

3/20/18  
2/20/18  
7/20/18  
C. J. [unclear]

2 400 40



TRATADO  
DE  
FORTIFICACION,

o  
*Arte de construir los Edificios  
Militares, y Civiles.*

ESCRITO EN INGLES,

POR JUAN MULLER.

TRADUCIDO EN CASTELLANO,

DIVIDIDO EN DOS TOMOS,

Y AUMENTADO CON NOTAS, ADICIONES,  
y 22. Laminas finas sobre las 26., que ilustran  
al Original,


POR D. MIGUEL SANCHEZ TARAMAS,

Capitan de Infanteria, è Ingeniero Ordinario de los Exer-  
citos de S. M., actualmente empleado en la enseñanza de  
la Real Academia Militar de Mathematicas  
establecida en Barcelona.

TOMO PRIMERO.

CON SUPERIOR PERMISO.



  
Barcelona: Por THOMAS PIFERRER Imprefor del Rey  
nuestro Señor, Plaza del Angel. Año 1769.

AL EXC<sup>MO</sup>. SEÑOR.

DON JUAN GREGORIO

MUNIAIN,

Caballero Comendador de Bien-Venida  
en la Orden de Santiago, Teniente Ge-  
neral de los Exercitos de S. M., Capi-  
tan General del Exercito, y Provincia  
de Estremadura, Secretario de Esta-  
do, y del Despacho Universal  
de la Guerra, &c.

EXC<sup>MO</sup>. SEÑOR.

**E**L temor de la censura  
comun, ò el afán de fomen-  
tár el escritor fu fortuna,

¶ 2 fue-

fuelen fer los motivos mas ordinarios., que hacen confagrar los Libros à las Personas constituidas en elevada Dignidad:pero de mi parte , aseguro con verdad à V. Exc. que ninguno de estos tube presente quando solicitè el permiso con que V. Exc. me ha honrado, para dedicarle este corto producto de mi aplicacion; por que ocupado enteramente en el ardentissimo deseo de concurrir con mis tareas al mejor servicio del Rey , y  
bien

bien de la Patria , no pudo proponerse otros fines ni mi desconfianza, ni mi modestia.

Tampoco implorè la Proteccion de V. Exc. por el singular aprecio, que generalmente hace de las Ciencias , y de las Artes : por que siendo esta qualidad caracteristica de todo hombre grande, no me hubiera sido dificil hallar muchos Mece-  
nas, sin molestar la ocupadissima atencion de V. Exc. Ni la confideracion de que en mi Pais de Estremadura se  
ha

ha distinguido V. Exc. como el mejor Patricio, favoreciendo à los naturales de aquella Provincia con repetidas pruebas de su benevolencia: Ni, lo que ès mas, el universal aplauso que debidamente tributa todo el Exercito à V. Exc. por el acierto con que desempeña el alto Ministerio de la Guerra; con ser uno, y otro para mi poderosos incentivos, nunca los contè por principales pretextos de mi suplica.

El

El unico, que, sin defatender à los demás, siempre tube por objeto, consiste en la especial inclinacion que merece à V. Exc. quanto concierne à la facultad de Ingeniero, y el conocimiento nada vulgar que posèe de ella. Esta persuasion, me determinò à ofrecer à V. Exc. este *Tra-  
tado de Fortificacion ò Ar-  
te de construir los Edificios  
Militares, y Civiles*, que traducido del Ingles, y aumentado con algunas No-  
tas,

tas, y Adiciones, pretendiendo dár à luz baxo los auspicios de V. Exc., para que los Oficiales, y Cadetes, que se dediquen à continuar su merito en el Cuerpo de Ingenieros, hallen en nuestro proprio Idioma estas oportunas reglas, que les dirijan en la construccion de los Edificios Militares. Si, Señor Exc<sup>mo.</sup>, este motivo unicamente, me quitò la accion de buscar otro amparo que el de V. Exc., para proteger,

ger, y autorizar con su nombre mi trabajo. Por que, ¿ à quien debe acudir el estudianto, fino à los que instruidos en la facultad, que profesan, son Jueces competentes, para discernir la utilidad que la Obra puede ceder al bien del Real Servicio, y del Público? : Por lo mismo, Exc<sup>mo.</sup> Señor, la presento à V. Exc., como tambien para dar un testimonio de la gratitud que me corresponde, por Individuo de un Cuerpo à  
Tomo I. ¶¶ quien

quien V. Exc. favorece tanto.

Dios guarde la importante Vida de V. Exc. muchos años, como deseo, para honor, y credito de la Monarquia. Barcelona 29. de Diciembre de 1769.

EXC<sup>MO.</sup> SEÑOR.

B. L. M. de V. Exc.  
Su mas atento servidor,  
y subdito,

Miguel Sanchez Taramas.

AL

AL EXC<sup>MO.</sup> SEÑOR.

DON JUAN MARTIN

ZERMENO,

Teniente General de los Reales Exercitos, è Ingeniero General de todos los Dominios de su Magestad Catòlica, &c.

EXC<sup>MO.</sup> SEÑOR.

SIENDO notorio, que el generoso animo de V. Exc. està siempre dispuesto à fomentar, y proteger la aplicacion de los Individuos del Cuerpo de Ingenieros, tengo bastante motivo para lisongearme de que en la consideracion de V. Exc., hallarà la mia todo el favor, que necesito para hacerla util al mejor Servicio de S. M. Llena mi confian-

¶ 2

za

za de este honesto deseo, no escuso hacer presente à V. Exc., que reflexionando muchas veces sobre los varios ramos, que comprehende la Profesion importantissima de Ingeniero, ya en las diferentes Obras que pertenecen à la construccion, y conservacion de las Plazas, ò ya por las que se ofrecen en la formacion de los Puertos, Muelles, Darsenas, y otros Edificios Militares; he tenido ocasion para advertir la necesidad que hay de algun Tratado, ò Escrito particular, de donde los Jovenes Ingenieros puedan sacar las luces convenientes, para conducirse con acierto en la pràctica de las Reales Obras, sin recurrir à diversos libros estrangeros.

Ocupada mi imaginacion de esta importante idea, y llevado de mi genio laborioso, al propio tiempo que estoy persuadido de mi insuficiencia para formar alguna Obra, que fuese de la apetecida utilidad; resolvì aprovecharme de las agenas; y no dexar ociosos, ni los pocos ratos que me franquea mi destino à la enseñanza en esta Real Academia, ni el ansia de concurrir en quanto pueda con mi aplicacion al bien de la Patria. A este fin, he traducido à la Lengua Castellana el Tratado de Fortifica-

ficacion, ò Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles, que en el año de 1755. diò à luz en Idioma Ingles Juan Muller, Profesor de Artilleria, y Fortificacion en la Academia de Woolwich. Comprehende esta Obra quanto es necesario, para que los Jovenes Ingenieros adquieran un conocimiento general de todas las partes de este ramo de su Profesion; que ès el objeto principal que se propuso el Autor para escribirla; y à fin de facilitar su inteligencia, divide los asuntos en quatro partes.

En la primera, expone, y demuestra una nueva Theoria de los Muros, Arcos, Bovedas, y Maderas, deducida de los Principios de Mechànica mas sencillos, y naturales, que hacen su aplicacion à la Pràctica, no menos facil, que segura, y util.

En la segunda, trata del conocimiento, y exàmen de los Materiales en general, con el modo de beneficiarlos, y emplearlos.

En la tercera, explica las Maximas mas provechosas, que determinan la situacion, y utilidad de las Plazas; y el metodo de trazar, calcular, y executar sus Obras sobre el terreno, con el que pertenece à la  
fa-



fabrica de todos los Edificios Militares que las acompaña en qualquier genero de suelo.

Finalmente en la quarta, trae la construcción de las varias especies de Edificios que se establecen dentro de la Mar, ò de Rios caudalosos; con cuyo motivo, habla de las diferentes prácticas que se acostumbra en Francia, Inglaterra, y Russia, para la fabrica de los Puentes, Puertos de Mar, Muelles, Diques, Inclusas, y otras Obras de la misma naturaleza.

Insiguiendo la propia idea del Autor, y sin cortar el hilo de la Traducción, he procurado agregar à esta varias Notas, y Adiciones, en todos los parages, que necesitaban de mayor explicacion, haciendola recaer determinadamente sobre algunos de los muchos Edificios recomendables, que de toda especie tenemos en España, executados dentro, y fuera del agua, usi por los Antiguos, como por los Modernos; ò bien à fin de exponer algunas Reglas, que señalan los mas clasicos Escritores, para la fabrica de otros, importantes al bien del Estado, y propios de la inteligencia de un Ingeniero. Deforma, que en este Tratado, se incluyen substancialmente los mejores documentos, que se hallan ex-  
pli-

plicados en las Obras mas celebradas de Arquitectura Militar, y Civil; haciendose tanto mas apreciable, quanto en un corto volumen ofrece al Estudiante la mas expeditiva, y pronta instruccion en el Arte de construir con discernimiento, solidéz, y economia toda clase de Edificios Militares, ò que pertenezcan al beneficio público, aplicando solamente los Principios de Mathematica que se enseñan en esta Real Academia, ò en las demàs que S. M. tiene establecidas al cargo del Cuerpo de Ingenieros.

En este concepto, paso à manos de V. Exc. el manuscrito, para que dispensandome toda su benévola condescendencia, tenga à bien, no solo reconocerlo, y darme si lo hallare conveniente, la licencia de solicitar la que conenga para imprimirlo; sino tambien, para que al proprio intento, se digne V. Exc. honrarme con su poderoso apoyo, y recomendacion.

Debo asegurar à V. Exc. con mi natural sinceridad, que el desvelo, y trabajo que he tenido en el todo de esta Obra, lo daré por bien empleado, y habré cumplido todos mis votos, si con él puedo lograr, que mi aplicacion contribuya en algo al mejor Servicio

vicio del Rey, y bien de la Patria; cuyo objeto, y unico fin de mis tareas, espero me faciliten en V. Exc. el disimulo de los errores, que haya cometido.

Nuestro Señor guarde la importante Vida de V. Exc. los muchos años que necesito, y deseo, para proteccion de los Estudios, y gloria de la Nacion. Barcelona 8. de Septiembre de 1768.

EXC<sup>MO</sup>. SEÑOR.

B. L. M. de V. Exc.  
Su mas obligado subdito,  
y reconocido servidor,

Miguel Sanchez Taramas.

RES-

RESPUESTA DEL EXC<sup>MO</sup>. SEÑOR  
Don Juan Martin Zermefio, &c. al  
Capitan, è Ingeniero Ordinario, Don  
Miguel Sanchez Taramas.

MUY Señor mio: Habiendo visto, y reconocido el Tratado de Fortificacion, ò Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles, que V. md. ha traducido del Ingles, y aumentadole con varias Notas, y Adiciones relativas al proprio asunto; le considero utilissimo al Servicio del Rey, y le hallo muy adèquado para los fines laudables que V. md. se ha propuesto. Por lo mismo apruebo el zelo, y aplaudo la aplicacion con que ha trabajado V. md. en el complexò de este Escrito: y no solamente concedo à V. md. la licencia que me pide de solicitar la conveniente para imprimirlo; mas tambien condesciendo gustoso en aplicar mis officios al logro de la justa satisfaccion que V. md. pretende, como ya los tengo anticipados al Señor Ministro de la Guerra, informandole del merito, y circunstancias de esta Obra. Que ès quanto se me ofrece decir à V. md. para su inteligencia,

Tomo I. ¶¶¶ en

*en respuesta à su Carta de 8. de Septiembre de este año.*

*Dios guarde à V. md. muchos años como deseo : Barcelona 14. de Diciembre de 1768.*

*B. L. M. de V. md.  
su mayor servidor,*

*Don Juan Martin Zermeno.*

*Señor Don Miguel Sanchez Taramas.*

## *ADVERTENCIA DEL TRADUCTOR*

### *AL QUE LEYERE.*

**C**ON las Cartas antecedentes, y el Prologo del Autor, parece no hay necesidad de otra explicacion sobre el principal objeto, y circunstancias de este Tratado de Fortificacion. Los asuntos que comprehende, se podrán ver por menor en la Tabla de las Materias, donde tambien se indican por mayor las Notas, y Adiciones con que se ha aumentado: Unas, y otras se distinguen en el impreso, ya con letra mas reducida en el fondo de las paginas, ò ya con este señal (,,) al fin de las Secciones, segun ha convenido à la naturaleza, y lugar de cada una.

En la traduccion, se ha procurado con el mayor cuidado, no solo la fiel equivalencia de un Idioma à otro, sino asimismo la correccion de muchos errores de Imprenta que tiene el original Ingles, singularmente en los calculos.

Las medidas, como Braza, Vara, Pie, &c. de que se hace mencion frecuen-

qüientemente en el discurso de esta Obra, debe entenderse que son relativas al marco de Burgos, à quien se han reducido las del original, exceptuando las que determinadamente se explican en algun parage, como pertenecientes à otros Reynos, ò Provincias, con algun fin particular.

Ultimamente, como el unico objeto de la traduccion de este Tratado, ha sido el de hacerle util al Servicio de S. M., y del Pùblico, no se ha tenido embarazo en transcribir substancialmente en alguna Adicion, varios documentos, que sobre la fabrica de los Edificios, se encuentran en diversos escritos estrangeros, prefiriendo en esta pràctica ( que tambien ha seguido el Autor Ingles ), el beneficio comun à todo otro respecto.

TA-

# T A B L A

DE LAS MATERIAS, QUE SE  
comprehenden en este Tomo  
Primero.

## PARTE PRIMERA.

Contiene la Theoria de los Muros, Arcos, y Ma-  
deras, con diferentes Tablas de sus  
Dimenciones.

	Paginas.
SECC. I. <i>Theoria de los Muros.</i>	1.
PROB. I. <i>Determinar la presion que hacen las Tierras contra un Muro.</i>	3.
PROB. II. <i>Determinar el espesor de un Muro, para que resista à la presion de las Tierras.</i>	6.
<i>De los Estribos, ò Contrafuertes.</i>	8.
PROB. III. <i>Hallar el espesor de los Muros con Estribos, para que puedan resistir al empujo de las Tierras.</i>	11.
<i>Tabla, que contiene Reglas generales, para de-</i>	

<i>determinar el espesor de los Muros de Piedra y de Ladrillo.</i>	16.	<i>rechos correspondientes à los Arcos de medio punto, que se comprehenden entre dos semicirculos concentricos.</i>	51.
<i>Dos Tablas, que manifiestan el espesor que corresponde à los Muros de Piedra, y de Ladrillo, sin Parapeto.</i>	} 20. 21.	<b>PROB. III.</b> <i>Determinar el espesor de los Pies derechos para los Arcos de medio punto, que por el lado exterior forman Caballete.</i>	53.
<b>PROB. IV.</b> <i>Determinar el espesor de los Muros con Parapetos.</i>		22.	
<i>Reglas generales para determinar el espesor de los Muros de Piedra con Parapeto.</i>	24.	<b>PROB. IV.</b> <i>Hallar el espesor que corresponde à los Pies derechos, quando el lado interior del Arco ès una linea recta paralela al lado exterior.</i>	56.
<i>Dos Tablas, que manifiestan el espesor de los Muros de Piedra, y de Ladrillo con Parapeto.</i>	} 27. 28.	<b>PROB. V.</b> <i>Determinar el espesor de los Pies derechos para los Arcos escarzanos, que se comprehenden entre dos porciones de semicirculos concentricos.</i>	57.
<b>PROB. V.</b> <i>Determinar el grueso de un Muro, que ha de sostener un Parapeto de Tierra.</i>		29.	
<i>Quatro Tablas, que manifiestan la razon entre los gruesos y alturas de los Muros de Piedra y de Ladrillo, que han de sostener Parapetos de Tierra.</i>	36.	<b>PROB. VI.</b> <i>Hallar el espesor de los Pies derechos para los Arcos escarzanos, que forman Caballete por la parte exterior.</i>	60.
<b>PROB. VI.</b> <i>Hallar el grueso de un Muro, cuyos Contrafuertes tengan declivio por la parte interior.</i>	35.	<b>PROB. VII.</b> <i>Determinar el espesor de los Pies derechos para los Arcos apuntados, compuestos de dos porciones de corona circular.</i>	62.
<b>PROB. VII.</b> <i>Suponiendo que el Perfil de un Muro sea un Paralelogramo, y el de sus Contrafuertes un Trapecio, cuyo declivio interior ès igual al que forma el Muro; se pide determinar el espesor de este, quando ha de sostener Parapeto de Tierra.</i>	39.	<b>PROB. VIII.</b> <i>Determinar el espesor de los Pies derechos para los Arcos apuntados, que forman Caballete por la parte exterior.</i>	64.
<b>SECC. II.</b> <i>Theoria de los Arcos.</i>	43.	<b>LEMA.</b> <i>El Diametro que en la Elipse bisecciona à la cuerda que une los extremos de los dos Semidiametros principales, bisecciona tambien à la Area de su Quadrante.</i>	66.
<b>PROB. I.</b> <i>Determinar la presion de un Arco contra los Pilares que le sostienen.</i>	46.	<b>PROB. IX.</b> <i>Determinar el espesor de los Pies</i>	
<b>PROB. II.</b> <i>Hallar el espesor de los Pies de-</i>			

- Pies derechos correspondientes à los Arcos rebaxados, que se comprenden entre dos semielipses concentricas, y semejantes.*
68. PROB. X. *Hallar el espesor de los Pies derechos para los Arcos elipticos rebaxados, que forman Caballete por la parte exterior.*
70. PROB. XI. *Determinar el espesor de los Pies derechos con Estribos para los Arcos de mediopunto, que forman Caballete por la parte exterior.*
73. *Tabla, que expresa las dimensiones correspondientes à los Muros de los Almacenes de Polvora.*
76. PROB. XII. *Determinar el espesor de los Pies derechos con Estribos, para los Arcos elipticos, que forman Caballete por la parte exterior.*
78. PROB. XIII. *Hallar el espesor de los Pies derechos, para un Arco semicircular, quando carga sobre ellos un Muro, como sucede en las Puertas de algunas Fortalezas.*
80. PROB. XIV. *Determinar el espesor de los Pies derechos para un Arco eliptico rebaxado, suponiendo erigido un Muro sobre ellos.*
81. PROB. XV. *Determinar el espesor de los Pies derechos para un Arco semicircular, quando por la parte exterior se les ha de dar un declivio conocido.*
82. PRO-

- PROB. XVI. *Supuestos los mismos datos que en el Problema antecedente, se pide determinar el espesor de los Pies derechos quando el Arco es eliptico rebaxado.* 83.
- PROB. XVII. *Dada la altura y la base del declivio exterior de un Muro, se pide el espesor que le corresponde para sostener un Arco, cuyo arranque està à menor altura que la del Muro.* 84.
- PROB. XVIII. *Determinar el espesor del Pie derecho de un Arco, quando las Tier- ras empujan contra el declivio exterior del mismo Pie derecho.* 85.
- PROB. XIX. *Hallar el espesor de los Pies derechos con Estribos, quando sobre dos Arcos circulares se ha de construir otro pequeño, tambien circular.* 86.
- PROB. XX. *Determinar el espesor de los Pies derechos con Estribos, quando el Arco que han de sostener incluye otros dos pequeños.* 88.
- PROB. XXI. *Dada la curva interior de un Arco, determinar la exterior, ò dada esta, se pide describir aquella de forma que todas las Dovelas resulten en equilibrio las unas con las otras.* 89.
- PROB. XXII. *Construir la curva exterior de un Arco, quando se dà conocida la interior.* 92.
- SECC. III. *De la fuerza, y qualidad de las Maderas.* 97.

<i>De la naturaleza, y qualidad de las Maderas.</i>	98.
<i>Metodo de computar la fuerza de los Quartonos.</i>	108.
PROB. I. <i>Determinar la fuerza de un Madero, cuyas dimensiones se dan conocidas.</i>	110.
<i>Seis Tablas en que se expresan las dimenciones correspondientes à las Maderas, que se emplean en los Edificios</i>	{ 124. 126. 127. 128. 129. 130.
PROB. II. <i>Determinar el peso que resistirà un Quarton, quando se le ha de suspender entre sus extremos, ò apoyos.</i>	133.
PROB. III. <i>Dada la circunferencia de un Madero cilindrico, se pide determinar el Perfil rectangulo que se ha de dar al Quarton, para que resulte de la mayor resistencia posible.</i>	136.
PROB. IV. <i>Determinar la resistencia de un Madero ( en cuyo medio esta suspendido el peso), quando se dispone en una situacion inclinada al horizonte, y se apoya sobre sus dos extremos.</i>	139.
PROB. V. <i>Determinar la fuerza, ò resistencia de los principales Pares, de modo, que sea proporcional à la de su Tirante.</i>	142.

## PARTE SEGUNDA.

Que contiene el conocimiento de los Materiales, sus Propiedades, Qualidades, y modo de Emplearlos.

SECC. I. <i>DE la qualidad, y naturaleza de las Piedras, que se emplean en los Edificios.</i>	146.
SECC. II. <i>De los Ladrillos.</i>	156.
SECC. III. <i>De la Cal.</i>	164.
SECC. IV. <i>De la Arena, Terrasa, y Puzolana.</i>	171.
SECC. V. <i>Modo de preparar, y hacer la Mezcla.</i>	177.
SECC. VI. <i>Del Hieso.</i>	185.

PARTE TERCERA.

Que contiene el modo de trazar una  
Fortaleza sobre el Terreno, formar  
el Calculo, y executar  
las Obras.

SECC. I. <i>SE</i> manifiesta la utilidad, y la necesidad de construir Fortalezas.	189.
SECC. II. <i>Sobre la situacion de las Plazas.</i>	192.
SECC. III. <i>Observaciones sobre la situacion de las Plazas.</i>	202.
SECC. IV. <i>Modo de formar el Plano, y Proyecto de una Fortaleza.</i>	211.
SECC. V. <i>Modo de hacer el Calculo de una Fortaleza.</i>	222.
<i>Calculo de la Mamposteria.</i>	224.
<i>Calculo de la Excavacion de los Fosos.</i>	235.
SECC. VI. <i>Trazar el Plano de una Fortaleza sobre el Terreno.</i>	245.
<i>Practica con la Mefilla.</i>	247.
<i>La misma Practica con el Theodolito.</i>	252.
<i>Trazar sobre el Terreno el Camino cubierto, y la Explanada.</i>	258.

SEC-

SECC. VII. <i>Metodo de construir las Obras de Fortificacion.</i>	259.
<i>Metodo que se debe seguir en la construccion de los Cimientos.</i>	262.
<i>Metodo para principiar las Obras de una Plaza.</i>	277.
SECC. VIII. <i>Metodo que se ha de observar en la construccion.</i>	280.
SECC. IX. <i>De la construccion de las Obras subterraneas.</i>	288.
SECC. X. <i>De las Surtidas.</i>	293.
SECC. XI. <i>De las Casamatas en el Rebollin.</i>	298.
SECC. XII. <i>De las Casamatas en los Flancos.</i>	304.
SECC. XIII. <i>De las Caponeras.</i>	308.
SECC. XIV. <i>De las Puertas, y Cuerpos de Guardia de las Plazas.</i>	310.
SECC. XV. <i>De los Puentes.</i>	320.
<i>De los Puentes fixos, ò estables.</i>	326.
ADICION. <i>De los Puentes de madera, que se establecen en los Rios.</i>	334.
SECC. XVI. <i>De los Rastrillos, Puertas, y Peynes.</i>	341.
SECC. XVII. <i>De las Garitas, y Necesarias.</i>	344.
SECC. XVIII. <i>Distribucion de las Calles, y Casas de una Fortaleza.</i>	347.
SECC. XIX. <i>De los Almacenes de Polvora.</i>	357.
SECC. XX. <i>De los Quarteles, Hospitales, y Arsenales.</i>	370.

ADI-





ADICION. <i>Sobre la construccion de los</i> <i>Quarteles.</i>	375.
<i>De los Hospitales.</i>	386.
<i>De los Arsenales.</i>	388.
SECC. XXI. <i>De la trabazon, y enlace de</i> <i>las Maderas para Muros de Division.</i>	393.
SECC. XXII. <i>De los Suelos, y Techos.</i>	399.
SECC. XXIII. <i>De las Armaduras, y modo</i> <i>de cubrirlas.</i>	409.
<i>Del modo de cubrir las Armaduras.</i>	419.
SECC. XXIV. <i>Añadida. De la construccion</i> <i>de los Pozos, y Cisternas.</i>	422.

## E R R A T A S.

Paginas.	Lineas.	Dice.	Lee.
2.	16.	otra.	otras.
15.	12.	qualesquier.	qualquier.
44.	14.	<i>Balidor.</i>	<i>Belidor.</i>
65.	23.	incluyen.	incluye.
72.	25.	y del.	y la del.
107.	5.	fracmento.	fragmento.
107.	5.	fucado.	facado.
172.	13.	le mezcla.	la mezcla.
210.	15.	fe debe.	fe deben.
213.	20.	convenido.	convenidos.
268.	5.	Se contentan.	Algunos se contentan.
291.	24.	pifonada.	apifonada.
424.	20.	necesario.	necesaria.

## ADVERTENCIA AL LIBRERO.

Las quatro Tablas, que van sueltas, y numeradas V, VI, VII, VIII, deben ponerse despues de la pagina 36: Las Laminas se han de doblar de tal modo, que desplegadas, salgan enteramente fuera del Libro; y su colocacion serà enfrente de las paginas que señala el orden siguiente.

Laminas.	Paginas.	Laminas.	Paginas.
I.	40	XVI.	356.
II.	68.	XVII.	368.
III.	88.	2. A.	372.
IV.	96.	XVIII.	376.
V.	144.	3. A }	384.
VI.	244.	4. A }	
VII.	260.	5. A }	
VIII.	272.	6. A }	388.
IX.	296.	7. A }	
X.	304.	XIX }	392.
XI.	312.	XX }	
XII.	316	XXI.	400.
XIII.	320.	XXII.	416.
1. A.	340.	XXIII.	424.
XIV }	348.		
XV }			

## PROLOGO DEL AUTOR.

Siendo de suma importancia saber determinar el espesor, que corresponde à los Muros, que han de sostener el empujo de las tierras, à fin de construirlos solidos, y permanentes, sin exceder de lo justo su robustez; se principia esta Obra con la Theoria general de ellos. Esta Theoria ( que està fundada en los principios mas seguros), ès aplicable en todo genero de terrenos; y de casos; pues la suposicion communmente establecida por algunos Miembros de la Academia de las Ciencias de Paris, y por *Mr. Belidor*, que el declivio natural de las tierras puestas en libertad forma con el horizonte un angulo de 45. grados, solo tiene lugar en cierta clase de tierra; porque en casi todas se advierte diversa tenacidad, como lo verifica un experimento facil, que puede servir asimismo de metodo practico para averiguar el angulo, que forma el declivio natural de qualquiera especie de tierra.

Formese un monton de Tierra, recientemente movida, de 10., ò 12. pies de altura, y cortese verticalmente por uno de sus lados: dexese este corte sin tocarle por espacio de 8., ò 10. meses, que comprehendan la fazon mas humeda; y formará el angulo, que se pide. Es verdad, que siendo heterogeneas las particulas de tierra, no formará el declivio una superficie plana, y por consiguiente, en distintos parages variará el angulo: pero atendiendo, que en

PRO-

Tomo I.

A

la

la práctica no se puede lograr; ni es absolutamente necesaria, una exactitud geométrica; aunque este ángulo se diferencie en 5. grados del verdadero, no puede ocasionar error sensible; porque este número de grados mas, ó menos, produce poco efecto en el espesor de los muros, como se verá en la Tabla primera de las Reglas generales.

La Arená, ocasiona mayor empujo, que la Tierra; y esta mayor que la Greda: luego el hacer los Muros de igual robustez en estos tres casos, sería exponerlos á que se arruinásen en el primero, y que en el tercero consumiésen demasiados materiales. Asimismo siendo la Piedra de mayor gravedad específica, que el Ladrillo, es evidente, que los Muros de piedra no necesitan tanto grueso, como los de ladrillo; no obstante, que los citados Autores no han hecho distincion de ellos en sus Theorias.

Algunos de mis Lectores, puede ser, que no estén instruidos en los principios del Algebra, para entender los que me ha sido indispensable emplear, á fin de hacer general la Theoria; y para que esta Obra sea útil á todos, he añadido una Tabla, que contiene Reglas generales para determinar las dimensiones de los Muros de piedra, ó de ladrillo de qualquiera altura, con arreglo á los diferentes ángulos, que forme el declivio natural de las tierras desde 80. hasta 30. grados, descendiendo 5. en cada uno, y conforme á la escarpa, que se dé á los Muros por la parte exterior. El declivio natural de la Tierra comun,  
hace

hace con el horizonte un ángulo de 45. grados proximamente; y como este es el caso, que mas ordinariamente ocurre en la práctica, he calculado 4. Tablas sobre esta suposicion: dos para los Muros de piedra, y dos para los de ladrillo, desde 10. hasta 50. pies de altura, con Parapeto, ó sin él. Estas Tablas contienen el espesor superior, é inferior de los Muros, segun la escarpa, ó talud, que se les dé exteriormente; y al mismo tiempo se expresan en ellas las dimensiones, que corresponden á los Contrafuertes, á fin de evitar á un Archítocto el embarazo de computarlas, aunque le sea facil.

Atendiendo, á que en estos tiempos se construyen muchas Plazas, haciendo sus revestimientos de mamposteria hasta la mitad de la altura, y concluyendolos con tepes; he juzgado, que sería muy útil añadir otras Tablas, que expresasen las dimensiones de este genero de Muros; las quales son tanto mas recomendables, quanto que siendo necesarias ningun Autor las ha dado hasta ahora. Esta omision no se debe atribuir al concepto de que no serian de utilidad; sino á la dificultad de construir las; porque la altura de los Muros, y la de las tierras produce un número infinito de casos en sus varias disposiciones, y por esto hubiera sido imposible comprenderlos todos en una Tabla: Lo unico que debia esperarse era darlas de la Razon entre las mismas dimensiones, que es lo que hemos practicado.

Para no omitir nada de quanto pueda contribuir al acierto en la práctica, he dado Proble-

mas sobre todos los perfiles de los Muros ; que hasta ahora se han usado ordinariamente ; comparando la cantidad de mamposteria , que cada uno necesita , para conocer , y distinguir el mas ventajoso ; en lugar que los Autores Franceses , que son los unicos , que han escrito sobre esta materia , han seguido implicitamente el perfil de *Mr. Vauban* , sin examinar , si no habria otro mas adecuado à la naturaleza del asunto ; por cuya falta de atencion se han visto en la necesidad de hacer sus calculos muy prolixos , y embarazosos. Pero yo , considerando , que los perfiles de una misma especie de Tierras siempre son semejantes , he formado tambien semejantes los perfiles de los Muros , facilitando mucho por este medio las operaciones ; porque en este caso el espesor de los muros que tienen un mismo declivio , tienen con sus alturas una razon constante.

Explico despues la Theoria de los Arcos , que se estima como uno de los Problemas mas dificiles de la Mechànica ; porque sin embargo , que diferentes insignes Mathematicos han tanteado resolverle , ninguno en mi concepto lo ha conseguido de un modo , que satisfaga ; pues qualquiera que lea las Obras , que han escrito sobre este asunto , encontrara , que aplicando sus Equaciones generales à algun exemplo particular , solo resultan absurdos , ò dimensiones de tal naturaleza , que de ningun modo corresponden al intento. Algunos de estos Autores han supuesto , que las Dovelas fuesen perfectamente lisas en sus

jun-

juntas , y asentadas sin mezcla , ni lechada. Otros , que la parte de Arco comprendida entre la clave , y los riñones , se considerase como una sola piedra , y la otra porcion , desde los riñones hasta el arranque , unido de tal modo al Pilar , como si formase el conjunto una sola piedra continuada : Pero como una , y otra suposicion son falsas , y contrarias à lo que se practica en los Arcos ; es evidente que las conclusiones , que de ellas se deduzcan , no pueden ser verdaderas.

He considerado separadamente la presion de cada Dabela , atendiendo à su peso , y à la obliquidad de su direccion , suponiendolas asentadas con mezcla de tal naturaleza , que sin constituir al Arco entero como una piedra sola , evite , que se resbalen , ò deslicen unas sobre otras. Con esta suposicion , y algunos principios conocidos de Mechànica , se prueba con facilidad , que la suma de todas las presiones de las Dovelas contenidas en la mitad del Arco , es igual à la presion , que haria todo su peso si estuviese reunido en el Centro de gravedad de la mitad del Arco : por cuyo medio se reduce la solucion del Problema à encontrar los Centros de gravedad de las diferentes figuras de que se pueden componer los Arcos. Estos Centros de gravedad se determinan del modo mas sencillo , y mas facil , que se puede apetecer ; y la resolucion del Problema , que sirve para descubrir el espesor de los Pilares , se contiene en una Equacion Quadrada muy simple , è inteligible.

Se ha creido hasta ahora , aunque sin algun fun-

fun-

fundamento , que los Arcos elipticos son más débiles , y que oprimen con mas fuerza à sus Pilares , que los de medio punto. La razon que alegan los Autores , es , que todas las juntas de un Arco circular , concurren en un mismo punto quando se prolongan ; de donde concluyen erroneamente , que es el mas fuerte : sin considerar , que todos los Arcos rebajados necesitan menos materiales , que los mas elevados ; y que el aumento de fuerza contra los Pilares , dimanado por la mayor obliquidad de sus direcciones , se compensa ventajosamente con la menor cantidad de peso , que sostienen.

En los Problemas , que se han dado para los diferentes generos de Arcos , ha resultado (en los que tienen igual anchura ) , que el espesor de sus Pilares es proximately uno mismo en todos ; pues aunque en los circulares es algo mayor , que el de algunos otros , no merece atención la pequeña diferencia que se advierte: Esto mismo comprueban los principios de Mechànica : porque los Arcos mas elevados , aunque son de mayor peso , tienen menos obliquas las direcciones de sus empujos ; y al contrario en los rebajados , que estàn menos gravados de peso , tienen mas obliquas las direcciones de sus presiones.

Demonstrado este principio , se evitan facilmente muchas dificultades , que ordinariamente ocurren en la construccion de las Bovedas , y Arcos. Por exemplo : si un Almacen de polbora , siguiendo el metodo ordinario , resulta tan elevado,

do , que se descubriese de la Campana , se podria evitar este inconveniente construyendole con un Cañon de Boveda eliptica. Quando las Casa-matas , Surtidas , ò otras Obras subterraneeas se hubiesen de construir debajo de Terraplenes de poca altura , que no permiten Bovedas cilindricas , se pueden aplicar con ventaja las elipticas. Es verdad , que los Arcos elipticos no pareceràn tan fuertes como los circulares , principalmente en los Almacenes de polbora , y por consiguiente , que son menos aptos para resistir al choque de las Bombas , que se arrojen sobre ellos ; pero si se considera , que en los riñones , aunque son mas delgados , tienen mayor curvatura , y que en la clave donde son mas debiles , estàn sufficientemente cubiertos con mamposteria , para no aprehender en ella peligro alguno , se concluirà facilmente , que los Arcos elipticos son tan fuertes , como los circulares.

Pero la mayor aplicacion de los Arcos elipticos , està en la construccion de los Puentes , y parece ciertamente , que son los unicos , que se adequan à este genero de Obras ; porque si los Arcos circulares tienen mucha anchura , se elevan tanto los del medio sobre los extremos , que hacen dificil el acceso del Puente à los Carruages muy cargados ; y sin ser estos Arcos tan agradables à la vista como los elipticos , consumen muchos mas materiales de los que son necesarios : à que se agrega , que este grande peso pide mayores cimientos para los Pilares , y por lo comun les ocasiona algun hundimiento , quando el terreno

infe-

inferior no es muy solido y consistente , como la experiencia lo ha manifestado muchas veces.

Yo no se , que disculpa puede dar un Archîtecto , que construye los Puentes con Arcos circulares , visto , que necesitan de mas filleria , que los elípticos , y que estos se trazan al rededor de dos puntos con la misma facilidad , que aquellos al rededor de uno. Ni tampoco ocurre mas embarazo en determinar las juntas , y cortar las plantillas para las Dobelas sobre el Arco elíptico , que en el circular. Así no tienen fundamento las dificultades , que alegan algunos Artífices para dexar de construir los Arcos elípticos , que sin contradiccion tienen muchas ventajas sobre los demás.

Si los Arcos del Puente de *Westminster* se hubieran hecho elípticos , de forma , que sus alturas solo fuesen los dos tercios de las que tienen ; en este caso el grande Arco del medio , que tiene 76. pies de ancho , y 38. de altura ( medida de Londres ) , se hubiera reducido esta à la de 25. pies , y 4. pulgadas solamente , y à proporcion en los demás Arcos : La mamposteria de estos se habria disminuido una tercera parte ; y el piso del Puente , que por su demasiada pendiente es tan incomodo , y desagradable à la vista , hubiera resultado hermoso , y de facil ascenso.

Para mayor claridad , è inteligencia de los Problemas , que he dado sobre el Empujo de los Arcos , añado à cada uno la aplicacion de un exemplo en numeros ; y à fin de evitar todo embarazo , he calculado una Tabla de las dimen-

sio-

siones , que corresponden à los Pilares , ò Estrivoyos de los Almacenes de polvora à prueva de Bomba , comprehendidos desde 6. hasta 24. pies de altura. Como estas dimensiones convienen proxímanamente con las que *Mr. Vauban* ha dado à diferentes Almacenes , que hizo construir , los quales siempre han resistido al esfuerzo de las Bombas , aunque hayan caído millares sobre ellos ; puede el Lector con toda satisfaccion , y seguridad atenerse à las que damos en nuestra Tabla.

La Seccion tercera comprehende la Theoria de las Maderas , asunto no menos importante à un Ingeniero , que los anteriores , pues por èl se puede instruir del modo mas ventajoso de situar qualquiera pieza de madera , dandole las dimensiones , que deba tener , para que todo el ensamblage resulte con igualdad fuerte , y seguro , sin consumir otra madera , que la necesaria. Despues de haber determinado la proporcion de la fuerza de los Quartones de una misma , ò diferente especie de Maderas , situados de qualquier modo , y de varios gruesos , y longitudes ; doy Tablas de las dimensiones , que corresponden à las Vigas de todas clases , Pares , ò Tixerias principales , y otras piezas , que se emplean en los Edificios grandes , y pequeños , ya sean de Encina , ò ya de Pino : de donde se manifiesta , que las dimensiones señaladas à estas Maderas por los Archîtectos , no tienen la justa proporcion , que les conviene.

