

REVISIÓN DE LA FORMACIÓN Y LA APORTACIÓN MATEMÁTICA DEL INGENIERO MILITAR ANTONIO SANGENÍS (1767-1809)

M^a ÁNGELES VELAMAZÁN GIMENO
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de Zaragoza

Resumen

La vida y actividad de Antonio Sangenís, ingeniero militar y héroe de los Sitios de Zaragoza, ha merecido la investigación de varios autores. Todos ellos han valorado la actividad y heroísmo militar de su corta vida —murió a los 41 años—, pero algunos le atribuyen más (o menos) trabajo matemático del que Sangenís verdaderamente realizó. Este artículo profundiza en su formación y aportación matemática y presenta documentos que permiten una valoración más realista de este aspecto de su biografía.

Abstract

The life and activity of Antonio Sangenís, military engineer and hero of the siege of Zaragoza has attracted the attention of several authors. They all appreciate the activity and military heroism of his short life —he died aged 41—, but some of them overestimate (or underestimate) his mathematical works. This article delves into Sangenís mathematical education and contributions, and presents documents for a more accurate assessment.

Palabras Clave: Matemáticas, Enseñanza militar, España, Siglos XVIII–XIX, Sangenís.

Keywords: Mathematics, Military Education, Spain, 18th-19th Centuries, Sangenís.

Recibido el 7 de mayo de 2015 – Aceptado el 10 de junio de 2015

ORIGEN FAMILIAR Y SOCIAL.

DISTINTAS VERSIONES SOBRE SU FORMACIÓN ACADÉMICA

Antonio Sangenís Torres nació el 12 de julio de 1767 en Albelda (Huesca) y fue el cuarto de los siete hijos del matrimonio de Francisco Sangenís Pocerull, XII barón de Blancafort, con Teresa Torres Castelnou. Cuatro de los siete hermanos fueron



Figura 1: Retrato de Antonio Sangenís (1767-1809)
[Sala-Museo de la Academia de Ingenieros de Hoyo de Manzanares]

militares, dos eclesiásticos y uno murió siendo niño. Como ocurría en otras familias de la baja nobleza, el Ejército o la Iglesia fueron las salidas naturales para los hermanos Sangenís.

En aquella época, la edad de admisión de cadetes en los Reales Ejércitos [RUIZ Y LORENTE, s.d., p. 18] era de dieciséis años para los miembros de la nobleza y de doce para los hijos de los oficiales; adicionalmente, el Monarca tenía el privilegio de nombrar cadetes a los hijos de la nobleza por distinción o gracia especial. Esto es lo que sucedió con los hermanos Sangenís: en 1774, en recompensa por los méritos del barón de Blancafort, Carlos III nombró subtenientes de Infantería a sus tres hijos mayores: Ramón, José y Antonio [SALA VALDÉS, 1908, p. 136]. Así, a la tierna edad de siete años, Antonio Sangenís ya tenía un grado militar. A partir de esta fecha es algo más complicado determinar con exactitud la trayectoria de su formación académica militar.

En su expediente personal, conservado en el Archivo General Militar de Segovia [AGMS, Sección 1^a, Legajo S. 1405], no figura que estudiase en la Academia Militar

de Matemáticas de Barcelona, pero sí se mencionan —aunque sin fechas— los Reales Estudios de San Isidro de Madrid.

Por otra parte, el escritor militar Saleta Cruixent (1844-1915) da la siguiente información:

Según certificado de D. Miguel Sánchez Taramas, Coronel de infantería, Ingeniero en segundo de los ejércitos de S.M. y primer Ayudante de la Real Academia militar de Matemáticas establecida en Barcelona (...) consta que D. José de Sangenis, Subteniente del Regimiento de Infantería de la Princesa, concluyó en 30 de septiembre de 1783 el estudio de Matemáticas en la expresada Real y militar Academia, donde había cursado los estudios, juntamente con sus hermanos D. Ramón y D. Antonio [SALETA, 1908, p. 314].

Aquí la palabra “juntamente” puede dar lugar a confusión, porque transmite una idea de coincidencia en el tiempo (1783) que no se ajusta a los hechos. Según el estudio de Molet [2000, p. 129], Ramón Sangenis Torres murió el 19 de julio de 1780 en la isla americana de la Barbada (Barbados) como prisionero de los ingleses por lo que, obviamente, “juntamente” debe interpretarse en cuanto al estudio en el centro, pero no en los mismos años.

De este modo, siguiendo a Saleta, varias biografías sobre Antonio Sangenis [DELGADO, 1927, p. 2; GEA, 2000] señalan esta fecha de 30 de septiembre de 1783 para la finalización de sus estudios en la Academia de Barcelona —a la edad de dieciséis años—, mientras que otros —posiblemente en razón de su juventud— la sitúan en este mismo centro seis años más tarde; así, Goñi [s.d.] indica que *terminó en julio de 1789 sus estudios en la Real Academia Militar de Matemáticas de Barcelona*, o Sanz [2014, p. 212] coincide con Goñi en este centro y año, pero el mes de conclusión de los estudios lo señala en septiembre.

Otros autores plantean dudas sobre si Antonio Sangenis estudió o no en la Academia de Barcelona. Además de no constar este dato en su expediente personal, Ruiz y Lorente [s.d., p. 21] remiten al trabajo realizado por el coronel del Pozo y Travi, que elaboró un listado manuscrito de 3403 alumnos de la Academia en el que figura su hermano José, pero no Antonio.

Adicionalmente, en virtud de la función docente que cabe atribuir a los dos centros en cuestión, Die Fagoaga [2010, p. 135] indica que *parece más lógico el orden de Reales Estudios seguido de Academia de Matemáticas* y Galland [2005, p. 214] afirma: *alférez a los 17 años, hizo sus estudios en el Colegio Imperial y después pasó por la Academia Militar de Barcelona para perfeccionar su formación.*

En los siguientes apartados se expone información y documentación propia de Antonio Sangenis que permiten dilucidar justificadamente su participación en estos centros de enseñanza, con especial atención a su producción matemática.

LA REAL ACADEMIA MILITAR DE MATEMÁTICAS DE BARCELONA. LOS CUADERNOS DEL ALUMNO ANTONIO SANGENÍS

La Academia de Matemáticas de Barcelona se creó en 1720 y durante todo el siglo XVIII fue el principal centro de formación de los ingenieros españoles hasta que, en 1803, las reformas de la enseñanza militar y la modernización de los estudios determinaron su cierre y el traslado de sus efectos a la Academia de Alcalá de Henares [MOLAS Y SEGOVIA, 2004, p. 32].

Según lo indicado en el apartado anterior, las fechas de posible asistencia de Antonio Sangenís a la Academia se sitúan en la década de los ochenta del siglo XVIII, cuando el centro se regía por la Ordenanza de 1751, que fijaba el plan de estudios en tres años con cuatro clases de nueve meses cada una —las tres primeras *para enseñar en ellas los Tratados y asuntos de la Ciencia*, la cuarta de *Dibujo*—. Además, los estudios debían hacerse por los tratados dispuestos y coordinados por el director, *como doctrina propia*, sin cuyo permiso los profesores no podían cambiar ni omitir nada en sus explicaciones.

Sobre los contenidos matemáticos que integraban lo estudios se especificaba lo siguiente:

- (Art. 60) La *Aritmética*, tanto numérica como literal, con las cuatro operaciones habituales aplicadas a los enteros y quebrados, las reglas de la proporción, ligera idea de las progresiones aritmética y geométrica y el método de extracción de la raíces, fundamentalmente la cuadrada y cúbica
- (Art. 61) La *Geometría especulativa* contenida en los seis primeros Libros, once y doce de Euclides, siguiendo su orden y método o bien juntando lo que fuese análogo. Seguiría a ello un breve tratado de las *Secciones cónicas*: elipse, parábola e hipérbola.
- (Art. 62) La *Geometría práctica* comprendiendo en ella lo perteneciente a la dimensión de líneas, superficies y sólidos, al aumento, disminución y transformación de unas figuras en otras y la explicación y uso de los instrumentos más comunes en la práctica, extendiéndose especialmente sobre el uso de la plancheta, en el modo de levantar los mapas y planos y del nivel para tomar perfiles de los terrenos.
- (Art. 63) Incluida en la Geometría práctica se expondrá la *Trigonometría* incluyendo en ella la construcción y uso de los logaritmos y del canon trigonométrico.

Un poco más adelante (artículo 76) la Ordenanza indicaba:

76. En la clase, y tiempo, que al Director le pareciere oportuno, se les instruirá en el modo de servirse de las reglas de Algebra (sic), aplicándolas a algunas equaciones (sic) simples y quadradas (sic); y asimismo de los elementos del calculo (sic) integral y diferencial, solo lo conducente a que con estos rudimentos puedan despues (sic) los que quisieren adquirir por

sí mismos mayor inteligencia en esta parte, y comprender (sic) los Autores, que se valen de este método para sus demostraciones (sic).

Parece que este artículo no llegó a ser contemplado en los tratados que, siguiendo lo expuesto en la Ordenanza, el Director debía disponer y coordinar con la concisión o extensión que considerase conveniente para ser explicados a los alumnos.

Pedro Lucuce (1692-1779), director de la Academia desde 1739 hasta 1779 (salvo en el periodo 1756-60), redactó el *Curso Matemático* que servía de texto en las Academias militares. Este curso, que no fue nunca publicado, sólo se conoce a través de los cuadernos de algunos alumnos que copiaban al dictado de sus profesores. Comprendía ocho tratados: Aritmética, Geometría elemental, Geometría práctica, Fortificación, Artillería, Cosmografía, Estática y Apéndice de Óptica y, por último, Arquitectura civil [CAPEL, 1988, p. 226]. En estas condiciones, tal como Capel [1988, p. 368 (n. 17)] apuntaba al tratar el *Curso Matemático* de Lucuce y los cuadernos copiados por los alumnos, Antonio Sangenís sí que habría sido estudiante de la Academia: “*Otro Ms. de Antonio Sangenís firmado el 16 de junio de 1782 es muy esquemático e incompleto, ya que empieza con el tratado de ‘Geometría especulativa’ y finaliza con el de ‘secciones cónicas’*”¹.

