Arturo Ansón Navarro</i>	291
7. Ciencia, técnica e ingeniería en la actividad del cuerpo de ingenieros militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas. <i>Horacio Capel Sáez</i>	333
8. Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces. <i>Juan José Arenas de Pablo</i>	383
9. La política de construcción de canales. Una aproximación. <i>Guillermo Pérez Sarrión</i>	429
10. La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauban. <i>Fernando Cobos Guerra</i>	469
11. Navegación e hidrografía. <i>Manuel Sellés García</i>	521
12. Construcciones, ingeniería y teóricas en la construcción naval. <i>Julián Simón Calero</i>	555