Considerando , que los mas de nuestros Archítectos dan à los Quartones de Encina mas

*Tomo I.*

B

yo.

yores dimensiones, que à los de Pino, debiendo sostener un proprio peso; y que *Mr. Parent*, Miembro que fue de la Academia de las Ciencias de Paris, asegura, haber hecho varios experimentos sobre la resistencia de las Maderas, deduciendo de ellos, que la fuerza de los Quartones de Pino, es à la fuerza de los Quartones de Encina, como 6. à 5.; me determinè à hacer yo mismo algunos experimentos, que mostrasen la verdad, ò falsedad de una suposicion tan inverosimil. Por estos experimentos descubri, que la resistencia de la Encina mas inferior, era à la resistencia del mejor Pino que examinè, como 8. à 7.; y comparando las mejores calidades de cada especie, como 3. à 2.; lo qual difiere mucho asi de la pràctica comun de nuestros Archi-  
tectos, como de las experiencias de *Mr. Parent*.

Los asuntos de que tratamos en la Segunda, y Tercera Parte de esta Obrà, consisten por mayor: De la formacion de un Proyecto para construir una Fortaleza: El modo de trazar las Obras sobre el Terreno: La distincion, y preparacion de los Materiales: El establecimiento de los Cimientos en qualquiera especie de Terreno: La construccion de los Muros, y Terraplenes, junto con la de todos los Edificios Militares, que se presentan baxo la Direccion de un Ingeniero; y en lo particular los verà el Lector en la Tabla de las Materias. Solo añadiremos aqui, que nada se ha omitido de quanto hemos juzgado conducente, para que se instruya un Joven Ingeniero, à quien falta la experiencia.

En

En la Parte Quartà trato de los Edificios que se construyen en el agua; asunto mas extendido, y no menos necesario de entenderlo un Ingeniero, que todos los que antes se han explicado: porque, siendo rara la Fortaleza, que no se construye al presente sobre las Margenes de la Mar, Lago, ò Rio navegable, por el beneficio que resulta al Comercio, y à la Navegacion; se hace indispensable la fabrica de Puentes, Puertos, Inclufas, y Aqueductos, que de ordinario se les agrega, y que deben executarse por la disposicion del mismo Ingeniero que dirija las Obras de la Fortaleza; para cuyo fin he procurado asistirle en todo lo que ha permitido la pequeñez de este Escrito.

Principiamos en esta Parte con la descripcion de los Puentes de piedra; y despues de haber tratado de sus situaciones, y otras previas precauciones que se deben tomar antes de fixar las dimensiones; doy un Problema para determinar el espesor de los Pilares de qualquiera altura, quando se dà conocida la anchura del Arco: y de su resolucion deduzco la construccion de una Tabla, que expresa el grueso que corresponde à los Pilares, desde 6. hasta 24. pies de altura, para Arcos, cuyas anchuras se comprendan entre 20., y 100. pies; lo qual no ha hecho Autor alguno de quantos han escrito sobre esta Materia. Es verdad, que *Mr. Belidor* ha dado una Regla para determinar el espesor de los Pilares de 6. pies de alto; pero como unicamente puede servir para un caso, y solo està

B 2

fin.

fundada en la práctica, sin que la authorice alguna Theoria, ni solida razon; es evidente, que se debe fiar muy poco de ella. Despues explico varios metodos para establecer los cimientos con ataguías, con caxones, ù otras invenciones, en diferentes profundidades de agua, y en qualquier genero de suelo; y en seño el modo de conducir la Obra desde el principio, hasta la entera conclusion del Puente, con toda la seguridad, y precauciones necesarias.

Luego trato de los Puertos de Mar, como tan importantes à una Nacion Comerciante, para preservar no solo à los Baxeles de Guerra en las grandes tempestades, sino tambien para dar asilo à las Embarcaciones Mercantiles acosadas de la desgracia. Aunque se han executado diferentes Puertos en varias partes de Europa en estos ultimos tiempos, con todo, nos hallamos muy atrasados respecto de un metodo, que nos sirviese para todo genero de situaciones. Muy pocos de los que han dirigido estas Obras, han comunicado al Público la conducta, que en ellas observaron. *Mr. Belidor* es el unico Autor, que ha escrito particularmente sobre esta Materia; pero como en la mayor parte de Francia se abunda de piedra, y que al contrario aqui en Inglaterra es muy escasa; se sigue, que el metodo de los Franceses solo puede tener muy poco uso en la mayor parte de nuestro País. Es verdad, que este Autor explica otros, que pueden practicarse en muchas ocasiones, los quales he procurado

in-

insertar en esta Obra, y aun he añadido algunos mas, que considero podrán servir en aquellas ocasiones en que no se puedan aplicar los del mencionado Autor.

He procurado explicar con particular cuidado, las preliminares averiguaciones, y reconocimientos, que se deben hacer antes de resolver el parage en donde se ha de fabricar el Puerto; como asimismo para la eleccion de los materiales, que se deban emplear; para la situacion de la boca del Puerto, de forma que las Embarcaciones puedan entrar, con mal tiempo, y salir con el favorable; para el modo de establecer los fundamentos en qualquier genero de suelo; y continuar la Obra; y ultimamente para el exámen del espesor mas adecuado, que deben tener los Muelles, à fin que resistan al impetu de las Olas, y que al proprio tiempo sean comodas para embarcar, y desembarcar los efectos de los Baxeles, siempre que convenga.

Para mayor ilustracion de lo que hemos dicho, se añade el Plano, y Perfil de un Muelle proyectado, que se debia executar con Piedra, ò Ladrillo; junto con otro Plano, y Perfil del mismo Muelle dispuesto de Madera; uno, y otro propuestos en tiempo pasado; para encerrar un Puerto, que se meditaba construir. Habiendo respondido, que el fondo destinado no era suficiente para hacer la Fabrica de Piedra; propuse que solo los fundamentos se estableciesen con Piedra, y que lo demás se podia concluir con Ladrillo, fortificandolo, y trayandolo à cada 8.

pies



pies de altura con una hilada de Piedras, aseguradas con sus grapas; previniendo, que si este metodo aun todavia se contemplase muy costoso, se construyesen los Muelles con ensamblages de Madera, en los terminos que lo explicamos en esta Obra. Pero se propuso la objecion, que el Ladrillo seria corroido en poco tiempo por el agua de la Mar, aunque se puede provar, que quando estan muy recocidos, y casi vidrificados, son de mayor duracion que la Piedra de *Portland*; porque en *Portsmouth*, los fundamentos de la parte de la Mar contruidos con esta Piedra, enteramente se han desecho, y socavado por el movimiento del agua de la Mar: en lugar que el Ladrillo que se ha empleado en el Anden de *Woolwich*, en la Darsena de *Cathan*, y en el Puerto de *Dover*, sin algunos otros que se encuentran en Holanda, no han padecido algun menoscabo en los muchos años, que estan sirviendo.

Lo que se dice en orden al establecimiento de los fundamentos, y continuacion de la Obra de los Muelles, servira igualmente para la construccion de los Andenes, Diques, Malecones contra las Margenes de Rios, y Darsenas para Baxeles; pues todos necesitan de un Muro continuado, que se debe fabricar en el agua. Los Andenes, y Malecones se labran con menos embarazo, por estar sobre la lengua del agua, en donde el movimiento de las Olas no es de consecuencia, y se construyen solo de un simple Muro; pero se les da mayor robustez,

y se aseguran con cadenas, ò tirantes en la tierra firme, para evitar, que se trastornen, ò arruinen con los grandes pesos que ordinariamente suelen cargarse sobre ellos.

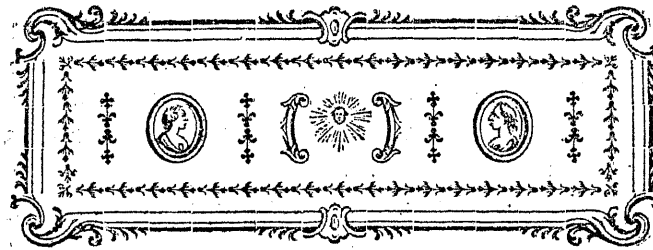
Concluyo esta Obra con el modo de construir las Inclusas, y Aqueductos; asunto verdaderamente muy extendido, para que se pueda tratar à fondo en un escrito tan reducido como este: Sin embargo, explico con claridad el modo de asegurar los fundamentos con Pilotes ordinarios, y con Estacas, ò Tablones engargolados, como tambien el de hacer los Enrejados, ò travazones, y Suelos de madera, que se ponen sobre el Pilotage, con todo lo perteneciente à continuar la Obra de mamposteria en la forma mas segura. Para que el Lector se pueda poner en estado de conducirse con acierto en las varias circunstancias que le ocurran en la practica, he dado la construccion general de una grande Inclusa con dobles Puertas; de tal modo, que es aplicable à los casos mas esenciales, haciendo algunas leves alteraciones, segun varien las circunstancias. Asi mismo demuestro el modo de determinar la posicion mas ventajosa de las Puertas, dando las dimensiones de las diferentes piezas que las componen, para las anchuras que se comprehenden entre 8. y 48. pies, con el herrage que ordinariamente las guarnece, y asegura. Por ultimo, no se ha omitido cosa esencial de las que pueden de qualquiera suerte contribuir à la satisfaccion del Lector.

Si

Si se advierte, y considerã atentamente, que los Canales para la Navegacion, se construyen de un extremo à otro de una Provincia, sobre Colinas, y Valles por medio de las Inclufas, y Aqueductos: que los Puertõs se fabrican, y se limpian de la Arena, y Fango que en ellos deposita el agua: que las tierras baxas, y pantanosas se defecan, y se hacen arables, como tambien las que son secas, y esteriles, se fertilizan con proporcionada humedad, y riego: que las Ciudades se abastecen de agua: y si à esto se añade el excelente uso de las Inclufas en el ataque, y defensa de las Plazas ( que describe con energia *Mr. Belidor* ), por cuyo medio se hace una Fortaleza casi inexpugnable; serã facil conocer, que ninguna Obra de las que dirige un Ingeniero, requiere tan extenso conocimiento en Theorica, y Prãctica, como las de esta naturaleza.

De mi parte he procurado en toda esta Obra explicarme con la claridad posible, à fin de facilitar la inteligencia de los asuntos que comprehende: Pero como no se puede hacer adelantamiento alguno en esta facultad sin el apoyo de la Theorica, temo que muchos de mis Lectores no entenderàn las partes mas esenciales de este Tratado, que no me fue posible escribirlo de otra forma; por cuya razon aconsejo al estudioso, que se instruya de antemano en los principios Mathematicos, que se explican en las Academias, y que sirven de introduccion, y fundamento à esta especie de Obras.

TRA-



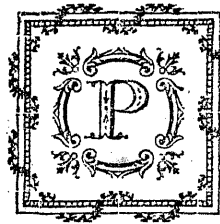
# TRATADO DE FORTIFICACION, ò Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles.

PARTE PRIMERA.

*Contiene la Theoria de los Muros, Arcos, y Madernas, con diferentes Tablas de sus Dimensiones.*

SECCION PRIMERA.

*Theoria de los Muros.*



PARA formar una clara idea de la Theoria de los Muros, es necesario explicar primero sus fundamentos. Suponemos, que la Tierra movida ( como la de los Terraplenes quando no la sostiene el Muro ), forma un pendiente en una superficie proxìmamente plana, ocasionado por las par-

Tomò I.

C

ticu.

ticulas, que se desprenden, y resbalan unas sobre otras con la humedad del tiempo: este pendiente se llama el declivio natural de las Tierras, considerandole sin variacion en las de una misma especie.

Suponemos asi mismo, que el Muro sea tan solido, y unido, como si constituyese una sola Piedra; de tal modo, que si à qualquier punto se le aplicase una proporcionada potencia, solamente podria derribarle rompiendolo por su union con el Cimiento.

La primera de estas suposiciones se puede provar de este modo: Siendo precisa alguna obliquidad para que descienda una partícula, se necesitarà la misma para qualesquiera otra de igual peso, y tenacidad; luego el agregado de todas las particulas, que se desprendan, formará una superficie proxímanamente plana, que siempre tiene una misma inclinacion en la propia especie de Terreno; pero variará segun este sea mas, ò menos tenaz: por exemplo: la Arena se dispondrá en mayor inclinacion, que la Tierra comun, y esta en mayor que la Greda, ò Arcilla.

Acafo se dirà, que las particulas de una misma especie de Tierra no son de igual magnitud, como se reconoce con claridad en la Arena, y por consiguiente, que no es absolutamente cierta esta suposicion: Pero respondemos, que aunque es imposible determinar este

asun-

asunto segun Reglas Mathematicas; con todo es suficientemente exácto para la práctica comun, donde no es necesaria mayor delicadeza.

Tampoco tiene violencia alguna la suposicion segunda; por que considerando, que el Muro siempre se construye un año antes de aplicarle las Tierras, las quales ordinariamente se entre-lazan con pequeñas ramas para disminuir su presion; es claro que tiene suficiente tiempo para enjugarse, y endurecerse antes de sufrir empujo alguno. Y aunque la firmeza del Muro en su union con el Cimiento, sea la misma que tiene en qualesquiera otra parte, es muy ventajoso para su resistencia: à lo qual se debe añadir, que el supuesto Equilibrio entre los momentos de la Tierra, y el Muro, no tiene lugar en la práctica, y que es indispensablemente necesario aumentar el del Muro, para que no le trastorne el menor acacimiento, que suceda.

PROBLEMA I.

*Determinar la presion, ò empujo, que hacen las Tierras representadas por el Triangulo CDT, contra el Perfil ABCD de un Muro, por una direccion perpendicular à la linea vertical CD.*

Lam. I. Fig. 1.

**R**especto, que el Perfil ABCD, y el Triangulo CDT representan las bases de Solidos, que tienen una misma altura, serán pro-

C 2

por-



porcionales con los pesos de estos Solidos; así, podemos considerar las areas ABCD, y CDT, como otros tantos pesos à quienes son proporcionales.

La suma de los momentos de todas las partes de un cuerpo, es igual al momento de todo su peso reunido en su centro de gravedad, como consta del principio general de la Theoria del centro de gravedad: luego el peso del Triangulo CDT se puede considerar reunido en su centro de gravedad S, y el descenso de este centro (quando el Triangulo resbala por el plano inclinado) será la expresion de su fuerza contra el Muro: Por consiguiente, si se tira SR perpendicular al lado DC del Muro, toda la presión que obra contra este, se puede considerar en el punto R.

La area del Triangulo CDT es igual à  $\frac{1}{2} DC \times CT$ ; y si suponemos, que T expresa la accion del peso en la direccion paralela al plano inclinado, y W la potencia que impele en la direccion SR, perpendicular à DC; tendremos:  $DT : DC :: \frac{1}{2} DC \times CT : T$ ; y tambien  $DT : CT :: T : W$ , por la propiedad del Plano inclinado; y la compuesta de estas proporciones, dará  $\overline{DT}^2 : DC \times CT :: \frac{1}{2} DC \times CT : W$ : Por consecuencia conocido el Angulo CDT, se tendrá la presión W.

Co-

Corolario I.

Si suponemos la altura del Muro  $DC = a$ ,  $DT = r$ , y  $CT = s$ , será por la ultima proporcion  $W = \frac{1}{2} ssaa$ . Pero atendiendo, que la accion en el Plano inclinado DT es retardada por la cohesion de las partes; y constando al mismo tiempo por experimentos, que esta cohesion destruye una tercera parte la accion del cuerpo, que resbala por un plano liso; se deberá reducir esta expresion en la razon de 3 à 2, para descubrir el verdadero empujo: Asimismo, la gravedad especifica de la Piedra es à la de la Tierra, como 3 à 2: luego comparando el peso del Triangulo CDT de Tierra, con el peso de Piedra, aun se deberá reducir la expresion en la misma razon de 3 à 2: esto es; el valor de W se ha de disminuir en la razon de 9 à 4, para tener  $\frac{2}{9} ssaa$  por la verdadera presión, ò empujo de las Tierras.

Corolario II.

Siendo la linea SR paralela à la base AD, expresará DR la distancia de la direccion SR de la presión contra el Muro, contada desde la base, ò punto de apoyo A, sobre el qual se moveria el Muro si hubiese de caer; y como  $DR = \frac{2}{3}a$ , por la situacion del centro de gra-

ve-

vedad del Triangulo, el producto del peso  $\frac{2}{9}ssa$  multiplicado por  $\frac{2}{3}a$ , dará  $\frac{4}{27}ssa^3$  por el momento de la presión de las Tierras.

Adviertase, que DT es à CT, como el radio al seno del Angulo CDT; y por consiguiente,  $s$  expresa el seno de este Angulo, quando el radio es la unidad.

### PROBLEMA II.

*Determinar el espesor BC de un Muro de Piedra ABCD, para que resista à la presión de las Tierras CDT.*

**T**írese BE perpendicular à la base AD, y supongase, que los pesos Q, y P, suspendidos en los centros de gravedad del Triangulo ABE, y del Rectangulo EC, son proporcionales à sus areas respectivas.

La presión de las Tierras, procura trastornar al Muro en la dirección SR, ò DA, al mismo tiempo, que le retienen los pesos Q, y P en direcciones perpendiculares à DA: luego en el estado del equilibrio la suma de los momentos de los pesos Q, y P, debe ser igual al momento de la presión de las Tierras. Supongase  $BC = DE = x$ ,  $AE = na$  (la letra  $n$  expresa una cantidad indeterminada, pero constante), será  $Q = \frac{1}{2}naa$ , y  $P = ax$ ; y como las distancias al punto A desde las direcciones de

de los pesos Q, y P, son  $\frac{2}{3}AE$ , y  $AE + \frac{1}{2}ED$ , esto es,  $\frac{2}{3}na$ , y  $na + \frac{1}{2}x$ ; se tendrá  $\frac{1}{3}naa^3$  por el momento del peso Q, y  $naax + \frac{1}{2}axx$ , por el del peso P. La suma de estos momentos, será igual al de las Tierras  $\frac{4}{27}ssa^3$ : Dividiendo entrambos miembros por  $\frac{1}{2}a$ , se tendrá  $xx + 2nax + \frac{2}{3}naa = \frac{8}{27}ssa$ ; y añadiendo à una y otra parte  $\frac{1}{3}naa$ , resultará la primera un Quadrado perfecto; cuya Raiz, multiplicada por 9, y el otro miembro por 81, dará  $9x + 9na = a\sqrt{24ss + 27nn}$ .

Mr. Cotes en sus Lecturas Hydrosticas pag. 61, dice, que la gravedad específica de la Piedra, es à la del Ladrillo como 2.5 à 2, esto es como 5 à 4: Por consecuencia si aumentamos el termino primero 24ss, que está debaxo del Signo Radical, en la razón de 4 à 5, tendremos  $9x + 9na = a\sqrt{30ss + 27nn}$ , por la Equacion que determina el espesor superior del Muro de Ladrillo.

Por exemplo: Si la base del declivio del Muro es un quinto de su altura, y el declivio de las Tierras hace un angulo de 45. grados; en este caso será  $n = \frac{1}{5} = 0.2$ ,  $nn = 0.04$ , y  $ss = 0.5$ ; luego multiplicando 24 por 0.5, y 27 por 0.04, y sacando la Raiz quadrada de la suma 13.08, se tendrá, 3.6167, de quien restando 1.8, y dividiendo la diferencia por 9, resultará  $x = 0.2018a$ , ò bien  $x = \frac{1}{5}a$ , próximamente, en los Muros de Piedra. Pero si

30 se multiplica por 0.5, y se añade à 1.08; la Raiz quadrada de la suma 16.08, serà 4.009 proxìmanamente; de quien restando 1.8, y dividiendo la diferencia por 9, descubrirèmos  $x = 0.2454$  proxìmanamente en los Muros de Ladrillo.

### *De los Estribos, ò Contrafuertes.*

A los Muros, que sostienen Tierras, se les aplican Estribos de distancia en distancia, para fortalecerlos contra la presión, que resisten, y escusar mayor gasto; pues con ellos no hay necesidad de hacer los Muros tan gruesos, como debieran serlo. Estos Estribos, que en la fortificación se llaman Contrafuertes, y quedan cubiertos con las Tierras, se construyen de varias formas.

Fig. 2.

Supongase que el Trapecio ABCD sea el Perfil de un Muro sin Parapeto; y el Rectángulo DF representará la elevación del Contrafuerte (que por lo regular tiene la misma altura, ò un pie menos que el Muro), cuya base DG manifiesta su longitud: Si consideramos el Plano del Muro, en quien KLMN expresa la base del Estribo, serà NP la distancia de uno à otro, que se puede variar, à discreción.

*Mr. Vauban* hace la base del Contrafuerte mas ancha en la raiz KN, que en la cola ML en la razón constante de 3 à 2; y la dis-

tan-

tancia entre los centros de uno à otro inmediato, la determina de 21. pies. Por otra parte *Mr. Belidor* quiso hacerlos mas estrechos en la raiz KN, que en la cola LM en la misma razón inversa de 2 à 3; fundado en que el centro de gravedad del Contrafuerte se aparta mas del Muro, y por consecuencia, que sostendrá mayor peso; además que conservarán mejor las Tierras, y no los destruirá el Cañon con tanta facilidad despues que el Muro esté arruinado. Pero como este Autor advirtió la dificultad, que costaría abandonar una antigua, y establecida práctica, aunque se presentase otra mas ventajosa; se determinó à calcular sus Tablas con arreglo al Perfil de *Mr. Vauban*.

Nosotros al contrario, hacemos Rectangulares las bases de los Contrafuertes, no solo porque así los construyen nuestros Ingenieros; si no porque acercandose mas à la resistencia de los de *Mr. Belidor*, ligan mucho mejor con el Muro, resulta la obra mas barata, y de mas fácil ejecución; y por consecuencia son ventajosos à los de qualquiera otra forma.

En los Muros de grande, ò pequeña altura, coloca *Mr. Vauban* los Contrafuertes à una misma distancia entre sí; en lugar que yo determino su espesor KN de tal forma, que siempre sea à su intervalo NP en la razón constante de 1 à 3, y la longitud KL, ò DG, de un quarto de la altura DC del Muro.

Tomo I.

D

Por

Por esta disposicion, resulta siempre semejante el Perfil del Contrafuerte, y el espesor superior BC del Muro, tendrá una razon constante à su altura DC, mientras no varíe el declivio AB, como se verá mas adelante; lograndose por este medio mucha facilidad en los calculos. La misma Regla conviene tambien à la presion, que hacen las Tierras de una propria especie, segun se ha demostrado antes.

En un Muro de 10. pies de altura, señala *Mr. Vauban* à sus Contrafuertes 3. pies de grueso, y 15. de intervalo; y en otro Muro de 80. pies de alto, dà de grueso al Contrafuerte 10. pies, y solo 8. de distancia entre cada dos inmediatos: de donde es manifesto, que están muy apartados en los Muros bajos, y poco en los elevados. Lo contrario sucede en los nuestros, pues se pueden situar mas, ò menos inmediatos, segun se halle por conveniente en la práctica, y con arreglo à las proporciones ya mencionadas.

Se ha de observar, que con la longitud del Contrafuerte crece su fuerza para resistir à la presion de las Tierras; pero si se hacen muy delgados no ligarán bien con el Muro: Así nunca haría yo el espesor de los Contrafuertes menor, que la mitad de su longitud. Por exemplo: en un Muro de 40. pies de alto, será de 10. pies la longitud del Contrafuerte; y su espesor, en mi concepto, no debe ser menor de

de 5. pies, dandoles 15. de intervalo. Pero en un Muro de 10. pies de altura, tendrán los Estribos  $2\frac{1}{2}$ . pies de longitud, y de espesor no se le puede dar menos, que 2. pies, resultando de 6. el intervalo de uno à otro; porque de otra forma quedarían delgados, y muy próximos los unos à los otros.

## PROBLEMA III.

*Hallar el espesor superior de los Muros de Piedra con Estribos, para que puedan resistir al empujo de las Tierras.*

**R** Especto que la longitud DG del Contrafuerte es el quarto de la altura DC del Muro, se tendrá la Area  $DF = \frac{1}{4}aa$ , y  $AD + \frac{1}{2}DG = x + na + \frac{1}{8}a$  será la distancia desde su direccion al punto de apoyo A: luego  $\frac{1}{4}aax + \frac{1}{4}na^3 + \frac{1}{32}a^3$  expresará el momento del Contrafuerte: Pero como entre estos hay un intervalo, que hace el calculo mayor de lo justo, en lo que una parte (que es el Estribo) es excedida por 4, se sigue que este momento debe partirse por 4, para tener  $\frac{1}{16}aax + \frac{1}{16}na^3 + \frac{1}{128}a^3$  por el verdadero momento; que añadido al del Muro (determinado por el Problema antecedente), igualando la suma al momento de las Tierras, y dividiendo todo por  $\frac{1}{2}a$ , resultará  $xx + 2nax$

D 2

+

$$+ \frac{1}{8}ax + \frac{2}{3}naa + \frac{1}{8}naa + \frac{1}{64}aa = \frac{8}{27}ssaa.$$
 Si se añade à entrambas partes  $\frac{1}{3}naa - \frac{0.75}{64}aa$ , la primera darà un Quadrado perfecto; y reduciendo la segunda à la misma denominacion ( cuyo comun denominador es  $81 \times 64$  ), multiplicando despues el primer miembro por la Raiz  $72 = \sqrt{81 \times 64}$ , se tendrà  $72x + 72na + 4.5a = a\sqrt{(1536ss - 60.75 + 1728nn)}$ , por la Equacion, que determina el valor de  $x$  en los Muros de Piedra. Pero si aumentamos el primer termino  $1536ss$ , que incluye el Signo Radical, en la razon de 4 à 5, como se hizo en el Problema antecedente, resultará  $72xx + 72na + 4.5a = a\sqrt{(1920ss - 60.75 + 1728nn)}$ , por la Equacion general, que determina el valor de  $x$  en los Muros de Ladrillo.

Por este calculo se manifiesta, que siempre que el seno  $s$ , y el valor de  $n$  sean conocidos, el espesor superior  $x$  del Muro, se expresará en todas ocasiones en partes de  $a$  ( altura del mismo Muro ): De donde se infiere, que se pueden hallar Reglas generales para los declivios, que ordinariamente se dan à los Muros, y en qualquiera abertura que el declivio de las Tierras pueda formar con la linea vertical DC, como se verá por los exemplos siguientes.

Sea la base AE de la Escarpa un quinto de la altura DC, y al ángulo CDT  $= 45^\circ$ ; por

con-

consecuencia será  $n = \frac{1}{5} = 0.2$ , y  $ss = \frac{1}{2}$ : substituyendo estos valores en la primera Equacion, se tendrà 776.37 por la cantidad que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 27.863*a*; de la qual restando la suma 18.9*a* de los dos terminos conocidos, y dividiendo la diferencia por 72, descubrimos  $x = 0.1245a$ , ò bien  $x = \frac{a}{8}$  proxímamente en los Muros de Piedra.

Pero si substituímos los valores de  $n$ , y  $ss$  en la segunda Equacion; tendremos 968.37 por la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 31.118*a*; de la qual restando 18.9*a*, suma de los terminos conocidos, y partiendo la diferencia por 72, resultará  $x = 0.169a$  en los Muros de Ladrillo.

Si la base AE del Talud es un sexto de su altura, y el ángulo CDT  $= 45^\circ$ , será  $n = \frac{1}{6}$ , y  $ss = \frac{1}{2}$ : substituyendo estos valores en la primera Equacion, resulta 755.25 por la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, de cuya Raiz quadrada 27.481*a*, restando 16.5*a*, suma de los terminos conocidos, y partiendo la diferencia por 72, tendremos  $x = 0.153a$  en los Muros de Piedra.

Los mismos valores de  $n$ , y  $ss$  substituídos en la segunda Equacion, darán 947.25 por la suma de los terminos que incluye el Signo

Ra-



Radical, cuya Raiz quadrada será 30.7774; de quien restando la suma 16.54 de los terminos conocidos, y partiendo la diferencia por 72, se tendrá  $x = 0.1984$  en los Muros de Ladrillo.

Supongase ahora el angulo del declivio DT de  $30^\circ$ , será  $s = 0.5$ , y  $ss = 0.25$ : substituyendo estos valores en la primera Equacion, dará 384. por el primer termino de los que incluye el Signo Radical; y substituyendoles en la segunda, descubrimos 480. por el mismo termino.

Si  $n = 0.2$ , tendremos 392.37 por la suma de los terminos, que comprehende el Signo Radical, cuya Raiz quadrada será proxímamente 19.808, y por consiguiente  $x = 0.0134$  en los Muros de Piedra. En los de Ladrillo, se tendrá 488.37 por la cantidad que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 22.099, y  $x = 0.0444$  proxímamente.

La suma de los Quadrados del seno, y coseno de qualquier angulo es igual al Quadrado del Radio: luego si de este quitamos el Quadrado 0.25 (que lo es del seno de  $30^\circ$ ), tendremos 0.75 por el Quadrado del seno de 60. grados.

De que se infiere, que si substituímos este valor en la primera Equacion, tendremos 1152., por el primer termino de los que incluye el Signo Radical; y haciendo lo mismo

en

en la segunda, dará 1440. por el proprio termino primero.

Si  $n = 0.2$ ; 1160.37 será la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 34.064, y  $x = 0.2114$  proxímamente en los Muros de Piedra: y en la segunda, 1448.37 será la suma de los terminos que comprehende el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 38.057, y por consiguiente  $x = 0.2664$  proxímamente en los Muros de Ladrillo. Quando el Declivio DT de las Tierras, forma qualesquier otro angulo, resultan las operaciones mas prolixas; y en este caso los valores de  $s$  se deben tomar de los senos naturales, siendo suficiente servirse de las tres primeras Notas.

Para mayor facilidad en la práctica, hemos computado los valores de  $x$ , así para los Muros de Piedra, como para los de Ladrillo, cuyos Escarpes tengan de base  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{8}$  de su altura, y suponiendo, que el Declivio natural DT, que formen las Tierras, se comprehende desde 30. hasta 80. grados, contados de 5 en 5; lo qual juzgamos, que es suficiente para la práctica comun, como se puede ver en la Tabla siguiente, donde los numeros fraccionales de la primera linea horizontal, expresan la razon de la base AE del Talud del Muro à su altura: La primera columna vertical, manifiesta los angulos que

for-

forma el Declivio natural de las Tierras, con la línea vertical DC; y los demás números determinan la razón del espesor del Muro, ó los valores de  $x$  en partes de su altura. Estos números son todos decimales.

### REGLAS GENERALES.

Para los Muros de Piedra.				Para los de Ladrillo.				
Angulos.	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
80°.	.275	.304	.326	.342	.338	.368	.389	.406
75.	.265	.292	.316	.332	.327	.356	.378	.395
70.	.250	.280	.301	.317	.311	.340	.362	.378
65.	.215	.262	.283	.299	.290	.320	.342	.358
60.	.211	.239	.256	.277	.266	.296	.314	.333
55.	.191	.214	.235	.251	.238	.267	.288	.304
50.	.153	.185	.202	.221	.205	.230	.251	.271
45.	.125	.153	.173	.189	.169	.198	.219	.235
40.	.089	.117	.137	.153	.130	.159	.179	.195
35.	.052	.079	.093	.114	.087	.116	.134	.152
30.	.013	.038	.057	.072	.044	.071	.090	.100

#### Exemplo.

Si la base AE del Declivio es un quinto de su altura, y el ángulo CDT fuere de  $45^\circ$ ; el número opuesto à  $45^\circ$ , y debajo de  $\frac{1}{5}$  es .125, que multiplicado por la altura del Mu-

ro (supuesta de 30. pies), dará 3.750, ó 3. pies, y 9. pulgadas. Si el ángulo CDT, fuere de  $60^\circ$ , y la base del Declivio  $\frac{1}{5}$ ; el número .211, opuesto à  $60^\circ$ , y debaxo de  $\frac{1}{5}$ , multiplicado por la altura del Muro (30. pies), dará 6.330, ó bien 6. pies, y 4. pulgadas próximamente.

Se ha de advertir, que en los cálculos siempre se ha de tomar el número mas próximo: así, quando la quarta Nota del decimal fuere 5, ó mayor que 5, se aumentará una unidad à la tercera: Lo mismo se debe entender respecto à las pulgadas; pues en este exemplo  $0.33 \times 12 = 3.96$  pulgadas, que son próximamente 4. pulgadas.

Atendiendo à que la base del Declivio nunca es menor, que un octavo, ni mayor, que un quinto, consideramos, que sería inútil continuar, ó extender la Tabla; lo qual sin embargo es muy facil por medio de las dos Equaciones del Problema antecedente.

Para hallar la Regla general de qualquier ángulo intermedio, se hará una proporción diciendo; como  $5^\circ$  (diferencia entre los grados de la Tabla) es à la diferencia entre el ángulo dado, y el próximo en la Tabla; así la diferencia entre los números de la Tabla (opuestos à los ángulos próximos mayor, y menor del dado) à un quarto proporcional; que añadido al número mas próximo, si este es menor, ó

restado si es mayor, darà el número que se busca. Así, siendo el ángulo dado  $53^\circ$  restándole del próximo  $55^\circ$ , se tendrá  $2^\circ$ ; restando el número .153 ( que corresponde en frente de  $50^\circ$ ) del número .191 ( que está en frente de  $55^\circ$ ) darà .38: luego será la proporción  $5:2::38:\frac{2 \times 38}{5} = 15$ , y restando 15 del número opuesto à  $55^\circ$ , que es .191, se tendrá .176 por el número que se pide.

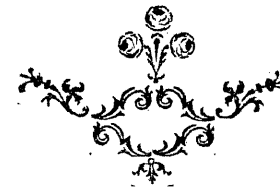
Las Tablas I, y II ( pag.20, y 21.) se han calculado por las antecedentes Reglas generales, suponiendo, que el Declivio de las Tierras forma con el horizonte un ángulo de  $45^\circ$ , que es el caso mas ordinario en un terreno medio, y conforme lo han supuesto *Mr. Belidor*, y otros Autores: así será fácil corregir por las mismas Reglas, qualquier error, que se pueda haber cometido; y si se diese una altura, que no se encuentre en las Tablas, no habrá embarazo en determinar el espesor superior, que corresponda al Muro. Por exemplo: si la altura dada es de 35. pies, y el Declivio ha de ser el quinto; multiplíquese esta altura por .125, y se tendrá 4.375 pies, ò bien 4. pies, y  $4\frac{1}{2}$  pulgadas, por el espesor que se busca en un Muro de Piedra.

El espesor junto al Cimiento, se halla añadiendo al superior la base del Declivio; de forma, que si la base del declivio es  $\frac{1}{5}$  de la

al-

altura ( 30. pies ) del Muro, será  $\frac{30}{5} = 6$ . pies, à quien añadiendo el espesor superior, que es 3. pies, y 9. pulgadas, la suma 9. pies, y 9. pulgadas será el grueso inferior.

Adviertase que la longitud de los Contráfuertes en estas Tablas, siempre es la quarta parte de la altura del Muro, como se previno anteriormente; y el espesor de los mismos Estribos, respecto del intervalo de uno à otro inmediato, se ha considerado en la razon de 1 à 3.



## T A B L A I.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Piedra sin Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 2.

Alturas.	DECLIVIOS.				Longitud del Contrafuerte.
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pies Pulgad.
10	1..3	1..6	1..9	1..11	2.....6
12	1..6	1..10	2..1	2..3	3.....0
14	1..9	2..2	2..5	2..8	3.....6
16	2..0	2..5	2..9	3..0	4.....0
18	2..3	2..9	3..1	3..5	4.....6
20	2..6	3..0	3..6	3..10	5.....0
22	2..9	3..4	3..10	4..2	5.....6
24	3..0	3..8	4..2	4..7	6.....0
26	3..3	4..0	4..6	4..11	6.....6
28	3..6	4..3	4..10	5..4	7.....0
30	3..9	4..7	5..2	5..8	7.....6
32	4..0	4..11	5..6	6..1	8.....0
34	4..3	5..2	5..10	6..5	8.....6
36	4..6	5..6	6..3	6..10	9.....0
38	4..9	5..10	6..7	7..3	9.....6
40	5..0	6..1	6..11	7..7	10.....0
42	5..3	6..5	7..3	7..11	10.....6
44	5..6	6..8	7..7	8..4	11.....0
46	5..9	7..0	7..11	8..9	11.....6
48	6..0	7..3	8..4	9..1	12.....0
50	6..3	7..7	8..8	9..6	12.....6

TA-

## T A B L A II.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Ladrillo sin Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 2.

Alturas.	DECLIVIOS.				Longitud del Contrafuerte.
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pies Pulgad.
10	1..8	2..0	2..2	2..4	2.....6
12	2..1	2..5	2..8	2..10	3.....0
14	2..5	2..10	3..1	3..3	3.....6
16	2..9	3..2	3..6	3..9	4.....0
18	3..1	3..7	3..11	4..3	4.....6
20	3..5	4..0	4..5	4..8	5.....0
22	3..9	4..5	4..11	5..2	5.....6
24	4..1	4..10	5..3	5..8	6.....0
26	4..5	5..2	5..9	6..1	6.....6
28	4..9	5..7	6..2	6..7	7.....0
30	5..1	6..0	6..7	7..0	7.....6
32	5..5	6..5	7..0	7..6	8.....0
34	5..9	6..10	7..6	7..11	8.....6
36	6..1	7..2	7..11	8..5	9.....0
38	6..5	7..7	8..4	8..11	9.....6
40	6..10	8..0	8..10	9..5	10.....0
42	7..2	8..5	9..3	9..10	10.....6
44	7..6	8..10	9..8	10..4	11.....0
46	7..10	9..2	10..1	10..10	11.....6
48	8..2	9..7	10..7	11..3	12.....0
50	8..6	10..0	11..0	11..9	12.....6

PRO-

## PROBLEMA IV.

*Determinar el espesor de los Muros con Parapetos, segun el Perfil tercera.*

Fig. 3. EN los Muros con Parapeto siempre se termina el Declivio AB en el Cordon B, que está quatro pies mas baxo, que la faxa F del Parapeto, cuyo revestimiento BFHI es de tres pies de grueso por lo comun: Si BC no tubiere mas de tres pies, la línea IH es la prolongacion de DC.

Si el revestimiento IF del Parapeto fuera suficiente para resistir la presión de las Tierras, que están sobre la línea BK prolongada, no habria necesidad de otras Tablas, que las anteriores: mas no siendo así, necesariamente debe computarse la presión de las Tierras sobre la línea BK, como tambien la resistencia del Muro IF, para dar al Problema la verdadera solución que corresponde. Pero atendiendo, que por este metodo resultaria el calculo mas prolixo, y embarazoso de lo que se necesita para la práctica; nos serviremos de otro, que satisfaciendo del mismo modo al intento, sea menos compuesto, y mas facil.