Además de este cuaderno, en el Catálogo Colectivo de la Red de Bibliotecas de Defensa existen otros manuscritos de Sangenís ubicados en la Biblioteca Central Militar (BCM) de Madrid. En virtud de sus títulos, que comienzan por “*Tratado de...*”, algunos biógrafos del autor los han considerado textos originales de Antonio Sangenís pero, tras su estudio, se comprueba que son cuadernos que copió, al igual que otros alumnos de la Academia, al dictado de sus profesores².

Varias son las cuestiones a indicar sobre estos manuscritos. Dos de ellos, el *Tratado II de la Geometría especulativa* [SANGENÍS, 1782a] (fig. 2) y el *Tratado III de la Geometría práctica* [SANGENÍS, 1783], muestran claramente en su interior que son de Antonio Sangenís, pero el *Tratado V de la Artillería* [SANGENÍS, 1782b] —atribuido en el catálogo de la BCM a Antonio— es, con mucha mayor probabilidad, de su hermano José —como se verá más adelante (fig. 4).

El *Tratado II de la Geometría especulativa* [SANGENÍS, 1782a] mide 15 cm de ancho por 21 cm de largo y 2 cm de grosor, tiene 226 páginas y siete láminas finales desplegables con las figuras correspondientes. Sin índice de su contenido, consta de seis capítulos —denominados libros 1, 2, 3, 6, 11 y 12— más un Apéndice sobre las Secciones Cónicas. Las primeras hojas tienen algunos dibujos o palabras y, al inicio del cuaderno, en una página no muy cuidada, se indica su nombre, apellidos, la localidad de nacimiento (Albelda) y la fecha de 16 de junio de 1782 (fig. 2).

El *Tratado III de la Geometría práctica* [SANGENÍS, 1783], de la misma anchura y largura que el cuaderno anterior, es algo más grueso (2,5 cm), con 294 páginas y 13 láminas desplegables. Tiene índice y su contenido se reparte en ocho libros o capítulos que finalizan —cada uno de ellos— con sus correspondientes láminas desplega-

bles. El inicio del cuaderno es una hoja con su nombre, apellidos, lugar de nacimiento y la fecha de 3 de marzo de 1783.

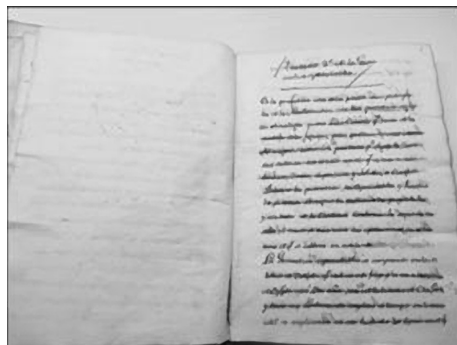
Lo primero que se indica en el *Tratado II de la Geometría especulativa* [SANGENÍS, 1782a] es la definición de geometría, su división en especulativa y práctica y su contenido, a saber, los seis primeros libros y el 11 y 12 de *Los Elementos* de Euclides (fig. 3):

La Geometría especulativa (sic) se comprende en los 15 libros de Euclides que ordenó este filósofo en alexadria (sic) de Egipto casi 300 años antes de la benida (sic) de Chrísto (sic), y como sea conveniente (sic) emplear el tiempo en lo mas util (sic) se explicaran (sic) en este tratado los 6 primeros que pertenecen al conocimiento de las superficies, y el 11 y 12 que pertenecen a los solidos (sic).

No todo lo que aquí afirma Sangenis —que seguramente copió al dictado— es correcto. Analizando el cuaderno, se observa que este Tratado II no contiene los 6 primeros libros de Euclides —faltan el 4 y el 5—, sí contiene los libros 11 y 12 y, además, finaliza con un Apéndice sobre las Secciones Cónicas.

Sobre la distribución de los libros de Euclides en los distintos tratados que se enseñaban en las Academias militares más claros son los cuadernos del alumno Antonio Remón Zarco Torralbo Orbaneja (1738-1827)³, copiados durante los años 1759-1761⁴ [REMÓN ZARCO TORRALBO ORBANEJA, 1759-61], que en la página 19 de su *Tratado II de Geometría elemental* indicaba que en él se explicarían los Libros 1, 2, 3, 6, 11 y 12; el libro 4 se daría en el *Tratado III de la Geometría práctica*; el 5 se había dado en la *Aritmética*; y los demás se omitían por su poca utilidad.

Considerando los *Elementos* de Euclides⁵, el *Tratado II de Geometría elemental* y el *Tratado III de Geometría práctica* del alumno Remón Zarco [REMÓN ZARCO TORRALBO ORBANEJA, 1759-61], el *Tratado II de Geometría especulativa* [SANGENÍS, 1782a] y el *Tratado III de Geometría práctica* [SANGENÍS, 1783] de Antonio Sangenis se puede establecer el siguiente cuadro (tabla 1) para comprobar el paralelismo entre unos y otros.



Figuras 2 (izda.) y 3 (dcha.): Primeras páginas del *Tratado II de Geometría especulativa* [SANGENÍS, 1782a]

	<i>Los Elementos de Euclides</i>	<i>Tratado II y III de Geometría de Remón Zarco (1759-60)</i>	<i>Tratado II y III de Geometría de Sangenis (1782-83)</i>
Geometría plana	Libro I. Los fundamentos de la Geometría. Teoría de los triángulos, paralelas, áreas, Tª de Pitágoras y su recíproco	Libro I (Tratado II). De los Elementos de Euclides	Libro 1 (Tratado II). De los Elementos de Euclides
	Libro II. Transformaciones de áreas y álgebra geométrica griega de la Escuela Pitagórica	Libro II (Tratado II). De los rectángulos y cuadrados que se forman sobre una línea recta dividida en partes	Libro 2 (Tratado II). De los rectángulos y cuadrados que se forman sobre una línea recta dividida en partes
	Libro III. Teoría de la circunferencia. Las cuerdas, las tangentes y la medición de ángulos	Libro III (Tratado II). De las propiedades del círculo y de las líneas rectas que le tocan y cortan y de las que están dentro de él	Libro 3 (Tratado II). De las propiedades del círculo y de las líneas rectas que le tocan, cortan y caen dentro de él
	Libro IV. Figuras inscritas y circunscritas. Construcciones pitagóricas, con regla y compás de los polígonos regulares de 3, 4, 5, 6 y 15 lados	Libro 3 (Tratado III). Inscripción y circunscrición de figuras rectilíneas en el círculo. Construcciones pitagóricas y construcciones de algunos polígonos regulares (7, 9 y 11 lados) sin el rigor geométrico de regla y compás.	Libro 3 (Tratado III). La inscripción y circunscrición de figuras rectilíneas en el círculo. Construcciones pitagóricas y construcciones de algunos polígonos regulares (7, 9 y 11 lados) sin el rigor geométrico de regla y compás.
	Libro V. Teoría de la proporción en magnitudes conmensurables e incommensurables		
	Libro VI. Figuras geométricas semejantes y proporcionales. División áurea	Libro VI (Tratado II). De la razón y proporción de las figuras planas. Es el libro de oro	Libro 6 (Tratado II). De la razón y proporción de las líneas y figuras planas. Dividir una recta en media y extrema razón
✕	Libros VII, VIII y IX. Teoría de los números	Se omiten por poca utilidad	Se omiten por poca utilidad
✕	Libro X. De los incommensurables	Se omite por poca utilidad	Se omite por poca utilidad
Geometría del espacio	Libro XI. Geometría de los sólidos	Libro XI (Tratado II). Las dos especies de sólidos: prisma y paralelepípedo	Libro 11 (Tratado II). Los dos especies de sólidos: prisma y paralelepípedo
	Libro XII. Obtención del área del círculo y los volúmenes de los sólidos más corrientes	Libro XII (Tratado II). De las cuatro especies de sólidos: pirámide, cono, cilindro y esfera	Libro 12 (Tratado II). De las cuatro especies de sólidos: pirámide, cono, cilindro y esfera
	Libro XIII. Construcción de los sólidos regulares: tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro.		
		Apéndice Secciones Cónicas	Apéndice Secciones Cónicas

Tabla1: Los *Elementos* de Euclides en la Real Academia Militar de Matemáticas de Barcelona

En Euclides cada libro de los *Elementos* puede contener: definiciones, nociones comunes, postulados, proposiciones, porismas o corolarios y lemas. En los cuadernos de Zarco y de Sangenis se utiliza la misma organización añadiendo, además, otra distinción: los *escolios*, es decir, una reflexión, anotación o ampliación de lo expresado anteriormente. En estos manuscritos las proposiciones pueden ser de dos tipos: *teoremas* (proposición especulativa) o *problemas* (proposición práctica). Los teoremas suelen constar de *enunciado*, *explicación* —concreción de lo anterior en dibujos o nombres de los puntos, líneas o figuras— y *demostración* —ocasionalmente, en las demostraciones más difíciles, precedida de una *preparación*—. Los problemas constan de los mismos apartados que los teoremas, pero entre la explicación y la demostración hay lo que se denomina *operación* o *resolución* —que suele ser un complemento de la explicación, añadiendo todos los nombres o elementos necesarios para la demostración—. Los corolarios y lemas tienen el papel habitual utilizado en matemáticas.

Centrándonos en el estudio de los dos tratados de Sangenis, se observa (tabla 2) que no suele coincidir con Euclides en la extensión de los apartados, ya que introduce o quita, según el caso, algunas definiciones, nociones comunes, postulados, proposiciones....