Supongase continuado el Muro ABCD hasta F, y que sea de proporcionada robustez para resistir al empujo de todas las Tierras:

Di-

Digo; que si se dà al Muro en BC el grueso que en este caso le corresponde, y se hace el revestimiento del Parapeto de tres pies de espesor solamente, el conjunto de uno, y otro será bastante para sostener la presión de las Tierras.

Las Tierras sobre la línea BC, solo se extienden à 21. pies lo mas, que es à corta diferencia lo que ocupa el Parapeto FN: En este supuesto, la parte IF del Muro será proxíma-mente suficiente para resistir la presión de estas Tierras; y como BC sería mayor de lo justo, quando las Tierras no se elevasen sobre esta línea, es evidente, que el Muro determinado en esta forma, resistirá bien al empujo de las Tierras. Además, que esta Regla conviene perfectamente con el Perfil de 35. pies de alto, que *Mr. Vauban* aplicò con felicidad en casi cinquenta Plazas, que fortificò.

Respecto que la altura BE del Muro es à la base AE del Declivio, como la altura  $BF = 4$  pies, à la diferencia entre los espesores en B, y en F, esto es, como  $BE = a$ , y  $AE = na$ ; tendremos  $a : na :: 4 : 4n$ , y por consiguiente  $4n$  será igual à la diferencia, que se busca, que añadida al espesor en F (determinado por las Tablas antecedentes segun lo que corresponda à la altura EF) dará el grueso BC, que se pide.

Re-

*Reglas Generales.*

1 Si la base AE del Declivio correspondiente à la altura BE, es igual à un quinto de la altura del Muro; serà  $4^{\text{a}} = 0.8$ , ò bien 9.6 pulgadas, que se han de añadir al grueso del Muro en la segunda Columna.

2 Si  $AE = \frac{1}{5}BE$ , serà  $4^{\text{a}} = \frac{4}{5}$ , ò bien 8. pulgadas, que se deben añadir al grueso en la tercera Columna.

3 Quando AE es un septimo de BE, se tendrá  $4^{\text{a}} = \frac{4}{7}$ , ò bien 7. pulgadas próximamente, que se han de añadir al espesor del Muro en la Columna quarta.

4 Ultimamente, si AE es un octavo de BE, se tendrá  $4^{\text{a}} = \frac{4}{8}$ , ò bien 6. pulgadas, que se deben añadir à los gruesos del Muro, que determina la quinta Columna.

Por estas Reglas generales, se han construido las Tablas III, y IV. La longitud de los Contrafuertes en la sexta Columna, siempre es la quarta parte de la altura total, aunque de ordinario se terminan antes de llegar al Cordon; pero es preciso advertir, que los numeros de la primera Columna, solo expresan las alturas, correspondientes à los Muros, desde el cimiento hasta el Cordon B; porque la altura BF del revestimiento del Parapeto, es de 4. pies en todos los Muros que los tienen.

Pa-

Para manifestar en pocos exemplos, el modo de aplicar las antecedentes Reglas generales, supondremos la altura EB de un Muro de Piedra igual à 30. pies, y la base AE del Declivio, de un quinto de la misma altura. En este caso añadiendo 4. pies à 30., tendremos 34. pies por la altura total EF: El espesor, que determina la segunda Columna de la Tabla I. correspondiente à 34. pies, es de 4. pies, y 3. pulgadas, à quien añadiendo 9.6 pulgadas (por la Regla 1.), resultará 5. pies, y 0.6 pulgadas por el grueso que se busca. *Mr. Vauban* hace este grueso de 5. pies; así, solo excede el que señalamos aqui en  $\frac{1}{2}$  pulgada próximamente.

Si la altura de un Muro fuere de 24. pies; y la base del Declivio un sexto de la propia altura; añadiendo 4. à 24., se tendrán 28. pies por la altura total: El grueso que le corresponde en la tercera Columna de la Tabla I. es de 3. pies, y 6. pulgadas; à quien añadiendo 8. pulgadas (segun la Regla 2.), la suma 4. pies, y 2. pulgadas dará el grueso BC que se pide.

En esta forma, no solo hemos dado Tablas para los Muros de Piedra, sino tambien para los que se fabrican de Ladrillo, habiendo deducido la particular construccion de cada una, de los principios mas generales, y mas simples que hemos podido discurrir. Las Re-

Tomo I.

F

glas

glas generales, que se han dado para los diferentes angulos que pueden formar los Declivos naturales de las Tierras, son de excelente uso en la práctica; porque si el terreno fuese unido, y fuerte, como la Greda, ò Arcilla, será facil advertir, que se podrá ahorrar mucha mamposteria; y quando sea arenisco, ò poco consistente, tambien se podrá arreglar el metodo con que se ha de executar la Obra, para que resulte solida, y segura; lo qual no es posible lograrlo por el tantè, y práctica solamente.



TA-

## T A B L A I I I.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Piedra con Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 3.

Alturas.	DECLIVOS.				Longitud del Contrafuerte.
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pies Pulgad.
10	2..7	2..10	3..0	3..2	3.....6
12	2..10	3..1	3..4	3..6	4.....0
14	3..1	3..5	3..8	3..11	4.....6
16	3..4	3..8	4..1	4..4	5.....0
18	3..7	4..0	4..5	4..8	5.....6
20	3..10	4..4	4..9	5..1	6.....0
22	4..1	4..7	5..1	5..5	6.....6
24	4..4	5..0	5..5	5..10	7.....0
26	4..7	5..3	5..9	6..2	7.....6
28	4..10	5..7	6..1	6..7	8.....0
30	5..1	5..10	6..5	6..11	8.....6
32	5..4	6..2	6..10	7..4	9.....0
34	5..7	6..6	7..2	7..9	9.....6
36	5..10	6..9	7..6	8..1	10.....0
38	6..1	7..1	7..10	8..5	10.....6
40	6..4	7..4	8..2	8..10	11.....0
42	6..7	7..8	8..6	9..3	11.....6
44	6..10	8..0	8..11	9..7	12.....0
46	7..1	8..4	9..3	10..0	12.....6
48	7..4	8..7	9..5	10..4	13.....0
50	7..7	9..0	9..10	10..9	13.....6

F 2

TA-

## T A B L A I V.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Ladrillo con Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 3.

Alturas.	DECLIVIOS.				Longitud del Contrafuerte.
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pies Pulgad.
10	3..2	3..6	3..8	3..9	3.....6
12	3..6	3..10	4..1	4..3	4.....0
14	3..10	4..3	4..6	4..9	4.....6
16	4..2	4..8	5..0	5..2	5.....0
18	4..6	5..1	5..6	5..8	5.....6
20	4..10	5..6	5..10	6..2	6.....0
22	5..3	5..10	6..4	6..7	6.....6
24	5..7	6..3	6..9	7..1	7.....0
26	5..11	6..8	7..2	7..6	7.....6
28	6..3	7..1	7..7	8..0	8.....0
30	6..7	7..6	8..1	8..5	8.....6
32	6..11	7..10	8..6	8..11	9.....0
34	7..3	8..3	8..11	9..5	9.....6
36	7..7	8..8	9..5	9..11	10.....0
38	7..11	9..1	9..10	10..4	10.....6
40	8..2	9..6	10..3	10..10	11.....0
42	8..7	9..10	10..8	11..4	11.....6
44	8..10	10..3	11..2	11..9	12.....0
46	9..4	10..8	11..7	12..3	12.....6
48	9..8	11..1	12..0	12..9	13.....0
50	10..0	11..6	12..5	13..2	13.....6

PRO-

## PROBLEMA V.

Determinar el grueso superior de un Muro de Piedra, capaz de resistir al empujo de un Parapeto de Tierra que ha de sostener, según el Perfil 4.

Para facilitar el calculo, supondremos, que el Declivio CG del Parapeto sea paralelo *Fig. 4* al que forman naturalmente las Tierras, como DH; pues aunque no siempre ocurre este caso en la práctica, es de poca consideracion la diferencia que produce.

Concurran en F la línea vertical DC, y la horizontal HG prolongadas: sea  $DC = a$ ,  $DF = b$ , y los demás valores como en los Problemas antecedentes; será  $CF = b - a$ : Asimismo, si del momento del triangulo DFH, que es  $\frac{4ssb^3}{27}$  (*Cor. II. Prob. I.*), restamos el del triangulo CFG, tendremos el correspondiente à las Tierras.

La presión de este triangulo es  $\frac{2}{9}ss \times (b - a)^2$  (*Cor. I. Prob. I.*); y la distancia desde la direccion horizontal, que pasa por su centro de gravedad, hasta el punto de apoyo A, será  $DC + \frac{2}{3}CF = a + \frac{2b}{3}$ : Luego el producto de esta distancia multiplicada por el peso, da-

rà



rà  $\frac{2}{27}ss(2b^3 - 3ab^2 + a^3)$  por el momento del mismo triángulo; que restado de  $\frac{4}{27}ssb^3$ , resulta  $\frac{2}{27}ss(3ab^2 - a^3)$  por el momento de las Tierras.

Respecto, que los momentos de este Muro, y Contrafuerte son los mismos que en el Problema III.; si dividimos el momento de las Tierras por  $\frac{1}{2}a$ , y lo multiplicamos por  $81 \times 64$ , descubrimos  $768ss(3bb - aa)$ , que substituido en lugar del primer termino de los que incluye el Signo Radical en la Equacion de aquel Problema, tendremos  $72x + 72na + 4.5a = \sqrt{(768ss(3bb - aa) - 60.75aa + 1728naa)}$  por la Equacion, que determina en el caso presente la cantidad incognita  $x$ .

Quando  $FC = 0$ , esto es, si no hay Parapeto de Tierra sobre el Muro, será  $a = b$ , y se reducirá la ultima Igualacion à la del Problema III.

Si la base AE del Declivio es un quinto de la altura EB, y el angulo  $CDH = 45^\circ$ , será  $n = 0.2$ , y  $ss = 0.5$ , y la Equacion antecedente quedará reducida à  $72x + 18.9a = \sqrt{1152bb - 375.63aa}$ : Pero si la base AE es un sexto de la altura BE, y el angulo  $CDH$  se conserva de  $45$ . grados, tendremos  $72x + 16.5a = \sqrt{1152bb - 396.75aa}$ .

Por medio de estas dos ultimas Equaciones se han construido las Tablas V, y VI, que expresan las Razones que tienen entre si las

al-

alturas, y gruesos superiores de esta clase de Muros; lo que explicaremos en pocos exemplos.

Supongase, que la altura de un Muro de Piedra sea à la del Parapeto que sostiene, como 3 à 2: luego serán proporcionales,  $3:2::a:$

$\frac{2}{3}a = CF$ ; y consiguientemente  $a + \frac{2}{3}a = \frac{5a}{3} = b$ , cuyo Quadrado multiplicado por  $1152$ , dará  $3200a^2$ , de quien restando  $375.63a^2$ , y sacando la Raiz quadrada de la diferencia, tendremos  $53.144a$ . Ultimamente restando de esta cantidad  $18.9a$ , y partiendo la diferencia por  $72$ , resultará  $x = 0.476a$  próximamente en el caso primero.

Pero si restamos  $396.75a^2$ , de  $3200a^2$ , y se saca la Raiz quadrada de la diferencia, tendremos  $52.947a$ ; de quien restando  $16.5a$ , y partiendo la diferencia por  $72$ , dará  $x = 0.506a$  próximamente en el caso segundo.

Si la altura del Muro es à la del Parapeto que sostiene, como 4 à 3, será  $b = \frac{7a}{4}$ : Substituyendo este valor en  $1152bb$ , dará  $3528aa$ , de quien restando  $375.63a^2$ , y extrayendo la Raiz quadrada del residuo, tendremos  $56.145a$ : Si de esto quitamos  $18.9a$ , y dividimos el resto por  $72$ , descubrimos  $x = 0.517a$  próximamente en el caso primero.

Pe-

Pero si restamos  $396.75aa$  de  $3528aa$ , y extraemos la Raiz quadrada de la diferencia, tendremos  $55.957a$ : Si de esto quitamos  $16.5a$ , y dividimos el residuo por  $72$ , resultará  $x = 0.548a$  próximamente en el segundo caso.

Si los Muros se hubiesen de construir de Ladrillo, no hay mas que aumentar el primer término de los que incluye el Signo Radical, en la razon de  $4$  à  $5$ , segun lo hemos dicho al fin del Problema II; y en esta disposicion, la Equacion general antecedente expresará la de los Muros de Ladrillo. De donde se figure, que si la base  $AE$  del Declivio es un quinto de la altura  $EB$ , y el angulo  $CDH = 45^\circ$ , será  $n = 0.2$ ,  $ss = 0.5$ , y  $72x + 18.9a = \sqrt{1440bb - 471.63aa}$  por la Equacion general de los Muros de Ladrillo en este caso. Y si la base es un sexto de la altura  $BE$ , y que el angulo  $CDH$  se conserve de  $45$ . grados, tendremos  $n = \frac{1}{6}$ ,  $ss = 0.5$ , y por conseqüencia  $72x + 16.5a = \sqrt{1440bb - 492.75aa}$  será la Equacion.

Supongase, que la altura del Muro sea à la del Parapeto de Tierra, como  $5$  à  $2$ , será  $b = \frac{7a}{5}$ , cuyo Quadrado multiplicado por  $1440$ , dará  $2822.4aa$ ; de quien restando  $471.63aa$ , y sacando la Raiz quadrada, se tendrá  $48.484a$ : Quitando de esta cantidad  $18.9a$ ,

Y

y partiendo la diferencia por  $72$ , resultará  $x = 0.411a$  próximamente en el primer caso.

Pero si restamos  $492.75a^2$  de  $2822.4a^2$ , y extraemos la Raiz quadrada de la diferencia, tendremos  $48.266a$ , de quien quitando  $16.5a$ , y partiendo el residuo por  $72$ , resultará  $x = 0.441a$  próximamente en el caso segundo.

### *Explicacion de las Tablas siguientes.*

Las Tablas V, y VI expresan la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra, que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo las bases de los Declivios de  $\frac{1}{5}$ , y de  $\frac{1}{6}$  de las alturas de los mismos Muros; y que el Declivio de las Tierras forma con el horizonte un angulo de  $45^\circ$ . La Razon que tienen las alturas del Muro, con las del Parapeto que sostienen, se expresa en las primeras lineas horizontal, y vertical: La longitud de los Contrafuertes, se ha considerado de la quarta parte de la altura del Muro, y su espesor es al intervalo entre dos inmediatos, como  $1$  à  $3$ , que es lo mismo que hemos dicho antecedentemente.

Las Tablas VII, y VIII expresan la misma Razon, quando los Muros son de Ladrillo.

El uso de las Tablas es en esta forma: Quando son conocidas las alturas del Muro, y

del Parapeto de Tierra, se ha de reducir à los minimos terminos la Razon que tengan entre si: Vease en la primera linea vertical el numero correspondiente à la altura del Muro, y en la primera linea horizontal, el que pertenece à expresar la del Parapeto: el numero opuesto à la primera, y debaxo del señalado en la segunda, determina la Razon entre la altura del Muro, y su grueso superior: multiplicando este numero por la altura del Muro, y tomando las tres ultimas notas, como decimales, darà el grueso que se busca.

*Exemplo.*

Supongase, que la altura del Muro de Piedra ha de ser de 20. pies; de un quinto la base del Declivio; y sea de 12. pies la altura del Parapeto de Tierra: En este caso son proporcionales, 20 : 12 :: 5 : 3; y el numero 442. (Tabla V), opuesto al 5. de la primera linea vertical, y debaxo de 3. en la primera horizontal, multiplicado por 20. (altura del Muro) darà 8.840, ò bien 8. pies, y 10. pulgadas proxímamente por el espesor superior.

Si la altura de un Muro de Piedra (cuyo Declivio es de  $\frac{1}{5}$ ) fuere de 13. pies, y la del Parapeto de 6.; el numero 371. en la misma Tabla, opuesto à 13, y debaxo de 6., multiplicado por 13. altura del Muro, darà 4.823,

ò

ò bien 4. pies y 9. pulgadas proxímamente por el grueso superior.

Pero si el Declivio fuese  $\frac{1}{6}$  de la altura del mismo Muro; el numero 403, en la Tabla VI, opuesto al 13, y debaxo del 6, multiplicado por 13, darà 5.239, ò bien 5. pies, y 3. pulgadas proxímamente. No hemos expresado el grueso inferior de los Muros, por que se halla añadiendo al superior la base del Declivio, como se dijo de las quatro Tablas primeras.

Las Quadrículas señaladas solo con un punto, debian expresar Razones ya determinadas en otras, y sería inutil repetir las; pues las Razones de 12 à 3; 15 à 6; 16 à 8; y 6 à 6; 4 à 4 &c.; son las mismas, que las de 4 à 1; 5 à 2; 2 à 1; y 1 à 1.

PROBLEMA VI.

*Hallar el grueso superior de un Muro ABCD, cuyos Contrafuertes CG tengan Declivio por la Fig. 5. parte interior.*

Tírese la línea FL perpendicular à la base AG, y supongase para facilitar el calculo, que  $CF = \frac{1}{8}$ , y la base  $DG = \frac{3}{8}$  de la altura DC; se tendrá la Area del Rectángulo  $DF = \frac{1}{8}aa$ , y tambien la del Triángulo  $FLG = \frac{1}{8}aa$ . Las distancias desde las perpendiculares sobre la base DG, que pasan por los

G 2

cen-

Centros de gravedad del Rectangulo DF, y del Triangulo FGL, hasta el punto de apoyo A, seràn  $AD + \frac{1}{2}DL = x + na + \frac{1}{16}a$ , y  $AL + \frac{1}{3}LG = x + na + \frac{5}{24}a$ ; y por consiguiente la suma de estas cantidades multiplicada por  $\frac{1}{8}aa$ , reduciendo el producto en la Razon de 4 à 1 (segun lo demostrado en el Problema III), darà  $\frac{1}{16}aax + \frac{1}{16}na^3 + \frac{3 \cdot 25}{384}a^3$  por el momento de los Contrafuertes; que añadido al del Muro, (hallado en el Problema II.) se tendrá el primer miembro de la Igualacion, que debe hacerse con el momento de las Tierras. Ultimamente despues de haber partido todo por  $\frac{1}{2}a$ , y añadido à entrambas partes  $\frac{1}{3}naa - \frac{5}{384}aa$ , se reducirà el segundo miembro à una misma denominacion; y multiplicada la Raiz del primero por la Raiz del comun denominador  $72 = \sqrt{81 \times 64}$ , resultará  $72x + 72na + 4.5a = a\sqrt{1536ss - 67.5 + 1728m}$ , por la Equacion que se busca; la qual difiere solo en el termino 67.5 de la que descubrimos en el Problema III, en donde por el expresado termino se halla 60.75.

Si se supone, que sea  $n=0.2$ , y  $ss=0.5$ ; multiplicando estos valores por sus coeficientes, se tendrá 769.62 por la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 27.742 (multiplicada por  $a$ , que està fuera del Signo) restando 18.9a, suma de los terminos conocidos, y partiendo la di-

fe-

## T A B L A V.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de  $\frac{1}{3}$  de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	641	1125	1640	2079	2553	3026	3499	3971	4443	4915
2	391	.	885	.	1365	.	1842	.	2316	.
3	305	476	.	804	965	.	1285	1445	.	1762
4	261	.	517	.	763	.	1005	.	1246	.
5	235	340	442	542	.	739	836	933	1029	.
6	217	.	.	.	559	.	723	.	.	.
7	205	280	354	427	498	570	.	711	781	850
8	194	.	327	.	454	.	579	.	702	.
9	186	247	.	363	420	.	532	587	.	695
10	180	.	287	.	.	.	491	.	591	.
11	173	225	273	321	368	414	460	506	551	596
12	171	.	.	.	349	.	433	.	.	.
13	168	211	251	292	332	371	411	449	488	527
14	165	.	242	.	318	.	391	.	463	.
15	162	199	.	270	.	.	374	408	.	.
16	160	.	228	.	294	.	359	.	423	.
17	158	190	222	254	285	316	346	376	406	436
18	156	.	.	.	276	.	334	.	.	.
19	154	183	212	240	268	296	323	351	377	405
20	152	.	208	.	.	.	314	.	366	.

## T A B L A VI.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de  $\frac{1}{6}$  de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	672	1157	1636	2112	2586	3060	3532	4004	4477	4949
2	422	.	917	.	1397	.	1874	.	2349	.
3	335	506	.	835	997	.	1317	1477	.	1796
4	291	.	548	.	796	.	1037	.	1277	.
5	264	370	472	574	.	770	868	965	1061	.
6	246	.	.	.	589	.	756	.	.	.
7	233	310	384	458	530	604	.	742	812	882
8	223	.	357	.	485	.	610	.	734	.
9	216	276	.	393	450	.	562	617	.	726
10	209	.	317	.	.	.	523	.	625	.
11	204	254	302	350	400	444	497	536	582	627
12	200	.	.	.	379	.	464	.	.	.
13	196	239	281	322	362	403	441	480	519	557
14	193	.	272	.	347	.	421	.	494	.
15	191	228	.	300	.	.	404	439	.	.
16	188	.	257	.	324	.	388	.	453	.
17	186	219	233	284	316	346	377	408	438	466
18	184	.	.	.	307	.	364	.	.	.
19	183	213	241	270	299	327	354	382	409	435
20	181	.	237	.	.	.	344	.	400	.

## T A B L A VII.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Ladrillo que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de  $\frac{1}{5}$  de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	748	1289	1824	2355	2885	3414	3943	4471	4999	5527
2	468	.	1020	.	1557	.	2089	.	2620	.
3	372	562	.	929	1110	.	1468	1646	.	2001
4	323	.	609	.	884	.	1155	.	1424	.
5	293	411	523	637	.	857	966	1074	1182	.
6	273	.	.	.	655	.	838	.	.	.
7	259	344	427	509	589	668	.	826	904	974
8	248	.	396	.	539	.	678	.	816	.
9	239	306	.	436	500	.	624	686	.	808
10	232	.	352	.	.	.	581	.	692	.
11	227	282	336	390	442	494	545	596	647	697
12	222	.	.	.	420	.	516	.	.	.
13	218	266	312	357	402	446	490	533	576	619
14	215	.	302	.	386	.	468	.	549	.
15	212	253	.	333	.	.	449	487	.	.
16	209	.	286	.	360	.	432	.	504	.
17	207	243	279	314	349	383	418	452	485	518
18	205	.	.	.	340	.	404	.	.	.
19	203	236	268	300	331	362	392	423	453	481
20	201	.	263	.	.	.	382	.	440	.

## T A B L A V I I I.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Ladrillo que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de  $\frac{1}{6}$  de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	779	1322	1856	2388	2918	3447	3976	4504	5032	5559
2	499	.	1052	.	1589	.	2122	.	2653	.
3	402	593	.	961	1142	.	1500	1678	.	2034
4	354	.	640	.	916	.	1187	.	1456	.
5	323	441	556	668	.	888	997	1106	1214	.
6	320	.	.	.	687	.	870	.	.	.
7	288	374	459	539	620	700	.	858	935	1013
8	277	.	427	.	570	.	710	.	848	.
9	269	336	.	467	530	.	656	717	.	840
10	262	.	383	.	.	.	612	.	724	.
11	256	312	367	420	473	525	576	627	678	729
12	251	.	.	.	451	.	546	.	.	.
13	247	295	341	387	432	477	521	564	608	651
14	244	.	332	.	416	.	.	.	580	.
15	241	282	.	362	.	.	480	518	.	.
16	238	.	315	.	390	.	463	.	535	.
17	236	273	309	344	379	414	448	482	516	548
18	234	.	.	.	369	.	435	.	.	.
19	232	265	298	329	361	392	423	453	484	512
20	230	.	293	.	.	.	412	.	470	.

ferencia por 72, dará  $x = 0.1228a$ . Aunque este valor es algo menor del que se determinò en el Problema III, no merece atencion la diferencia, respecto que solo es 0.0017 de pulgada; y por conseqüencia, qualquiera de estos Contrafuertes los puede aplicar con igual ventaja el que dirija la Obra.

Algunas veces se construyen los Contrafuertes con Bermas, disponiendolas de forma, que no variando sus Areas, ni bases se conserve uno mismo su momento.

Tambien suele construirse el Muro inclinado, y sin Contrafuertes, de tal modo, que su Perfil sea un Paralelogramo como ABCD, especialmente quando son baxos: En este caso para determinar su espesor AD, ò BC, se ha de tirar la diagonal AC, y del punto L en su mitad, como asimismo desde C, baxense las perpendiculares LK, CE sobre la base AD prolongada: supongase  $AD = x$ ,  $DE = na$ ,  $CE = a$ , y resultará la Area del Paralelogramo  $BD = ax$ . El Centro de gravedad de este Paralelogramo es el punto L, y AK será la distancia desde su direccion hasta el punto de apoyo A: pero AL es la mitad de AC; luego se tendrá la distancia  $AK = \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}na = \frac{1}{2}AE$ . Multiplicando la Area  $ax$  por la distancia AK, dará  $\frac{1}{2}axx + \frac{1}{2}naax$  por el momento del Muro, que debe igualarse con el de las Tierras  $\frac{4}{27}ssa^3$ : dividiendo todo por  $\frac{1}{2}a$ , y añadiendo à entrambas



bas partes  $\frac{1}{4}nnaa$ , será la primera un cuadrado perfecto; cuya Raiz multiplicada por la del comun denominador 324. del segundo miembro, reducido à una misma denominacion, dará  $18x + 9na = a\sqrt{96ss + 81nn}$ , para los Muros de Piedra.

Aumentando el primer termino 96ss que incluye el Signo Radical en la razon de 4 à 5, resultará  $18x + 9na = a\sqrt{120ss + 81nn}$ , por la Equacion que determina el valor de  $x$  en los Muros de Ladrillo.

Es facil conocer si estas especies de Muros necesitan mas, ò menos mamposteria, que los de la Figura 1. sin Contrafuertes. Porque, sea  $n = 0.2$ , y  $ss = 0.5$ , tendrèmos  $x = 0.297a$  proxìmanamente en los Muros de Piedra: y como en el Problema II. donde  $n$ , y  $s$  tienen los mismos valores que aqui, hemos hallado  $x = 0.2018a$ ; será la Area de aquel Perfil  $0.3018aa$ ; pero la Area del Paralelogramo BD es  $0.297aa$ : luego la diferencia  $0.0048aa$ , manifestará que esta ultima requiere menos material que la antecedente, aunque muy poco en los Muros baxos.

Antes de concluir esta Seccion, añadirèmos un Problema mas general, para hacer ver, que hubiera sido facil reducir el numero de ellos, sino fuera necesario conducir à los principiantes gradualmente, de las verdades mas simples à las mas compuestas.

PRO-

PROBLEMA VII.

*Supongase que el Perfil de un Muro de Piedra se representa por el Paralelogramo BD; y por el Trapecio DCFH la elevacion de sus Contrafuertes, cuyo Declivio FH sea igual al del Muro CD: se pide determinar el espesor BC quando ha de sostener Parapeto de Tierra.* Fig. 7.

Para facilitar el calculo supondrèmos, que CF es  $\frac{1}{10}$  de la altura CE, y los demàs valores como en los Problemas antecedentes; por conseqüencia será  $DH = 2na + \frac{a}{10}$ , que añadido à  $CF = \frac{a}{10}$ , y multiplicada la suma por la mitad de la altura CE, dará  $naa + \frac{1}{10}aa$  por la Area del Trapecio. Multiplicando esta por  $AD + \frac{1}{2}DH = x + na + \frac{1}{20}a$ , y reduciendo el producto en la razon de 4 à 1, se tendrá  $\frac{1}{40}aax + \frac{1}{4}naax + \frac{1}{4}nna^3 + \frac{3}{80}na^3 + \frac{1}{800}a^3$  por su momento, que añadido al del Muro  $\frac{1}{2}axx + \frac{1}{2}naax$ , determinado en el Problema VI, resultará el primer miembro de la Igualacion; y el segundo será  $\frac{2}{27}ss(3abb - a^3)$ , que es el momento de las Tierras descubierto en el Problema V. Dividiendo todo por  $\frac{1}{2}a$ , y añadiendo à entrambas partes  $\frac{1}{16}nnaa - \frac{3}{80}naa - \frac{1.5}{800}aa$ , quedará la primera un Cuadrado per-

perfecto; cuya Raiz, multiplicada por la del comun denominador 1296. de la segunda, despues de reducida esta à una propria denominacion, darà  $36x + 27na + 0.9a = \sqrt{(192ss(3bb - aa) + 81nnaa - 48.6nna - 2.43aa.)}$

Quando el Muro es de Ladrillo, solo hay que aumentar el coeficiente del primer termino de los que incluye el Signo Radical, en la razon de 4 à 5, para tener 240. en lugar de 192. en este caso; y los demàs terminos no deben alterarse.

Si no hubiese Parapeto de tierra sobre el Muro, ferà  $b = a$ , y el primer termino de los que incluye el Signo Radical se reducirà à  $384ssaa$ , y los demàs no tienen variacion.

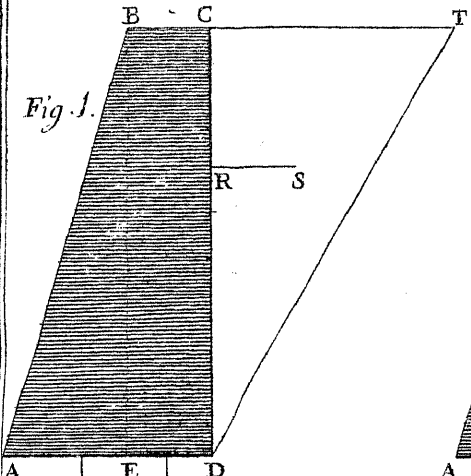
Quando  $n = 0.2$ , y  $ss = 0.5$ , se tendrà  $36x + 6.3a = \sqrt{(288bb - 97.134aa)}$  en los Muros de Piedra: Pero si  $n = \frac{1}{6}$ , y  $ss = 0.5$ , resultará  $36x + 5.4a = \sqrt{288bb - 97.53aa}$ .

Y si  $b = a$ , esto es si no hay Parapeto de tierra sobre el Muro, tendrèmos  $x = 0.208a$  en el primer caso, y  $x = 0.233a$  en el segundo. Pero si la altura del Muro es à la de las Tierras

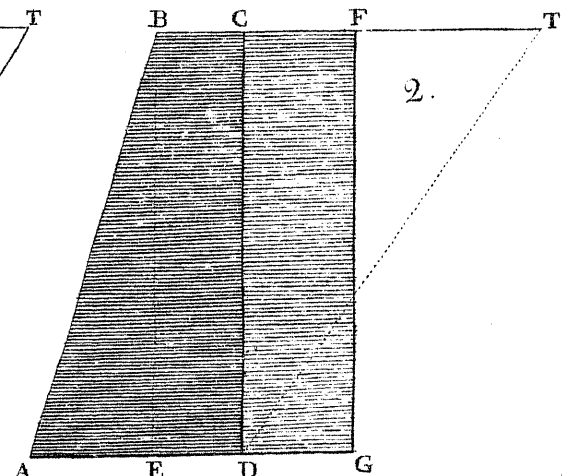
superiores, como 4 à 3, ferà  $b = \frac{7a}{4}$ ; cuyo Quadrado substituido en las dos Equaciones antecedentes, darà  $882aa$  por el primer termino de los que incluyen los Signos Radicales; y haciendo la Raiz quadrada, hallarèmos  $x = 0.6a$  proxìamente en el caso primero, y  $x = 0.628a$  en el segundo.

De

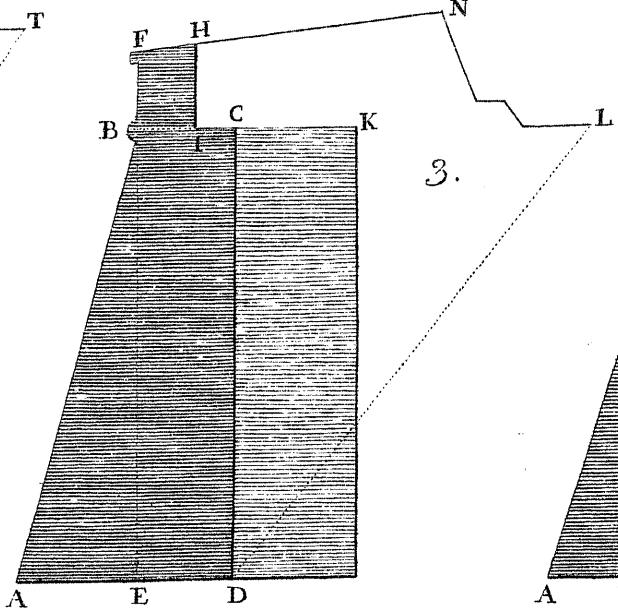
Fig. 1.



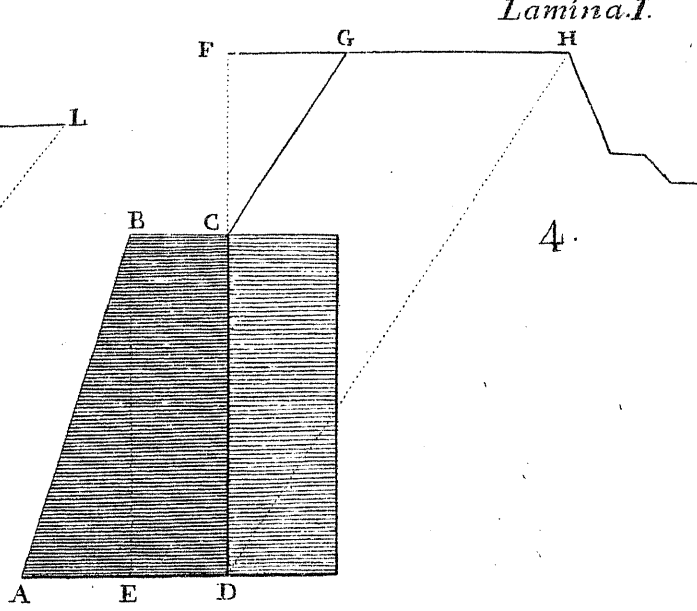
2.



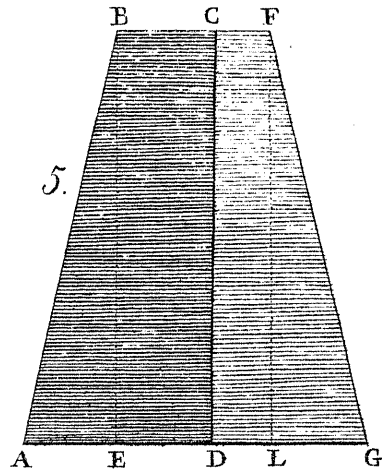
3.



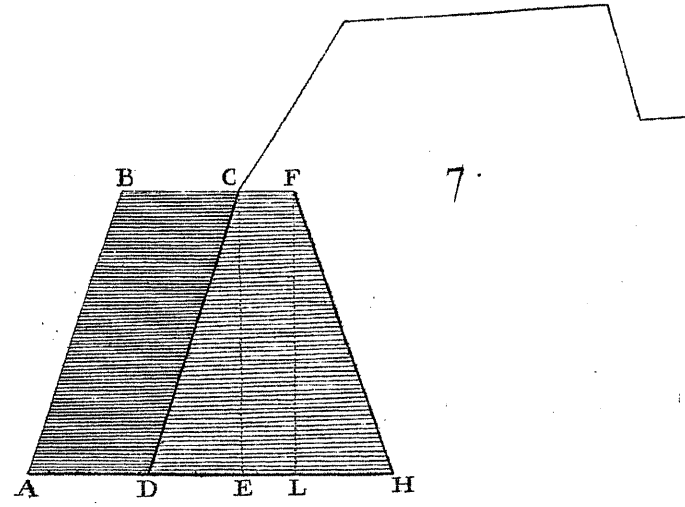
4.



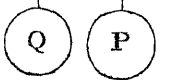
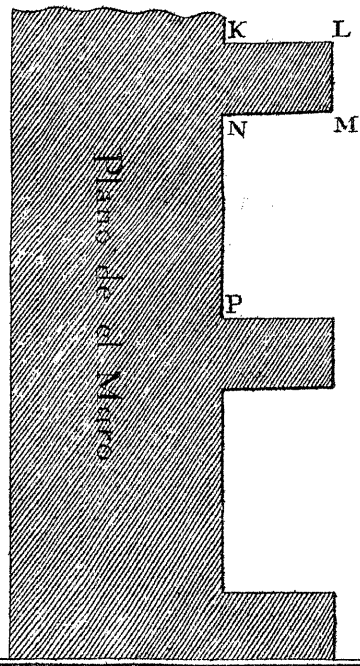
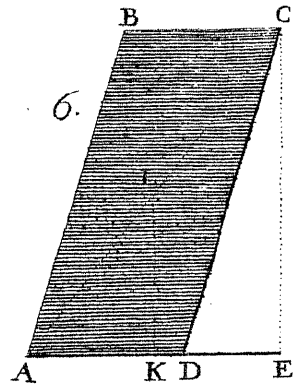
5.



7.



6.



De aquí se infiere la facilidad de comparar la mampostería, que contienen los Muros, cuyo Perfil es un Paralelogramo, y sus Contrafuertes Trapecios, con la que necesitan los Muros de Perfil Trapecio, y de Contrafuertes Rectángulos, como en la Figura 2. Por que en este caso se encontró la Area del Muro, y la del Contrafuerte reducida, de  $0.287aa$  quando  $n = \frac{1}{5}$ ; y de  $0.299aa$  quando  $n = \frac{1}{6}$ . Y la Area del Perfil, y Contrafuerte, que representa la Figura 7, la hemos hallado de  $0.283aa$  quando  $n = \frac{1}{5}$ ; y de  $0.298aa$  quando  $n = \frac{1}{6}$ . Por consiguiente, el Perfil en la forma de un Paralelogramo, consume menos material, que quando es Trapecio; y es mayor la diferencia siendo  $n = \frac{1}{5}$ , que si  $n = \frac{1}{6}$ : pero siempre, que  $n$  sea igual à  $\frac{1}{7}$ , ò  $\frac{1}{8}$ , tiene ventaja la Figura Trapecia, como se puede ver haciendo el calculo.

Hemos demostrado el modo de hallar el espesor que corresponde à los Muros para que resistan à la presión de las Tierras, atendiendo à los varios Perfiles que se pueden dar à los mismos Muros; y será facil conocer, que nuestro metodo es mas general, y mucho mas sencillo, que el que han establecido otros Autores: de cuya verdad son testimonios las muchas Reglas generales, que se han dado, y su facil aplicacion à la práctica. Además, que ningun Autor se ha resuelto à calcular Ta-

blas pârâ los Muros , que solo alcânzan hasta la mitad de la altura del Terraplen aunque sean mas utiles en muchas ocasiones que algun otro ; pues los mas habiles Ingenieros apenas los construyen de otra forma en estos tiempos , y esto por muy buenas razones ; porque sobre ser mas baratos, no los destruye con tanta facilidad el Cañon de batir , y se puede reparar la brecha con mucha prontitud.

Se podrá acaso decir , que hemos reducido los Contrafuertes à unas Figuras que facilitan el Calculo , y por consiguiente , que nuestras soluciones no son tan generales , como se ofrecieron : Pero si el Lector aplica nuestra Theoria à otros casos ; no solo se vencerà de su extension , si no tambien que todo lo que se deduce de ella , conviene à corta diferencia con las Reglas de *Mr. Vauban*. Ademàs que se ha manifestado , que los Contrafuertes de forma Rectangular , son los mas ventajosos ; los quales generalmente estàn en uso aqui en Inglaterra. En quanto à los que tienen Trapecio su Perfil , como en las Figuras 5. y 7. , hemos atendido à las dimensiones que son mas utiles en la pràctica , y que guardan una debida proporcion con los Muros , que fortalecen.

SEC-

## SECCION I I.

*Theoria de los Arcos.*

**L**A construccion de Bovedas , y Arcos es absolutamente necesaria en las Fortalezas para cubrir las Puertas principales , los pasos Subterraneos del cuerpo de la Plaza al Foso , Almacenes de polvora , Casa-matas , Hospitales para Enfermos , y Heridos , y Alojamientos en que la Tropa de descanso esté segura.

No es de poca importancia en la construccion de una Fortaleza , determinar con acierto el espesor que corresponde à los Pilares , ò Muros , que han de sostener Arcos , ò Bovedas de varias magnitudes , y circunstancias , à fin de lograr una Obra solida , y durable , sin consumir mas materiales , que los precisos.

Para la fabrica de los Almacenes de polvora à prueba de Bomba , es indispensable en un Ingeniero mucho fondo de habilidad , y de prudencia ; porque en mi concepto , no se han establecido hasta ahora por algun Autor , Reglas seguras , que le dirijan. Generalmente se siguen las dimensiones , que *Mr. Vauban* señalò à los Almacenes ; y seria superfluo buscar otras , en vista de lo bien que han provado en la pràctica , si en muchos casos no fuera

H 2

ne-

necesario hacer Arcos de diferentes mágnitudes, y figuras, de aquellas de que hizo uso. En esta consideracion, será conveniente establecer una Theoria, que corresponda, y satisfaga à las varias circunstancias, que ocurran.

Uno de los Problemas de mayor dificultad en la Mechànica, es determinar el momento, ò fuerza con que obran las diversas especies de Arcos, contra los Pilares que los sostienen. Y aunque muchos Mathematicos de credito, especialmente algunos Miembros de la Real Academia de las Ciencias en Paris, y *Mr. Belidor* en su Obra intitulada: *La Science des Ingenieurs*, procuraron resolverle; con todo, si no me engaño, ninguno lo ha conseguido; pues qualquiera que lea sus Obras, se convencerà mas de las dificultades que embuelben, que de la verdad de sus soluciones: y aun será facil distinguir, que algunos de estos Autores se han engañado, y ofuscado con prolijas expresiones algebraicas, que aplicadas à casos simples de la pràctica, son imposibles; lo qual manifiesta, que sus calculos están fundados sobre principios erroneos.

Es verdad, que *Mr. Belidor*, ha sido mas feliz, que algunos otros en establecer sus principios: pero la aplicacion, que de ellos hace, no està libre de objeciones, como se verá mas adelante, y en esto ha consistido, que el espe-

for,

for, que determina à los Pilares sea mucho menor de lo justo.

Parece que es una materia dificil, determinar exàctamente este Problema, respecto de las suposiciones, que necesariamente se han de hacer sobre las circunstancias de la mezcla, que se emplea para conservar unidas las Dovelas.

Estas las supondrèmos, siguiendo à *Mr. Belidor*, asentadas, y unidas con mezcla de tal naturaleza, que impidiendo el que se resvalen unas sobre otras, no resulte el compuesto una sola Piedra; porque en este caso no habria empujo obliquo contra los Pilares: Así, la consistencia de la mezcla ha de ser de modo, que si los Pilares no fuesen suficientemente robustos, se romperia el Arco por la parte mas debil, trastornando los mismos Pilares, que le sostenian. Esta suposicion es la mas natural, que se puede hacer, y la mas conforme à la experiencia: porque muchos Arcos se han caido por faltar à sus Pilares la precisa robustez para resistir à la presion obliqua: ademàs, la mezcla necesita algun tiempo para endurecerse; y hasta lograrlo, siempre habria que recelar algun accidente.

PRO-

## PROBLEMA I.

*Determinar la presión de un Arco contra los Pí-  
lars, que le sostienen.*

Lam. 2. **S**ea AEEFG la Sección del medio Arco;  
Fig. 1. ABCD la del Pilar; el punto C se puede  
considerar, como de apoyo, sobre quien se  
movería el Pie derecho si hubiese de derribar-  
le el Arco; MN una de las Dovelas; O el cen-  
tro donde todas las juntas prolongadas con-  
curren; y ultimamente, que AS sea la línea,  
que determina el claro del Arco.

Por el Centro de gravedad X de la Dove-  
la MN, tirese la vertical XT, y la perpendi-  
cular XQ à la junta OM; y de qualquier pun-  
to *a* en XT, tirese *ab* perpendicular à XQ, y  
*bd* à XT. El peso de la Piedra MN es à su  
efecto en la dirección *Xb*, como *Xa* es à *Xb*;  
y en la dirección *ba*, como *Xa* es à *ba*: Este  
ultimo efecto se destruye por el ludimento de  
las Piedras, junto con la tenacidad de la mez-  
cla; y por consiguiente, solo se ha de confi-  
derar el primero *Xb*. Pero la fuerza *Xb*, es  
equivalente à las fuerzas *db*, y *Xd*, la primera  
perpendicular, y la segunda paralela à la di-  
rección CV en que resiste el Pie derecho, la  
qual se destruye por la acción contraria de la  
otra mitad del Arco: luego solo se ha de confi-  
derar la primera expresada por *db*. Si

Si del punto de apoyo C se tira la recta  
CQ perpendicular à la dirección XQ, y esta  
corta à CV en R, resultarán iguales los angu-  
los CRQ, *bXd*; y consiguientemente los trian-  
gulos CRQ, *bXd* serán semejantes: luego se ten-  
drà  $CR : CQ :: bX : bd$ , y  $CR \times bd = CQ \times bX$ .

Se ha probado, que el momento CQ  
 $\times bX$  de la fuerza *Xb*, es igual al producto de  
la fuerza *db* multiplicada por la distancia CR:  
y como la misma demostración es aplicable  
à qualquiera otra Dovela; se sigue ( por la pro-  
piedad del Centro de gravedad ), que el mo-  
mento de la mitad del Arco contra el Pie de-  
recho, es igual al producto de su peso reuni-  
do en el Centro de gravedad, multiplicado  
por la respectiva distancia desde el punto C  
hasta su dirección.

Luego si el punto L es Centro de grave-  
dad de AEEFG, mitad del Arco, y LI (per-  
pendicular à OM) corta à OD en H, y à CV  
en I; el producto de la suma de todos los pe-  
sos en la dirección *db*, multiplicada por la  
distancia CI, expresará el momento total de la  
presión del Arco contra el Pie derecho.

## Corolario I.

De aqui se infiere, que si LK es perpen-  
dicular à OA, y *s* representa el seno del angu-  
lo LOK, *r* su coseno, suponiendo la unidad  
por

por el Radio , y que  $n$  exprese el peso de la mitad del Arco ; en los Triangulos semejantes, y Rectangulos LKO,  $Xab$ ,  $Xbd$ , se tendrá  $1 : r :: aX : bX = rn$ , y  $1 : s :: bX : bd = rsn$ : Substituyendo este valor en  $CR \times bd$ , y CI por CR, resultará  $rsn \times CI$  por el momento de la presión del Arco contra el Pie derecho; y si el peso de este se denota por  $W$ , tendremos (segun los principios de Mechànica)  $rsn \times CI = \frac{1}{2}BC \times W$  en el estado del Equilibrio.

### Corolario I I.

Quando el Arco es un semicirculo , será  $r = s = \sqrt{\frac{1}{2}}$ , y si es eliptico , ò un Arco de circulo , la altura OE rara vez es menor , que los dos tercios de la mitad del claro AS; y en este caso serán proporcionales,  $s : r :: 2 : 3$ , y se tendrá el Radio igual à  $\sqrt{4 + 9} = \sqrt{13}$ : luego  $rs = \frac{6}{13} = \frac{1}{2} - \frac{1}{26}$ ; lo qual es tan proximo à lo que resulta en el semicirculo , suponiendo  $rs = \frac{1}{2}$ , que apenas será sensible en la práctica la diferencia: y si  $n$  expresa la mitad del Area AEFG, la Equacion del Corolario antecedente será  $2n \times CI = BC \times W$ .

### Corolario I I I.

Si se atiende al Indimento de las Dovelas; exprese  $q$  el peso, que podria mover à una

una Piedra situada horizontalmente sobre otra: En este caso , respecto que el peso , ò fuerza es à su efecto en qualquiera otra direccion MO , como el Radio al seno  $s$  del angulo LOK (consta de la Machinaria),  $sq$  expresará este efecto: Tambien el Radio es al coseno  $r$ , como el efecto en la direccion MO à  $rsq$ , efecto en la direccion horizontal  $db$ , que resultado de la fuerza  $rsn$ , ya determinada, resultará  $rs(n - q) \times CI = \frac{1}{2}BC \times W$ . Pero habiendose encontrado por experimentos , que una fuerza igual à la tercera parte del peso de un cuerpo , es suficiente para mover à este sobre un Plano liso en una direccion horizontal; la fuerza  $q$ , será igual à lo menos à un tercio del peso  $n$ : por consecuencia  $\frac{2}{3}rsn \times CI = \frac{1}{2}BC \times W$ , ò bien si  $rs = \frac{1}{2}$ , y  $n$  expresa un tercio de la Area AEFG, tendremos  $2n \times CI = BC \times W$ , como en el Corolario antecedente.

### Advertencia Primera.

Como las superficies de las Dovelas ordinariamente son muy asperas, y por otra parte la mezcla contribuye à que no se resbalen unas sobre otras; es claro, que el momento, que hemos deducido aqui, es mayor del que sencillamente resulta de los pesos de las mismas Dovelas: y esto, sin considerar que el



peso  $n$  debe disminuirse una tercera parte, por el ludimento, como se ha dicho en el Corolario anterior. Pero atendiendo, à que los Arcos subterranos, han de sostener con su propio peso, el de las Tierras que los carga, y que los que se construyen sobre el terreno, deben resistir al impetu de las Bombas; no disminuirèmos en nuestras computaciones este momento, dexando à los Ingenieros el arbitrio de acortarle, siempre que su prudencia lo juzgue conveniente: lo qual se puede hacer suponiendo que  $n$  expresa qualquiera parte de la Area AEFG en los siguientes Calculos.

### *Advertencia Segunda.*

Con el angulo AOL se aumenta la perpendicular CQ, ò el momento del Arco, hasta que el expresado angulo sea recto; y en este caso CQ es igual à la linea CV, terminada por la horizontal, que pasa por medio de la junta mas elevada EF: luego CV es la mayor distancia entre todas las CQ, y quando XQ pasa por el punto de apoyo C, serà CQ = 0: Si la direccion XQ pasa entre los puntos B, y C, se hace negativa, y la mayor de estas quando es igual à  $DG + \frac{1}{2}AG$ . La parte del Arco desde la junta donde CQ = 0, hasta su arranque AG, en lugar de obrar contra el Pie derecho, le añade fuerza; pero como la an-

te-

recedente propiedad del Centro de gravedad, es general, ya sea, ò no positiva la perpendicular CQ, no tenemos necesidad de considerar separadamente la parte negativa.

### PROBLEMA I I.

*Hallar el espesor BC de los Pies derechos, que han de sostener à un Arco terminado por dos semicirculos concentricos, descritos desde el punto O en la linea AS, que pasa por los arranques del mismo Arco.*

Suponganse los Radios  $AO = a$ ,  $OG = b$ , la altura del Pie derecho  $AB = c$ , su espesor  $BC = z$ , y la perpendicular  $LK = m$ . Los Triangulos Rectangulos OHL, HDI son Isoceles; luego tendremos  $OH = 2m$ ,  $DH = DI = a + z - 2m$ , y  $CI = c - a - z + 2m$ , ò bien, considerando  $C - a + 2m = g$ , serà  $CI = g - z$ : y respecto que  $W = cz$ , substituyendo estos valores en la formula  $2n \times CI = BC \times W$  determinada en el Corolario II. de la Proposicion primera, resultará  $2ng - 2nz = czz$ , ò bien  $czz + 2nz = 2ng$ ; de donde se saca  $cz + n = \sqrt{2cng + m}$ .

Por medio de esta Equacion se descubre el espesor, que corresponde al Pie derecho; pero antes de aplicarla, es preciso determinar los valores de  $m$ , y  $n$ . Supogase, que la unidad

I 2

sea

sea à  $r$ , como el diametro de un Círculo à su circunferencia; y se hallará por la Geometría, que  $\frac{1}{4}raa$ , y  $\frac{1}{4}rbb$ , expresarán las Areas de los Quadrantes, y  $4n = rbb - raa$ . Las Semiespheras producidas por la revolucion de estos Quadrantes al rededor del Exe GO, serán  $\frac{2}{3}ra^3$ , y  $\frac{2}{3}rb^3$ ; y su diferencia dará el Solido generado por la Area del Arco GE sobre el mismo Exe. Este mismo Solido ( por una propiedad conocida del Centro de gravedad ), tambien es igual al producto del Plano generador  $n$ , multiplicado por la circunferencia  $2rm$ , que describe en la rotacion su Centro de gravedad L. De donde se sigue, que  $2rnm = \frac{2}{3}rb^3 - \frac{2}{3}ra^3$ , ò bien  $3nm = b^3 - a^3$ ; y dividiendo esta Equacion por  $4n = rbb - raa$ , dará  $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 12$ ,  $b = c = 15$ ; y respecto, que ( segun Ludolfo Van-Ceulen )  $r = 3.14159$ , tendremos  $n = \frac{1}{4}r(bb - aa) = 63.6171$ , ò bien  $\frac{n}{2} = 31.808 \frac{1}{2}$ ;  $a + \frac{bb}{a+b} = 20 \frac{1}{3}$ ; de que resulta  $m = 8.629$ ,  $g = c + 2m - a = 20.258$ ; y  $2cg + n = 639.548$ : multiplicando esta ultima expresion por  $31.808 \frac{1}{2}$ , dará  $20343.062558$  por la suma de los terminos conocidos, que incluye el Signo Radical; de

cu-

cuyá Raiz quadrada 142.69, restando el termino conocido 31.808, y partiendo la diferencia por el coeficiente  $c = 15$ , se descubre  $z = 7.388$ , ò bien  $BC = 7$  pies, y 4. pulgadas.

Si atendiendo al ludimento, tomamos solo 21.2056, que es un tercio del valor de  $n$ , se tendrá  $2cg + n = 628.9456$ , que multiplicado por 21.2056, dará 13337.168815 por la suma de los terminos que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 115.866, restando el termino conocido 21.2056, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, resultará  $z = 6.285$ , ò bien  $BC = 6$  pies, y 3. pulgadas.

### PROBLEMA III.

*Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior FG del Arco es una línea recta perpendicular al Radio OM, que biseca al Quadrante OAE.* Fig. 2.

ES manifiesto, que los Triangulos OLH, HDI son los mismos en esta Figura, que en la primera; luego este Problema solo difiere del antecedente en los valores de  $n$ , y  $m$ : De que se sigue, que si suponemos  $OM = b$ , y los demás datos como antes; tendremos en el Triangulo Isocelos Rectangulo GOF,  $GF = 2b$ ; y  $bb$  expresará la Area de este Triangulo.

gulo : el Quadrante OAE es igual à  $\frac{1}{4}raa$ ; por  
configuiente  $n = bb - \frac{1}{4}raa$ .

Siendo  $OF = b\sqrt{2}$ , el Cono producido  
por la revolucion del Triangulo OFG al rede-  
dor del Exe OF, serà  $\frac{2}{3}rb^3\sqrt{2}$ : La Semiespha-  
ra interior es  $\frac{2}{3}ra^3$ ; y respecto que la unidad  
es à  $2r$ , como el Radio  $KL = OK = m$  es à la  
circunferencia  $2\pi m$  descrita en la rotacion  
por el Centro de gravedad L, tendrèmos  $3\pi m$   
 $= b^3\sqrt{2} - a^3$ , por lo que se ha dicho ante-  
cedentemente ( despues de haber multipli-  
cado todo por 3, y dividido por  $2r$ ); con-  
seqüentemente resultará  $g = c + 2m - a$ , y  
 $cz + n = \sqrt{2cgn + nm}$ , como en el Proble-  
ma II.

### Exemplo.

Supongase  $a = 12.5$ ,  $b = 15.5$ ,  $c = 15$ ;  
serà  $n = 117.5387$ ,  $m = 9.3988$ ,  $g = 21.2976$ ;  
y si tomamos  $58.7694$ , mitad del valor de  $n$ ,  
tendrèmos  $2cg + n = 697.6974$ , que multi-  
plicado por  $58.7694$ , darà  $41003.257579$  por  
la suma de los terminos que incluye el Signo  
Radical: La Raiz quadrada de esta cantidad es  
 $202.492$ , de quien restando el termino cono-  
cido  $58.769$ , y partiendo la diferencia por el  
coeficiente  $15$ , resulta  $z = 9.58$ , ò bien  $BC$   
 $= 9$  pies, y  $7$ . pulgadas:

Pero si tomamos  $39.1796$ , que ès un ter-  
cio solo de  $n$ , considerando el ludimento; en  
este

este caso tendrèmos  $2cg + n = 678.1076$ , que  
multiplicado por  $39.1796$ , darà  $26567.984585$   
por la suma de los terminos que incluye  
el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada  
 $162.996$ , quitando el termino conocido  
 $39.1796$ , y partiendo la diferencia por el  
coeficiente  $15$ , resultará  $z = 8.254$ , ò bien  
 $BC = 8$  pies, y  $3$ . pulgadas.

### Advertencia.

Todos los Arcos requieren un cierto es-  
pesor en los riñones M, para sostener su pro-  
prio peso, y en los Almacenes de polvora hay  
que atender ademàs à la resistencia que deben  
hacer al impulso de las Bombas; pero el mo-  
do de determinarlo exàctamente es muy difi-  
cil. Es verdad, que *Mr. Vauban* le hace de  $3$ .  
pies ( medida de Paris ) en un Arco de  $25$ . de  
claro; y como sus Almacenes estàn bien acre-  
ditados por todas razones, no la hay de dudar,  
que este espesor sea suficiente para los Arcos  
de aquella anchura. Pero si considèramos, que  
la fuerza, que sostiene una Viga, es como el  
Cuadrado de su altura dividido por la Palanca  
de la fuerza aplicada ( como demonstramos en  
el Problema I. de la Seccion inmediata ): en  
este caso, la altura de la Viga se representará  
aquí por el espesor del Arco, y la Palanca por  
su Radio. El Radio  $12.5$  pies es à qualquiera  
otro

otro Radio, como el Quadrado 9. del espesor 3, es al Quadrado del espesor, que se busca. De donde se infiere esta Regla: *Multipliquese el Radio de qualquier Arco por 9, y dividase el producto por 12.5; y la Raiz quadrada del quociente serà el espesor de este Arco.*

## PROBLEMA IV.

*Hallar el espesor BC, que corresponde à los Pies derechos, quando el lado interior del Arco es una linea recta paralela al lado exterior.*

Suponiendo los mismos datos, que en el Problema antecedente, tendrèmos  $n = \frac{bb}{aa}$ ,  $3nm = (b^3 - a^3) \times \sqrt{2}$ , ò bien  $\frac{3m}{\sqrt{2}} = a + \frac{bb}{a+b}$ ,  $g = c + 2m - a$ , y  $cz + n = \sqrt{2cgn + nm}$ .

*Exemplo:*

Sea  $a = 12.5$ ,  $b = 15.5$ ,  $c = 15$ ; serà  $n = 84$ ,  $a + \frac{bb}{a+b} = 21.08$ , ò bien  $m = 9.937$ ,  $g = 22.374$ , y  $2cg + n = 713.22$ , que multiplicado por 42 mitad del valor de  $n$ , darà 29955.24 por la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada

drada 173.075, restando el termino conocido 42, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, resultará  $z = 8.738$ , ò bien  $BC = 8$  pies, y 8.8 pulgadas; esto es, cerca de un Pie menor que en el ultimo Exemplo. La razon consiste, en que en aquel,  $n$  es igual à 117, y en este, solo à 84: luego el Pie derecho tiene aqui menos peso, ò empujo que sostener.

## PROBLEMA V.

*Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando el Arco se comprehende entre dos porciones de Circulos descritos desde un mismo Centro O inferior à la linea AS, que pasa por los arranques.*

Fig. 3.

Tírese la cuerda AE; prolonguese el Radio OA hasta encontrar en R al Arco GF; la linea OD (paralela à PA) corte à CI en D, y à la direccion LI en H, y sea  $OA = a$ ,  $OM = b$ ,  $AP = p$ ,  $PE = d$ ,  $AE = h$ , el Arco  $AE = u$ .

Esto supuesto, tendrèmos  $\frac{1}{2}au$  por la Area del Sector OAE; y como los Sectores OAE, ORF son semejantes, seràn como los Quadrados de sus Radios: luego  $aa:bb::$

$$\frac{1}{2}au: \frac{bbu}{2a} = ORF, \text{ y } zna = u(bb - aa).$$

Los Solidos producidos por la revolucion de estos Sectores, al rededor de una linea,

que pasa por el Centro O, perpendicular à la línea OM, son los dos tercios de los Cilindros de las mismas bases, y cuyas alturas son las cuerdas de estos Arcos ( como consta de la Geometria practica ): Siendo las bases  $raa$ ,  $ibb$ , y las alturas  $h$ ,  $\frac{bb}{a}$ , serán estos Solidos

$\frac{2}{3}raah$ ,  $\frac{2b}{3a}hb^3$ ; y suponiendo  $OL = m$ , tendrèmos  $3amn = b(b^3 - a^3)$ .

Los Triangulos Rectangulos OLH, HDI son semejantes al Triangulo APE; por consiguiente, serán proporcionales  $PE = d : AE = b :: OL = m : OH = \frac{bm}{d}$ , y se tendrá  $DH = p + z - \frac{bm}{d}$ . Asimismo  $AP = p : PE = d :: DH = p + z - \frac{bm}{d} : DI = d + \frac{dz}{p} - \frac{bm}{p}$ . Respecto que  $OP = a - d$ , restando la suma de DI, y OP de la altura del Pie dicho  $c$ , resultará  $CI = c - a + \frac{bm}{p} - \frac{dz}{p}$ ; ò bien si  $g = c - a + \frac{bm}{p}$ , será  $CI = g - \frac{dz}{p}$ , y por consecuencia  $czz = 2ng - \frac{2ndz}{p}$  \*; y supo-

\* Corol. III. Prob. I.

niendo  $dn = pq$ , la Raiz quadrada de esta Equacion dará  $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$ .

De aqui se sigue, que si la altura PE del Arco es los dos tercios de AP, esto es,  $d = \frac{2}{3}p$ ; el Triangulo Rectangulo APE, dará  $h = \frac{p}{3}\sqrt{13}$ , y el Triangulo Rectangulo APO, dará  $12a = 13p$ : Por ser  $PO = a - d$ , y  $q = \frac{dn}{p}$ , tendrèmos  $PO = \frac{5}{13}a$ ,  $q = \frac{2}{3}n$ , y  $g = c + \frac{m}{3}\sqrt{13} - a$ . Pero  $AO = a$ , es à  $PO = \frac{5}{13}a$ , como el Radio 100000 à 38461, Coseno del angulo AOP; por consiguiente este angulo es de  $67^\circ$ , y  $23'$  próximamente, ò bien  $67\frac{23}{60}$  grados. Expresando  $ra$  la mitad de la circunferencia del Radio  $a$ , serán proporcionales,  $180^\circ$  à  $67^\circ 23'$ , como  $ra$  à  $u = \frac{4043}{10800}ra$ .

### Exemplo.

Sea  $AP = p = 12$ ,  $c = 15$ ; será  $a = 13$ , y  $b = 16$ : luego  $h = 14.422$ ,  $u = 15.2887$ ,  $n = 51.1583$ ,  $m = 13.727$ ,  $q = 17.0527$ ,  $g = 18.4975$ ; y  $2cng = 14194.5095$ ,  $qq = 290.9753$ : consiguientemente, 14485.4848 será la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 120.355, de quien restando el termino conocido 17.053, y partiendo la diferencia por

el coeficiente 15, se tendrá  $z = 6.886$ , ó  $BC = 6$  pies, y 10. pulgadas, que es menor que  $z = 7.388$  descubierto en el Problema II.

## PROBLEMA VI.

Fig. 4. *Hallar el espesor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior FG es una línea recta paralela à la cuerda AE, y los demás datos como en el Problema antecedente.*

ES evidente, que este Problema solo difiere del V. en los valores de  $m$ , y  $n$ : luego siendo semejantes los Triangulos Rectangulos APE, OMF, tendremos  $AP = p : PE = d :: OM = b : MF = \frac{bd}{p}$ : Siendo  $MR = MF$ , será  $\frac{bbd}{p}$  la Area del Triangulo ORF; y expresando  $\frac{1}{2}au$  la Area del Sector OAE, resultará  $2pn = 2dbb - apu$ .

-El Solido producido por la revolucion del Triangulo ORF al rededor de un Exe, que pasa por el Centro O, paralelo à la cuerda AE, es los dos tercios del Cilindro de la misma base, y altura; y siendo la base  $rbb$ , y la altura  $RF = \frac{2bd}{p}$ , será este Solido  $\frac{4rdb^3}{3p}$ : El Solido producido por el Sector OAE en esta rotacion es  $\frac{2}{3}raab$ ; consiguientemente, tendremos

$$3mnp$$

$3mnp = 2db^3 - aahp$ , despues de haber multiplicado todo por  $3p$ , y partido por  $2r$ .

Y por ultimo suponiendo  $g = c - a + \frac{bm}{p}$ , y  $dn = pq$ , se deduce  $cx + q = \sqrt{(2cng + qq)}$ , como en el Problema antecedente. Si el Centro O se concibe, que coincide con el punto P, resultarán iguales las líneas  $a, p, d$ , y las Equaciones de los Problemas V, y VI, serán las mismas, que las del II, y III; con esta diferencia, que en aquellos OL es igual  $m$ , y en estos  $LK = m$ .

Si PE es los dos tercios de AP, descubriremos los mismos valores, que en el Problema antecedente; esto es  $d = \frac{2}{3}p$ ,  $q = \frac{2}{3}n$ ,  $12a = 13p$ ,  $b = \frac{p}{3}\sqrt{13}$ ,  $g = c + \frac{1}{3}m\sqrt{13} - a$ , y  $u = \frac{4r43}{10800}ra$ .

## Exemplo.

Sea  $p = 12$ ,  $c = 15$ ; será  $a = 13$ ,  $b = 16$ ,  $u = 15.288$ ,  $n = 71.289$ ,  $m = 14.139$ ; y si tomamos la mitad del valor de  $n$ , tendremos  $q = 23.763$ ,  $2cng = 20312.0183$ ,  $qq = 564.6802$ , y  $20876.6985$  será la suma de los terminos que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada  $144.487$ , restando el termino conocido  $23.763$ , y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, dará  $z = 8.04$ , que

que es menor que  $z = 3.254$ . descubierto en el Problema III.

En las dos ultimas Figuras hemos despreciado el pequeño espacio AGR, por que siendo de poca consideracion, hubiera embarazado mucho las Operaciones; ademàs, que en la pràctica es imposible una exàctitud Geometrica, la qual tampoco es necesaria, mayormente quando apartandose de ella (sin error sensible) se hacen los Calculos mas simples, y mas faciles, como sucede en el caso presente.

### PROBLEMA VII.

Fig. 5. *Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando el Arco se comprehende entre dos porciones de Circulos, descritos desde el Centro O situado en la linea AS que pasa por los arranques del Arco.*

Los valores de  $m$ , y  $n$  es evidente, que son aqui los mismos, que en el Problema V, respecto que tenemos los mismos Sectores, y Triangulos, que en la Figura 3: luego  $2na = n(bb - aa)$ , y  $\frac{3um}{2b} = a + \frac{bb}{a+b}$ .

Por la semejanza de los Triangulos PEA, OLH, tenemos  $PE = d : AE = b :: OL (=m) : OH = \frac{bm}{d}$ ; y por configuiente  $a + z$

$-\frac{bm}{d} = DH$ . Asimismo los Triangulos semejantes APE, HDI, daràn  $AP = p : PE = d :: DH = a + z - \frac{bm}{d} : DI = \frac{ad}{p} + \frac{dz}{p} - \frac{bm}{p}$ ; de donde resulta  $CI = c - \frac{da}{p} - \frac{dz}{p} + \frac{bm}{p}$ , ò bien si  $g = c - \frac{da}{p} + \frac{bm}{p}$ , serà  $CI = g - \frac{dz}{p}$ ; y por consecuencia  $czz = 2ng - \frac{2nz}{p}$ \*; y si  $dn = qq$ , la Raiz quadrada de esta Equacion serà  $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$ .

Si OP es un quarto del Radio OA; esto es si el Radio es los dos tercios del claro del Arco, serà  $AP = p = \frac{3}{4}a$ ; y el Triangulo Rectangulo OPE, darà  $PE = d = \frac{a}{4}\sqrt{15}$ , y el Triangulo APE tambien Rectangulo darà  $AE = b = \frac{a}{2}\sqrt{6}$ . Pero  $OE = a$ , es à OP  $= \frac{1}{4}a$ , como el Radio 100000 es al Co-seno 25000 del angulo AOE; por consecuencia este angulo serà de  $75^{\circ} 32'$ , ò bien  $75.5 \frac{1}{3}$  grados.

Respecto que la unidad es à 3.15159, como el Radio  $a$  es à la semicircunferencia  $3.14159a$ ,

\* Corol. III. Prob. I.

3.14159*a*, tendrèmos  $180^\circ$  à  $75^\circ 32'$ , como la semicircunferencia 3.14159*a* es al Arco  $u = 1.32*a*$  proxìmente.

*Exemplo.*

Sea  $AP = 12$ ,  $c = 15$ ; serà  $a = 16$ ,  $b = 19$ ; luego  $n = 69.3$ ,  $m = 16.2645$ ,  $g = 20.8985$ ; y si tomamos la mitad del valor de  $n$ , tendrèmos  $q = 44.733$ ,  $2cng = 21723.9907$ ,  $qq = 2001.0413$ , y la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, serà  $23725.032$ , de cuya Raiz quadrada  $154.028$ , restando el termino conocido  $44.733$ , y partiendo la diferencia por el coeficiente  $15$ , resulta  $z = 7.2$ , que es menor, que  $z = 7.388$ ; que se hallò en el Problema II.

PROBLEMA VIII.

*Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior es una linea recta paralela à la cuerda AE, y los demàs datos como en el Problema antecedente.*

Fig. 6.

Por la semejanza de los Triangulos  $OMG$ ,  $APE$ , son proporcionales  $PE = d : AP = p :: OM = b : MG = \frac{pb}{d}$ ; y siendo  $MG = MR$ , tendrèmos  $\frac{bbp}{d}$  por la Area del Trian-

Triangulo  $OGR$ : asimismo la Area del Sector  $OAE$  es  $\frac{1}{2}an$ : luego  $2dn = 2bbp - adu$ . Pero el Solido producido por la revolucion del Triangulo  $OGR$  al rededor de un Exe paralelo à  $EA$ , que pase por el Centro  $O$ , es  $\frac{4rp}{3d}b^3$ ; y

el que describe el Sector  $OAE$  en esta rotacion es  $\frac{2}{3}raab$ : luego  $3dmn = 2pb^3 - aadb$ . Y atendiendo à que en esta Figura se tienen los mismos Triangulos, que en la anterior, seràn  $g = c - \frac{da}{p} + \frac{bm}{p}$ ,  $dn = pq$ , y  $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$ .

Si suponemos, que  $OP$  es un quarto del Radio  $OA$ , los valores de  $p, d, b$  seràn los mismos que en el Problema VII.

*Exemplo.*

Supongase como en el Problema antecedente  $p = \frac{3}{4}a$ ,  $a = 16$ ,  $b = 19$ ,  $c = 15$ ; serà  $d = \frac{a}{4} \sqrt{15}$ ,  $b = \frac{a}{2} \sqrt{6}$ ; y  $n = 110.74$ ,  $u = 1.32*a*$ ,  $m = 16.895$ ,  $g = 21.933$ : Si tomamos la mitad del valor de  $n$ , resultará  $q = 71.796$ ,  $qq = 5154.6656$ , y  $2cng = 36432.9063$ : luego la suma de los terminos, que incluyen el Signo Radical, serà  $41587.5719$ , cuya Raiz quadrada es  $203.93$ . Restando de esta cantidad el termino conocido



do 71.796, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, dará  $z = 8.8$ .

En las dos ultimas Figuras se han despreciado los espacios ERF, por que no siendo de consideracion, tampoco se podian incluir sin mucho embarazo en los Calculos; y como la escrupulosa delicadeza en la práctica es mas molesta, que util; preferimos mejor la sencillez, que una grande exâctitud Geometrica, siempre que la misma práctica lo permita, como ya se ha dicho en otro lugar.

## L E M A.

*El diametro OL, que en la Elipse biseca à la cuerda AE, que une los extremos de los dos Semidiametros principales, ò Exes AO, EO, biseca tambien à la Area de su Quadrante ALEO.*

Lam. 3.  
Fig. 7.

EL diametro OL divide en dos partes iguales à todas sus ordenadas, las quales son paralelas à la cuerda AE, como tambien à todas las lineas tiradas en el Triangulo AOE, paralelas à la base AE: luego biseca à la Area ALEO del Quadrante eliptico.

## Corolario I.

De aqui se sigue, que siendo la Tangente LH ( por la naturaleza de la Elipse ) paralela à la

la ordenada AE del diametro OL, y dividiendo este diametro à EA por medio en  $m$ , suponiendo al mismo tiempo, que el angulo AOE es recto; resultarán las lineas  $Am$ ,  $mO$ , y  $mE$  iguales entre sí: Luego el Triangulo  $OmA$ , como asimismo su semejante  $OLH$ , serán Ifoceles, y por conseqüencia  $OL = LH$ , y  $OK = KH$ , tirando  $LK$  paralela à  $EO$ .

## Corolario II.

Tambien se sigue, que los Triangulos AOE,  $OLK$  son semejantes; por que los Triangulos  $OKL$ ,  $HKL$  son totalmente iguales; pero el Triangulo  $HKL$  es semejante al Triangulo AOE: luego tambien lo será su igual  $OKL$ .

## Corolario III.

Por una propiedad de la Elipse son proporcionales  $OK : OA :: OA : OH = 2OK$ ; por conseqüente  $OA = OK\sqrt{2}$ . Tambien por la semejanza de los Triangulos AOE,  $OLK$ , se tiene  $OA : AE :: OK : OL$ ; pero  $OA = OK\sqrt{2}$ : luego por igualdad de razon, será  $AE = OL\sqrt{2}$ .

## PROBLEMA IX.

*Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando las lineas GF, AE en que se comprehende el Arco, son dos Quadrantes elipticos semejantes, descritos desde un mismo Centro O, y las juntas perpendiculares à las Tangentes en sus extremos.*

Fig. 8.

Sea  $OA = a$ ,  $OG = b$ ;  $OE = d$ , y los demàs datos, como en los Problemas antecedentes, serà  $OF = \frac{bd}{a}$ : de que se sigue, que el Quadrante circular descrito con el Radio  $OG = b$  serà  $\frac{1}{4}rbb$ , y es al Quadrante eliptico OGF como  $OG = b$  à  $OF = \frac{bd}{a}$ : luego se tendrá el

Quadrante eliptico  $OFG = \frac{rbbd}{4a}$ , y el Quadrante  $OAE = \frac{1}{4}rad$ ; y conseqüentemente  $4aa = rd(bb - aa)$ , despues de haber multiplicado todo por  $4a$ .

Los Circulos descritos con los Radios  $OA$ ,  $OG$ , en la revolucion de la Figura sobre el Exe  $OF$ , se expresarán por  $raa$ ,  $rbb$ ; y respecto, que los Solidos producidos en esta rotacion por los Quadrantes elipticos, son los dos tercios de los Cilindros de iguales bases, y alturas, tendrèmos  $\frac{2}{3}raad$ ,  $\frac{2rd}{3a}b^3$  por estos So-



idos, cuya diferencia será igual à  $2rmm$  (suponiendo  $OK = m$ , y por lo que se ha dicho en los Problemas anteriores); de donde resulta  $3amn = d(b^3 - a^3)$ , después de haber multiplicado todo por  $3a$ , y partido por  $2r$ . Dividiendo el primer miembro de esta Equacion por  $4am$ , y el segundo por su igual  $rd(bb - aa)$ , dará  $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$ .

Si concebimos, que el Centro de gravedad L produce un Quadrante eliptico semejante à los primeros; la direccion LH será una Tangente à la Elipse, y por consecuencia, perpendicular à la junta que pasa por el mismo punto L. Tambien  $OK = KH^*$ , ò bien  $OH = 2m$ ; de que se sigue, que  $DH = a + z - 2m$ . Por la semejanza de los Triangulos AOE, HDI, son proporcionales  $AO = a : OE = d :: DH = a + z - 2m : DI = d + \frac{dz}{a} - \frac{2md}{a}$ , y será  $CI = c - d + \frac{2md}{a} - \frac{dz}{a}$ : luego (suponiendo  $g = c + \frac{2md}{a} - d$ ) se tendrá,  $czx = 2ng - \frac{2ndz}{a}$  \*\*; y si  $aq = nd$ , la Raiz quadrada de esta Equacion, será  $cx + q = \sqrt{2cng + 9q}$ .