<i>Euclides (E)</i> <i>Sangenís (S)</i>	<i>Defini-</i> <i>ciones</i>	<i>Postula-</i> <i>dos</i>	<i>Nociones</i> <i>comunes</i>	<i>Proposi-</i> <i>ciones</i>	<i>Corola-</i> <i>rios</i>	<i>Lemas</i>	<i>Escolios</i>
Libro I (E)	23	5	5	48	0	0	0
Libro 1 (S,1782a)	36	3	13	43	20	2	6
Libro II (E)	2			14	0		
Libro 2 (S,1782a)	3			13	3		
Libro III (E)	11			37	1		0
Libro 3 (S,1782a)	11			19	4		5
Libro IV (E)	7			16	0	0	0
Libro 3 (S,1783)	2			16	2	1	2
Libro VI (E)	3			33	3	0	
Libro 6 (S,1782a)	5			27	17	1	
Libro XI (E)	28			39	1	1	0
Libro 11 (S,1782a)	15			30	6	1	8
Libro XII (E)	0			18	2	2	0
Libro 12 (S,1782a)	6			12	2	1	5

Tabla 2: Organización y metodología de los *Elementos* de Euclides y los libros correspondientes de los *Tratados II y III* de Sangenis [1782a; 1783]

En la tabla 2, considerando el libro 1 del *Tratado II de Geometría especulativa* [SANGENÍS, 1782a], mientras que Euclides tiene 23 definiciones, 5 postulados, 5 nociones comunes y 48 proposiciones, Sangenis presenta 36 definiciones, 3 postulados,

13 nociones comunes, 43 proposiciones, 20 corolarios, 2 lemas y 6 escolios. Respecto a los cinco postulados de Euclides, los tres primeros son los únicos postulados de Sangenis, el cuarto pasa a ser la noción común 11 de Sangenis y el postulado quinto —el de las paralelas— no aparece.

En los *Elementos* las definiciones son frases breves y precisas con las que se presentan los conceptos matemáticos, en Sangenis pueden ser largas, incluir explicaciones y utilizar el movimiento desde las primeras definiciones de su tratado. Esto se observa con facilidad (tabla 3) en las definiciones de línea y superficie de los autores citados:

<i>Libro I de Euclides</i>	<i>Libro 1 del Tratado II de Geometría especulativa de Sangenis</i>
Def 2. Línea es la longitud sin anchura	Def. 2^a. Línea: es una longitud, sin latitud, ni profundidad. Se produce del movimiento del punto de un lugar a otro: como si el punto A se moviese hacia B, engendraría con su movimiento la línea AB.
Def 5. Superficie es lo que sólo tiene largo y ancho	Def. 5^a. Superficie es la que consta de 2 dimensiones longitud y latitud, como AC. Se produce del movimiento de una de sus líneas sobre la otra. Conservando siempre la misma aptitud o disposición: esto es si la línea AD conservándose del modo dicho, se moviese sobre DC, al fin de esta línea habrá engendrado la superficie ADEC

Tabla 3: Comparación de las definiciones 2 y 5 del Libro I de Euclides con las del Libro 1 (Tratado II) de Sangenis [1782a]

Otra novedad en los cuadernos de Sangenis está en el Libro 2 del *Tratado II* [SANGENIS, 1782a], ya que con el fin de lograr *una mayor claridad*, las demostraciones de las proposiciones se hacen utilizando líneas, cálculo literal y cálculo numérico, es decir, los segmentos AB se denotan con letras (por ejemplo, $AB = a$) y después se repite la demostración empleando un valor numérico concreto (por ejemplo, $AB = 6$). Este último tratamiento supone el uso de ejemplos ilustrativos que no aparecen en los *Elementos*.

Los libros XI, XII y XIII de los *Elementos* forman la trilogía dedicada a la geometría del espacio. En los tratados de Sangenis el Libro XIII (Construcción de los sólidos regulares: tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro) no aparece, aunque las definiciones de estos cuerpos geométricos sí que se indican en el Libro XI, que es donde las introduce Euclides.

Una cuestión diferente entre los Tratados II y III de Sangenis [SANGENIS, 1782a; 1783] son las proposiciones. En todos los libros del Tratado II la cantidad de proposiciones es siempre menor que la propuesta por Euclides (tabla 2), pero el orden y el número que éste les dio se conservan, de manera que se puede recurrir a ellas si es preciso. Es decir, cuando se omite alguna proposición de Euclides se salta el número correspondiente, de modo que el Libro 1 de Sangenis acaba en la proposición 48, aunque sólo contiene 43 proposiciones. En cambio, en el Libro 3 del Tratado III

[SANGENÍS, 1783], sobre la *Inscripción y circunscripción de las figuras rectilíneas en un círculo*, aunque el número de proposiciones es el mismo que el correspondiente Libro IV de Euclides, no siguen ni su orden ni la numeración. Así, mientras que éste indica las construcciones pitagóricas, con regla y compás, de los polígonos regulares de 3, 4, 5, 6 y 15 lados, en Sangenis se realizan los polígonos regulares de 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 y 24 lados y, además, la construcción de los polígonos regulares de 7, 9, y 11 lados sin el rigor geométrico de la regla y el compás ya que, como hoy sabemos, no es posible realizarlos con estos dos únicos elementos. Sobre el modo de hacer estos polígonos se indica en el Escolio de la Proposición 9 [SANGENÍS, 1783, p. 99]: *Aunque esta práctica carece de rigor geométrico está bien admitida respecto de no haberse hallado hasta haora (sic) el modo de dibidir (sic) la circunferencia en 7, 9, 11 partes iguales.*

Por otra parte, comparando los *Tratados II y III de Geometría* de Zarco⁶ con los correspondientes de Sangenis, independientemente de que la presentación del primero es mucho más cuidada y detallista, los contenidos son muy similares. En la tabla 1 ya se observa que los títulos de los libros del *Tratado II de Geometría elemental* de dichos autores son prácticamente iguales. Lo mismo puede decirse del *Tratado III de Geometría práctica*, que tanto en Zarco como en Sangenis consta de 8 libros, cuyos títulos son:

- Libro 1: Fabricación y uso del canon trigonométrico y logarítmico con la resolución de los triángulos rectilíneos.
- Libro 2: La construcción de las figuras planas.
- Libro 3: La inscripción y circunscripción de las figuras rectilíneas al círculo.
- Libro 4: Su proporción, aumento, disminución y transformación.
- Libro 5: El uso de los instrumentos más comunes en la longimetría y altimetría.
- Libro 6: La planimetría o dimensión de las superficies.
- Libro 7: La estereometría o cálculo de los sólidos.
- Libro 8: El nivelamiento.

Pese a que entre la redacción de los cuadernos de Zarco y Sangenis median 23 años, se observa como el porcentaje de contenidos de cada libro en los tratados correspondientes es bastante similar (tablas 4 y 5).

Existe también otro cuaderno, *Tratado V de la Artillería* [SANGENÍS, 1782b], que el catálogo de la BCM atribuye a Antonio Sangenis. Este cuaderno tiene 21,4 cm de altura, 16 cm de anchura y 2 cm de grosor; en su última hoja se indica Barcelona, el apellido Sangenis (sin nombre propio) y la fecha de su finalización: 4 de febrero de 1782 (fig. 4).

<i>TRATADO II</i> GEOMETRÍA ELEMENTAL Zarco (Z), 1759-60, 331 pp. Sangenís (S), 1782a, 226 pp.	% respecto al total de páginas*	<i>TRATADO III</i> GEOMETRÍA PRÁCTICA Zarco (Z), 1760, 296 pp. Sangenís (S), 1783, 294 pp.	% respecto al total de páginas*
Libro 1 (Z)	22,60	Libro 1 (Z)	18,50
Libro 1 (S)	26,55	Libro 1 (S)	21,77
Libro 2 (Z)	10,50	Libro 2 (Z)	5,70
Libro 2 (S)	10,62	Libro 2 (S)	7,48
Libro 3 (Z)	11,10	Libro 3 (Z)	5,10
Libro 3 (S)	11,50	Libro 3 (S)	7,48
Libro 6 (Z)	14,10	Libro 4 (Z)	5,10
Libro 6 (S)	14,16	Libro 4 (S)	9,52
Libro 11 (Z)	14,10	Libro 5 (Z)	22,90
Libro 11 (S)	14,60	Libro 5 (S)	19,73
Libro 12 (Z)	6,90	Libro 6 (Z)	10,80
Libro 12 (S)	5,31	Libro 6 (S)	13,60
Apéndice secciones cónicas (Z)	16,30	Libro 7 (Z)	14,80
Apéndice secciones cónicas (S)	13,27	Libro 7 (S)	9,86
		Libro 8 (Z)	8,40
		Libro 8 (S)	10,54

Tablas 4 (izda.) y 5 (dcha.): Porcentaje de contenido de cada libro en los correspondientes Tratados de Zarco y Sangenís

* La suma de porcentajes no es 100 debido a la presencia de páginas introductorias y en blanco.

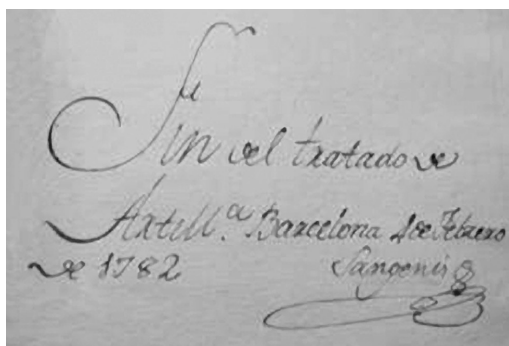


Figura 4: Última página del *Tratado V de Artillería* [SANGENÍS, 1782b] cuyo autor fue, muy probablemente, José Sangenís

Por el tipo de letra y porque su fecha de finalización es anterior al inicio de los Tratados II [SANGENÍS, 1782a] y III [SANGENÍS, 1783] —que lógicamente se habrían tenido que explicar antes que el Tratado V— no parece posible que la autoría corres-

ponda a Antonio, sino más bien a su hermano José que, como se ha indicado, estudió en la Academia de Matemáticas de Barcelona. Además, es coherente que habiendo estudiado el Tratado V en 1782 pudiera culminar sus formación en la Academia en septiembre de 1783, tal y como afirma Saleta [1908, p. 314].

No obstante, también Delgado [1927, p. 67] escribe en la biografía de Sangenis: *Libro XIV. Tratado autógrafo sobre Artillería, Fortificación y Problemas prácticos firmado en Barcelona a 4 de febrero de 1782*. Otros trabajos [ARENCIBIA, 2001, p. 244] lo citan igualmente como tratado propio de Antonio Sangenis.

Así pues, descartando el *Tratado V de Artillería* [SANGENÍS, 1782b], que también es un cuaderno copiado al dictado, quedan los *Tratados II* [SANGENÍS, 1782a] y III [SANGENÍS, 1783], efectivamente firmados por Antonio Sangenis, que fueron realizados cuando tenía 15 y 16 años respectivamente. La atribución de originalidad en la redacción que algunos autores mencionan queda invalidada por el análisis de sus contenidos, que demuestra que se trata de cuadernos copiados al dictado del *Curso de Matemáticas* manuscrito elaborado por Lucuce. Por otra parte, la existencia de estos cuadernos, copiados 23 años después de los de Zarco con contenidos básicamente idénticos, no hace sino confirmar el anquilosamiento de las enseñanzas de las Academias militares a cargo del Cuerpo de Ingenieros en el último cuarto del siglo XVIII ya manifestada por otros autores [CAPEL, 1988, pp. 242-251].

LOS REALES ESTUDIOS DE SAN ISIDRO DE MADRID. LOS EXÁMENES PÚBLICOS DEL PRIMER Y SEGUNDO CURSO DE MATEMÁTICAS DEL ALUMNO ANTONIO SANGENÍS

Entre 1783 y 1787 se desconoce la actividad de Antonio Sangenis, hasta su reaparición como alumno durante los cursos 1787-88 y 1788-89 en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid.

Tres años después de la expulsión de los jesuitas de España en 1767, en las instalaciones del que fuera Colegio Imperial de Madrid, Carlos III estableció los Reales Estudios de San Isidro. Se crearon, entre otras, dos cátedras de Matemáticas que debían cubrirse por oposición. Según Díe Fagoaga [2010, p. 59] el *Curso de Matemáticas* comprendía aritmética, álgebra, geometría, trigonometría, análisis, curvas, cálculo diferencial e integral, estática y dinámica, todo ello en dos años académicos. Los dos catedráticos de matemáticas debían repartirse la materia y alternarse en las enseñanzas para impartir cada año los contenidos no abordados en el anterior, lo que implica que cada estudiante que completara su ciclo formativo en matemáticas en dos años consecutivos lo hacía con el mismo profesor —salvo que éste causara baja—. Al finalizar cada curso debían celebrarse unos certámenes o ejercicios públicos en los que los mejores alumnos respondían a un cuestionario previamente elaborado por el catedrático o profesor sustituto encargado de la enseñanza, conforme al temario desarrollado a lo largo del curso.

Es la presentación de Antonio Sangenis, junto con otros cuatro compañeros, al ejercicio público de matemáticas a las nueve de la mañana del día 5 de julio de 1788 lo que permite localizarlo como alumno de los Reales Estudios de San Isidro en el *Diario de Madrid*⁷. La misma fuente relata que, a las 5 de la tarde —4:30 según el ejercicio impreso del alumno Ramón Escolá [ESCOLÁ, 1788]—, otros cinco alumnos del primer curso de matemáticas realizarían también su ejercicio público de matemáticas, todos ellos asistidos, como en la convocatoria matutina, por su profesor Francisco Verdejo. El ejercicio impreso de Escolá [1788] muestra que estas *conclusiones* constaron de 111 cuestiones de aritmética, álgebra, geometría —teórica y práctica— y trigonometría rectilínea estudiadas, según consta en el prólogo, *en el corto espacio de nueve meses* [ESCOLÁ, 1788, p. 1].

El profesor de matemáticas era Francisco Verdejo, sustituto del catedrático de matemáticas de San Isidro y catedrático de matemáticas de la Real Casa de los Desamparados. Precisamente para los 16 alumnos que iniciaban las clases en la Real Casa de los Desamparados, Verdejo, como catedrático de la asignatura, había encargado comprar *16 tomos primeros del Curso de Mathematicas escritos por Benito Bails* [DÍE FAGOAGA, 2010, p. 116], a imagen y semejanza de los Reales Estudios, donde los *Principios* de Bails [1776] —obra concebida para una docencia de carácter eminentemente práctico— habían sido adoptados como texto frente al de Wolff a partir de 1779 —si bien consta que el cálculo infinitesimal se enseñaba sobre la base del tercer tomo (1779) de sus *Elementos* [BAILS, 1779-87] [AUSEJO y MEDRANO, 2015, pp. 174-175]—. Los *Principios* de Bails se convirtieron, sobre todo a partir de la segunda edición (1788-90) —cuyo segundo tomo (1789) comprendía álgebra, geometría analítica y cálculo infinitesimal—, en un texto manejable y completo de matemáticas puras y *mixtas* —esto es, aplicadas—. Más aún, estas dos obras de Bails fueron las primeras publicaciones en castellano de amplia difusión que trataron el cálculo infinitesimal de manera extensa [AUSEJO y MEDRANO, 2010, p. 46; 2015, pp. 161, 166].

Pues bien, en este contexto empezó Sangenis, en octubre de 1788, su segundo curso en los Reales Estudios, con Verdejo como profesor de matemáticas en virtud de la práctica de alternancia docente anteriormente referida. En julio de 1789 —dejando un espacio en blanco en la portada para precisar el día— Sangenis publicó su *Ejercicio público de Matemáticas* [SANGENIS, 1789], que consta de 12 proposiciones de cálculo infinitesimal (tabla 6), 37 de dinámica, 11 de estática, 24 de óptica, 24 de astronomía y 12 de fortificación.

Su nombre, junto con los de otros compañeros de segundo curso de matemáticas que realizaron sus ejercicios públicos en julio, aparece publicado en la *Gaceta de Madrid* del viernes 14 de agosto de 1789 [nº 65, pp. 555-556] (fig.5), que dedica casi una página a los certámenes celebrados en los Reales Estudios.

PROPOSICIONES DE CÁLCULO INFINITESIMAL	
I	El cálculo infinitesimal no necesita la existencia de los elementos de las cantidades, supone estos menores que cualquier cantidad finita por pequeña que sea, la expresión de ellos siempre es relativa a la cantidad de quien los considera, y así dados estos, le es muy fácil hallar las cantidades de donde provienen.
II	Diferenciar cualquier cantidad meramente algebraica, sea monomía o polinomia, ya esté elevada a alguna potencia o debajo de un radical.
III	Explicar qué son las diferencias segundas y el modo de hallarlas.
IV	Hallar las diferencias logarítmicas y exponenciales.
V	Determinar la diferencial de un arco de círculo con relación a sus líneas trigonométricas.
VI	Expresar varias fórmulas que determinen las subtangentes, normales, subnormales, radios de curvatura y puntos de inflexión de las líneas curvas.
VII	El método llamado de máximos y mínimos es una parte del análisis infinitesimal, cuyo objeto es determinar la mayor o menor entre muchas cantidades que crecen o menguan en virtud de cierta ley, o generalmente, cual es la que tiene entre sus semejantes alguna propiedad determinada en mayor grado que otra alguna.
VIII	Integrar las cantidades que provienen de una diferenciación exacta.
IX	Hay cantidades que aunque no provengan de una diferenciación exacta, se pueden integrar por arcos de círculo y logaritmos.
X	Integrar las diferenciales logarítmicas y exponenciales.
XI	La regla para completar las integrales que da el cálculo, se deduce de la naturaleza del problema que se resuelve.
XII	Hallar unas fórmulas generales que determinen la longitud de las líneas curvas, el área de las superficies curvilíneas, la solidez de los cuerpos, de revolución y sus superficies.

Tabla 6: Proposiciones de cálculo infinitesimal del Ejercicio público de Antonio Sangenis [1789]

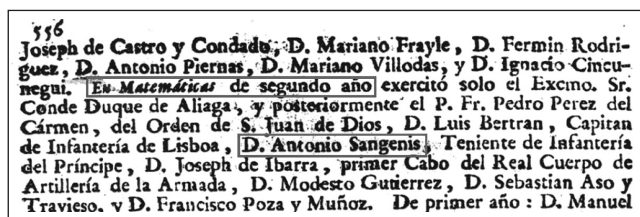


Figura 5: Sangenis junto a compañeros de 2º curso de matemáticas que realizaron sus ejercicios públicos en los Reales Estudios [Gaceta de Madrid, 65, 1789, p. 556]

Sus resultados académicos en los Reales Estudios le sirvieron para ingresar en el cuerpo de Ingenieros, con el empleo de Ayudante de Ingeniero, el 12 de noviembre de 1790. En una instancia dirigida al rey Carlos IV, los Ingenieros Generales⁸ Juan Caballero y Francisco Sabatini se expresaban del siguiente modo:

Este sujeto se halla bien instruido en las partes de Matematica (sic) y Dibujo concernientes al servicio del Cuerpo de Ingenieros, segun (sic) resulta del Examen que ha practicado en esta Plaza, por lo qual (sic) le consideramos acreedor al referido empleo. S. M. resolverá lo que fuere de su R^l agrado. Madrid 25 de octubre de 1790 [AGMS, Sección 1^a, Legajo S. 1405].