*Exem-*

\* Corol. I. Lem.

\*\* Corol. III. Prob. I.

*Exemplo.*

Sea  $a = 12$ ,  $b = c = 15$ ,  $d = 9$ ; y como  $r = 3.142$  próximamente, descubriremos  $n = 47.72$ ,  $m = 8.629$ ,  $g = 18.943$ ; y tomando los dos tercios de la Area 47.72 por el valor de  $n$ , tendremos  $q = 23.86$ , y la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical, será 18648.4988; de cuya Raiz quadrada 136.559, restando el termino conocido 23.86, y partiendo la diferencia por 15, resultará  $z = 7.513$ , ó bien  $BC = 7$  pies, y 6. pulgadas.

## PROBLEMA X.

*Hallar el espesor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior del Arco es una linea recta GF paralela à la cuerda AE, que subtende al Quadrante elíptico AnE.*

Fig. 9.

Supongase  $AO = a$ ,  $OE = d$ ,  $OM = b$ ,  $Om = Am = h$ , y los demás datos como en el Problema antecedente. Por razon de las paralelas AE, GF, serán proporcionales,  $Om = h : OE = d :: OM = b : OF = \frac{bd}{h}$ , y  $Om = h : OA = a :: OM = b : OG = \frac{ab}{h}$ ; luego  $\frac{abbd}{2bh}$  expresará la Area del Triangulo GOF; y

CO-

como la Area del Quadrante elíptico es  $\frac{1}{4}rad$ , tendremos  $4hbn = ad(2bb - rhh)$ , despues de haber multiplicado todo por  $4hb$ .

Los Circulos descritos por los Radios OA, OG en la revolucion de la Figura al rededor del Exe OF, son  $raa$ , y  $\frac{raabb}{hb}$ : luego los Solidos producidos en la misma rotacion, por el Quadrante OAE, y el Triangulo GOF, serán  $\frac{2}{3}raad$ , y  $\frac{raadb^3}{3b^3}$ ; conseqüentemente su diferencia debe ser igual à  $2rmn$ , por lo que ya se ha dicho, y se deducirá  $6mnb^3 = aad(b^3 - 2h^3)$ . Y como en todo lo demás conviene esta Figura con la antecedente, se tendrá  $g = c - d + \frac{2md}{a}$ ,  $aq = nd$ , y  $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 12$ ,  $d = 9$ ,  $c = 15$ ; será  $b = 7.5$ , \*, y  $nO = \frac{AE}{\sqrt{2}} = 10.6$ . Si determinamos de 3. pies el espesor  $Mn$  del Arco, resultará  $b = 13.6$ ,  $n = 92.72$ ,  $m = 9.23$ ,  $g = 19.845$ ; y si tomamos los dos tercios del valor de  $n$ , descubriremos  $q = 46.36$ , y 38949.0238 por la suma de los terminos que incluye el Signo Ra-

di-

\* Corol. III. Lem.

dical, cuya Raiz quadrada es 197.355. Restando de esta cantidad el termino conocido 46.36, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, se tendrá  $z = 10.066$  próximamente, que es 5. pulgadas mayor, que quando el interior del Arco es circular. Esta diferencia nace de la que tienen los pesos de los Arcos; pues en el Problema III. hallamos su Perfil de 117.538 pies quadrados, y en este solo de 92.72. Así qualesquiera de estos Arcos se puede usar segun lo pida la ocasion.

Pero si se supone  $c = 9$ , sin alterar los demás valores, se hallará  $z = 9.57$ , que difiere muy poco del Problema III.

Quando el Arco se comprehende entre dos Elipfes, no necesita con sus Pies derechos tanto material, como los de medio punto, ò circulares; pues en el Problema II. hallamos  $z = 7$  pies, y 4. pulgadas, y en el IX,  $z = 7$  pies, y 6. pulgadas: no obstante que Mr. Belidor deduxo lo contrario, concluyendo que los Arcos elípticos tienen mayor empujo, que los circulares. Esto sería cierto, si los pesos de los Arcos fueran iguales; pero hemos hallado la Area del Arco circular de 63.62 pies, y del elíptico de 47.72; esto es, el peso del Arco circular es al peso del Arco elíptico, como 133 à 100 próximamente: luego el peso del primero es cerca de un tercio mayor, que el del segundo.

PRO-

## PROBLEMA XI.

*Determinar el espesor BC de los Pies derechos, ò Muros, quando tienen Contrafuertes, como Fig. 10. VD, suponiendo, que el Arco se termina en un semicirculo por la parte interior, y en lineas rectas por la exterior.*

Sea la longitud del Contrafuerte  $CV = b$ , cuya altura es la misma que la del Muro, ò Pie derecho, y el intervalo de uno à otro, es à su espesor como 3 à 1.

Es manifesto, que ya no es el punto C el que debe servir de apoyo; sino el punto V, ò extremidad del Contrafuerte, sobre quien se movería el Pie derecho, si el Arco le hubiese de trastornar. Así, la distancia VI desde el Hypomochlio hasta la direccion LI, necesariamente se ha de encontrar en la linea VR.

Reteniendo los mismos valores, que en los casos antecedentes, hallaremos  $n = bb - \frac{1}{4}raa$ ,  $3nm = b^3 \sqrt{2 - a^3}$ , y  $OH = 2m$ , por el Problema III; luego  $RH = a + b + z - 2m$ , y  $VI = c - a - b + 2m - z$ , ò bien si  $g = c - a - b + 2m$ , será  $VI = g - z$ ; y por consiguiente  $2ng - 2nz$  será el doble momento del Arco. Asimismo expresando  $cz$  la Area del Pie derecho AC, y  $b + \frac{1}{2}z$  la distancia desde su Centro de gravedad à la linea RV;

T O T T O I.

M

ten-

tendrèmos  $chz + \frac{1}{2}czx$  por su momento. La Area  $bc$  del Contrafuerte multiplicada por  $\frac{1}{2}b$ , darà  $\frac{1}{2}chb$  por su momento, que reducido en la Razon de 3 à 1, serà  $\frac{1}{6}chb$ . El duplo de la suma de estos dos ultimos momentos debe ser igual al anterior \*; y por lo mismo resultará  $czx + 2chz + \frac{1}{3}chb = 2ng - 2nz$ : y suponiendo  $q = n + ch$ , la Raiz quadrada de esta Equacion serà  $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{1}{3}cchb + qq)}$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 12$ ,  $b = 15$ ,  $c = 9$ ,  $h = 4$ ; darà  $n = 112$ ,  $m = 9.072$ ,  $g = 11.144$ , y  $q = 148$ : luego  $43938.304$  serà la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada  $209.614$ , restando el termino conocido  $148$ , y partiendo la diferencia por  $9$ , resulta  $z = 6.846$  pies proxìmente, ò bien  $BC = 6$  pies, y  $10$ . pulgadas, que es poco menos de lo que *Mr. Vauban* señala à los Pies derechos con el mismo Contrafuerte.

Si suponemos  $c = 15$ ,  $b = 5$ , y no se alteran los demàs datos, tendrèmos  $n = 112$ ,  $m = 9.072$ ,  $g = 16.144$ ,  $q = 187$ , y la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical, serà  $87337.84$ , cuya Raiz quadrada es  $295.529$ . Restando de esta cantidad el termino conocido  $187$ , y partiendo la diferencia por

$15$ , resulta  $z = 7.235$  pies proxìmente, ò bien  $BC = 7$  pies, y  $3$  pulgadas: en lugar, que *Mr. Belidor* determina solo  $3$  pies, y una pulgada por el mismo espesor; cuya diferencia pudo manifestarle la que hay entre su Theoria, y la pràctica de *Mr. Vauban*, que sin embargo de no haber fundado sus Reglas sobre principios Theoricos, su grande experiencia, y conocimiento pràctico, le hizo llegar ordinariamente muy cerca de la verdad.

Si suponemos la altura del Pie derecho  $c = 9$  pies, y la longitud  $h$  del Contrafuerte solo de  $3$  pies; hallarèmos  $z = 7.746$ , ò bien  $BC = 7$  pies, y  $9$  pulgadas proxìmente, que difiere  $3$  pulgadas no mas del espesor determinado por *Mr. Vauban*. Convinando esta Theoria con las Reglas de este Autor, se verà que à los Contrafuertes les señala un Pie mas de lo justo en longitud.

Atendiendo, à que los mas de los pràcticos no estàn instruidos en los principios de Algebra, y deseando yo, que este Libro sea util à todas las personas, que regularmente se emplean en esta clase de Obras, me parece serà grata à muchos de mis Lectores la siguiente Tabla, en la qual se expresan las dimensiones de los pies derechos, para Arcos de diferentes anchuras.

**T A B L A**  
que expresa las dimensiones correspondientes à los Muros, ò Pies derechos  
de los Almacenes de polvora.

	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
9	3.686	4.239	4.750	5.224	5.666	6.082	6.472	6.844	7.199	7.545	7.885	8.165	8.465	8.754
10	3.768	4.347	4.885	5.386	5.855	6.297	6.740	7.106	7.483	7.841	8.180	8.510	8.821	9.164
11	3.838	4.440	5.002	5.533	6.021	6.486	6.935	7.343	7.741	8.120	8.484	8.834	9.171	9.494
12	3.899	4.529	5.105	5.646	6.168	6.657	7.118	7.554	7.974	8.375	8.757	9.125	9.479	9.822
13	3.950	4.592	5.179	5.763	6.298	6.809	7.292	7.747	8.185	8.604	9.006	9.392	9.765	10.123
14	3.990	4.653	5.267	5.861	6.415	6.939	7.445	7.922	8.371	8.814	9.230	9.638	10.027	10.402
15	4.030	4.711	5.348	5.949	6.521	7.053	7.585	8.079	8.553	9.006	9.456	9.861	10.270	10.661
16	4.076	4.761	5.411	6.031	6.616	7.180	7.715	8.223	8.714	9.185	9.636	10.073	10.493	10.894
17	4.109	4.806	5.469	6.106	6.703	7.278	7.832	8.349	8.869	9.348	9.816	10.268	10.712	11.125
18	4.138	4.847	5.522	6.167	6.783	7.373	7.948	8.479	8.998	9.499	9.982	10.443	10.868	11.333
19	4.172	4.884	5.563	6.227	6.859	7.457	8.038	8.590	9.125	9.637	10.136	10.612	11.080	11.528
20	4.232	4.917	5.614	6.282	6.921	7.537	8.129	8.694	9.242	9.769	10.279	10.772	11.218	11.710

La

La primera linea horizontal 10, 12, 14, &c. expresa en Pies el claro, ò abertura de los Arcos; y la primera vertical 9, 10, 11, &c. las alturas de los Pies derechos, cuyos gruesos (en pies, y decimales) los determinan respectivamente los demàs numeros de la Tabla.

Adviertase, que la longitud de los Contrafuertes la hemos regulado de una sexta parte del claro del Arco, ò bien  $3b$  siempre es igual al Radio  $a$ : cuya proporcion consideramos ser la mas ventajosa respecto al espesor de los Pies derechos; pues si se les diese mayor longitud, resultarian muy delgados los Pilares de los Arcos pequeños, y no podrian ligar bien los materiales, que es un defecto, que debe evitarse en las Obras.

Los que no estèn impuestos en las Equaciones algebraicas, se pueden arreglar à las dimensiones, que determina la Tabla; en el concepto, que los Arcos seràn Solidos, y de duracion, si la Obra se executa bien, y los materiales son de buena calidad. No obstante, se ha de observar el no quitar las Cimbras hasta seis meses despues de construido el Arco, à fin de dár tiempo à la mamposteria para su asiento, y enjugo, con cuya precaucion, se afianzará la permanencia de la Obra.

PRO-



## PROBLEMA XII.

Determinar el espesor de los Pies derechos, que tienen Contrafuertes, quando el lado interior del Arco es una Elipse.

Fig. 10. **P**Or el Problema X. tenemos,  $6mnh^3 = aad$   
 $(b^3 - 2b^3)$ , y  $4bhn = ad(2bb - rhb)$ .  
 Asimismo por el Problema antecedente  $RH = a + l + z - 2m$  (suponiendo  $CV = l$ ).  
 Los Triangulos OAE, HRI son semejantes, y por consiguiente serán proporcionales  $OA = a : OE = d :: RH = a + l + z - 2m : RI = d + \frac{dl}{a} + \frac{dz}{a} - \frac{2dm}{a}$ : luego  $VI = c - d - \frac{dl}{a} + \frac{2dm}{a} - \frac{dz}{a}$ ; y suponiendo  $g = c - d - \frac{dl}{a} + \frac{2md}{a}$ , se tendrá  $2gn - \frac{2ndz}{a}$  por el Duplo del momento del Arco; el qual debe ser igual al doble del momento del Pie derecho, y Contrafuerte descubierto en el Problema XI, esto es,  $czx + 2clz + \frac{1}{3}ccl = 2ng - \frac{2dn}{a}z$ ; y si  $q = cl + \frac{nd}{a}$ , la Raiz quadra da de esta Equacion será  $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{ccl}{3} + qq)}$ .

Exem-

## Exemplo.

Sea  $a = 12$ ,  $d = c = 9$ ,  $l = 4$ ; será  $n = 92.72$ , por el Problema X: luego  $g = 10.845$ , y  $q = 105.54$ : Substituyendo estos valores en la Equacion antecedente, se tendrá  $28806.5628$  por la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadra da es  $169.72$ . Restando de esta cantidad el termino conocido  $105.54$ , y partiendo la diferencia por  $9$ , resultará  $z = 7.13$  pies.

Este espesor de los Pies derechos, solo excede en 3 pulgadas al que le corresponde quando el Arco es circular; pero la cantidad de mamposteria en el Arco circular, es à la cantidad de mamposteria en el eliptico, como  $112$  à  $92.72$ , ò como  $7$  à  $5.8$  próximamente: luego es evidente, que el Arco eliptico junto con sus Pilares, requiere menos mamposteria, que el Arco circular con sus Pies derechos.

Y respecto que el Arco eliptico es mas fuerte en sus riñones, que el circular; y que en la clave, donde es mas debil, se halla suficientemente cubierto en el presente caso con mamposteria; es claro que se puede usar sin recelo alguno, y aun en muchas ocasiones con ventaja al circular, especialmente quando por ser mas baxo queda preservado de la vista del

Ene.

Enemigo, y por configuiente menos expuesto à que le destruya.

PROBLEMA XIII.

Fig. 11. Hallar el espesor de los Pies derechos de un Arco circular, quando carga sobre ellos un Muro A E F G, como sucede en las Puertas de algunas Fortalezas.

Suponiendo los mismos datos, que en el Problema II, sea  $FG = AE = d$ , y  $EF = b$ ; será  $dh$  la Area del Muro, que multiplicada por  $z - \frac{1}{2}d$ , dará  $dhz - \frac{1}{2}ddh$  por su momento; y como el del Pie derecho es  $\frac{1}{2}czz$ , y el del Arco es  $ng - nz$ , por el Problema citado, se sigue, que  $czz + 2dhz - ddh = 2ng - 2nz$ ; y si  $q = n + dh$ , resultará  $cz + q = \sqrt{2cng + cddh + qq}$ .

Es preciso tener presente, que por el Problema II. se han deducido estas Igualaciones:  $4n = rbb - raa$ ,  $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$ , y  $g = c - a + 2m$ .

Exemplo.

Sea  $a = 5$ ,  $b = 7$ ,  $c = 10$ ,  $d = 2$ ,  $h = 20$ ; será  $n = 18.852$ ,  $m = 3.854$ ,  $g = 12.708$ ,  $q = 58.852$ ; y haciendo las operaciones que la Equa-

Equación indica, se hallará  $z$ , ò  $BC = 3$  pies, y 3. pulgadas próximamente.

PROBLEMA XIV.

Determinar el espesor de los Pies derechos, quando el Arco es eliptico, suponiendo un Muro sobre ellos, como en el Problema antecedente.

Fig. 11. Sea  $s$  la altura interior del Arco; será por el Problema IX,  $4an = rs(bb - aa)$ ,  $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$ ,  $g = c - s + \frac{2ms}{a}$ ; y  $2ng - 2nz$  expresará el duplo del momento del Arco, que igualandolo con el doble de la suma de los momentos del Pie derecho, y del Muro, descubiertos en el Problema XIII, se tendrá  $czz + 2dhz - ddh = 2ng - 2nz$ ; y suponiendo  $q = n + dh$ , resultará  $cz + q = \sqrt{2cng + cddh + qq}$ .

Exemplo.

Sea  $a = 5$ ,  $b = 7$ ,  $c = 10$ ,  $d = 2$ ,  $h = 20$ , y  $s = 4$ ; será  $n = 15.08$ ,  $m = 3.854$ ,  $g = 12.166$ ,  $q = 55.08$ ; y hechas las operaciones, que indica la Equacion, se hallará  $z = 3.154$  pies, que siendo poco menor que el valor antecedente de  $z$ , es evidente, que qualquiera de estas Figuras se puede usar con igualdad.

## PROBLEMA XV.

Fig. 12. *Determinar el espesor de los Pies derechos de un Arco circular, quando por la parte exterior se les dà un Declivio CD conocido.*

Por los puntos C, y D, tirense las líneas CE, DF paralelas à AB, y encuentre la direccion LH à CE en L. Si se supone  $BF = z$ ,  $FC = b$ , y los demás datos como en los casos anteriores; el Rectangulo  $cz$  multiplicado por  $\frac{1}{2}z + b$ , dará  $\frac{1}{2}czz + cbz$  por el momento de la parte AF del Pilar, y  $\frac{1}{3}bhc$  ferà el momento de la parte CFD: luego  $* czz + 2cbz + \frac{2}{3}bhc = 2ng - 2nz$ ; y si  $q = n + cb$ , la Raiz quadrada de esta Equacion, ferà  $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{2}{3}cchb + qq)}$ .

Los valores de  $m$ , y  $n$  son los mismos en este, que en el Problema XIII, y  $g = c - a - b + 2m$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 5$ ,  $b = 7$ ,  $c = 10$ ,  $h = 2$ ; ferà  $n = 18.852$ ,  $m = 3.854$ ,  $g = 10.708$ , y  $q = 38.852$ ; y la suma de los terminos que incluye el Signo Radical darà 5279.5719; de cuya Raiz quadrada 72.66, restando el termino conocido 38.852, y partiendo la diferencia por

\* Prob. II.

por 10, resulta  $z = 3.38$  proxímanamente, ó bien  $BC = 5$  pies, y 4. pulgadas.

## PROBLEMA XVI.

*Supuestos los mismos datos, que en el Problema antecedente, se pide determinar el espesor de los Pies derechos, quando el Arco es eliptico.*

Establecida la misma denominacion, que en el Problema XIV, hallarèmos en este los propios valores de  $m$ , y  $n$ , que se deduxeron en aquel; y tambien  $g = c - \frac{sb}{a} - s + \frac{2ms}{a}$ : luego si  $q = \frac{sn}{a} + cb$ , resultará por ultimo  $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{2}{3}cchb + qq)}$ ; que es lo mismo que en el Problema antecedente.

*Exemplo.*

Sea  $a = 5$ ,  $b = 7$ ,  $c = 10$ ,  $s = 4$ ,  $h = 2$ ; ferà  $n = 15.08$ ,  $m = 3.854$ ,  $g = 10.966$ , y  $q = 32.064$ ; y formadas las operaciones, que indica la Equacion, hallarèmos  $z = 2.86$ : luego  $BC = 4.86$  pies.

## PROBLEMA XVII.

*Dada la altura MK de un Muro, y la base OP de su Declivio por la parte exterior; se pide determinar el espesor ML, quando el arranque del Arco está à menor altura, que la del mismo Muro.*

Fig. 13.

Sea  $PO = d$ ,  $PL = b$ ,  $KP = z = ML$ , y los demás datos como en los casos anteriores. Multiplicando  $hz$  por  $\frac{1}{2}z + d$ , se tendrá  $\frac{1}{2}hzz + dhz$  por el momento de la parte PM del Pie derecho; y  $\frac{1}{3}ddb$  expresará el momento de la otra parte OPL: y como en lo restante, es lo propio este, que el Problema XV, se figure, que  $hzz + 2dhz + \frac{2}{3}ddb = 2ng - 2nz$ ; y suponiendo  $q = n + dh$ , la Raiz quadrada de esta Equacion será  $hz + q = \sqrt{(2nhg - \frac{2}{3}ddhb + qq)}$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 6$ ,  $b = 8$ ,  $c = 10$ ,  $h = 16$ ,  $d = 3$ ; será  $n = 22$  próximamente,  $m = 4.486$ ,  $g = c - a - d + 2m = 9.972$ ,  $q = 70$ ; y concluyendo las demás operaciones, que indica la Equacion, se hallará  $z = 2$  pies próximamente, y por consecuencia  $KO = 4$  pies.

Los Arcos son de grande utilidad en la construccion de las Galerías, que se forman de-

debáxo del camino cubierto de una Plaza, como se ha executado en la de *Bergen-op-zoon*; pero quando se les dà demasiada anchura, resultan tambien muy elevados; y por este defecto son de preferir los Elipticos; cuya presion siempre la hemos hallado menor, que la de los circulares, atendiendo à su menor peso: Así, los Calculos que se han hecho para los Arcos circulares se pueden aplicar con ventaja à los elipticos.

## PROBLEMA XVIII.

*Determinar el espesor BF, ò AD del Pie derecho de un Arco, quando las Tierras empujan contra el Declivio exterior CD.* Fig. 12.

SE ha demostrado en la Seccion I, que la presion, ò empujo de las Tierras contra los Muros de Ladrillo, es equivalente à  $\frac{2}{27}$  del Cubo de su altura; y como estos Muros de que hablamos, ordinariamente se construyen de Ladrillo, solo hay que añadir  $\frac{2}{27}c^3$  al momento del Pie derecho, descubierto en el Problema XV, para tener en este caso la Equacion  $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{2}{3}cchb - \frac{2}{27}c^4 + qq)}$ .

*Exemplo.*

Supongase  $a = 5$ ,  $b = 7$ ,  $c = 10$ ,  $h = 2$ ; será  $n = 18.85$ ,  $m = 3.854$ ,  $g = 10.708$ , y

q

$q = 38.85$ . Substituyendo estos valores en la Equacion, y haciendo las demás operaciones, que indica la misma, se hallará  $z = 2$  pies próximamente, y  $BC = 4$  pies.

## PROBLEMA XIX.

Lam. 4.  
Fig. 14. *Hallar el espesor de los Pies derechos con Estribos, quando sobre dos Arcos circulares, se ha de construir otro pequeño tambien circular.*

Suponiendo para el Arco inferior la misma denominacion, que en el Problema XI, considerense en el superior las propias lineas, indicadas por las correspondientes letras minusculas; y sea  $oa = s$ ,  $OQ = ro = f$ ,  $Qo = Or = x$ ,  $oh = 2p$ , y exprese  $u$  la mitad del Arco pequeño; resultará  $u = 0.7775s$ , y  $p = 0.756s$  por el Problema citado: Luego  $rh = ri = f - 2p$ ,  $Oi = OH = x - f + 2p$ ,  $RH = RI = a + b + z - x + f - 2p$ , y  $VI = c - a - b - z + x - f + 2p$ ; ò bien si  $y = c + x + 2p - a - b - f$ , será  $VI = y - z$ , que multiplicado por  $2u$ , dará  $2uy - 2uz$  por el duplo del momento del Arco superior: Añadiendo este à  $2ng - 2nz$ , doble del momento del Arco inferior, è igualando la suma al duplo del momento del Pie derecho, y Contrafuerte, que se determinò en el Problema XI; se tendrá  $czx + 2cbz + \frac{1}{3}chb = 2ng + 2uy - 2nz$

$- 2nz - 2uz$ ; consiguientemente, si  $q = cb + n + u$ , la Raiz quadrada de esta Equacion será  $cz + q = \sqrt{(2cng + 2cuy - \frac{1}{3}chb + qq)}$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 12$ ,  $c = s = 8$ ; y si  $OQ = f = 14 \frac{1}{3}$ ,  $Po = 5 \frac{2}{3}$ ; será  $Qo = x = 20$ ,  $u = 49.728$ ,  $p = 6.048$ ,  $y = 9.763$ , y  $n = 112$ ,  $m = 9.072$ ,  $g = 10.144$ , por el Problema XI; por consiguiente se hallará  $q = 197.728$ : y la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical, será  $64700.98$ , cuya Raiz quadrada es  $254.363$ ; de quien restando el termino conocido  $197.728$ , y dividiendo la diferencia por el coeficiente  $8$ , resulta  $z = 7.08$  pies próximamente.

Hemos supuesto como vacio el espacio trilineal S entre los Arcos inferiores, y superior; y tambien se ha despreciado un pequeño espacio entre el Arco inferior, y el Pie derecho del superior; lo qual no puede producir sensible diferencia en el espesor de los Pilares: Así, el Lector puede seguramente arreglar-se à lo que se ha determinado aqui, pues es suficientemente exácto para la práctica.

PRO-

## PROBLEMA XX.

*Determinar el espesor de los Pies derechos con Efectribos, quando el Arco que han de sostener incluye otros dos pequeños.*

Fig. 15. Sea  $oa = s$ ,  $Vr = Ba = x$ ,  $u = 0.7775s$ ,  
 $p = 0.756s$ ; ferà  $oh = 2p^*$ ; y como  $or = s$   
 $+ b + z$ , tendrèmos  $rh = ri = s + b + z$   
 $- 2p$ ; y  $Vi = x - s - b - z + 2p$ , ò bien  
suponiendo  $y = x + 2p - s - b$ , ferà  $Vi = y$   
 $- z$ ; y por consiguiente  $2yu - 2uz$  expresa-  
rà el duplo momento del Arco inferior.

Supongase ahora para el Arco mayor, los  
mismos valores, que en el Problema XI, esto  
es,  $n = 0.777aa$ ,  $m = 0.756a$ , y  $g = c + 2m$   
 $- a - b$ ; se tendrà  $2ng - 2nz$  por el doble  
del momento del mismo Arco: luego  $czz$   
 $+ 2chz + \frac{1}{3}chb = 2ng + 2yu - 2nz - 2uz$ ;  
y si  $q = ch + n + u$ ; la Raiz quadrada de es-  
ta Equacion ferà  $cz + q = \sqrt{(2cng + 2cyu$   
 $- \frac{1}{3}ccb + qq)}$ .

*Exemplo.*

Sea  $a = 15$ ,  $c = 26$ ,  $x = s = 9$ ,  $b = 4$ ;  
ferà  $u = 27.972$ ,  $p = 4.536$ ,  $y = 5.072$ ,  $n$   
 $= 174.825$ ,  $m = 11.34$ ; y  $g = 29.38$ ,  $q$   
 $= 306.796$ .

---

\* Prob. XI.

Fig. 8.

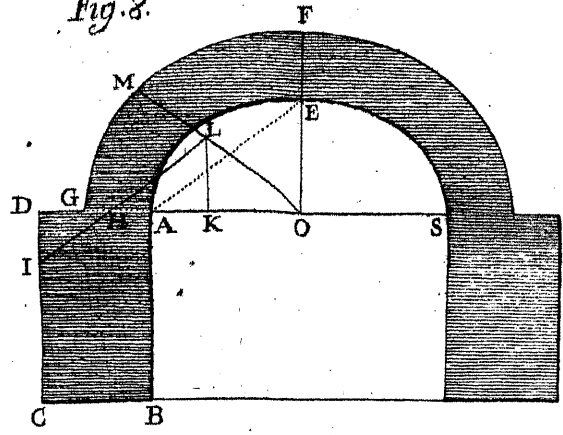


Fig. 10.

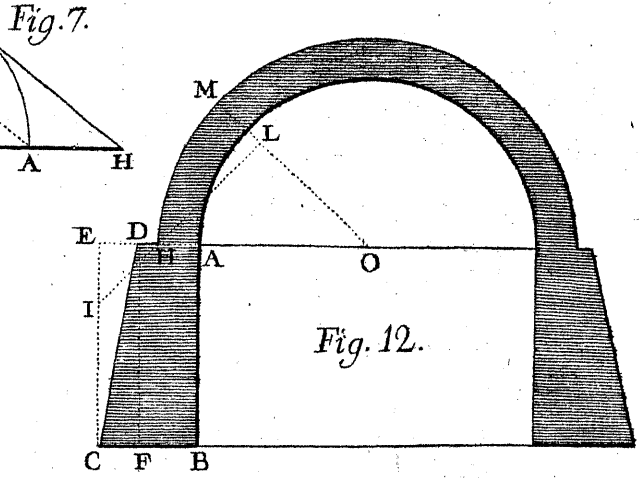
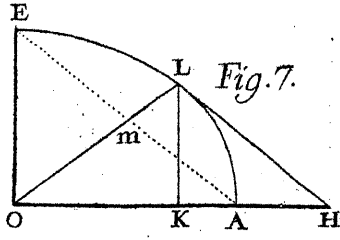
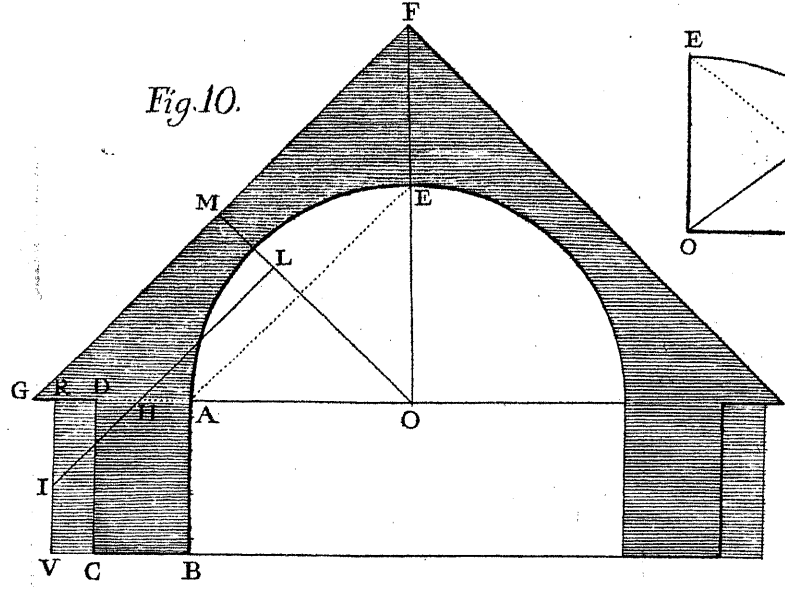


Fig. 9.

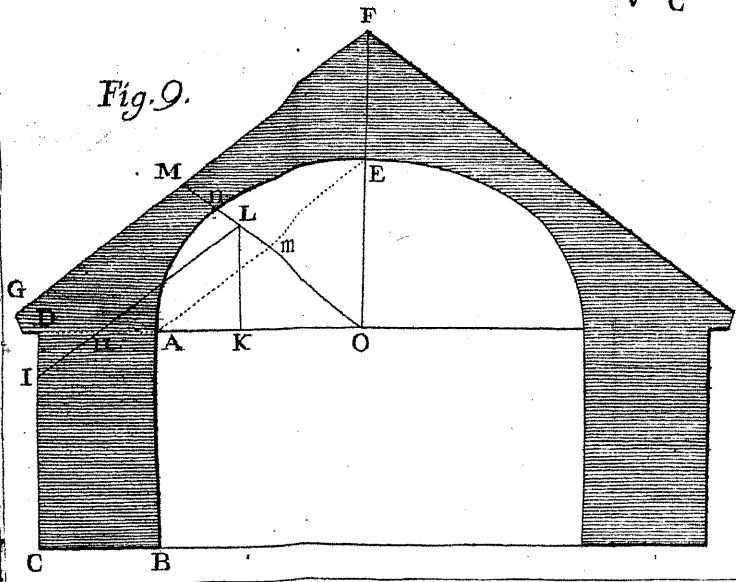


Fig. 11.

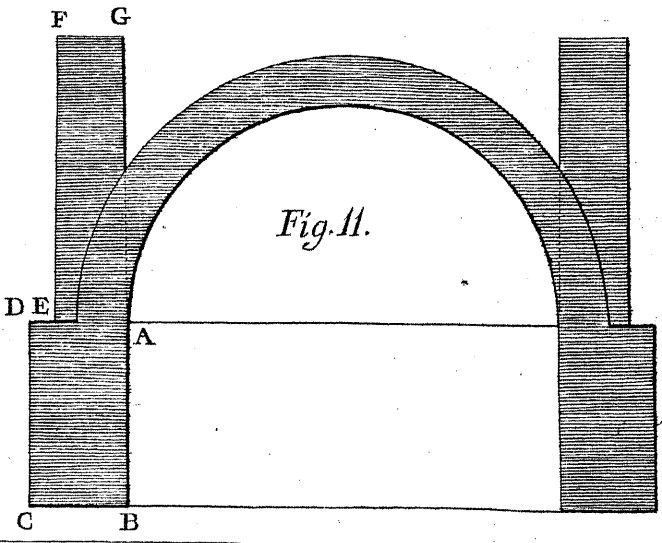
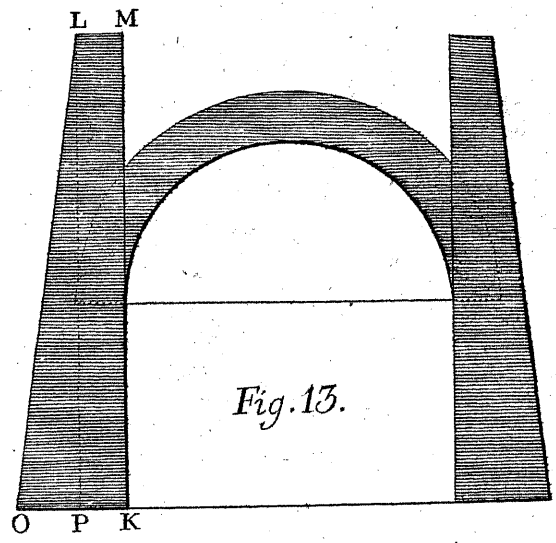


Fig. 13.



Parmer sculp B<sup>ne</sup>



$\approx 306.796$ . Ultimamente , haciendo las operaciones que indica la Equacion , se hallará  $z \approx 12.54$  pies.

Qualquiera de estos dos ultimos Problemas , se puede aplicar à la construccion de los grandes Almacenes , que se hacen en lo interior del Reyno , y en donde no puedan los Enemigos acercarse à ellos ; pues en las Plazas fortificadas , ordinariamente disponen los Ingenieros , varios Almacenes pequeños , que sirviendo de repuestos , evitan ( aunque destruya alguno el Enemigo ) el perder toda la polvora , y con esta la misma Plaza. Y si las Bovedas se hiciesen elipticas , no se elevarian tanto como las circulares , resultando al mismo tiempo la ventaja de mucho ahorro de materiales , como se ha manifestado en el Problema XII.

## PROBLEMA XXI.

*Dada la Curva interior de un Arco , determinar la exterior , ò dada esta , se pide describir aquella de forma , que todas las Dovelas resulten en equilibrio las unas con las otras.*

**S**Ea dada la Curva interior  $AbcdB$ , y que todas las juntas prolongadas concurren en un mismo punto  $C$ . Desde los Centros de gravedad  $v$ ,  $x$ ,  $y$ , de las Dovelas , tirense las lineas  $vr$ ,  $xs$ ,  $yt$ , perpendiculares à qualquiera

Fig. 16.



línea horizontal DQ, que corta à las mismas juntas prolongadas en E, F, G. Es evidente, que si DE expresa el peso de la Dovela  $v$ , EF el de la Dovela  $x$ ; y FG el de la Dovela  $y$ ; la línea CD expresará la fuerza con la qual la Dovela  $v$ , comprime la junta vertical HA; CE la fuerza con que las Dovelas  $v, x$  comprimen la junta Ib; y CF la fuerza con que las Dovelas  $x, y$ , comprimen la junta Kc. La razón es, porque tres potencias están mutuamente en equilibrio, quando son proporcionales con los lados del Triangulo, que se forma por las perpendiculares à sus direcciones, como consta de los principios de la Estática: El lado DE es perpendicular à la dirección  $vr$  del peso, y los lados CD, CE lo son à las direcciones de las fuerzas con las quales la Dovela  $v$ , comprime contra las juntas HC, IC: Asimismo, EF es perpendicular à la dirección  $xs$  de la Dovela  $x$ , y CE, CF lo son à las direcciones de las fuerzas con las quales la misma Dovela  $x$ , comprime las juntas CI, CK. Lo mismo se puede probar respecto à qualquiera otra junta.

La línea CE expresa pues las fuerzas con las quales las Dovelas  $v, x$ , se comprimen una à otra en direcciones contrarias: luego siendo iguales, se destruyen enteramente. Tambien la línea CF representa las fuerzas con las quales las Dovelas  $x, y$ , se comprimen mutuamente

te

te en direcciones contrarias, y por lo propio se destruyen una à otra. Lo mismo se verifica en qualesquiera otras dos Dovelas contiguas. De donde se sigue, que si los pesos de las Dovelas, tubieren entre sí la Razón de las líneas DE, EF, FG, estarán mutuamente en equilibrio.

De esta demonstracion se infiere, que si la curva HIKLM es de tal naturaleza, que el espacio AHib sea siempre igual à su correspondiente Triangulo CDE, se tendrá lo que se pide; porque la altura DC de este Triangulo es conocida, y por consiguiente será su Area como la base DE.

Los Sectores circulares descritos en el mismo tiempo por los Radios CE, Cb, CI, son como los Cuadrados de estos Radios: Tambien los mismos Sectores son como las fluxiones de los espacios CED, CAb, CHI; pero la diferencia entre estos dos ultimos, es igual al primero, por lo que ya se ha demostrado: luego la diferencia entre los Cuadrados de los Radios CI, Cb, del mismo modo será igual al Cuadrado del Radio CE.

Quando CE coincida con CD, tambien CI, y Cb coincidirán con CH, y CA; y por consiguiente el Cuadrado de CD, es igual à la diferencia entre los Cuadrados de las alturas CA, y CH en la clave: luego si se dan conocidas estas alturas, se tendrá la posición de la li-

O 2

nea

nea DQ, y se infiere la facilidad con que se puede describir la Curva HIK &c.

Aunque hemos supuesto conocida la Curva interior, es evidente que la resolución del Problema, del mismo modo tiene lugar quando se dà la Curva exterior del Arco, y se pide la interior.