Así pues, Sangenis entró a formar parte del cuerpo de Ingenieros con una formación matemática superior a la de otros estudiantes que accedían al cuerpo tras el paso por la Academias militares para su formación como ingenieros, ya que no fue en el centro de Barcelona, sino en los Reales Estudios de San Isidro, donde estudió cálculo diferencial e integral.

Tras su nombramiento como ingeniero fue destinado a Castilla La Vieja en calidad de profesor en la Academia de Zamora.

LA ACADEMIA MILITAR DE ZAMORA. EL PROFESOR ANTONIO SANGENÍS

Aunque en el siglo XVIII la Academia Militar de Matemáticas de Barcelona fue el gran centro de formación de los ingenieros, se crearon otras academias para ofrecer más posibilidades de ingreso. Éste fue el caso de las ciudades de Orán y Ceuta, donde se fundaron, en 1732 y 1739, Academias de Matemáticas a cargo de ingenieros militares según el modelo de la Academia de Barcelona. Los mismos estudios —aunque en cuatro años las de Orán y Ceuta— y la misma ordenanza de 1751 regía el funcionamiento de los tres centros; la enseñanza también debía de seguir la misma metodología que en Barcelona, para lo que el Ingeniero General quedaba encargado de remitir a las otras dos los cuadernos que en ella se usaban [CAPEL, 1988, pp. 168-171].

Por real orden de 22 de septiembre de 1789 se suprimieron las Academias de Orán y Ceuta que, por decretos de 6 de octubre del mismo año y de 15 de febrero del año siguiente fueron trasladadas a Cádiz y Zamora. De nuevo la ordenanza de 1751 debía dirigir su actividad, aunque se suprimieron los artículos referentes a los certámenes públicos y a los premios. La novedad que marcan estos centros respecto de los anteriores es que, con ellos, Barcelona pierde su primacía, ya que a partir de entonces el alumnado se asigna en virtud del área de influencia regional de cada centro docente. Así, los estudiantes de Barcelona debían proceder de Cataluña, Aragón, Valencia, Orán y Baleares; los de Cádiz serían de Andalucía, Extremadura, Murcia y Ceuta y los de Zamora procederían de ambas Castillas, Galicia, Navarra y Vizcaya [CAPEL, 1988, pp. 198-200].

De esta nueva Academia de Zamora, a la que fue destinado como profesor Sangenis, fue nombrado director Fausto Caballero (1790-1802).

En la BCM está catalogado un cuaderno titulado *Papeles varios*, compuesto por diferentes manuscritos de distintas manos, pero que Saleta [1908, pp 317-318] atribuye a Antonio Sangenis. Encuadernado con ellos, sin fecha ni firma, se encuentra: *Instrucción y prevenciones que S.M. ha mandado se observen en las Reales Acade-*

mias para conseguir la mayor aplicación, aprovechamiento y orden que sea posible. Ejercicios de la Academia en los asuntos de su enseñanza. Instrucciones que deberán observar puntualmente los presidentes de las conferencias. Plan de estudios [SANGENÍS, s.d.a]. Puesto que en su primer párrafo ya nombra la Academia de Zamora, se trata de un documento de la última década del siglo XVIII o principios del siglo XIX y, tras su lectura, se observa que las Ordenanzas de 1739 y 1751 de la Academia de Barcelona vuelven a aparecer en sus planteamientos. Han transcurrido más de 40 años y se sigue básicamente igual: pasar lista a los alumnos diariamente, puntualidad, respeto, compostura y silencio en las clases y, como método de enseñanza, el dictado. Concretamente, se indica:

Llebarán (sic) siempre á la Academia el tratado que se esté estudiando, y en el caso de dictarse este en la clase, irán prebenidos (sic) de sus quadernos (sic) para escribir, y desde que se empiece la Geometría en adelante, de compas (sic), regla y lapiz (sic) para tomar en borrador las figuras de la lección, cuidando los Maestros que los quadernos (sic) estén con toda curiosidad y aseo, y que tengan, ya sea á continuación del mismo escrito ó insertas en ellas las figuras de su explicacion (sic) [SANGENÍS, s.d.a, pp. 10-11].

El curso se dividía en cuatro clases de nueve meses cada una, dándose en las tres primeras las materias y tratados de las ciencias y en la cuarta el dibujo. De esta forma su duración era de tres años. La distribución de los tratados en las respectivas clases era análoga a los tiempos de Lucuce (fig.6).

1. ^a Clase	{	Aritmetica
		Geometria Especulativa
		Geometria Practica.
2. ^a Clase	{	Fortificacion, Ataque y Def. ^a de Plazas
		Artilleria
		Los 2 primeros libros de Cosmografia
3. ^a Clase	{	Los 2 ultimos libros de Cosmografia
		La Estatica
		La Arquitectura Civil
4. ^a Clase	{	El Dibujo Militar, Civil, y de Campaña

Figura 6: Plan de Estudios de la Academia de Zamora [SANGENÍS, s.d.a, p. 15].

En el mismo manuscrito, unas páginas más adelante y de forma muy escueta, el autor alude al estudio del cálculo diferencial:

Se repararán y continuarán los calculos (sic) sublimes hasta entender perfectamente la quadratura (sic) de las curvas (sic), la construccion (sic) geometrica (sic) de todas las ecuaciones y su resolucion (sic) por el mismo camino: ademas (sic) se profundará (sic) en estas materias quanto (sic) sea preciso para la completa inteligencia de los tratados donde se apliquen estos calculos (sic) à este fin se estudiará (sic) las obras de Newton, Euler, Dⁿ Jorge Juan y Probius y demás que contribuyan a este objeto [SANGENÍS, s.d.a, p. 51].

No resulta fácil entender en qué clase de las indicadas en el plan de estudios se darían estos *cálculos sublimes*. En la primera se impartía aritmética, geometría especulativa y geometría práctica, no parece que aquí tengan cabida y en las siguientes clases las asignaturas son más específicas de ingeniería, artillería o arquitectura. Por otra parte, si el autor de este manuscrito es Sangenis —que había recibido una formación matemática superior en los Reales Estudios de San Isidro— es un poco llamativo que no plantee ningún cambio en el tradicional plan de estudios de las Academias militares y que además, en la breve relación de obras de cálculo diferencial e integral que se indican, ni siguiera cite los textos de Bails, que conoció en sus años de estudiante en el centro madrileño.

En cuanto a la orientación en la formación matemática, es claro que ésta se concibe como herramienta de apoyo a otras materias puesto que, dos páginas más adelante [SANGENÍS, s.d.a, p. 53], en otra breve mención al cálculo diferencial, se califica su estudio de *estéril* si no tiene aplicación en otras enseñanzas como, por ejemplo, la artillería.

En cambio, donde el autor no se expresa brevemente, sino con detenimiento y minuciosidad, es en la descripción del método de ayuda de los alumnos más destacados a sus compañeros —que también estaba ya regulado en la ordenanza de 1751—. Bajo el epígrafe *Instrucciones que deberán observar puntualmente los Presidentes de las Conferencias* [SANGENÍS, s.d.a, pp. 27-51] detalla cómo, todas las tardes durante dos horas, los alumnos más brillantes “presidentes” deben organizarse para ayudar a sus compañeros en la comprensión de las distintas materias enseñadas en las clases por los profesores y, en su caso, ampliar algunos conocimientos. En esto consisten las llamadas “conferencias”.

También en la BCM se conserva un manuscrito catalogado como anónimo, sin fecha ni firma, cuyo título es *Reflexiones y observaciones necesarias para la más completa inteligencia del tratado de Aritmética Universal que se enseña en la Real Escuela Militar de Matemáticas de Zamora* [SANGENÍS, s.d.b], que Saleta [1908, p. 316], Delgado [1927, p. 46], Arencibia de Torres [2001, p. 292], Sanz [2014, p. 213] y otros autores atribuyen a Antonio Sangenis.

Se trata de un cuaderno de 21,4 cm de largo, 15,2 cm de ancho y 1,8 cm de grosor, con 153 páginas, que consta de un preámbulo y siete capítulos (tabla 7). El *Preámbulo*, titulado *Reflexiones necesarias para la más completa inteligencia de los principios de la Matemática*, consiste en una serie de observaciones sobre los procedimientos y términos que usan las matemáticas: abstracción, proposición, demostración, hipóte-

sis, método analítico, sintético.... El capítulo primero, *De la numeración*, trata la unidad, decena, centena, millar, decena de millar, centena de millar.... El segundo, *Del algoritmo de los números enteros*, contiene la definición y propiedades de las seis operaciones básicas —suma, resta, multiplicación, división, potenciación y radicación—. Cabe resaltar que al considerar la operación de restar se incide en que puede ocurrir que el sustraendo sea mayor que el minuendo, pero se evita nombrar los números negativos, ya que el asunto se resuelve señalando que *la resta será lo que falte al minuendo para poderse efectuar la subtracción (sic), o lo que quedará por restar* [SANGENÍS, s.d.b, p. 15]. Estas operaciones se explican primero para las cantidades homogéneas —las expresadas en una única unidad— y después para las heterogéneas —las que se refieren a distintas unidades—. Estas últimas son los llamados números *complejos* o *denominados* —por ejemplo, la cantidad que consta de un valor en pesos, reales y maravedíes es un número complejo— y se expone cómo hacer determinadas operaciones básicas con ellos⁹. El tercer capítulo, *De la resolución y composición de los números*, estudia los factores primos de un número, las reglas para la obtención de éstos y el cálculo del mínimo común múltiplo y máximo común divisor de varios números. El cuarto, *De las fracciones en general*, y el quinto, *De las fracciones decimales* —es decir, fracciones que tienen por denominador la unidad seguida de ceros— tienen una estructura similar al capítulo segundo, en el que se definen las fracciones y se estudian las cuatro operaciones básicas —suma, resta, multiplicación y división—; ambos capítulos terminan con el uso de las fracciones aplicadas a los números complejos o denominados. El sexto, *De las fracciones continuas*, explica los pasos que deben efectuarse para pasar una fracción común a otra continua y viceversa. El séptimo, *De la extracción de la raíz cuadrada y cúbica*, empieza tratándolas en general y después explica con detalle el procedimiento para la obtención de la raíz cuadrada.

<i>Reflexiones para el Tratado de Aritmética (153 pp.)</i>		<i>% respecto al total de páginas</i>
Preámbulo	<i>Reflexiones</i>	3,92
Cap. I	<i>De la numeración</i>	4,57
Cap. II	<i>Del algoritmo de los números enteros</i>	20,91
Cap. III	<i>De la resolución y composición de los números</i>	22,87
Cap. IV	<i>De las fracciones en general</i>	17
Cap. V	<i>De las fracciones decimales</i>	14,37
Cap. VI	<i>De las fracciones continuas</i>	7,84
Cap. VII	<i>De la extracción de la raíz cuadrada y cúbica</i>	8,50

Tabla 7: Contenido de Reflexiones para el tratado de Aritmética Universal [SANGENÍS, s.d.b.]

Saber si este manuscrito es de Sangenis no es evidente, el cuaderno no tiene páginas introductorias ni indicio alguno sobre su autor, sino que empieza directamente tratando de matemáticas. En el texto resulta curioso el uso de la abreviatura *Difⁿ* o *Difinⁿ* para la palabra *Definición* (fig. 7) —que Sangenis no había utilizado en sus manuscritos de 1782a y 1783—, pero comparando este manuscrito con otros firmados por Sangenis en la última década del siglo XVIII (fig. 8), se observa que entre ellos la letra presenta mucha similitud, por lo que parece bastante probable que lo realizase él (figs. 7 y 8).

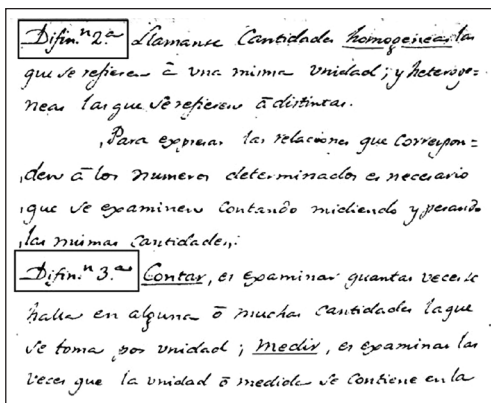


Figura 7: Utilización de *Difinⁿ* como abreviatura de *Definición* [SANGENIS, s.d.b., p. 9]

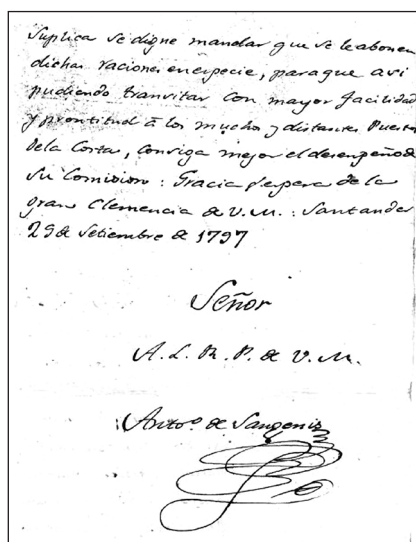


Figura 8: Instancia firmada por Sangenis en Santander el 29 de septiembre de 1797 [AGMS, Sección 1ª, Legajo S. 1405]

Tampoco es fácil determinar cuántos años y de qué modo ejerció Sangenis sus tareas docentes en la Academia de Zamora. Sin embargo, de esta última década del siglo XVIII, sí que se pueden indicar datos de sus trabajos como ingeniero militar. Así, el 1 de noviembre de 1792 marchó a Castro Urdiales para reconocer sus fuerzas y baterías, estando encargado de la reparación de la costa de Asturias. En junio de 1793 se le destinó al Ejército de Cataluña con motivo de la guerra con Francia —la del Rosellón— en la que estuvo encargado de fortificar varios puestos. Cuando la guerra terminó, en 1795, volvió como profesor a la Academia —que también había estado cerrada¹⁰ esos dos años a causa de la guerra—. Durante este tiempo ascendió a Ingeniero Extraordinario (1794) y a Capitán de Infantería (1795).

En 1797 estaba encargado de los reconocimientos y obras de defensa de la costa de Santander y el mismo Sangenis solicita que *se le permita o conceda el destino de*

Santander, mientras huviese (sic) que hacer en aquel parage (sic), por probarle mejor a su salud, y que se le releve enteramente del de la Academia. De acuerdo con esta petición, el 8 de noviembre de 1797 el rey le concedió destino en el servicio del ramo de fortificaciones y su reemplazo en la Academia [AGMS, Sección 1^a, Legajo S. 1405]. Por real orden de 7 de abril de 1800 fue comisionado para reparar las baterías de Vivero, habiendo recorrido el mismo año las del Puerto de Vega, Lastres, Tazones, Candas y otras de Asturias [SALETA, 1908, pp. 314-315]. En la BCM se pueden encontrar varios manuscritos de Sangenis relativos a los trabajos efectuados o planteados en la costa de Asturias y de Santander.

De este modo, en la última década del siglo XVIII e inicio del XIX tuvo que alternar sus tareas docentes con los distintos trabajos de fortificación que le fueron encomendados. Como final de su etapa en la Academia de Zamora en su expediente personal se afirma que en octubre de 1803 pertenecía a dicho centro y que el 14 de enero de 1804 fue nombrado profesor de la Academia de Alcalá de Henares. Para algunos autores fue destinado a la docencia en fortificación o en matemáticas y según otros para impartir ambas asignaturas.

LA ACADEMIA MILITAR DE INGENIEROS DE ALCALÁ DE HENARES. EL PROFESOR ANTONIO SANGENÍS

Con el inicio de siglo XIX la enseñanza militar de los ingenieros parece despertar de su letargo finisecular. En 1803 las Academias de Barcelona y Cádiz se cerraron y se creó un nuevo centro en Alcalá de Henares denominado *Escuela Teórica para la Instrucción de los Subtenientes*. La Academia de Zamora continuó funcionando hasta la Guerra de la Independencia, sirviendo de preparación para la recién creada Academia de Alcalá y de formación para Infantería y Caballería.

En el nuevo centro de Alcalá el ingreso se obtenía mediante examen ante un tribunal formado por oficiales de ingenieros. Superada esta prueba con la calificación de sobresaliente o bueno, los aspirantes eran admitidos como subtenientes de Ingenieros, permaneciendo agregados a las compañías del Regimiento de Zapadores. Aquí se instruían en todos los trabajos peculiares del Cuerpo y, junto a esta parte práctica, la enseñanza teórica la recibían en la recién creada Escuela.

Tras el examen de ingreso se cursaban tres años en el centro de acuerdo con la siguiente organización (tabla 8).

Comparando el plan de estudios de 1803 con los anteriores que el Cuerpo de Ingenieros había tenido, Capel [1988, p. 210] afirma:

De manera general, puede decirse que las Ordenanzas de 1803 aumentan el nivel de los conocimientos exigidos para la formación del ingeniero militar, en comparación con los planes anteriores, y establecen una nueva ordenación en la progresión de los estudios.

<i>Plan de Estudios</i>	
Examen ingreso	Nociones de Álgebra, Cálculo Diferencial e Integral, Dinámica, Hidrodinámica, Fortificación
Primero	Álgebra, Cálculo Diferencial e Integral, Dinámica, Hidrodinámica, Fortificación
Segundo	Artillería, Minas, Ataque y defensa de las plazas, Táctica, Castrametación, Estrategia
Tercero	Óptica, Perspectiva, Trigonometría Esférica, Geografía, Nociones de Astronomía, Topografía, Arquitectura civil

Tabla 8: Plan de Estudios de la Academia de Alcalá de Henares, año 1803
[EHCIE, 1911, Tomo II, p. 26]

La Academia¹¹ tenía organizado su funcionamiento del siguiente modo: tres días a la semana realizaban dos horas de clase sobre las materias citadas en su plan de estudios; un día a la semana y también durante dos horas se dedicaban al dibujo; y los otros tres días restantes realizaban prácticas militares. En la clase de dibujo no sólo hacían dibujo de imitación y proyectos de obras civiles y militares, sino que aprendían geometría descriptiva [EHCIE, 1911, Tomo II, p. 26].

El número de profesores con el que contaba la Academia para impartir sus clases era de cuatro, uno de ellos dedicado especialmente a la enseñanza del dibujo. El apoyo que los libros de texto daban a las enseñanzas debía ser mínimo, puesto que se insistía en la redacción de nuevas obras científicas y militares para la formación de los oficiales. En principio, los libros de matemáticas recomendados fueron el de *Simson*¹² —para las clases de geometría que debían efectuarse en la instrucción preliminar dada en la Academia— y el *Curso Militar de Matemáticas* de Pedro Padilla Arcos [1753-56] ambos publicados a mediados del siglo XVIII. En el año 1807 se realizó una reimpresión de los dos primeros tomos —aritmética y geometría— del Curso de Padilla, pero los ingenieros consideraban que estaban anticuados y no satisfacían ya sus necesidades académicas. Ante la necesidad de nuevos textos para la enseñanza, la Academia reforzó su personal y encargó a Sangenis que redactara un plan de trabajo para la elaboración de tratados de las materias científicas y militares que se cursaban en la Academia. Para ello se crearon dos comisiones, una a cargo de la redacción de textos de matemáticas puras y mixtas —formada por Antonio Sangenis, Francisco Bustamante, Luis Landaburu y José Román— y otra de los tratados militares —formada por Vicente Ferraz, Julián Albo, Mariano del Río y Manuel Rodríguez Pérez—. El plan comprendía la redacción de veinte tomos, de los cuales los cinco primeros debían estudiarse en la Academia de Zamora. Su distribución era la siguiente (tabla 9).