Si la Curva interior AB fuese una línea recta paralela à DQ; la Curva exterior HM tambien serà una línea recta paralela à DQ: porque en este caso seràn proporcionales CE: Cb:: CD: CA: luego CE, y CI estaràn en una Razon constante, à saber en la Razon de CD à la Raiz de la suma de los Cuadrados de CD, y CA. Esto hace ver, que las Bovedas planas construidas de Piedra, esto es, que todas sus juntas se terminen en una misma línea recta; como tambien los Arcos adintelados, ò planos ( si podemos llamarlos así), tienen en equilibrio todas sus Dovelas.

### PROBLEMA XXII.

Fig. 16. *Construir la Curva exterior HM de un Arco, quando se dà conocida la interior AB.*

**C**aso 1. Supongase, que la Curva interior AB es un Quadrante de círculo, descrito desde el Centro C con el Radio CA, ò CB: Determine se la longitud AH de la clave; y ha-

cien-

ciendo  $BD = CH$ , tirese por el punto D la indefinida DQ paralela à CB.

Habiendo tirado diferentes Radios CI, CK, CL, CM, formese separadamente el angulo recto  $acg$ : cortese sobre una de las rectas que lo comprehenden  $ac = AC$ , y en la otra tomese siempre  $ce = CE$ ,  $cf = CF$  &c: tirense las rectas  $ae$ ,  $af$ ,  $ag$ , &c: cortense  $CI = ae$ ,  $CK = af$ ,  $CL = ag$ ; y la Curva, que pase por los puntos H, I, K &c. serà la que se pide.

Se tiene por suposicion  $CA = CB$ , y por construccion  $BD = CH$ : luego el Quadrado de CD serà igual à la diferencia entre los Cuadrados de CH, y de CA; y respecto, que  $CA = ca = Cb$ ,  $CE = ce$ , y  $CI = ae$ , el Quadrado de CE, ò  $ce$  serà igual à la diferencia entre los Cuadrados de CI, y de Cb: por consiguiente la Curva HIK &c. es la que se pide.

*Caso 2.* Sea la Curva interior AB un Arco de círculo descrito desde el Centro C con el Radio CB, ò CA, y que la parte AH del Radio que pasa por el vertice, represente el espesor conocido del Arco en este parage. Sobre CH como diametro describase el semicirculo HMC: desde C con la distancia CA señalese el punto M: tirense las rectas MC, MH: sobre CA, cortese  $CD = MH$ ; y tirese la línea recta indefinida DQ paralela à la horizontal CB. Formese aparte el angulo recto  $acg$ : cortese sobre una de sus líneas  $ca = AC$ , y en la otra de-

determinense las rectas *ce*, *cf*, *cg*, respectivamente iguales à las líneas *CE*, *CF*, *CG*: cortense *CI*, *CK*, *CL* iguales à las hipotenusas *ae*, *af*, *ag*; y la línea Curva, que pase por los puntos *H*, *I*, *K*, *L* serà la que se pide.

Por construcción tenemos  $CM = CA$ ,  $CD = HM$ : luego el Quadrado de *CD* es igual à la diferencia entre los Quadrados de *CH*, y de *CA*. Tambien *CI*, *CA*, *CE* son iguales respectivamente à *ea*, *ac*, *ce*; y por consiguiente el Quadrado de *CE* es igual à la diferencia entre los Quadrados de *CI*, y de *CA*: de donde se infiere, que la Curva *HIK* &c. es la que se propuso construir.

Este Problema se ha dado al principio de la Sección V. del Libro Tercero de nuestro Tratado Analítico, no solo para Bovedas generadas por un movimiento paralelo, sino igualmente para las que se producen por un movimiento circular. A este escrito puede acudir el Lector, siempre que necesite instruirse de todos los casos, que se comprenden en el Problema.

Hemos procurado explicar en esta Sección todos los Problemas de mayor utilidad, que pueden ocurrir en la práctica, relativos à este asunto; y para hacerle mas general se ha añadido una Tabla, que expresa las dimensiones correspondientes à los Pies derechos para Almacenes de polvora de diferentes anchuras.

Y

Y aunque hemos supuesto en ella, que los Arcos son circulares; con todo, las mismas dimensiones se pueden aplicar para los elípticos; ò para los que son porciones de círculos: porque en todas las diversas clases de Arcos, siempre hemos hallado, que el circular requiere mas robustos sus Pies derechos. Lo qual es contrario à las erroneas nociones de otros Autores, que han reputado el Arco circular, como el mejor, y mas fuerte, sin haber podido dar alguna otra razón, que la del concurso de sus juntas en un mismo punto; no considerando, que lo propio sucede en todos los demás Arcos formados de porciones de círculo. Y como los mas primorosos Puentes de Europa están contruidos con Arcos elípticos; es manifiesto, que son capaces de sostener el peso que los cargue. Ademas se ha demostrado, que necesitan cerca de un tercio menos de Sillería: luego es preciso convenir, en que son preferibles à los circulares; especialmente si se considera, que ofreciendose mas hermosos à la vista, hacen en los Puentes mas suave su ascenso. Este en el de *West-minster* es tan incomodo, por el demasado pendiente que ocasionan à su piso los Arcos circulares, que los carruages muy cargados le suben con grande dificultad: Aunque este Puente, por otras muchas circunstancias, es uno de los mas delicados de Europa.

Tam-

Tambien es facil demonstrar, que los Almacenes de polvora , que se construyen con Bovedas elipticas, tienen ventaja sobre los circulares en muchos casos. Porque en los Fuertes, y en donde quiera que los Terraplenes sean de corta altura , es imposible poder hacerlos circulares, sin que sean vistos desde la Campaña por el Enemigo , quien procurará destruirlos con la mayor prontitud , sabiendo que de su ruina depende la rendicion de la Plaza : Y si se disponen debaxo de Tierra , no pueden conservar la polvora mas tiempo del que dure un breve Sitio ; porque apoderandose de ella la humedad , le hará perder toda su virtud , y fuerza. Estos inconvenientes se evitarían si se hiciesen elipticos los Almacenes. Ni sobre estos producirán las Bombas mayor efecto , que en los otros; respecto que la parte mas debil está suficientemente cubierta con mampostería , y que en los riñones son mas fuertes que los circulares, por su mayor Curvatura.

Los dos ultimos Problemas son particularmente utiles para la construccion de los Puentes ; pues estando en mutuo equilibrio las Dovelas de sus Arcos , es manifesta la mayor robustez que lograrán con esta disposicion. Es verdad , que no se puede terminar en esta forma la parte superior de un Puente , à menos que fuese de un Arco solo ; porque es preciso,  
que

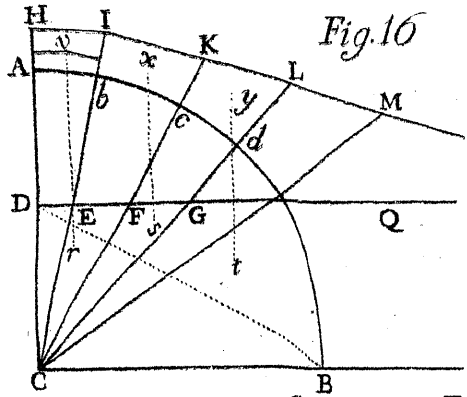


Fig. 16

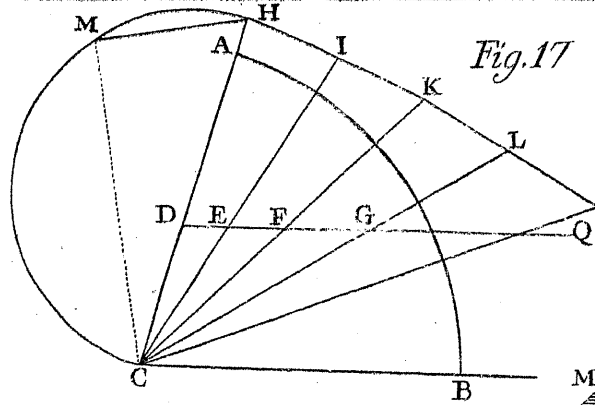


Fig. 17

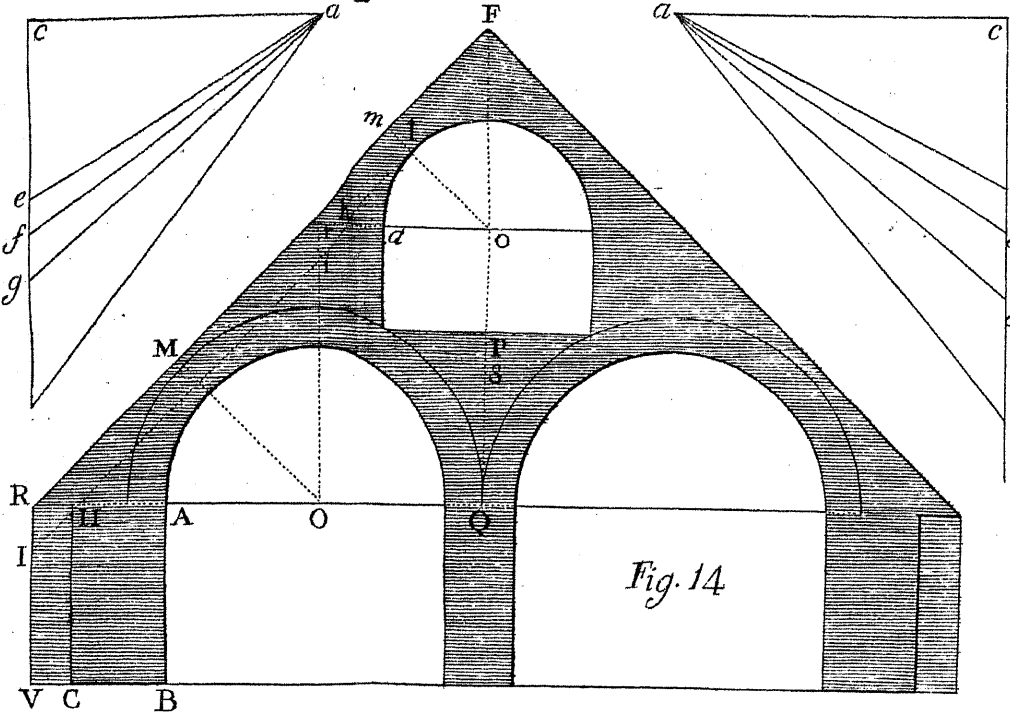


Fig. 14

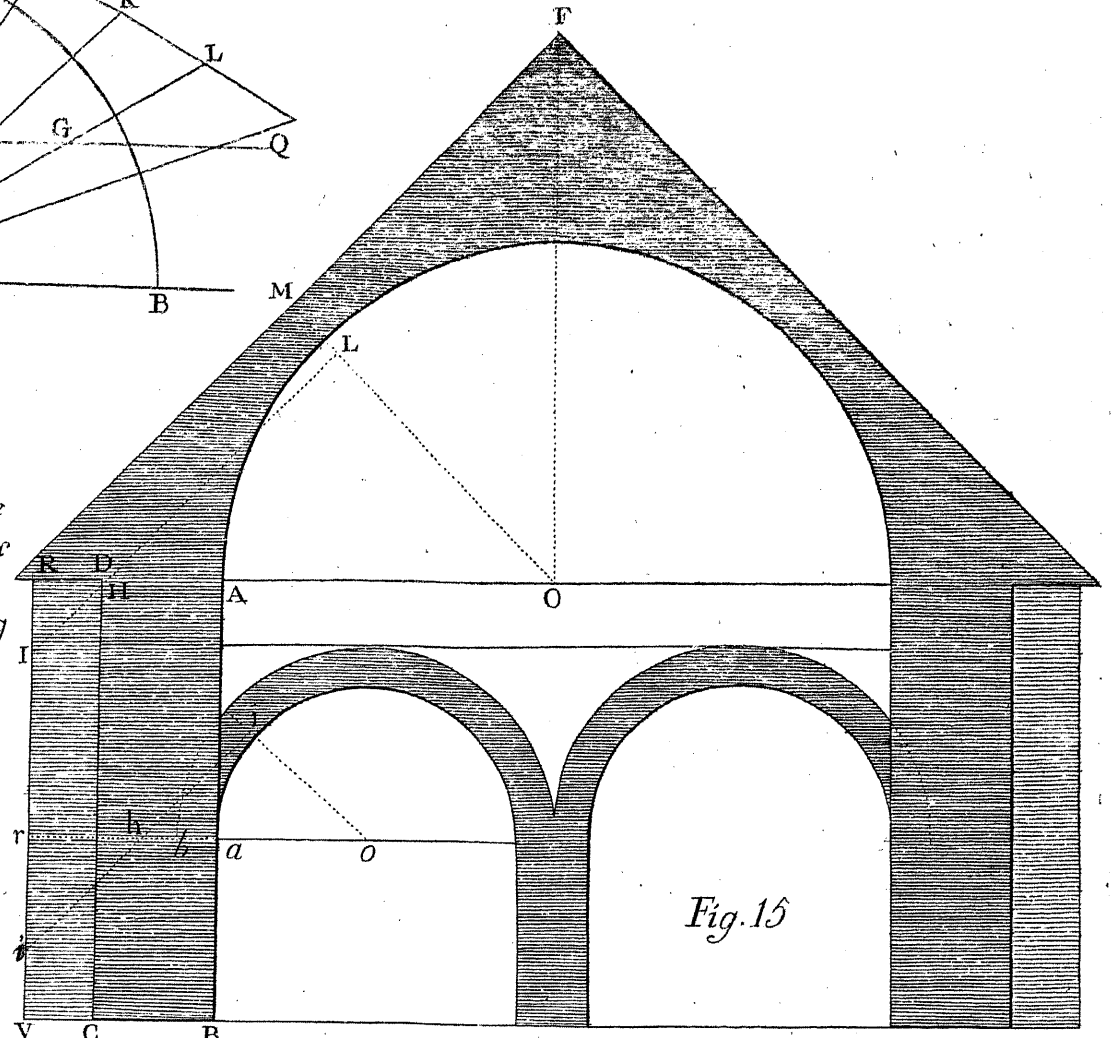


Fig. 15

que su piso sea seguido, para que resulte un ascenso, y descenso suave, y regular. No obstante, aunque se corten las Dovelas de forma, que no se empujen unas à otras, se puede enrasar lo demàs hasta el piso del Puente, segun el metodo ordinario; pues el exceso de peso que se agregue, es de tan poca consideracion, que no puede causar sensible efecto, ni alteracion en la fuerza, y robustez de las Dovelas.

Quando se construye un Puente sin esta circunstancia, y disposicion de las Dovelas, resultan sobre cargadas, así la parte mas fuerte, como la mas debil, con un peso adicional, que alterando mas el equilibrio, expone el todo à menor robustez, y duracion:

## SECCION III.

*De la Fuerza, y Qualidad de las Maderas.*

**L**A robustez, y bondad de un Edificio, enteramente depende de la buena proporcion, y union del todo; de tal forma, que resulte igualmente solido en cada una de sus partes. Para lograr este fin hemos dado en la Seccion I. la Theoria de los Muros, y en la II. la que corresponde à los Arcos, y Bovedas. Nos resta explicar ahora la fuerza, y qualidad de las Maderas, con atencion à las varias posiciones en que se hace uso de ellas; especialmen-

te de las que se emplean por lo común en los Edificios; à fin de hacer esta Obra tan util, como sea posible, y habilitar por este medio à un Ingeniero Joven, à que pueda hacer concepto de la bondad, y merito de un Edificio executado; ò bien para el exámen de un Proyecto, en que debe atender cuydadosamente à la solidez, y buena proporcion de todas sus partes, evitando los gastos inutiles; cuyas circunstancias son el termino de perfeccion à que se puede llegar en el Arte de construir.

*De la Naturaleza, y Qualidad de las Maderas.*

De todas las varias especies de Maderas que se conocen en Europa para los Edificios, la Encina merece siempre ser preferida; porque estando bien sazónada, y enjuta, es muy sólida, fuerte, y correosa; no se abre facilmente, y sufre mayor peso que qualquiera otra: quando se emplea à cubierto, ò debaxo del agua, jamás perece; al contrario, con el tiempo va adquiriendo mayor grado de dureza, y resistencia; y aun expuesta al temporal, siempre excede en permanencia à las demás clases de Maderas.

A la Madera de Encina, se sigue en merito la de Pino, por su utilidad en los Edificios, especialmente en Inglaterra, donde se conf-

tru-

truyen por Asiento; porque empleada à cubierto, tiene una duracion regular; es muy ligera, y la mas barata que se encuentra. Difiere de la Encina, en que no necesita mucha sazón; y por lo mismo no es preciso gran repuesto de antemano; en lugar, que la Encina se ha de cortar, y conservar un año antes de emplearla, à lo menos. Pero el Pino es mucho mas fuerte mientras conserva sus particulas resinosas, que no quando las ha perdido, y está muy seco, como me lo ha hecho ver la experiencia. Se prefiere el Pino à toda otra Madera, para Forros, ò Entablados, para Artezonados, y para todos los adornos interiores de los Edificios. Tambien se conserva mucho tiempo debaxo del agua, y aun se pretende que no se destruye en ella, de la misma forma que la Encina.

El Olmo, ò Alamo negro es Madera de mucho uso, especialmente aqui en Inglaterra, y en Francia, donde la hay con abundancia: Su qualidad es recia, y flexible; se trabaja con facilidad, y no está sujeta à henderse: sufre los clavos, y herrage, mejor que qualquiera otra Madera; y por lo proprio la gastan con preferencia los Maestros de Coches, y de Carros, para Lanzas, Cubos, Pinas, y otros destinos semejantes; y casi es la unica especie de Madera, que se emplea en la Artilleria.

La Haya tambien produce mucha utilidad; es muy recia, blanca, y correosa quando

P 2

nue-

nueva; pero está sujeta à viciarse, y torcerse, si se expone al temporal, y se apollilla à cubierto. Su mayor uso es para hacer Mesas, Sillas, Camas, y otros muebles domesticos; aunque tambien se aplican para Exes, Lanzas, y otras Obras de carruages.

El Fresno es buena Madera, pero muy escasa en la mayor parte de Europa. Sirve en los Edificios, à otros destinos en que está à cubierto del temporal, y tambien para Mangos, ò Cabos de Herramientas, ò Utiles; y es muy à propósito para todos los usos en que convenga que la Madera sea recia, y flexible.

La Madera de Castaño silvestre, es estimada por muchos como la Encina, y parece que tubo vastante uso en los antiguos Edificios; pero sea que estos Arboles no son ya tan comunes como en otros tiempos, ò sea que su Madera no corresponda como se creía; lo cierto es, que no se emplea al presente en cosa alguna.

Ademàs de estas Maderas, hay otras muchas, que se aprecian como utiles en diferentes ocasiones: de esta especie son, el Nogal de Inglaterra, y de la Virginia, el Canario (1), el Cedro, el Palo de Rosa, y el Box; así para los

Tor-

(1) El Canario, que los Ingleses llaman Mahogany, es una Madera exquisita, que se cria en la Isla de la Madera: Su color es algo mas obscuro que el del Box; pero tiene las Fibras mas delicadas, y unidas.

Torneros, como para los Evanistas. Pero como nuestro designio es el ceñirnos solo à aquellas Maderas que se emplean en los Edificios, no consideraremos otras en las observaciones siguientes.

La Encina se puede distinguir en tres especies diferentes, que son: la que se cria en Terrenos aridos, y areniscos; en Bosques espesos; y en parages desahogados, à los margenes del Bosque, en Alamedas, ò en Suelos baxos, y humedos donde el aire circule con libertad.

La que se cria sobre Terrenos elevados, y areniscos, ordinariamente es de color Roxo, muy vidriosa, de corte dulce, y arrayga con prontitud; pero no sirve para los Edificios, ni aun para el fuego, porque como si estuviera podrida, jamás produce llama.

En los Bosques espesos, donde no pasa el aire libremente, se crian las Encinas muy elevadas, derechas, y sin nudos; se hienden con facilidad, y tienen sus fibras muy blancas, y delicadas. Estas circunstancias la hacen apreciable para los Edificios, para algunas Obras de Carpinteria, y aun para toda especie de adornos con que se cubren los Gabinetes. Su color natural, como tambien la Fibra, es tan hermoso, que apenas puede excederle el de otra Madera; pero como es muy tierna, y se abre con facilidad, no es buena para la construcción de Baxeles.

La



La que se cria en Terrenos suaves, ò blandos, donde el áire circula con libertad, es muy dura, fuerte, y correosa: nunca es tan elevada, ni tan derecha, y unida como la de los Bosques espesos; pero es la mejor que se puede emplear en la construccion de Baxeles, especialmente si crece en Suelo humedo. He visto una porcion de esta especie, tan correosa, que sus listones se podian enroscar como una cuerda sin romperse; y en esto consiste, à mi parecer, que la Encina de Inglaterra sea mucho mejor, que qualquiera otra de Europa para la construccion de Baxeles: porque el suelo donde se cria generalmente es humedo, y baxo; los Bosques no son tan espesos, como en otras partes, y por consiguiente no impiden la circulacion del áire. Pero la que se trae de *Nor-way*, ò otros parages de *Germania*, crece en Bosques, y Malezas muy espesas, y por lo proprio solo es buena para Obras de Carpinteria, y Trabazones.

El Pino se puede tambien distinguir en tres especies distintas, que son: en Roxo ò Amarillo, en Blanco, y en una media entre las dos. El Roxo es el mejor, y mas durable, porque està muy cargado de resina, ò trementina que le llena los poros, è impide al agua se infinue en ellos; y por lo mismo es mas apto que las otras clases para resistir al temporal, en cuyas Obras se emplea ordinariamente. De  
esta

esta Madera se cortan las Estacas que se clavan en la tierra, porque son de mucha duracion; y lo seràn de mayor en este uso, si se enegrecen al fuego, y se cubren con pez caliente. Asimismo se ha notado, que esta especie de Pino (que en mi concepto es del que se extráe asi la pez, como la brea) nunca se pudre debaxo del agua, y es el mejor que gastan los Carpinteros.

El Pino Blanco no es tan fuerte, ni tan durable como el Roxo; pero es muy bueno para emplearlo en lo interior de un Edificio; esto es, en Puertas, Techos, Artezonados, y otras Obras semejantes, à que se destina con preferencia por su color, y suaves hebras. La tercera especie participa de la primera, y segunda: ni es tan fuerte, y durable, como el Roxo, ni tan hermoso como el Blanco; pero sirve con mucha utilidad para las Armaduras, y otros enmaderados, que està à cubierto en los Edificios.

Por lo que mira al Olmo, y al Fresno, no he podido distinguir mas de una especie de cada uno; pero es muy verosimil, que la variedad de Terrenos en que se crien, los produciràn mas, ò menos fuertes, ò vidriosos: Asimismo es regular, que para su acrecentamiento, y buena qualidad contribuya mucho la ventilacion; y por lo mismo parece que los que se cria en Bosques espesos, no lograràn fazo-  
nar-

narfe, como los que estèn en terrenos defahogados, y que franqueen al áire un paso, y circulacion libre.

La Haya que se cria en los Bosques espesos, es mas blanda, y fragil, que la de los Terrenos defahogados, y abiertos: En estos quando es nuevo el Arbol, produce una Madera muy blanca, y fuerte, que la emplean los Maestros de Carruages, y cortan solo aquellos Arboles, cuyo grueso corresponda à las piezas que han de trabajar, especialmente si ha de servir para Exes; y solo la abren en dos partes quando la destinan para Pinas. Pero los Arboles de quienes se han de aserrar Tablas, se escogen de mayor grueso; aunque nunca deben ser muy viejos, así por la aspereza de sus Fibras, como por la facilidad con que se estallan.

No solo la naturaleza, y disposicion del Terreno en que se crian las Maderas, contribuyen à su bondad, y perfeccion; si no tambien la Sazon en que se cortan los Arboles; aunque en señalarla discordan mucho los Arquitectos. Algunos quieren, que se haga el corte luego que madure el fruto; otros eligen la Primavera; muchos el Otoño, quando cae la oja; y no pocos pretenden, que debe cortarse en la creciente, ò lleno de la Luna, imaginando sin duda, que todas las cosas crecen de la misma forma: pero abandonaremos estas gentes infatuadas, à sus propios lunaticos juicios;

Y

y daremos opiniones mas racionales, y convenientes sobre la Sazon en que debe hacerse el corte de las Maderas.

Manifiesta la experiencia diaria, que la Madera expuesta al temporal se destruye con mas prontitud, que si se emplea à cubierto; y tambien, que quando se aplica enjuta à los usos es de mayor duracion, que la recientemente cortada: luego debemos inferir, que el jugo, y algunas otras humedades que entretienen, son la causa, que las Maderas se consumen en poco tiempo. Esto supuesto, es evidente, que se deben cortar los Arboles en la Sazon que tengan menos jugo, y humedades: por consiguiente, el tiempo mas oportuno será el que medie entre la caída de las hojas, y su renovacion; el qual ordinariamente se comprehende desde mediados de Octubre, hasta mediados de Marzo. La mayor parte de los Arquitectos convienen con nosotros en que esta es la sazón mas propria para el corte de los Arboles.

Tambien la disposicion del tiempo tiene influxo sobre las Maderas; porque si se cortan en tiempo humedo, ò lluvioso, tardarán mas en enjugarse; y aun si permanecen mucho en este estado, se corromperà el jugo, facilitando se apolillen, è inutilicen: Pero quando el tiempo està sereno, y seco, es cierto, que

Tomo I.

Q

el

el áire extraerá el jugo de las Maderas, asegú-  
rando su duracion, y permanencia.

Cortados los Arboles, se les debe quitar la cascara, ò correza, dexandolos por algun tiempo al Sol, y al áire: despues se aserran en Quartones toscos, cuyas dimensiones difieren poco de las que han de tener en limpio, y se apilan à cubierto para preservarlos de la humedad, y del ardor del Sol; por que aquella les impide el necesario enjugo, y este los tuerce, y estalla. Parece, que la Encina contiene mas humores que alguna otra Madera, y por lo mismo necesita mas tiempo para enjugarse: El mejor modo de conseguirlo con prontitud, para darla uso, es introduciendola debaxo del agua luego que esté dividida en Quartones; porque ha enseñado la experiencia, que de esta forma se le extráe el jugo en menos tiempo que al áire libre, respecto, que todo el exterior de los Quartones se pone en breve tan negro como la tinta; lo qual es una prueba evidente de la presteza con que el agua se lo disipa. Para la conservacion de las demás especies de Maderas, nunca he oído, que se siga otro metodo que el de apilarlas à cubierto de forma, que pasando el áire con libertad entre los Quartones, se reserven al mismo tiempo de las lluvias, y del ardor del Sol.

El tiempo que se necesita para que las Maderas logren su enjugo antes de emplearlas,

es

es muy incierto, pues unas requieren mas que otras. La Encina es preciso conservar la mucho tiempo apilada; porque à proporcion que se enjuga, crece su fuerza, y consistencia, como lo acreditan varios fragmentos, que se han usado de algunos Baxeles, y de Edificios antiguos, cuya dureza resiste ordinariamente al filo de los mejores utiles.

Tambien la Haya debe estar bien enjuta antes de darla uso; pues de lo contrario se destruye, è inutiliza en breve. Generalmente podemos decir, que à proporcion de la dureza, y pesadez de la Madera, necesita mas tiempo para enjugarse.

Para conocer si la Madera está enjuta, y bien sazonado, no hay mas que golpearla en un extremo con un Martillo; y siempre que el sonido sea claro, y distinto, se podrá emplear con segura utilidad.

El Pino, por ser una Madera ligera, necesita menos tiempo, que alguna otra para enjugarse. Los Quartones de esta especie, que sirven para Techos, y otros usos interiores en los Edificios, no deben emplearse del todo enjutos, porque serán de menor resistencia, como veremos despues por algunos experimentos. Pero las Tablas de Pino para Suelos, Forros, y Artezonados, han de estar enjutas enteramente, antes de hacerlas servir; por-

Q 2

que

que de lo contrario se torceràn , y viciaràn la Obra , abriendose en muchas partes.

Los Arboles deben cortarse en cierta edad ; para que su Madera tenga la mayor duracion ; la qual verosimilmente no se logrará quando son muy nuevos , ò muy viejos. Se dice , que la Encina no se ha de cortar antes que tenga 60 años , ni despues que haya cumplido 200. Lo cierto es , que en general todos los Arboles , conviene cortarlos en el estado de su mayor robustez , y antes que principien à decaer ; cuyo termino alcanzaràn mas , ò menos presto , segun la naturaleza del terreno en que se crien , y conforme al grueso , y calidad de sus Maderas. Esta variedad de circunstancias , que deben conbinarse , manifiestan la dificultad de establecer regla cierta à que atenderse ; y solo la experiencia , y el discernimiento pueden servir de guia en este asunto.

*Metodo de computar la Fuerza de los  
Quartones.*

*Mr. Parent* , à lo que tengo entendido , fuè el primero , que tratò este asunto de un modo cientifico ; y para apoyar sus demonstraciones , hizo varios experimentos con trozos de Encina , y de Pino , deduciendo de ellos , que la fuerza de un Quarton de Encina , es à la fuerza de un Quarton de Pino de las  
mis-

mismas dimensiones , como 5 à 6. Asi , segun estos experimentos resulta , que la Madera de Pino es de mayor resistencia , que la de Encina. *Mr. Belidor* ha tratado despues el proprio asunto , è igualmente ha hecho diferentes experiencias con Maderos de Encina ; pero en orden à comparar la fuerza de esta , con la de Pino , abrazò sin exâminarla la proporcion antecedente. La misma opinion de que el Pino es mas fuerte que la Encina , ha prevalecido aqui en Inglaterra ; porque , segun *Langley* , despues del grande fuego de Londres , se celebrò un Acto en el Parlamento , para establecer las dimensiones de las Vigas ; y en èl , siempre se determinan las de Encina de mayor grueso , que las de Pino. Pero habiendo yo considerado , que esta pràctica , se opone enteramente à lo que dicta la razon , resolvì exâminar los experimentos ; y justamente hallè todo lo contrario , como se verá mas adelante. Respecto , que *Mr. Parent* era hombre de acreditada veracidad , no podemos creer , que afirmò otra cosa de lo que realmente descubriò : Es preciso , que la Encina de que se sirviò haya sido mas debil , y el Pino mas fuerte , que todo el que yo he exâminado ; lo qual sin duda le conduxo à este error.

## P R O B L E M A I.

*Determinar la fuerza de un Madero, cuyas dimensiones se dan conocidos.*

Lam. 5.  
Fig. 1. **S**Uponemos, que todas las Fibras de la Madera sean rectas, y de una misma fuerza en el parage mas debil, que es por donde se rompen, pues no hace al caso la que puedan tener en otra parte: Tambien suponemos, que en una propria especie de Madera, no hay diferencia entre sus Fibras; por que sin embargo de que no sea asi, se aproxima lo que basta para no causar sensible error en la práctica.

Sobre el filo de un Apoyo triangular R, supongase sostenido el Madero AC por su medio en D; y que al mismo tiempo se consideren dos Cuerpos iguales P, Q suspendidos en los puntos A, C, equidistantes del plano vertical DB, pero cuyos pesos sean bastante para romper el Madero. Es evidente, que los pesos P, y Q, producirán al principio una inflexión en el Madero, obligandole à que forme una especie de angulo curvilineo en B, y al fin le romperán en aquel parage, dividiendole por una Seccion BD perpendicular à qualquiera de los lados, como AC. Respecto pues, que la potencia, ò fuerza de estos pesos, se aumenta, ò disminuye, segun estèn mas, ò menos dif-

distantes del Apoyo D; es claro, que estas fuerzas seràn proporcionales con los productos de los mismos pesos multiplicados por sus correspondientes distancias à la Seccion BD; ò bien, por que los pesos, y distancias se han supuesto aqui iguales, el doble producto de uno de los pesos P, multiplicado por su distancia hasta la Seccion BD, expresará la fuerza de estos dos Pesos.

Habiendo hallado la expresion de la fuerza de los pesos, determinaremos ahora la resistencia, ò fuerza de la Madera. Represente la Area *abc* el perfil del Madero, y por consiguiente expresará tambien la suma de todas las Fibras, que se han de romper; pero como son iguales, y de una misma fuerza, por suposición, es evidente, que la propria Area expresará la suma de las fuerzas de todas las Fibras. El punto D, ò la base *ab* del perfil està fixa, y las direcciones de las Fibras son perpendiculares à la Area *abc*: luego la resistencia de cada Fibra es igual al producto de su fuerza multiplicada por su distancia de la base *ab*; y consiguientemente la suma de todas las Fibras que se comprehenden en una misma linea *df*, paralela à la base *ab*, multiplicada por su distancia *ad* de la misma base, expresará su momento, ò resistencia. Lo mismo se demuestra respecto de todas las Fibras, que estèn situadas en qualquiera otra linea paralela à la base *ab*:

De

De donde se sigue, que la suma de todos estos productos será la fuerza, ó resistencia total del Madero. Pero se sabe por una propiedad del Centro de gravedad, que el producto de la Area  $abc$ , multiplicada por la distancia desde su Centro de gravedad hasta la base  $ab$ , también expresará la resistencia total de las Fibras, ó la del Madero: luego teniendo determinada la fuerza de qualquier Quarton, por experimentos, es fácil descubrir la que corresponde á otro de la misma especie de Madera.

Fig. 2. Si el Quarton AC descansa por sus extremos sobre los Solidos triangulares P, Q, y el peso W se suspende en el medio B: En este caso, suponiendo los pesos P, y Q de la Figura 1., representados en esta por los Solidos P, y Q, es evidente, que cada Sólido de estos sostiene la mitad del peso W: luego el peso W multiplicado por la distancia AB, ó BC, expresará su momento, ó fuerza.

#### De otro modo.

Respecto, que el peso W está suspendido en el medio entre los puntos de Apoyo; es claro, que cada uno de estos sostiene exactamente la mitad del peso: pero la potencia, ó fuerza de este peso contra los apoyos P, Q, es como el producto de la mitad del peso, multiplicado por la distancia AB, ó BC desde

de su direccion al punto de apoyo: luego la fuerza total de este peso, será como el doble producto de la mitad del peso W multiplicado por AB, ó BC, ó bien, como todo el peso W multiplicado por la misma distancia AB, ó BC.

#### Corolario I.

Si suponemos  $c$  por la longitud AC del Quarton, tomada entre los apoyos;  $s$  por la Area del perfil;  $d$  la distancia desde su Centro de gravedad hasta la base; y  $w$  por el peso W: en este caso  $\frac{1}{2}cw$  expresará la fuerza del peso W, y  $ds$  la fuerza del Quarton; luego el momento del peso, será al momento del Quarton, como  $\frac{1}{2}cw$  á  $ds$ , ó como  $w$  á  $\frac{2ds}{c}$ ; y si esta Razon fuere conocida, se tendrá  $w = \frac{2ds}{c}$ . De aqui podemos deducir diferentes consecuencias utiles.

1. Las resistencias de dos Maderos de una misma especie, y de diversas dimensiones, ó bien ( lo que es todo uno ), los pesos que sostienen, guardan entre sí la Razon de los productos de sus Secciones multiplicadas por las distancias desde los Centros de gravedad hasta sus bases, divididos por sus longitudes.

2. Las fuerzas de dos Maderos de una propia especie, y de iguales longitudes, son como

mo los productos de sus perfiles multiplicados por las distancias desde sus Centros de gravedad à las bases.

3. Las fuerzas de dos Maderos de una misma especie, que tienen iguales Secciones, son como las distancias desde sus Centros de gravedad à las bases, divididas por sus longitudes.

4. Las fuerzas de dos Maderos de una propia especie, que tienen iguales las distancias desde los Centros de gravedad de sus perfiles hasta las bases, son como los mismos perfiles divididos por sus longitudes.

No hemos hecho mencion de los extremos del Madero, que sobresalen de los apoyos A, C; por que sirviendo unicamente para mantenerlo en la situacion que se le dà, en nada contribuyen à variar su resistencia: Lo mismo se puede decir del peso del Madero; pues es tan pequeño en comparacion del que sostienen, que no hay motivo para considerarlo; mayormente quando no se puede pedir en la práctica una exâctitud Geometrica, que no es posible lograr. Tambien se ha de advertir, que si el peso està suspendido entre dos puntos de Apoyo, como representa la Figura 2.; la base à quien se refieren las distancias desde el Centro de gravedad, està en la superficie superior AC; porque debe romperse primero en la inferior D: en lugar, que quando el Apoyo

yo està entre los pesos, segun la Figura 1., se han de referir las perpendiculares à la superficie inferior.

### Corolario I I.

Si el perfil del Quarton AC es un Rectángulo, cuya altura sea  $a$ , y la base  $b$ , sobre quien se disponga horizontalmente el mismo Quarton; expresará  $ab$  la Area del perfil, y  $\frac{1}{2}a$  será la distancia desde su Centro de gravedad à la base superior: luego la Igualacion descubierta en el Corolario I, esto es  $w = \frac{2ds}{c}$ , se

reducirá à  $w = \frac{aab}{c}$ : Lo qual manifiesta, que la fuerza de un Madero rectangular, asentado horizontalmente sobre uno de sus planos, es como el producto del Quadrado de su altura multiplicado por su base, y dividido por su longitud.

De donde se sigue, que una Tabla de Pino de una pulgada de grueso, y 10 de ancho, situada horizontalmente de plano, y despues de canto; la resistencia, que hará en el primer caso, será à la que haga en el segundo, como 1 à 10. Por que la resistencia en el caso primero será como 10 multiplicado por el Quadrado de 1; y en el segundo, como 1 multiplicado por el quadrado de 10, esto es, como

10 à 100, ò bien como 1 à 10. Así, suponiendo que sostenga 50. libras quando està de plano, resistirà de canto à 500 libras.

En esto se funda la práctica de establecer los Maderos en los Edificios sobre el lado, ò plano mas estrecho; por que de esta suerte sostendrán mayor peso, que quando se dispongan sobre el plano mas ancho; lograndose por este medio, mucho ahorro de Maderas, con proporcion à la mayor altura que tengan sus perfiles.

*Exemplo.*

Tambien podèmos exâminar por lo que se ha dicho, si las dimensiones que ordinariamente dàn los Carpinteros à las Maderas, tienen la debida proporcion respecto à su longitud. Para esto, nos arreglarèmos à las dimensiones de la las Vigas de Pino, señaladas por el Acto del Parlamento, que siguiò despues del grande incendio de Londres.