Sangenis presentó su plan de trabajo el 15 de julio de 1807, que fue aprobado por el general Antonio Samper con el requerimiento de que se le enviase mensualmente

Contenido de los Tomos	
I: Aritmética y Geometría	XI: Segunda parte de Fortificación
II: Álgebra y operaciones prácticas	XII: Ataque de plazas
III: Cosmografía	XIII: Defensa de las plazas
IV: Primera parte de Fortificación	XIV: Fortificación de campaña
V: Castrametación	XV: Ataque y defensa de las obras de campaña
VI: Geometría y ecuaciones superiores	XVI: Artillería
VII: Cálculo Diferencial e Integral	XVII: Minas
VIII: Estática y Dinámica	XVIII: Minas
IX: Hidráulica e Hidrodinámica	XIX: Táctica
X: Arquitectura Civil	XX: Geodesia

Tabla 9: Distribución de materias científicas y militares de los veinte tomos [EHCIE, 1911, Tomo II, p. 34].

una relación del trabajo efectuado. Así, en agosto de 1807 consta [EHCIE, 1911, Tomo II, p. 34] que Sangenis estaba escribiendo el *Tratado analítico de las secciones cónicas*, las *Cantidades radicales y otras teorías del Algebra* y los *Empujes de tierras y de arcos*. El 30 de abril de 1808, según el oficio mensual enviado, aún se trabajaba en estos temas. Hasta el momento ninguno de estos escritos citados ha sido posible localizarlos. El título de *Tratado analítico de las secciones cónicas* resulta muy sugerente porque, tal vez, podría ser un interesante avance en la geometría analítica, pero el estallido de la Guerra de la Independencia (1808-1814), en la que Sangenis perdió la vida, no permite ser muy optimista sobre un posible hallazgo.

En cuanto a la Academia de Alcalá, los sucesos de mayo de 1808 motivaron la dispersión de profesores y alumnos. Sangenis fue a Zaragoza, poniéndose a las órdenes del general Palafox, quien le encargó la dirección de las obras de defensa de la ciudad.

José Palafox y Melci, Capitán General de Aragón, en nombre de Fernando VII y en consideración a los encargos cumplidos, nombró a Sangenis coronel¹³ del Cuerpo de Ingenieros. En la jornada del 4 de agosto de 1808 tomó el mando del puesto de mayor peligro que era, en aquel momento, la puerta y batería de Santa Engracia. Su valerosa actuación fue nuevamente premiada por Palafox el 30 de septiembre de dicho año con el escudo de “distinguido defensor de la Patria”.

Entre el primero y el segundo sitio y bajo su dirección, se construyeron más de 3000 metros de foso y parapeto, logrando con su trabajo que los ingenieros galos tuvieran que plantear el asedio a la ciudad como si de una plaza fuerte se tratara, cuando en realidad Zaragoza antes de los trabajos de Sangenis era una ciudad abierta que apenas contaba con una cerca de tres metros de altura, y de tapial, y el palacio de la Aljafería, construcción medieval, para su defensa [CARRILLO DE ALBORNOZ, 2013, p. 984].

En el segundo sitio de Zaragoza, el 12 de enero de 1809, cuando se encontraba en la batería del molino de aceite, Sangenis moría al ser alcanzado por una bala de cañón. Por su heroísmo en la guerra, fue enterrado en la basílica de Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza.

CONCLUSIONES

Tras el análisis efectuado, se puede afirmar que Sangenis, después de cursar estudios en la Academia de Barcelona —al menos durante los años 1782-83— adquirió una formación matemática superior en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid (1787-89).

En cuanto a la producción de obras matemáticas, se observa como su *Tratado II de Geometría Especulativa* [SANGENIS, 1782a] y su *Tratado III de Geometría Práctica* [SANGENIS, 1783] no son originales —contrariamente a lo afirmado por varios de sus biógrafos— sino cuadernos copiados al dictado de sus profesores en la Academia de Barcelona. También el *Tratado V de Artillería* [SANGENIS, 1782b] es un cuaderno de estudiante, probablemente, de su hermano José. El manuscrito —anónimo no datado— titulado *Reflexiones y observaciones necesarias para la más completa inteligencia del tratado de Aritmética Universal que se enseña en la Real Escuela Militar de Matemáticas de Zamora* sí que tiene bastante probabilidad de ser una producción original de Antonio Sangenis y, en ese caso, puede valorarse como su contribución a las matemáticas en el poco tiempo que sus múltiples trabajos de fortificación le permitieron dedicarse a la docencia. Y, desafortunadamente, los escritos que comenzó poco antes de la Guerra de Independencia —*Tratado analítico de las secciones cónicas y Cantidades radicales y otras teorías del Algebra*— que podrían vislumbrar un buen giro hacia las matemáticas que ya se planteaban en el plan de estudios del año 1803 de la Academia de Alcalá no han sido hallados.

No obstante, dado que la época que le tocó vivir fue de poca tranquilidad militar, por el peligro que suponía la Francia revolucionaria, la posibilidad de que Sangenis redactase un manual de aritmética —muy útil para una formación básica en matemáticas— y que trazase un plan de elaboración de textos para la enseñanza de los ingenieros en el inicio del siglo XIX, poniéndose a escribir sobre una matemática superior más encauzada hacia el álgebra y la geometría analítica, no hacen sino añadir mérito a su trabajo como ingeniero —en el ámbito de la fortificación— y a su heroicidad en los Sitios de Zaragoza.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Carlos Ruiz Lapresta y a Jesús Lorente Liarte el acceso a su texto inédito sobre Antonio Sangenis, por ser uno de los estudios que ha inspirado el presente trabajo.

Igualmente agradezco a la Biblioteca Central Militar de Madrid —en particular a la Bibliotecaria, Sofía Oraa Gorgas— y a la Academia de Ingenieros del Ejército de Hoyo de Manzanares —en particular al Subteniente Auxiliar del Museo de la Academia, Fco. Javier Regidor López— su amabilidad y buen hacer en cuanto a la accesibilidad de los materiales de estudio de este trabajo.

NOTAS

1. Se refiere a [SANGENÍS, 1782a].
2. Se trata de material de gran valor histórico, porque proporciona información detallada sobre la formación matemática.
3. Antonio Remón Zarco Torralbo Orbaneja (1738-1827) es el padre del prestigioso Antonio Remón Zarco del Valle Huet (1785-1866), ingeniero general de los Ejércitos, senador, embajador en varios países, ministro de la Guerra y académico de la Historia.
4. Este curso matemático copiado por Antonio Remón Zarco ya ha sido objeto de estudio en varios trabajos de Capel, concretamente fue analizado en [CAPEL, 1988, pp. 228-229]: *Curso matemático para la instrucción de los Militares, impartido en la Academia de Orán y Barcelona y copiado por el ingeniero Antonio Renom (sic) Cerco (sic) del Valle 1759-60, ASM, Ms- ML-R-235 A M-1028 y ss.*
5. Para el trabajo sobre los *Elementos* de Euclides se han considerado EUCLIDES [2007; 2014] y NAVARRO LOIDI [2009].
6. Antonio Remón Zarco Torralbo Orbaneja (1738-1827) firma en la última página de su *Tratado II de Geometría elemental* como Antonio Ramón del Valle: http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/catalogo_imagenes/imagen.cmd?path=51207&posicion=2 [consultado 23-02-2015].
7. *Diario de Madrid, N.º 187 (sábado 5 de julio de 1788)*, 742-743, donde Sangenis aparece citado como “Subteniente del Regimiento de Infantería del Príncipe”. Como ya se ha indicado en el primer apartado del presente artículo, los estudios en San Isidro, aunque sin fechas, son los únicos que figuran en el expediente personal de Sangenis [AGMS, Sección 1ª, Legajo S. 1405].
8. Juan Caballero fue Ingeniero General del Ramo de Academias desde 1779 hasta su muerte en 1791 y Francisco Sabatini fue Ingeniero General del Ramo de Caminos, Puentes, Arquitectura Civil y Canales desde 1774 hasta 1798, desde 1791 también Director de Fortificaciones y de Academias [CAPEL, 1988, p. 258].
9. Para una descripción detallada del cálculo aritmético con los números denominados o complejos, véase AUSEJO [2014, pp. 526-532].
10. Para más información sobre la Academia de Zamora, véase SOTTO [1847, pp. 70-75].
11. Para más información sobre la Academia de Alcalá de Henares, véase VELAMAZÁN [1994, pp. 27-37].
12. Se refiere, con toda probabilidad, a los *Elements of Euclid* de Robert Simson (1687-1768), publicados en 1756.
13. Antes de este grado, el 24 de junio de 1802 había recibido el nombramiento de Capitán primero del Cuerpo de Ingenieros y el 4 de abril de 1805 pasó a ser Sargento Mayor de Brigada de dicho Cuerpo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARENCEBIA DE TORRES, J. (2001) *Diccionario biográfico de literatos, científicos y artistas militares españoles*. Madrid, EyP Libros.
- AUSEJO, E. (2014) “Mathematics Education for Merchants: the Choice of Contents in Juan de Iciar’s Practical Arithmetic (1549)”. En: G. Katsiampoura (Ed.) *Scientific cosmopolitanism*

- and local cultures: religions, ideologies, societies. Proceedings of the 5th International Conference of the ESHS, Athens, 1-3 November 2012.* Athens, National Hellenic Research Foundation / Institute of Historical Research, pp. 526-532.
- AUSEJO, E y MEDRANO, F.J. (2010) “Construyendo la modernidad: Nuevos datos y enfoques sobre la introducción del Cálculo Infinitesimal en España (1717-1787)”. *Llull*, 33(71), 25-56.
- AUSEJO, E. y MEDRANO, F.J. (2015) “Jorge Juan y la consolidación del cálculo infinitesimal en España (1750-1814)”. En: A. Alberola Romá; R. Die Maculé; C. Mas Galvañ (Eds.) *Jorge Juan Santacilia en la España de la Ilustración*. Alacant, Casa de Velázquez / Publicacions de la Universitat d'Alacant, 155-178.
- BAILS, B. (1776) *Principios de Matemáticas*. Madrid, 3 vols., 2ª ed. 1788-90.
- BAILS, B. (1779-87) *Elementos de Matemática*. Madrid, 10 tomos en 11 vols.
- CAPEL, H.; SÁNCHEZ, J. E y MONCADA, O. (1988) *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*. Serie “Libros del Buen Andar”, 23. Barcelona, Serbal/CSI.
- CARRILLO DE ALBORNOZ y GALBEÑO, J. (2013) “Sangenís y Torres, Antonio de”. En: *Diccionario Biográfico Español*. Real Academia de la Historia, Vol. XLV, 983-984.
- DELGADO PIÑAR, M^a P. (1927) *El coronel de Ingenieros Don Antonio de Sangenís y Torres: apuntes biográficos*. Madrid. Texto mecanografiado [BCM, Sig MS-661, Rollo ML-295-A (1926/M963)].
- Diario de Madrid*, n^o 187 (sábado 5 de julio de 1788), 742-743. Disponible en: <http://hemerotecadigital.bne.es/issue.vm?id=0001514930&search=&lang=en> [consultado 10-03-2015].
- DÍE FAGOAGA, G. (2010) *Francisco Verdejo, un mathematico olvidado*. Bubok Publishing S.L.
- EHCIE: *Estudio Histórico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército* (1911). Madrid, Establecimiento Tipográfico Sucesores de Rivadeneyra, Tomo II. Reedición de 2007.
- ESCOLÁ, R. (1788) *Exercicio público de Matemáticas que tendrá en los Reales Estudios de S. Isidro de esta corte D. Ramón Escolá, asistido de su maestro don Francisco Verdejo González, Catedrático de Matemáticas de la Real Casa de Desamparados, y Substituto de la misma Facultad en dichos Reales Estudios. El día 5 de Julio de este presente año de a las 4 ½ de la tarde*. Madrid, 1788, por la Viuda de Ibarra, hijos y compañía.
- Expediente personal de Antonio Sangenís*. Archivo General Militar de Segovia (AGMS), Sección 1ª, Legajo S. 1405.
- EUCLIDES (2007) *Elementos*. Madrid, Gredos, 2 vols. Introducción de Luis Vega; traducción y notas de M^a Luisa Puertas Castaños.
- EUCLIDES (2014) *Los Elementos de Euclides*. Disponible en: http://www.euclides.org/menu/elements_esp/indiceeuclides.htm [consultado 07-03-2015].
- Gaceta de Madrid*, n^o 65 (viernes 14 de agosto de 1789), 555-556. Disponible en: <http://www.boe.es/datos/pdfs/BOE//1789/065/A00556-00556.pdf> [consultado 12-03-2015].
- GALLAND SEGUELA, M. (2005) “Los ingenieros militares españoles en el siglo XVIII”. En: A. Cámara (coord.) *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*. Ministerio de Defensa, Asociación Española de Amigos de los Castillos y Centro de Estudios Europea Hispánica, 205-230.
- GEA: *Gran Enciclopedia Aragonesa* (2000). Disponible en: http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=11404 [consultado 17-02-2015]

- GOÑI, J.P. (s.d.) “Antonio Sangenís y Torres”. En: Asociación Cultural “Los Sitios de Zaragoza”. Disponible en: <http://www.asociacionlossitios.com/sangenis.htm> [consultado 19-02-2015].
- MOLAS RIBALTA, P. y SEGOVIA BARRIENTOS, F. (coms) (2004) *La Academia de Matemáticas de Barcelona: el legado de los ingenieros militares 1720-1803*. Barcelona, Inspección General del Ejército.
- MOLET SANCHO, J. A. (2000) *Economía, demografía y toponimia de Albelda*. Lleida, Ayuntamiento de Albelda y Editorial Milenio.
- NAVARRO LOIDI, J. (2009). *Los “Elementos” de Euclides*. PG02-03-navarro-2.pdf. Disponible en: http://divulgamat2.ehu.es/divulgamat15/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=504&Itemid [consultado 07-03-2015].
- PADILLA ARCOS, P. (1753-56) *Curso Militar de Mathematicas. Sobre las partes de estas ciencias pertenecientes al Arte de la Guerra, para el uso de la Real Academia establecida en el Quartel de Guardias de Corps*. Tomo I (1753) *Aritmética*, Tomo II (1753) *Geometría elemental*, Tomo III (1756) *Algebra elemental*, Tomo IV (1756) *Geometría superior o de las curvas y Cálculo diferencial e integral o Methodo de las Fluxiones*. Madrid, Antonio Marín.
- Real Ordenanza de 29 de diciembre de 1751. Para la subsistencia, régimen y enseñanza de la Real Academia Militar de Matemáticas, establecida en Barcelona, y las particulares de Ceuta, Orán, unas y otras al cargo y dirección del Cuerpo de Ingenieros, para la enseñanza de los Oficiales y Cadetes del Ejército*. Disponible en: http://www.altorres.synology.me/documentos/ordenanza_1751.htm#T11 [consultado 21-02-2015].
- REMÓN ZARCO TORRALBO ORBANEJA, A. (1759-61) *Curso inédito de matemáticas, fortificación, artillería, cosmografía y arquitectura que sirvió de texto en las academias militares*. Cuaderno copiado del *Curso de Matemáticas* manuscrito elaborado por Lucuce. Disponible en: http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/resultados_ocr.cmd [consultado 23-02-2015].
- RUIZ LAPRESTA, C. y LORENTE LIARTE, J. (s.d.) *Antonio Sangenís y Torres. El ilustrado ingeniero militar que defendió Zaragoza*. Accésit de investigación histórica del año 2014 otorgado por la Asociación Cultural “Los Sitios de Zaragoza”. Texto inédito, cortesía de Carlos Ruiz Lapresta y Jesús Lorente Liarte.
- SALA VALDÉS GARCÍA SALA, M. DE LA (1908) *Obelisco histórico en honor de los heroicos defensores de Zaragoza en sus dos Sitios (1808-1809)*. Zaragoza.
- SALETA CRUXENT, H. DE (1908) “Sangenís”. *Memorial de Ingenieros del Ejército, Año LXIII, Cuarta época, Tomo XXV, Núm V, Mayo de 1908*, Número dedicado a la Guerra de la Independencia, 313-319.
- SANGENÍS, A. (1782a) *Tratado II de la Geometría especulativa*. Cuaderno copiado del *Curso de Matemáticas* manuscrito elaborado por Lucuce [BCM, ML-235-A (1782-M1025)]. *Manuscrito 441*. España. Ministerio de Defensa. Biblioteca Central Militar (BCM). <http://www.portalcultura.mde.es/cultural/archivos/> [consultado 06-03-2015].
- SANGENÍS (1782b) *Tratado V de la Artillería*. Cuaderno copiado del *Curso de Matemáticas* manuscrito elaborado por Lucuce [BCM, ML-235-A (1782-M1026)]. *Manuscrito 442*. España. Ministerio de Defensa. Biblioteca Central Militar (BCM). <http://www.portalcultura.mde.es/cultural/archivos/> [consultado 06-03-2015].

- SANGENÍS, A. (1783) *Tratado III de la Geometría práctica*. Cuaderno copiado del *Curso de Matemáticas* manuscrito elaborado por Lucuce [BCM, ML-339-A (SA-M320)].
- SANGENÍS, A. (1789) *Exercicio público de Matemáticas, que en los Reales Estudios de S. Isidro de esta Corte tendrá Don Antonio Sangenis, Teniente de Infantería del Príncipe, asistido de su maestro Don Francisco Verdejo González, Catedrático de Matemáticas de la Real Casa de Desamparados, y Substituto de la misma Facultad en dichos Reales Estudios. El día [espacio en blanco] de Julio de este presente año de 1789. Madrid, por la Viuda de Ibarra, calle de la Gorguera* [BCM, 1789-6, ML-80-A].
- ¿SANGENÍS, A.? (s.d.a) “Instrucción y prevenciones que S.M. ha mandado se observen en las Reales Academias para conseguir la mayor aplicación, aprovechamiento y orden que sea posible. Ejercicios de la Academia en los asuntos de su enseñanza. Instrucciones que deberán observar puntualmente los presidentes de las conferencias. Plan de estudios”. En: *Papeles Varios* [Manuscrito], España: s. n., S. XVIII, ex, 23 cm [BCM, ML-236-A (1790-M19 bis)].
- ¿SANGENÍS, A.? (s.d.b) *Reflexiones y observaciones necesarias para la más completa inteligencia del tratado de Aritmética Universal que se enseña en la Real Escuela Militar de Matemáticas de Zamora* [BCM, ML-338-A (SA-M315)].
- SANZ BALDUZ, L. J. (2014) *Los puentes y los ingenieros en Los Sitios de Zaragoza*. Zaragoza, Asociación Cultural “Los Sitios de Zaragoza”. XXVIII Premio Los Sitios de Zaragoza 2013, 264 pp.
- SOTTO, SERAFÍN MARÍA DE, CONDE DE CLONARD (1847) *Memoria histórica de las Academias y Escuelas militares de España, con la creación y estado presente del Colegio General establecido en la ciudad de Toledo*. Madrid, Imp. José Gómez Colón y Compañía, 299 pp.
- VELAMAZÁN GIMENO, Ma^a Á. (1994) *La enseñanza de las matemáticas en las Academias militares en España en el siglo XIX*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza, Seminario de Historia de la Ciencia y de la Técnica de Aragón, 380 pp.