Longitud.	Latitud.	Altura.
10	8.	10
12	8.5	10
14	9.	10.5
16	9.5	10.5
18	10.	11
20	11.	12
22	11.5	13
24	12.	14

Su-

Suponiendo, que las dimensiones de cualquiera de estos Quartones ò Vigas estèn bien proporcionadas, como por Exemplo las de 10 pies de largo; se pueden determinar las de cualquiera otro, cuya longitud sea conocida, de esta manera: Respecto que estos Quartones han de tener igual resistencia, ò bien que deben sostener un proprio peso; el producto del Quadrado 100 (de la altura 10) multiplicado por la base 8, darà 800, que dividido por la longitud 10 pies, ò 120 pulgadas, resultàn  $\frac{20}{3}$  por la expresion de la fuerza del Quarton dado; y por lo mismo debe ser igual à la resistencia de otro cualquiera; esto es  $\frac{20}{3} = \frac{aab}{c}$ .

Pero si se supone la longitud  $c$  de 12 pies, y la altura  $a$  de 10 pulgadas; substituyendo estos valores (reducidos los pies à pulgadas) en la Equacion antecedente, resultará  $\frac{20}{3} = \frac{100b}{144}$ : Multiplicando todo por  $144 \times 3$ , y partiendo por el coeficiente 300, se tendrá  $b = 9.6$  pulgadas, que es 1.1 pulgada mas de lo que señala la Tabla.

Del mismo modo se pueden hallar las dimensiones de todos los demàs Quartones, cuyas longitudes, y alturas sean las mismas, y se tendrá la Tabla siguiente.

Com-



Longitud.	Latitud.	Altura.
10	8.	10.
12	9.6	10.
14	10.1	10.5
16	11.6	10.5
18	11.9	11.
20	11.	12.
22	10.4	13.
24	9.8.	14.

Comparando las anchuras de los mismos Maderos en una, y otra Tabla; se verá, que las que corresponden à las Vigas de 12, 14, 16, 18, y 20 pies de longitud, son muy pequeñas en la primera; y muy grandes las que señala à las de 22, y 24 pies de largo. Esta desproporcion manifiesta, que la práctica sola no es suficiente para determinar el preciso grueso de los Quartones; y que sin la aplicacion de los principios Mathematicos, no se puede esperar grande adelantamiento en alguno de los Artes mecanicos, por mas que insinuen lo contrario los Obreros mal instruidos.

Las dimensiones, que señalan los Prácticos à los Quartones de Encina, no las compararemos, hasta que expongamos los siguientes experimentos, que hemos hecho con grande exactitud; y por lo mismo se puede arreglar à ellos el Lector con toda seguridad.

Ex.

### Experimento Primero.

Para este experimento nos hemos servido de Listones, ò Quartoncillos de Madera, que tenian 24.5 pulgadas de largo, y media pulgada quadrada de espesor. Estos pequeños Quartones se situaron sobre dos Durmientes firmes, bien esquadreados, y distantes 20 pulgadas uno de otro; cuya longitud se les ha de considerar solamente, por que lo demás servia para descansar sobre los Durmientes. Los pesos se suspendieron en el medio con una cuerda; y los que pudieron resistir los Listones hasta romperse, son como se sigue.

Dos Listones de Encina enjuta. . . { 69. Libras  
 50.  
 Un Liston enjuto de Pino. . . . . 46.  
 Otro Liston de Alamo negro enjuto. 31.

El primer Liston de Encina, que estaba del todo enjuto, pareció cortado del tronco del mismo Arbol: El segundo se condujo del Monte, pero bastantemente enjuto: En uno, y otro se notaban muy rectas las Fibras, aunque mas finas, y de un color mas encendido en la primera, que en la segunda; lo que indica, que el Arbol se hallaba en el estado de mejor fazon quando le cortaron.

An-

Antes de romperse los Maderos de Encina, se torcieron, y doblaron mas que el de Pino. Este era de color Roxo, y de la mejor calidad, que se encontró. El Alamo Negro, se encorvò demasado antes de romperse; y por ser muy debil no le hemos considerado à proposito para incluirle en el experimento siguiente.

*Experimento Segundo.*

Dos Listones de Encina, cortados de un Exe viejo. . . . .	} . . . {	54 Libras
Otro Liston de la misma Madera, cortado de un Rayo de Rueda. . . . .		54
Tres Listones de Pino, sacados de un mismo Madero. . . . .	} . . . {	36.5
		36.
		36.
Un Liston de Pino de igual perfil; pero que su base, y altura tenian la razon de 2 à 3. . . . .	} . . . {	42.5

Los Quartoncillos de Encina, que sirvieron para este experimento, tenian mas toscas sus fibras, que los anteriores, y parece que se cortaron de un Arbol viejo. En los de Pino no se advirtió diferencia alguna de los primeros, así en las fibras, como en el color.

Por

Por estos experimentos se manifiesta evidentemente, que la Encina tiene mayor resistencia, que el Pino ( lo qual es contrario à la Regla establecida por *Mr. Parent*, y à la práctica comun ), pues en el experimento primero hemos hallado, que la fuerza ò resistencia de la Encina mas debil, es à la fuerza ò resistencia del Pino de mejor calidad, como 25 à 23; y en el segundo es mas sensible la diferencia, respecto, que comparando la fuerza de la Encina mas inferior con la del Pino de mejor calidad, resultan en la Razon de 54 à 36, ò en la de 3 à 2: Y si se comparan las fuerzas de la Encina, y del Pino de mejor calidad en el experimento primero, hallaremos que están en la Razon de 69 à 46, que es la misma que la de 3 à 2; cuya circunstancia es muy digna de notar.

La fuerza, ò resistencia de una misma especie de Madera, admite mucha variedad; y por lo proprio será imposible llegar à conocer exàctamente la proporcion, que guardan las resistencias de la Encina, y del Pino; pero estamos asegurados, que siempre es mucho mayor la de la Encina.

Respecto que la menor proporcion, que hemos descubierto entre las resistencias de estas dos clases de Maderas, es la de 25 à 23, ò proxíamente la de 9 à 8; se pueden disminuir en esta razon los Quartones de Encina sin

*Tomo I.*

S

rief-

riesgo de enflaquecerlos mucho : però es preciso advertir , que esta Madera se debe cortar un año antes de emplearla , conforme lo hemos dicho en otra parte ; en lugar , que el Pino tiene bastante con seis meses de tiempo para sazarse.

El ultimo Quartoncillo de Pino, que sirvió en el experimento segundo , era de igual longitud , y perfil , que los demás : luego su resistencia es à la de qualquiera de los otros , en razon directa de sus alturas , por lo que se ha probado antecedentemente. Y si llamamos  $x$  la altura del ultimo Liston , será su base  $\frac{2}{3}x$  , y se tendrá  $\frac{2}{3}xx = ab$  , ó bien por que  $a = b = 0.5$  , resultará  $\frac{2}{3}xx = 0.25$  , y por consiguiente  $xx = 0.375$  , cuya Raiz quadrada se descubre  $x = 0.611$  , ó bien 0.6 proxímanamente : Esto es la resistencia del ultimo Liston , es à la de qualquiera de los antecedentes , como 6 à 5. Si hacemos una proporcion diciendo : como 6 à 5 , así el peso 42.5 libras ( que sostiene el mismo Madero ) à un quarto proporcional ; hallaremos , que el peso que resistirá otro Madero de los anteriores es de 35.4 libras proxímanamente , en lugar , que en el experimento resistió à 36 libras. Esta diferencia no es de consideracion ; pues no es posible apurar el peso que sostienen con tanta delicadeza , que no se aparte dos , ó tres onzas de lo justo ; fuera de que los Listones , no pudieron labrarse con aquella exâctitud,

tud , que nos asegurase de no tener alguna variedad en sus dimensiones. Así , este experimento corresponde à la Theoria sin diferencia notable (2) .

Habiendo establecido la proporcion , que tienen las resistencias de los Maderos de Encina , y de Pino , pasaremos à determinar las dimensiones , que corresponden à las Vigas de Encina ; para lo qual supondremos , que un Quarton de Pino de 10 pies de largo , 8 pulgadas de ancho , y 10 de alto , tiene la suficiente robustez que necesita ; de donde deduciremos las dimensiones que pertenecen , tanto à los Quartones de Pino , como à los de Encina.

S 2

TA-

(2) Por el exâmen , y comparacion delicada , que se hizo à un tiempo en la Real Academia de Ciencias en Paris , y en la Regia Sociedad de Londres , sobre la proporcion entre pesos , y medidas de entrambos Reynos ; (a) consta , que 107 pies de Paris , corresponden exâctamente à 114 de Londres.

Así mismo : Por ensayo , y cotejo , que de orden del Señor Rey Don Fernando VI , hicieron sobre el Pie de Castilla , y el de Paris el Gefe de Esquadra Don Jorge Juan , y otros Mathematicos de credito ; se determinó (b) , que 6 pies de Paris hacen justos 7 de Castilla.

De estas dos proporciones se deduce , que 749 pies de Castilla , componen cabalmente 684 pies de Londres :

por

(a) *The Philosophical Transactions , Abridged the ninth volume.* pag. 489.

(b) *Informe de la Imperial Ciudad de Toledo sobre igualacion de Pesos , y Medidas.* pag 199.

TABLA I.

Que contiene las dimensiones de las Vigas Maestras, que sirven para recibir las Cabezas de otras Vigas menores.

Para las de Pino.			Para las de Encina.		
Longitud.	Latitud.	Altura.	Longitud.	Latitud.	Altura.
10	8	10	10	7	10
12	8	11	12	7	11
14	9	11.1	14	8	11.1
16	9	11.9	16	8	11.9
18	10	12	18	9	11.9
20	10	12.6	20	9	12.5
22	11	12.6	22	10	12.5
24	11	13.2	24	10	13

Las longitudes se expresan en pies, y las alturas, y latitudes en pulgadas.

Sirviendonos de la Equacion  $w = \frac{aab}{c}$  del Corolario II, y suponiendo  $c = 10$  pies,

por consiguiente, el Pie de Castilla es al de Londres, como 684 à 749, ó bien, como 1000 à 1095; y el Pie de Londres al de Castilla, como 10000 à 9132, que son razones mas acomodadas para los Calculos.

Tambien regula la práctica ordinaria del Comercio, que 55 libras de Castilla, corresponden sin diferencia sensible à 56 libras de Londres (en donde, como en España se divide cada libra en 16 onzas): luego la libra,

ò 120 pulgadas,  $a = 10$ ,  $b = 8$ ; se tendrá  $w = \frac{20}{3}$ , y  $\frac{20}{3} = \frac{aab}{c}$ . Si  $c = 12$  pies = 144

pulgadas, y  $b = 8$ ; resultará  $\frac{20}{3} = \frac{8aa}{144}$ , y por

consiguiente  $aa = 120$ , cuya Raiz quadrada es  $a = 11$  pulgadas proxíamente, porque

el Quadrado de 11 es 121. Del mismo modo se han determinado las dimensiones de los demás

Quartones, ò Vigas de Pino. Reduciendo  $\frac{20}{3}$  en la Razon de 9 à 8, tendremos  $\frac{160}{27}$  por la

expresion de la fuerza de las Vigas de Encina, cuyas dimensiones se descubrirán por la Iguacion

$\frac{160}{27} = \frac{aab}{c}$ , de esta forma.

Sea  $c = 10$  pies = 120 pulgadas, y  $b = 7$ ; será  $\frac{160}{27} = \frac{7aa}{120}$ , y consiguientemente

$aa = 101$ , cuya Raiz quadrada es 10 proxíamente, que es lo que señala la Tabla. Las demás

Vigas de Encina se han determinado de la propia forma. TA-

bra ò onza de Castilla, será à la libra ò onza de Londres, como 56 à 55.

Con este conocimiento es facil contraher à medida, y peso de España, las dimensiones, y resistencias de los Listones, que han servido en los experimentos

anteriores, prescindiendo no obstante, de que las Maderas de España, sean mas ò menos fuertes que las de la misma especie en Inglaterra; pero en esta circunstancia, parece que nunca pueden variar de forma, que

ocasionese sensible error en la práctica.

TABLA II.

Que contiene las dimensiones de las Viguetas, y Asnillas, ò Cabezales.

Para Viguetas.			Para Asnillas, ò Cabezales.		
Longitud.	Latitud.	Altura.	Longitud.	Latitud.	Altura.
6	2	8	5	3	7
8	2.5	8.3	6	3	7.6
9	3	8	7	3.5	7.6
10	3	8.4	8	4	7.6
11	3.5	8.1	9	4.5	7.6
12	4	8	10	5	7.6

En los primeros Maderos de cada Tabla se han supuesto de suficiente magnitud sus dimensiones, y por ellas se han descubierto las que se señalan à los demàs. Por que suponiendo  $c = 6$  pies  $= 72$  pulgadas,  $b = 2$ , y  $a = 8$ ; se tendrá  $\frac{16}{9} = \frac{aab}{c}$ : quando  $c = 8$  pies  $= 96$

pulgadas, y  $b = 2.5$ ; será  $\frac{16}{9} = \frac{2.5a}{96}$ , y por configuiente  $aa = 69.81$ , cuya Raiz quadrada dará  $a = 8.3$  como lo señala la Tabla.

Pero suponiendo  $c = 5$  pies  $= 60$  pulgadas,  $b = 3$ , y  $a = 7$ ; será  $\frac{147}{60} = \frac{aab}{c}$ , cuya Equacion ha servido para construir la segunda Ta-

Tabla. Por que sea  $c = 6$  pies  $= 72$  pulgadas, y  $b = 3$ ; tendrèmos  $\frac{147}{60} = \frac{3aa}{72}$ , y  $aa = 58.8$ , de quien sacando la Raiz quadrada, resultará  $a = 7.6$  pulgadas próximamente.

TABLA III.

Que contiene las dimensiones de las Vigas, ò Puentes de Pino, que se ponen sobre las Vigas Maestras.

Para los Edificios pequeños. Para los Edificios grandes.

Para los Edificios pequeños.			Para los Edificios grandes.		
Longitud.	Latitud.	Altura.	Longitud.	Latitud.	Altura.
6	2.5	5	6	3	5.4
7	2.5	5.5	7	3	5.8
8	2.5	5.9	8	3	6.2
9	3	5.6	9	3	6.6
10	3	6	10	3	6.7
11	3	6.2	11	3.5	6.8
12	3	6.5	12	3.5	7.1

Si suponemos, que sea  $c = 6$  pies  $= 72$  pulgadas,  $b = 2.5$ , y  $a = 5$ ; se tendrá  $\frac{aab}{c} = \frac{135}{144}$  por la Equacion que ha servido para formar la primera Tabla: Y suponiendo  $c = 6$  pies  $= 72$  pulgadas,  $b = 3$ , y  $a = 5.4$ ; resultará la Igualacion  $\frac{aab}{c} = \frac{7.29}{6}$  que determina las di-

men-

menfiones en la segunda Tabla. Ordinariamente los Carpinteros dan mas grueso à las Maderas de los Edificios grandes, que à las de los pequeños; y es preciso que fea así para que tengan alguna mas robustez, y puedan sostener mejor el mayor peso que las carga.

Los nombres de los diferentes generos de Maderas, que se expresan en estas Tablas, los hallará explicados el Lector al fin de la Parte Tercera de esta Obra; donde tratamos de las Armaduras, y otros enmaderados.

## T A B L A I V.

Que contiene las dimensiones de los Tirantes.

<i>Para los de Pino.</i>			<i>Para los de Encina.</i>		
<i>Longitud.</i>	<i>Latitud.</i>	<i>Altura.</i>	<i>Longitud.</i>	<i>Latitud.</i>	<i>Altura.</i>
12	6	8	12	5	8.2
16	7	8.5	16	6	8.7
20	7	9.5	20	6	8.7
24	7	10.4	24	6	10.6
28	8	10.5	28	7	10.6
32	8	11.3	32	7	11.3
36	8	12	36	7	12
40	9	12	40	8	12
44	9	12.3	44	8	12.6

Siguiendo el mismo metodo de los casos antecedentes, se hallará  $\frac{aab}{c} = \frac{8}{3}$  por la Equacion,

cion, que ha servido para construir la primera Tabla; y  $\frac{aab}{c} = \frac{7}{3}$  próximamente, por quien se ha formado la segunda.

## T A B L A V.

Que contiene las dimensiones de los Pares Principales.

*Para los de Pino.*

*Para los de Encina.*

<i>Longitud.</i>	<i>Latitud.</i>	<i>Altura.</i>	<i>Longitud.</i>	<i>Latitud.</i>	<i>Altura.</i>
18	4	5.5	18	3	5.3
20	4	6.1	20	4	5.7
22	4	6.4	22	4	6
24	5	6	24	4	6.3
26	5	6.2	26	4	6.5
28	5	6.4	28	4	6.8
30	5	6.7	30	4	7
32	5	6.9	32	5	6.5
34	5	7.1	34	5	6.7
36	5	7.3	36	5	6.9
38	5	7.5	38	5	7.1
40	5	7.7	40	5	7.3

Los Autores señalan varias dimensiones à los Pares, ò Tixerias Principales. *Mr. Smith* las quiere de un modo, *Mr. Price* de otro, y *Mr. Langley* opina, que han de tener mayor robustez ácia la patilla, que en el copete; pero no se si esta práctica la figue algun Obrero.

Fuera de esto, dice *Mr. Price* que han de tener mayor grueso en los Edificios mas anchos, que en los que son mas estrechos, aunque la longitud de los Pares sea una misma: Pero no se advierte la razon que puede haber para semejante práctica; pues su robustez debe proporcionarse à la distancia que guarden entre si, y al peso del Texado. Respecto de no estar convenidos los Autores sobre las dimensiones de los Pares, hemos tomado un medio, para las que señalan los primeros Maderos de las Tablas antecedentes.

## T A B L A V I.

Que contiene las dimensiones de los Pares Pequeños.

Para los de Pino.			Para los de Encina.		
Longitud.	Latitud.	Altura.	Longitud.	Latitud.	Altura.
9	2.3	4.7	9	2.3	4.6
10	2.4	4.9	10	2.3	4.7
11	2.5	5	11	2.4	4.8
12	2.6	5.2	12	2.5	5
13	2.7	5.4	13	2.6	5.2
14	2.8	5.5	14	2.6	5.3
15	2.8	5.6	15	2.7	5.4
16	2.9	5.8	16	2.8	5.5
17	2.9	5.9	17	2.8	5.6
18	3	6	18	2.9	5.8
19	3	6.1	19	3	5.8
20	3.1	6.2	20	3	6

Estas

Estas son las Tablas de quienes se sirven ordinariamente los Architectos, y Carpinteros, para señalar los gruesos que corresponden à las diversas Vigas, y Maderos, que se emplean en los Edificios: pero como su exactitud depende de las dimensiones que hemos sacado de otros Autores para los primeros Maderos de cada una; si estas dimensiones no son justas, tampoco lo serán las que de ellas se han deducido. No obstante, respecto que siempre se han tomado por modelo los Maderos de menor longitud, que verisimilmente son las que mas se han usado, y siempre han probado bien; es de presumir, que los demás que hemos expresado, no solo serán de suficiente robustez, si no tal vez de mayor de la que necesitan.

## Exemplo I.

Supongase que un Quarton AC, se dispone por una arista sobre los Apoyos P, y Q, de forma, que la diagonal BD de su perfil (cuyos lados son  $a$ ,  $b$ ) sea perpendicular al horizonte. En este caso será  $d = \frac{1}{2} \sqrt{aa + bb}$ , y  $s = ab$ ; y por consiguiente, la Equacion  $w = \frac{2ds}{c}$  que-

darà transformada en  $w = \frac{ab}{c} \sqrt{aa + bb}$ ; pero  $\sqrt{aa + bb}$ , ò la diagonal BD, es mayor que qualquiera de los lados  $a$ , ò  $b$ : luego en esta si-

T 2

tua-

tuacion resistirà mas el Quarton, que si se pudiese sobre su tabla, ò grueso. No obstante, la resistencia de este Madero serà algo menor de lo que exprese el Calculo, si atendèmos à que las fibras de la Madera àcia la arista B, se deben comprimir con anticipacion à las demàs, cediendo al peso W que las grava.

### Exemplo II.

Quando la Seccion del Madero es un Circulo, cuyo diametro sea  $a$ , y su Area  $s$ , se tendrá  $w = \frac{as}{c}$  por la Equacion que determina la resistencia de un Madero cilindrico: De donde se sigue, que la fuerza de un Madero cilindrico, es à la resistencia de un Quarton de igual longitud, y cuyo perfil sea el Quadrado del diametro, como la superficie del Circulo à la del Quadrado circunscrito.

Tambien se manifiesta, que la resistencia de un Madero triangular ACB situado sobre uno de sus planos AB, es dupla de la del mismo Madero ADB quando se coloca sobre la arista opuesta D; porque en el primer caso la distancia desde el Centro de gravedad del perfil hasta el vertice ( que sirve de Hypomochlio ), es dupla de la correspondiente distancia en el segundo caso.

Fig. 6.

PRO-

### PROBLEMA II.

*Determinar el peso que resistirà un Quarton AC, Fig. 3. quando se le ha de suspender en qualquiera punto B entre los apoyos A, C.*

**R** Especto que el apoyo P, por està mas cerca del punto de suspension B, debe sostener mayor parte del peso que el apoyo Q; serà necesario descubrir la parte que cada uno sostendrá del peso, para dar solucion al Problema.

Por las Leyes de Mechànica se tiene, que toda la longitud AC del Madero es à qualquiera parte AB, ò BC, como todo el peso W à la parte que sostiene el apoyo Q, ò P. Luego si suponèmos  $AB = m$ ,  $BC = n$ ,  $AC = c$ , y  $W = w$ ; se tendrá  $c : n :: w : \frac{nw}{c}$  igual al peso

que sostiene el apoyo P, y  $c : m :: w : \frac{mw}{c}$  igual al peso que sostiene el apoyo Q. Multiplicando estos pesos por sus respectivas distancias AB, BC, resultarán los productos  $\frac{mnw}{c}$ , y  $\frac{nmw}{c}$ , que expresan sus momentos; y la suma  $\frac{2mnw}{c}$  serà igual



igual \* à la fuerza del Madero ; de donde se saca  $w = \frac{cds}{2mn}$  por el peso que se busca.

Si se supone el peso suspendido en el medio , será  $n = m = \frac{1}{2}c$  ; y la Equacion antecedente se reducirà à  $w = \frac{2ds}{c}$  , que es la del Problema I.

Quando el perfil del Madero es un Rectangulo , cuya base sea  $b$  , y la altura  $a$  ; será  $ab = s$  , y  $d = \frac{1}{2}a$  : Substituyendo estos valores en la Igualacion antecedente , se tendrá

$$w = \frac{aabc}{4mn}.$$

Tenemos  $w = \frac{aab}{c}$  , quando el peso està suspendido en el medio ; luego en este caso la fuerza del Madero , ò su resistencia , es à la que exercita el mismo Madero quando el peso està suspendido mas cerca de un extremo que del otro , como  $4mn$  à  $cc$  : por consiguiente , conociendo el peso que sostiene un Madero en su medio , se podrá determinar por la antecedente analogia , el peso que resistirà à qualquiera distancia de una de sus extremidades.

*Exem-*

\* Prob. I.

*Exemplo.*

Sea  $AC = 20$  pulgadas , y la seccion del Madero de  $\frac{1}{2}$  pulgada quadrada ( supuesto que el Quartoncillo sea de Pino , como el que sostubo 36 libras en el experimento segundo ) : Supongase tambien  $AB = 5$  pulgadas , será  $BC = 15$  pulgadas ; y por consiguiente  $4mn = 300$  , y  $cc = 400$  : luego se hará la proporcion ,  $300 : 400 :: 36 : 48$  igual al peso que el mismo Quarton sostendrá à cinco pulgadas de un extremo.

Con esto queda demostrado , que en los Edificios se debe evitar quanto sea posible , el cargar las Vigas en su medio , con un Poste , ò Pilar , como sucede en las Armaduras ; siendo mas ventajoso servirse de dos Postes apartados del medio de las Vigas , ò Tirantes para sostener los Pares. Esto mismo practican ordinariamente los Carpinteros en todos los Edificios , que no tienen Muro de mediania para recibir las Vigas en la mitad de su longitud.

Tambien es de notar , que un Quarton  $AC$  de la misma fuerza , y magnitud que el antecedente , sostendrá dos pesos  $W, W$  , de 48 Fig. 4. libras cada uno , quando sus distancias  $AE, EC$  de los extremos son de 5 pulgadas ; lo qual es evidente por el mismo Exemplo ; por que estos pesos conspiran à romper por dos partes al Madero.

*Mr.*

*Mr. Parent*, à lo que tengo entendido, fuè el primero, que determinò el modo de cortar de un tronco dado el Quarton mas robusto que sea posible. Como este Problema tiene mucha utilidad en la pràctica, serà conveniente explicarle en esta Obra; y con mas motivo si consideràmos, que los Negociantes de Maderas, haciendolos de perfil quadrado por un efecto de su interes proprio, lo cohonestan con la persuasion de que el Quadrado es la mayor Figura rectangular, que cabe inscrita en un Circulo.

## PROBLEMA III.

*Dada la circunferencia AEBF de un Madero cilindrico, se pide determinar el perfil Rectangulo que se ha de dar al Quarton, para que resulte de la mayor resistencia posible.*

Fig. 8.

**R**epresente el Rectangulo AB el perfil que se busca: Tirese el diametro DG que corte perpendicularmente à los lados paralelos AE, FB; y se tendrá, que  $\overline{AE}^2 \times EB$  expresará \* la resistencia del Quarton. Esta expresion es la mayor de todas las posibles, quando el Quadrado de CP es la tercera parte del Quadrado de CD, ò la mitad del Quadrado de AP, segun la Doctrina de *Maximis*, & *Minimis*

\* Prob. I.

*mis* (3): pero PC:PA::EB:EA; luego el Problema se reduce à inscribir en el Circulo un Rectangulo, en quien el Quadrado de la base EB sea la mitad del Quadrado de la altura EA; para lo qual se hará la siguiente.

*Construccion.*

Supuesto que el Circulo AEBF represente el perfil del Arbol, tirese el diametro AB, que se dividirá en tres partes iguales en los puntos C, y D: Levantense sobre estos puntos, y ácia partes contrarias las perpendiculares CF, DE, hasta cortar la circunferencia en

Tomo I.

V.

los

(3) Para mayor inteligencia de este Problema se añade aqui la resolucion Analitica, que ha omitido el Autor. Supongase  $CD = a$ ,  $CP = x$ ; serà  $PD = a - x$ ,  $PG = a + x$ ,  $\overline{AP}^2 = aa - xx$ , y  $\overline{EA}^2 = 4aa - 4xx$ : multiplicando esta ultima Igualacion por  $EB = 2x$ , se tendrá  $\overline{EA}^2 \times EB = 8aax - 8x^3$ , que debe ser un máximo. Tomando las diferencias, ò fluxiones del ultimo miembro, resultará  $8aadx - 24xxdx = 0$ : partiendo todo por  $8dx$ , dará  $aa - 3xx = 0$ ; y por consiguiente  $\frac{1}{3}aa = xx$ , ò bien  $\overline{PC}^2 = \frac{1}{3}\overline{CD}^2$ . Pero  $\overline{CP}^2 + \overline{AP}^2$  es igual al Quadrado del Radio: luego  $\overline{AP}^2 = \frac{2}{3}\overline{CD}^2$ ; y por lo proprio el Quadrado de CP, serà la mitad del Quadrado de AP, quando  $\overline{AE}^2 \times EB$  sea el máximo producto del Quadrado de la altura multiplicado por la base del perfil del Madero.

los puntos E, F; y tirando las rectas AE, EB, BF, FA, será el Rectángulo AEBF el de mayor resistencia que se puede inscribir en este círculo.

Las líneas AD, DE, DB son continuas proporcionales por construcción: luego  $\overline{AD}^2 : \overline{DE}^2 :: AD : DB :: 2 : 1$ ; conseqüentemente,  $\overline{DE}^2$  es la mitad de  $\overline{AD}^2$ ; pero ED: DA :: EB: EA (por la semejanza de los Triángulos ADE, AEB): luego también el Cuadrado de EB, será la mitad del Cuadrado de EA, y por lo mismo el Rectángulo EF, será el de mayor resistencia.

Ha hecho ver la experiencia, que quando la base, y altura del perfil de un Quarton, tienen entre sí la Razon de 5 à 7, es el mas fuerte de todos los Quartones de igual perfil rectángulo, y longitud; lo qual conviene perfectamente con la Theoria, respecto que 25 (Cuadrado de 5) es casi la mitad de 49 (Cuadrado de 7), pues solo se diferencian en media unidad.



PRO-

PROBLEMA IV.

*Determinar la resistencia de un Madero (en cuyo medio está suspendido el peso), quando se dispone en una situacion inclinada al horizonte, y se apoya por sus extremos sobre los Solidos P, y Q.* Fig. 9.

Por el punto C en la línea vertical que pasa por la arista del apoyo mas elevado Q, tirese la horizontal CE hasta cortar en L à la direccion del peso, y en E à la vertical que pasa por el punto de apoyo del Solido inferior P. El peso W multiplicado por la distancia desde su direccion hasta uno de los puntos de apoyo, esto es  $W \times CL$ , expresa el momento, ò fuerza del Madero \*: pero esta misma fuerza se ha probado tambien, que es como el producto que resulta multiplicando el perfil, por la distancia desde su Centro de gravedad hasta el punto B; luego, suponiendo  $CE = n$ , y los demás valores como en los casos antecedentes, se tendrá  $\frac{1}{2} nw = ds$ , y por conseqüente  $w = \frac{2ds}{n}$ .

De aqui se sigue, que siendo  $w = \frac{2ds}{c}$  (quando c expresa la longitud del Madero situada-

\* Prob. I.

tuado horizontalmente), las resistencias de un mismo Madero en diferentes posiciones, serán recíprocamente, como las distancias desde las direcciones de los pesos hasta uno de los puntos de apoyo: Esto es, la resistencia del Quarton en una posición obliqua, es à su resistencia en la situación horizontal, como CB à CL, ò bien, como el Radio al Coseno de la inclinacion LCB.

Por exemplo: si el Quarton AC mantiene un peso de 36 libras en la situación horizontal; será fácil saber el que sostendrá en la inclinacion de 15 grados con el horizonte, haciendo esta proporción: como el Coseno de 15°, que es 9659, al Radio 10000, así 36 à un quarto proporcional, que se hallará de 37.2 libras próximamente.

Si el ángulo de inclinacion fuere de 60°; será su Coseno al Radio, como 1 à 2; y por consiguiente sostendrá el Madero 72 libras de peso en esta situación. De donde se hace visible, que à proporción que se aumenta el ángulo de inclinacion crece la resistencia del Quarton; de forma, que en la situación vertical, será infinita su fuerza: Pero atendiendo à la poca union de las fibras, y à que no siempre son bastante rectas; es de creer, que oprimidas, y gravadas con mucho peso, cederán separandose unas de otras, y se romperá el Madero abrumado con el demasado peso.

Este

Este Problema es de mucho provecho para regular la resistencia de los Maderos que se traban, y enlazan en diferentes inclinaciones, como sucede en las Armaduras con que se cubren los Edificios; pues con este conocimiento se puede escusar el consumo inútil de Maderas, que ordinariamente ocasionan los Prácticos.

No basta poder determinar la resistencia de los Maderos: Hay algunas posiciones, que son mas ventajosas que otras, y por lo mismo deben saberse. Por exemplo: represente ABC el perfil de una Armadura, en quien se ha de aplicar una Tornapunta EF para sostener del mejor modo al Par AB en su medio: digo, que si EF es la base de un triangulo Isocel, ò bien quando forma ángulos iguales con el Tirante AC, y el Par AB, estará la Tornapunta situada mas ventajosamente. Por que la fuerza que hace esta pieza, es proporcional à la distancia desde su direccion hasta el punto de apoyo A; y como esta distancia (que es la perpendicular desde A à la base EF), es la mayor de todas quando el triangulo es Isocel; se sigue, que esta posición será la mejor que se puede dár à la Tornapunta EF.

Pero si se ha de atender à la fuerza del Tirante AC, quando no le sostiene en su medio algun Muro principal, será preciso disponer la Tornapunta en situación vertical, como GH; por que mientras mas se acerca el pun-

to

Fig. 10.

to G al apoyo C, menos presión sufrirá el Tirante, por la pieza GH. De donde se infiere, que un Madero puede estar bien situado respecto de su propia fuerza, y no à la de otros con quienes esté trabado; y por consiguiente, en el ensamblaje de las Maderas que se emplean en los Edificios, no solo se ha de mirar à la resistencia particular de cada Madero, sino à la de toda la trabazon, y enlace de unos con otros.

### PROBLEMA V.

*Determinar la fuerza, ò resistencia de los principales Pares AB, BC, de modo, que sea proporcional à la del Tirante AC.*

Fig. 10.

Sea  $x$  la base del perfil del Par, y  $2x$  su altura, como ordinariamente se práctica: asimismo supongase, que la base del Tirante AC sea  $b$ , su altura  $a$ , y la mitad de su longitud  $AD = n$ . En este caso la resistencia del Par se expresará \* por  $\frac{4x^3}{n}$ , y la del Tirante \*\* por  $\frac{aab}{2n}$ : luego será  $\frac{4x^3}{n} = \frac{aab}{2n}$ , por la suposición del Problema; y por consiguiente  $8x^3 = aab$ , cuya Raiz cubica es  $2x = \sqrt[3]{aab}$ .

Por exemplo: Si un Tirante ha de tener 12 pies de largo, le corresponderán 6. pulgadas de

\* Prob. IV. \*\* Prob. I.

de grueso, y 8 de alto (Tab. IV.), y será  $a = 8$ ,  $b = 6$ : luego  $aab = 384$ , cuya Raiz cubica 7.2 pulgadas próximamente, determina la altura de los Pares, y por consecuencia su grueso será de 3.6 pulgadas.

Si el Tirante fuere de 24. pies de largo, se hallará su grueso (Tab. IV.) de 7 pulgadas, y su altura de 10.4, esto es  $b = 7$ ,  $a = 10.4$ ; y por consiguiente  $aab = 757.12$ , cuya Raiz cubica dará 9.1 pulgadas próximamente por la altura de los Pares, y 4.5 pulgadas por su grueso.

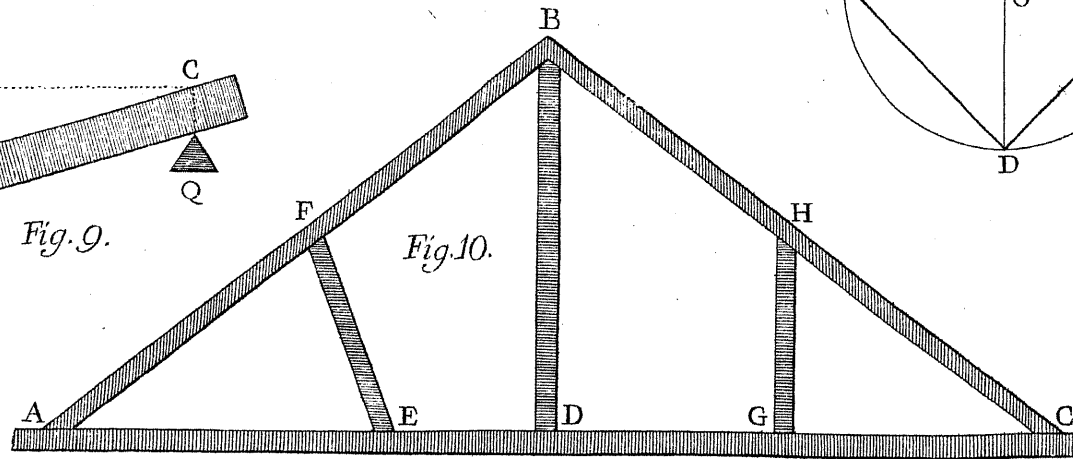
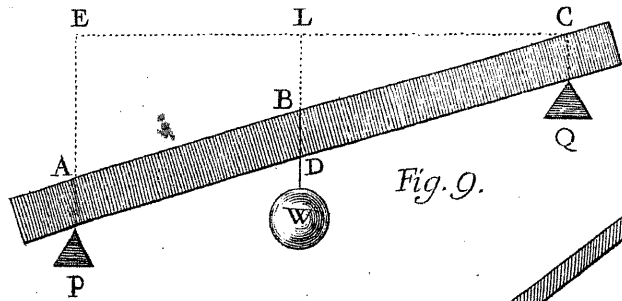
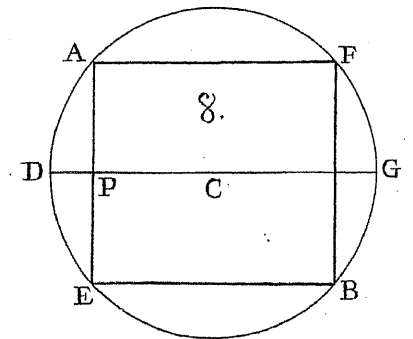
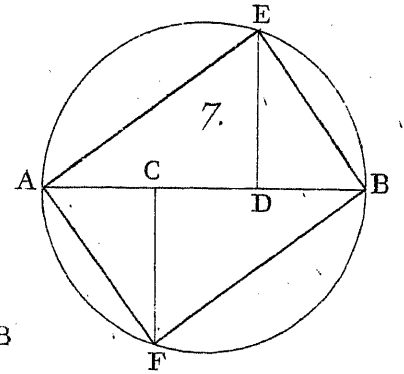
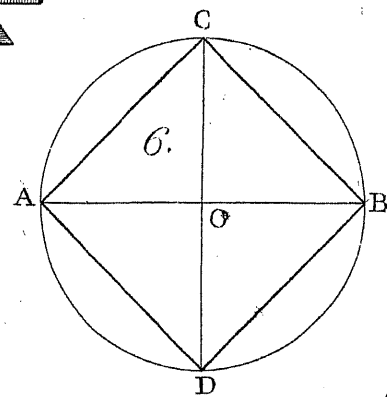
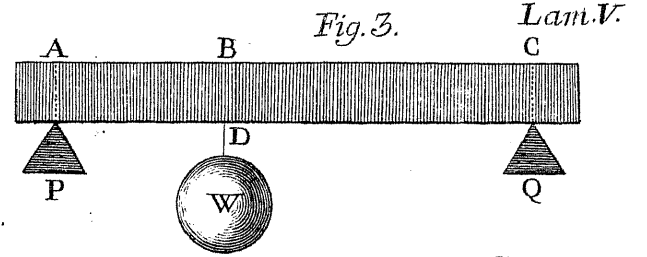
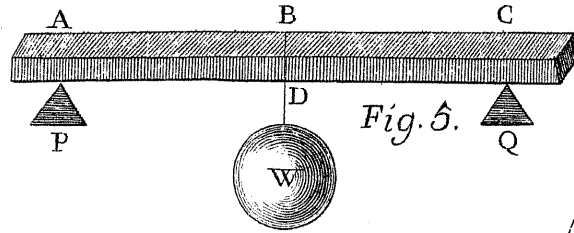
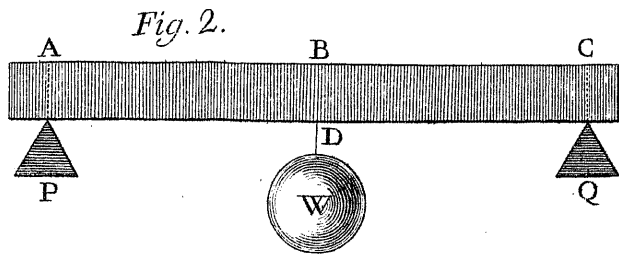
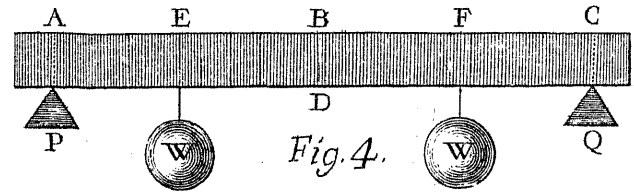
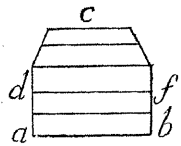
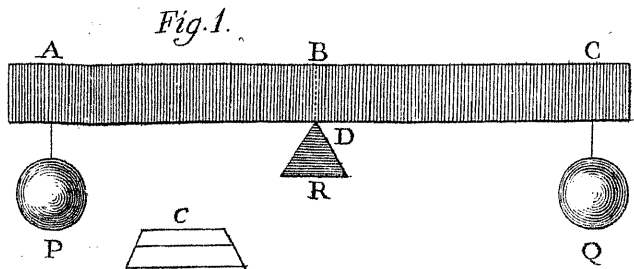
La longitud de los Pares debe ser los tres cuartos de la del Tirante en las buenas Armaduras; de forma, que suponiendo de 24 pies la longitud del Tirante, corresponden 18 à los Pares, cuyo grueso se hallará (Tab. V.) de 4 pulgadas, y la altura de 5.5: por consiguiente estas dimensiones no son proporcionales con las del Tirante. Pero en esta clase de Armaduras siempre se sostienen los Pares con Tornapunta, ò Postes, que fortifican, y mantienen una parte del ensamblaje; aunque los Tirantes se debilitan al mismo tiempo con el peso, que los grava por las Tornapuntas.

Estos son los principales Problemas, que juzgamos de mayor utilidad para la construcción de las Obras de Madera; los cuales debe saberlos el Estudiante, si desea hacer algun progreso en el Arte de construir; pues lo que han

han escrito sobre esta materia los Autores de Archîtectura, ordinariamente està fundado en la pràctica comun; la qual sola no es suficiente para lograr el acierto. Por lo proprio no es de estrañar, que en tantos Siglos empleados en el cultivo de la Archîtectura se haya hecho tan poco progreso; pues son raros los Autores de este Arte, que tubieron algun conocimiento de las Mathematicas, cuya Doctrina debe poseer el Lector antes de aplicarse à la pràctica.

La Theoria de las Maderas, que se ha explicado en esta Seccion, tiene muy grande uso en la Archîtectura Civil, y Militar; pues no solo enseña el modo de hallar la resistencia, ò fuerza de los Maderos, con relacion à sus dimensiones, y situaciones; si no tambien quando estàn trabados, ò ligados de qualquier forma unos con otros: lo qual nunca podia haberse determinado por pura pràctica con alguna exâctitud.

El entrar en las diversas aplicaciones, que pueden ocurrir en el ensamblage de las Maderas, pedia mas extension de la que permite la pequeñez de este Tratado; y por lo proprio, solo dirèmos en adelante sobre este asunto, quanto sea conducente à los Jovenes Ingenieros, para quienes se ha publicado este Escrito.





# TRATADO

DE FORTIFICACION,  
ò Arte de construir los Edificios  
Militares, y Civiles.

PARTE SEGUNDA.

*Contiene el conocimiento de los Materiales, sus  
Propiedades, Qualidades, y modo  
de emplearlos.*



ANTES de explicar la construc-  
cion de una Fortaleza, es nece-  
sario indicar las diversas clases  
de Materiales que se emplean  
en su Fabrica, no solo para exâ-  
minar sus buenas, ò malas quali-  
dades; sino tambien para discernir el mejor  
modo de prepararlos y usarlos de suerte, que  
la Obra resulte solida y permanente en to-  
das sus partes. Esta importancia es uno de los  
principales objetos à que debe atender cuyda-

Tommo I.

X

do-





dosamente el Ingeniero encargado en la direccion de una Obra, pues queda responsable de su buen éxito, y duracion; cuyas utilidades no podrá conseguir sin tener un exácto conocimiento de los Materiales que hayan de emplearse. Pero como estos Materiales ordinariamente difieren en sus qualidades, no solo en distintos Países, sino en varios parages de una misma Provincia; explicaremos en general sus propiedades y circunstancias, para que se puedan contraher à los casos particulares que ocurran.

### SECCION I.

#### *De la Qualidad, y Naturaleza de las Piedras, que se emplean en los Edificios.*

SE pueden distinguir las Piedras en dos especies, esto es, en duras, y blandas. La Piedra dura es la que se halla expuesta al áire libre, como las Rocas, y diferentes peñascos que se encuentran desprendidos sobre la superficie de la Tierra: La Piedra blanda es la que se saca de las entrañas de la Tierra, y de lo interior de las Cantèras. No hay duda, que la Piedra mas compactada y de mayor dureza, es la que mejor conduce para que las Obras sean solidas, y permanentes; pero como rara

ra

ra vez se encuentra en suficiente cantidad para construir toda una Fortaleza, es necesario destinar la de mejor calidad en lo exterior de los Muros, en sus Cimientos, y en todos los parages expuestos al choque ò corriente de las aguas. Para estos fines se emplean con preferencia las Rocas expuestas al temporal, y las Piedras que se arrancan de la parte superior de las Cantèras; por que su mayor consistencia asegura la Fabrica, y la preserva contra los accidentes del tiempo.

Aunque la Piedra de algunas Cantèras, se halle tierna, y de facil corte despues de arrancada; con todo, expuesta à la inclemencia, por lo comun se endurece, haciendose mas apreciable la que en menos tiempo adquiere mayor consistencia. Con este conocimiento, el Ingeniero destinado à la construccion de una Obra, podrá exâminar las qualidades de las Piedras que se saquen de las Cantèras inmediatas, valiendose al mismo tiempo de los informes de los naturales, conuinados con los que ofrezcan los antiguos Edificios de las proprias clases de Piedras; pues con uno, y otro discernirà la que debe emplear en la construccion, reservando la mas solida, como ya se ha dicho, para el exterior y Cimientos de los Muros: por que la discreta eleccion y uso de los Materiales, es lo que principalmente conduce à la duracion de la Obra, y no el

X 2

def.

destino confuso, que por lo ordinario les dan los Alarifes.

Pero si ocurriese no haber Cantèra abierta, ò que la Piedra no estè experimentada, se deben sacar algunos Sillares, dexandolos por un año à lo menos expuestos al temporal antes de usarlos, à fin de poder conocer su calidad, y consistencia: pues si los hielos no la abren, ni la humedad, y calor la deshacen ò desmoronan, serà prueba de su buena duracion en las Obras; y al contrario, no resistiendo à este experimento, serà inutil el emplearla.

*Mr. Boyle* pretende, que se ha reconocido en las Piedras un jugo, ò substancia que las nutre de la misma fuerte que à las Maderas; y en esto se funda para apoyar, que segun la Sazon del año en que se arranque la Piedra, serà mas, ò menos permanente: pero como no señala qual sea la estacion mas apropiada, ni dà razon alguna de lo que expone, no se puede deducir alguna regla segura de quanto dice sobre este asunto. Sin embargo no se puede dudar, que la Primavera es la estacion mas adecuada para arrancar la Piedra de las Cantèras; pues de esta forma tendrà tiempo de evaporarse de sus humedades con el ardor del Sol en el Verano inmediato; y se evitarà, que los hielos del Invierno la estallen y la destruyan, como de ordinario se experimenta sin esta precau-

cau-

cucion aunque la Piedra sea naturalmente solida y tenaz.

El mismo Autor añade, que algunas clases de Piedra son de tan corta duracion, que en pocos años se destruyen: que otras no llegan à su mayor grado de tenacidad en treinta, quarenta, ò mas años; y que hay Cantèras en algunos parages, cuya Piedra es dura, y de buena calidad en qualquiera Sazon del año que se arranque; pero que empleada en mal tiempo, se deshace y convierte en polvo en un corto numero de años. Que en la Piedra se manifiesta un espiritu feminal (si puede llamarse así), es muy probable; pero el efecto que produce en la que està separada de su Cantèra, es bastante incierto, y solo podrà saberse por el serio exàmen de una práctica continuada.

Todas las clases de Piedras se hallan por lo regular en capas, ò tongas horizontales, en cuya direccion se estallan, y separan facilmente, aunque tambien se rompen por planos verticales; y es preciso notar entrambas direcciones, para arrancar las piedras de sus Cantèras; lo qual se executa de esta suerte. Habiendo desmontado, y apartado las Tierras, que cubrian la piedra de las Cantèras, se deben exàminar las betas por donde estallan horizontalmente; è introduciendo en la que convenga cierto numero de cuñas à proporcionadas dif-

distancias unas de otras, se aprietan à golpes de Almadana, hasta desprender la piedra ò laja, en la qual se marca el ancho, y largo de los Sillares que se desean: Por estas señales se habren à fincel unas pequeñas caxas, ò canales que sirven para dirigir las cuñas, que se aplican à 4, ò 6 pulgadas distantes unas de otras; y golpeandolas à todas con lentitud, y à un mismo tiempo, se logrará romper la Piedra por las señales, y no al sesgo ò de traves. No todas veces puede servir este metodo, porque la Piedra suele variar de dureza en diversos parages, lo qual se advierte al corte de la caja para las cuñas; y en este caso, las que corresponden à las partes mas tiernas, se introducen à mayor profundidad que las otras, à fin que todas obliguen con igualdad à que se divida la Piedra. Este modo de separarlas es el mejor de quantos ha enseñado la experiencia, y por lo proprio se sigue con preferencia à los demás.

Habiendo dividido los Sillares segun su anchura, ò longitud, se procede à separarlos de la misma forma por su longitud, ò anchura; y unos, y otros cortes los executan los Practicos con tal destreza, que la magnitud de los Sillares en Tosco, difiere de la que han de tener en limpio, en menos de media pulgada. Este metodo, es cierto ocasiona mayor gasto que otros, para la saca de la Piedra;

drá; pero se logran mayores ventajas en el transporte, y en el menor numero de Jornales, que se han de invertir en el desbaste y labor de los Sillares.

Pero si la Piedra es de naturaleza muy fuerte y dura, no estallará facilmente con las cuñas solas: En estos casos, se ven precisados los Trabajadores à hacer las caxas mas anchas, y profundas, para que se puedan acomodar dos barras de Hierro, y dexen un pequeño intervalo para introducir las cuñas, que se impen todas juntas, y estrechan las barras por igual contra la Piedra; por cuyo medio se logra romperla facilmente, y à poco gasto por los parages que se apetece.

En otras ocasiones se hace uso de la polvora para arrancar la Piedra; y à este fin se abre un pequeño taladro vertical, ò horizontal con una barrena, cuyo diametro sea de una pulgada, ò poco mas, regulando la profundidad del taladro por la cantidad de Piedra que se intenta volar: despues se limpia, y enjuga la cavidad del barreno; y cargandolo con proporcionada cantidad de polvora, se ataca lo demás con polvo de la misma Piedra muy apretado: al mismo tiempo, se coloca un alambre en medio del barreno para dexar entrada al fuego hasta la polvora, y el atacante recibe el alambre por un agujero, ò del-

ga-

gado taladro que tiene en su propio Exe. El pequeño oído , ò comunicacion que resulta quando se faca el alambre, se llena de un mixto que no se corra; y luego se dá fuego al barreno, que hace saltar en grandes trozos la Piedra que se desea. De estos Cantos se cortan los Sillares necesarios; pero se destruye en uno, y otro mucha Piedra, y por lo propio solo es bueno este metodo de arrancarla ( aunque es el mas barato ) en donde hay ocasion de servirse de la Piedra menuda, para mampostear, y rellenar los Cimientos, ò interior de los Muros.

La Piedra se distingue en varias especies por razon del color, y calidad de su grano, como en Marmol, Piedra de fuego ò de amolar, Piedra berroqueña, Piedra azulada, Alabastro, Piedra franca, y Piedra comun: De cada una diremos alguna cosa por su orden.

El Marmol es de diferentes colores, como Blanco, Negro, Cenizoso, Verde, Encarnado, algunos salpicados y beteados con varios colores, y por esto se llaman Jaspes. La naturaleza, y uso de los Marmoles es bien sabida, y no necesita mayor explicacion. Los que se hallan en Inglaterra ordinariamente son Negros, y tan duros y dificiles de pulir, que casi no sirven mas que para hacer Cal, como

mo

mo lo hacen en *Plimouth*, donde apenas se gasta de otra especie (4).

La Piedra de fuego ( que es la que se conoce por el nombre de Asperon, ò Piedra de

Tomó I.

Y

amo-

(4) Toda la vasta extension de estos Reynos de España està entretexida, y trabada de Montes, que encierran con abundancia quantas clases de Piedras se pueden apetecer para la construccion, adorno, y primor de los Edificios Militares y Civiles. Pero en orden à Marmoles de todas especies, se hallan en las mas de sus Provincias, Cantèras tan excelentes, que no tenèmos que embidiar los que produce la Italia. Sirvan de exemplares las Cantèras de Jaspe de Tortosa, y Tarragona en Cataluña: las de Granada, y Malaga en Andalucia la Baxa; y las de Cabra, Moron, Gerena, y otros Pueblos de Andalucia la Alta, que por estar próximos à la Marina, tienen de ellas los Estrangeros tan buen conocimiento, que no perderian la ocasion de sacar la que desean, si sabiamente la Corte no lo hubiera prohibido con grandes penas. Sobre todos los Marmoles que se conocen, es de singular nota el que, con el nombre de *Diaspero-Sanguino*, se faca de una Cantèra cerca de Aracena, del qual se labraron las Columnas que adornan el Retablo del suntuoso Templo del Escorial: Cada Columna, que serà de 12. à 14. palmos de largo, tubo de coste once mil ducados, segun me han informado que consta en el Archivo de Cimancas; de donde se puede inferir su extraordinaria dureza, que casi iguala à la de algunas Piedras preciosas. Tiene vetas de varios colores, y Jaspeados; y en muchas partes està salpicada de pequeños granos de Oro: En una palabra, entre los Marmoles se daràn pocos que le igualen, y ninguno acafo que le exceda en calidad, y circunstancias.

amolár), viene de *Reygate*, y sirve principalmente para las Chimeneas, Hogares, Hornos, y Fogones; por que es una clase de Piedra arenisca, arida, y porosa, que resiste al ardor del fuego mas violento sin calcinarse, y aun sin romperse ò estallarse; por cuyas qualidades se le ha dado el nombre de Piedra de fuego (5).

La Piedra berroqueña se semeja mucho al pedernal, es de color Obscuro, y bastante dura: sirve con particularidad para empedrar las Calles, y los Caminos; para coronar ò cobijar los Muros; y generalmente se aplica en todos los parages donde se necesita que la Fabrica sea fuerte, por que es de la mayor consistencia, y permanencia que conocemos, despues del Marmol de *Plimouth*: se encuentra sobre la Costa de *Suffex* cerca del margen de la Mar.

Para las solerías se emplea ordinariamente una clase inferior de Marmol azulado, que llaman *Ray-stone* ( Piedra rayada, ò vetada );

(5) La Piedra de fuego es muy comun, y abundante en España, y no solo se usa para toda especie de Hornos, en que se incluyen los de fundicion; si no tambien para la construccion de Edificios públicos, como Puentes, que tenemos muchos de esta clase de Piedra; por que resiste mejor que otra alguna à las injurias del tiempo mientras no sea batida de aires salitrosos, y tiene la excelencia de labrarse con facilidad, y de unirse perfectamente con la mezcla, por su constitucion porosa.

da); pero hay otra Piedra llamada *Kentish-rag*, que es de mucho uso para la construccion; estalla con facilidad, y tiene mucha dureza. De esta calidad de Piedra se consumió gran cantidad en la edificacion del Puente de *Westminster*; la baxan por el Rio *Medway*, y la sacan de algun parage inmediato de *Maidstone*.

El Alabastro es una Piedra muy Blanca y hermosa, que difiere poco del Marmol: le hay con abundancia en algunas partes de Italia; pero no se encuentra mucha en Inglaterra, aunque en Escocia dicen que se halla alguna, y hacen de ella excelente Cal.

La Piedra franca es la que se saca de *Portland* (Isla inmediata à *Dorsetshire*), y ordinariamente la llaman Piedra de *Portland*: Se emplea en Londres, y sus cercanias para la construccion de los Edificios grandes, y pequeños: su color es Blanquecino y muy igual, con el grano bastante menudo: recién sacada de la Cantèra es tierna, y se labra con mucha facilidad; pero empleada en las Obras, se endurece mucho con el tiempo: Los Pilares, y Arcos del Puente de *Westminster* se construyeron con esta especie de Piedra.

En *Bath* hay asimismo una Cantèra de Piedra franca, que ha servido para la edificacion de la mayor parte de sus Casas: Tiene bastante fino el grano, y es de color Blanca,

pero no es de tanta duracion en los Edificios grandes, ò de considerable peso, como la que se conduce de *Portland*.

Quando las Piedras se esquadrean groseramente, se llaman Sillares en toscó, ò Carretales; pero despues de labradas en limpio, reciben otros nombres adequados à sus destinos, y usos.

Se advierte en general, que la Piedra recibe y se pega mejor à la mezcla, quando sin faltar à su dureza, y buena union de su grano, es de una constitucion esponjosa que le haga chupar el espíritu de la Cal; pues la que no tiene esta circunstancia, jamás adherirá à la mezcla, de modo que no sea fácil desunirla. Para lo qual conviene asentar la Piedra en las Obras segun su lecho horizontal, ò conforme la posicion que tenian en las Cantèras. Esta práctica no siempre la observan los Obreros, à menos que se les obligue, y cele para que lo hagan.

## SECCION II.

### *De los Ladrillos.*

**E**N Inglaterra se hacen Ladrillos de varios generos y colores, y toman sus nombres segun la forma, magnitud, coccion, y calidad de la Tierra de que se fabrican.

Los

Los Ladrillos que por un lado son semicirculares, sirven para el cordon de los Muros de fortificacion: Los que se hacen con un bocado semicilindrico de tres quartos de pulgada de Radio, se unen por la cavidad, y determinan un agujero de pulgada y media de diametro: Ordinariamente se pegan con Greda, para formar conductos ò cañerías de agua, que son mucho mas baratas que las de Plomo ò Madera. Las dimensiones ordinarias de estos Ladrillos, son un pie de largo,  $4\frac{1}{2}$  pulgadas de ancho, y  $1\frac{1}{4}$  de grueso.

De todas las especies de Ladrillos, los que cociendose en el medio del Horno salen vidricados, ò cubiertos de un barniz ò vidrio, son los mejores; principalmente para emplearlos en los Cimientos, en el exterior de los Muros, y donde bate el agua, por que resisten y se conservan mucho tiempo.

Usaban los Antiguos una clase de Ladrillos, que llamaban *Didoron*, de pie y medio de largo, y un pie de ancho, pero casi iguales en espesor à la Texa comun. Los grandes Ladrillos, tienen 12 pulgadas de largo, 6 de ancho, y 3 de grueso: ordinariamente sirven para construir los Muros, con Pilastras ò Estribos, que destinan para formar alguna Cerca, y tambien se emplean en las Cornizas. Este modo de fabricar los Muros (en donde tiene lugar) ahorra mucho gasto, y hacen el mismo servicio que

que si en toda su longitud conservasen un propio espesor.

Los Ladrillos para solerías, se hacen de varias magnitudes y figuras, ya Cuadrados de 6, 8, 10, 12 pulgadas de lado, ò ya exágonales que parecen mejor à la vista, dandoles à unos y otros una pulgada de grueso; deben ser de buena Tierra, y bien cocidos por todas partes, para que sean durables, y no se reduzcan à polvo en poco tiempo.

De dos modos se pueden cocer los Ladrillos, ò en Hornos, ò en Pilas. El Horno consiste en un hoyo grande en forma de cono truncado, cuya base menor es el fondo, revestido de Ladrillo, y cubierto con suficiente cantidad de Tierra, para conservar el calor todo el tiempo que sea posible: Los Ladrillos que se han de cocer se disponen de canto, y bastante unidos; pero se dexan entre ellos pequeños intervalos, para que à todos los penetre el fuego con igualdad: Este se enciende debaxo del Horno, en donde se hace una abertura, y camara para el proprio fin. El metodo de cocer en Hornos el Ladrillo, es preferible à qualquiera otro; por que su figura, y disposicion contribuyen à que todo el Ladrillo interior se cueza uniformemente. Pero quando se necesita gran cantidad de Ladrillo, se consume mucho tiempo cociendolos de esta manera, y no se puede acopiar el repuesto que

que conviene. En estos casos es indispensable servirse de las Pilas, que no son otra cosa que unos grandes Rexares quadrados, ò oblongos de Ladrillos dispuestos de canto, y con pequeños intervalos entre ellos, para que el calor se insinue en las partes interiores. El fuego se enciende en el centro, y toda la Pila se cubre con Tierra, y Ladrillo à medio cocer, para entretener el calor. En las cercanias de Londres, donde hay mucho Carbon de Piedra medio quemado (6), se pone alguno entre el Ladrillo; lo qual ayuda à cocerlo con mas prontitud, y menos gasto.

Tanto en los Hornos, como en las Pilas, se pueden cocer perfectamente los Ladrillos, con tal que el fuego sea de leña; pero el mejor modo de aprontar gran cantidad para las Obras de fortificacion, es sirviendose al mismo tiempo de Hornos, y de Pilas; cuydando de apartar los que salgan mejor cocidos, para emplearlos en los Cimientos, y otros parages de consideracion, como ya hemos dicho.

Un Oficial de Albañil con su Peon, puede facilmente asentar 1000. Ladrillos en un dia, quando el Muro tenga de espesor Ladrillo y medio, ò dos Ladrillos; y por lo proprio asentará en la Obra mayor numero, si el Muro fue-

(6) En Inglaterra, y aun en otras partes, ordinariamente cuecen los Hornos de Ladrillo, y de Cal, con Carbon de Piedra, ò Mineral.

fuere más grueso. Con esta experiencia, y sabiendo el Ladrillo que cabe en el cubo de una medida conocida, como la Vara, se puede regular el numero de jornales que se invertirán en una porcion de Obra determinada, en qualquier tiempo.

Propuso un Fabricante de Ladrillo hacerlos de 18 pulgadas de largo, 9 de ancho, y 4.5 de grueso, para las Obras de fortificacion, asegurando que en Escocia los habia executado de esta magnitud con mucho aplauso. Pero otro Fabricante de Londres, dificultò la posibilidad de manejarlos comodamente para cocerlos, arguyendo con lo demasado pesados que resultan, y que era imposible cocerlos con igualdad. Dexarèmos no obstante el exàmen de esta objecion à los que estàn mejor instruidos en este asunto. Lo cierto es, que si se pudieran fabricar los Ladrillos de esta clase, serian muy utiles en las grandes Obras que se executan, así en el agua, como en terreno enjuto; porque en uno y otro caso no se necesitaria tanta mezcla para asentarlos, como siendo pequeños, y se ahorraria considerable gasto.

Los Griegos, y los Romanos empleaban en sus Edificios públicos, Ladrillos de tres pies de largo, y uno de ancho, pero del espesor de una pulgada y media no mas, como se puede reconocer en algunas Fabricas antiguas, tales

les como el Castillo de *Canterbury*; pero al presente desaprueban los Fabricantes toda otra magnitud, que aquella à que estàn acostumbrados, no queriendo apartarse jamás de su propria cartilla ò práctica.

Cierto Ingeniero amigo mio, y Persona de acreditada habilidad, me aseguró que hacia unir muchos Ladrillos con mezcla fuerte, para formar Sillares con que fortalecer los angulos en defecto de buena Piedra: lo que es preciso contribuya mucho mas à la robustez de los Muros, que asentando los Ladrillos simplemente unos sobre otros, como de ordinario se executa.

Yo sería de opinion, que se fabricasen Ladrillos que contubiesen 4. de los comunes, esto es, de 18 pulgadas de largo, 9 de ancho, y  $4\frac{1}{2}$  de espesor: por que no excediendo en grueso à los Ladrillos ordinarios, se podrán cocer casi con la misma facilidad; y uniendo diferentes de ellos con buena mezcla, pueden aplicarse à las Obras en lugar de Piedra, para reforzar los Muros en los parages que lo necesiten. Este expediente, solo le propongo para aquellas Plazas en cuyas cercanias no se encuentra Piedra; pues es cierto que en donde la hay, es mucho mejor servirse de ella, que del Ladrillo.

Algunas Personas estàn persuadidas, que en el agua salada no duràn los Ladrillos; pero



habiendolo yo consultado à *Mr. Bratte*, Fabricante de Ordenanza , y Sugeto de consumada experiencia , me respondió, que si el Ladrillo es bien cocido , como los que salen embarnizados , y se hacen de una Greda homogenea sin liga de otra especie , se conservarán en el agua salada del mismo modo que la mejor Piedra ; y que en prueba de esto habia construido con Ladrillo de esta clase, los Muelles de *Woolwich* , de *Charban*, y otros en diferentes Plazas , donde permanecen hoy sin la menor apariencia de menoscabo , aun despues de muchos años de empleados.

Hay una especie de Ladrillos llamados *Grey-stock* , que adornan mucho las Fachadas de los Edificios , y se emplean con especialidad en Londres , y sus contornos. La Casa del Duque de *Norfolk* , en la Plaza de *San Jayme*, està fabricada de Ladrillo tan particular , que causa admiracion à quantos la ven. Estos Ladrillos se hacen en el proprio Pais ; pero no pude saber su composicion , à causa de ser un genero de mysterio , conocido de muy pocos Trabajadores. *Mr. Bratte* me manifestó algunos Ladrillos de un color palido , tirando al blanco , como si fuesen hechos de Greda roxa mezclada con Marga ( Tierra focol , ò Mineral Blanquecina ) ; son muy duros, tienen el sonido como si fueran de Piedra , y en el interior son muy tersos, y sin cavidades. Si esta cla-

se

se de Ladrillo , fuera mejor conocida , me hago cargo que se habia de preferir à qualquiera otra , para la construccion.

El mejor modo de hacer los Ladrillos, consiste en sacar la Greda antes del Invierno, dexandola por todo èl expuesta al temporal, para que de esta fuerte se suavice con las lluvias, y con el Sol, y ahorre el trabajo de prepararla. Los meses de Abril, Mayo, Junio, y Julio , son los más aprofito para fabricarlos; pues concluida esta Sazon , se humedece el tiempo , y no se podrán cocer bien los Ladrillos. Muchos Artifices pretenden , que despues de cocidos han de pasar dos años à lo menos antes de emplearlos en las Obras , para que estas sean de duracion: y añaden que pasado el mes de Agosto deben cesar los trabajos al descubierta , à fin de dár lugar à la mezcla para que se endurezca antes de las lluvias ; pues con estas , y los hielos del Invierno , saltan los rebocados , y se mueven los Ladrillos , ocasionando uno, y otro nuevos reparos y gastos en el Verano inmediato , como yo mismo lo he experimentado en muchas Obras.

Como el Ladrillo no es otra cosa que una Piedra artificial, con que se suple el defecto de la natural , no hay duda , que su duracion depende de la buena calidad de los Materiales que se empleen en su fabrica; los quales se han de preparar , figurar , y cocer perfectamente

Z 2

pa-

para que el Ladrillo resulte de buena consistencia: y por lo mismo un Ingeniero, que propone executar con acierto alguna Obra, es preciso que cuyde mucho de la eleccion, y fabrica de los Ladrillos. Pero el mejor modo de evitar qualquier engaño, consiste en disponer que se haga el Ladrillo en las inmediaciones de la Obra donde se ha de emplear, encargandolo à Trabajadores instruidos, para que el Ingeniero, ò los que estèn à su orden, puedan invigilar el modo de fabricarlos; advirtiendole, que siempre se lograràn por administracion con mas conveniencia, y de mejor calidad, que comprandolos por Contrata, ò Asiento, como es ordinario.

### SECCION III.

#### *De la Cal.*

**L**A Cal se hace de todo genero de Piedras, y Minerales calcinables: la Piedra mas dura produce la mejor; y la Marga (7) la de inferior

(7) La Marga, que los Ingletes llaman *Chalk*, es una Tierra fofil, que se encuentra en algunos parages à corta profundidad, y la recomiendan los que tratan de Agricultura, como un abonò singular para engrasar, y beneficiar los Campos, en lugar de Estiercol. Aunque hay Marga de varios colores, la que ordinariamente sirve

ferior calidad. El modo de conocer si una Piedra es calcinable, se reduce à tomar un pedazo del grueso de una nuez, echarla al fuego comun, y convertirla en brasa: despues se aparta, y se dexa enfriar; y ultimamente si vertiendo agua sobre ella, produce humo, y la disuelve, serà prueba que la Piedra es calcinable. Pero el modo mas facil de averiguarlo en la misma Cantèra, ò Mina, es verter unas gotas de Agua fuerte sobre la Piedra, ò fofil; pues si ocasionan herbor, y disuelven una parte de ella, serà calcinable; pero si el Agua fuerte se mantubiere como Aceyte sobre la Piedra, y no fermenta en el fofil, ni uno ni otro serà bueno para hacer Cal.

Entrambos experimentos he practicado yo mismo sobre diferentes clases de Piedras, y siempre hallè, que correspondieron uniformemente al intento. Se dice, que la Piedra franca no se puede calcinar; pero yo he encontrado todo lo contrario por las citadas experiencias.

Tam-

---

ve para hacer Cal, es algo amarilla, ò blanca: Su consistencia, y union la hacen equivoca con la Piedra floxa; y por lo proprio la facan de la Mina en trozos, los quales se acomodan en el Horno para cocerlos, como si fuera Piedra. Esta clase de Cal es muy comun en Sevilla, y sus contornos, donde apenas se gasta otra para edificar: y de ordinario prueba muy bien para las Obras de toda especie, mientras no se le mezcle mucha Arena, por que se desharia como ceniza.

Tambien se pretende, que la mejor Cal de todas se hãce de guijarros, y de una especie de pedernal de color de ceniza; pero sin embargo de haber hecho varios ensayos sobre estas Piedras, jamàs pude calcinarlas; y por lo proprio soy de opinion, que no producen Cal alguna, y los que pretenden lo contrario, no tienen otra prueba ni fundamento que el haberlo oïdo decir.

Todas las Piedras que encierran algunas particulas metalicas, y las que estèn sujetas à vidrificarse, hago juìcio que no se calcinaràn jamàs, por mas fuego que se les dè; à lo menos así lo he verificado siempre en mis experimentos: No obstante, temeroso de incurrir en algun error, dexo à los Chìmicos la averiguacion, y decision de este asunto, como Sugetos que logran mayor oportunidad, y destreza en esta clase de experimentos.

Las Provincias de Inglaterra producen diferentes generos de Piedras para hacer Cal: En *Kent*, donde hay muchas Minas de Marga, la hacen de este focil; y la mayor parte de la que se gasta en Londres, y sus cercanias, viene de aquel parage, por la conveniencia de conducirla por agua; lo qual la hace mucho mas barata, que qualquiera otra transportada por tierra. Pero esta especie de Cal, es la mas inutil de todas; pues aunque puede servir muy bien para jaharrar, y blanquear lo interior de  
los

lòs Edificios; con todo, como los mas de los Albañiles hacen las Obras por Asiento, la emplean en la construccion, en perjuìcio de la robustez, y duracion de las Fabricas. Este abuso le entretiene la negligencia, y poco exâmen que hacen los propietarios; pues de ordinario se contentan con que dure el Edificio el tiempo que le puedan disfrutar.

En las inmediaciones de *Portsmouth*, hay un montecillo de Marga bastante dura, que produce Cal muy buena, de la qual se ha empleado mucha en la construccion de aquella Plaza; no obstante que la Piedra de *Purbeck*, que no dista mucho del mismo parage, y los fragmentos de la Piedra de *Portland* la producen exquisita. Pero yo supongo, que la primera Cal no se ha gastado por mejor que la segunda, si no por mas barata; lo qual serìa muy mala razon; por que todas las Obras pùblicas que son de grande importancia, se deben executar tan solidas, y permanentes como sea posible; pues lo que se ahorra en el menor coste de los Materiales, se pierde en la poca duracion del Edificio.

La mejor Cal de la que se gasta en todo Inglaterra, se hace del Marmol que se encuentra cerca de *Plymouth*, y es muy comun en todas sus cercanias. Los Romanos, è Italianos no usan otra Cal, que la del Marmol, para todos sus Edificios pùblicos, por que es la mejor

por que se puede hacer , y por lo propio; constituye las Obras en que se emplea , de mayor robustez y permanencia , que qualquiera otra executada con diferente especie de Cal.

Por la mayor parte se advierte en los Alarifes de este Pais , que no atienden tanto à su credito , y reputacion , como à enriquecerse con las Obras que emprenden; y por lo mismo hay pocos que llegen al conocimiento de la buena construccion: Asi, ordinariamente las Obras estàn malísimamente construïdas; por que se contentan con que los paramentos , y todo lo que se vea parezca bien , y no les importa que lo interior estè malo. Lo que vicia el metodo de construir con solidez , consiste en que todas las Casas de Londres, y sus contornos se hacen por Asiento; de manera, que si el Edificio permanece el numero de años contratado, se dàn por satisfechos los Proprietarios, y no se cuydan de mas reconocimiento, ni exâmen: Esta costumbre dà ocasion , à que los Albañiles hagan precipitadamente las Obras, en grave perjuicio de su robustez, y duracion.

En la mayor parte de Escocia , se abunda de Piedra , que produce exquisita Cal , y ordinariamente emplean la misma Piedra en la construccion de las Obras: en algunos parages tienen Alabastro, que dà tan buena Cal, como el Marmol. En Irlanda , especialmente cerca de *Dublin* , la Piedra Cal ès asimismo

tan

tan abundante, que se edifica con ella; lo qual, es muy ventajoso à la robustez de las Fabricas, por la facilidad con que la mezcla se une, è incorpora con toda Piedra calcinable.

Un Ingeniero empleado en la conducta de qualquiera Obra , debe exâminar , y tener conocimiento de las varias especies de Piedras que se hallen en los contornos , para asegurarse de la que sea mejor para hacer Cal; y no debe elegir la mas barata ( lo qual apenas podria excusar à un Archîto en las Obras particulares ), sino la mas conveniente; por que en la bondad de la Cal estriba la de los Edificios. Pero si ocurriese, que toda la Cal de las inmediaciones fuese de malas circunstancias, serà preciso que la solicite buena de otros parages, à lo menos para revestir los Muros con paramentos de 14, ò 16 pulgadas de fondo , labrando lo interior con mezcla de menos coste.

La Cal se cuece en Hornos muy semejantes à los de Ladrillo , y la Piedra se debe romper en pedazos como el puño , especialmente quando fuere demasiado dura; pero si es tierna , como la Marga , no necesita de tanta precaucion. Se debe cuydar, que la Piedra resulte enteramente cocida , y con igualdad por todas partes; por que de lo contrario no se disolveràn algunas particulas de la Cal hasta que estè empleada la mezcla , y ocasionarà en las Obras, aberturas y grietas perjudiciales.

Tomo I.

Aa

Tam-

También se hace Cal de toda especie de Hostras, y Conchas de la Mar, la qual se aprecia mucho por su calidad exquisita; pues se enjuga, y endurece en muy poco tiempo, y por lo mismo se mezcla con la *Terrasa de Holanda* (8), para emplearla en todas las Obras, que se construyen en el agua, lograndose al mismo tiempo con esta Cal la conveniencia de menor coste, que la *Terrasa*.

Es preciso advertir, que las Piedras que se arrancan humedas de las Cantèras, producen mejor Cal, que las que se hallan enjutas sobre la superficie de la Tierra. Asimismo, ha manifestado la experiencia, que la parte mas enjuta, y sin substancia de una Roca expuesta al àire libre, produce diferente Cal, que la mas interior que se conserva jugosa por no herirla los rayos del Sol: y por lo proprio un Ingeniero juicioso, y amante del acierto, no solo ha de disponer, que se reconozcan las partes exteriores de las Rocas, ò Cantèras, si no tambien las interiores que estèn reservadas de las injurias del tiempo; porque sin este exâ-

men,

(8) *Terrasa de Holanda*, es una especie de polvo, hecho de cierta Tierra, que se encuentra en las cercanias del *Baxo Rbin* en Alamania, y en las inmediaciones de *Colonia*: Se cuece como el Yeso, y se convierte del mismo modo en polvo: Este es excelente para la composicion de la mezcla, que se emplea en todas las Obras dentro del agua.

men; es posible que desprecie como inútiles las de mejor calidad.

#### SECCION IV.

##### *De la Arena, Terrasa, y Puzolana.*

**A**unque en la Arena se manifiesta muy poca diferencia, con todo, se encuentra alguna, que mezclada con la Cal, produce mejor liga que las otras. En las Fabricas ordinarias, siempre se sirven de la que se halla mas à mano; y en algunas partes, como en Londres, reducen à polvo los escombros de los Edificios demolidos, y le emplean como Arena. Pero en las Obras de conseqüencia no se sigue una práctica tan despreciable, y perjudicial; pues la buena calidad de los Materiales, constituye à las Obras de mejor solidez y duracion, que estos indiscretos arbitrios de la Economia: por cuya razon se deben tomar las mayores precauciones para evitarlos; y à este fin exponemos las observaciones siguientes.

La mejor Arena, es la que tiene el color claro, y transparente; cuyo grano sea entero, y no muy pequeño, por que no se une, ni forma un cuerpo quando se liga con la Cal; y por la propria razon, se ha de buscar la Arena sin mezcla de Tierra, ni polvo alguno, si no

Aa 2

que

que sea limpia, y desprendida de qualquiera otra materia que no sea Piedra.

El modo de conocer si la Arena está libre de particulas de Tierra, consiste en tomar una porcion, y estregarla entre las manos; y si despide algun polvo, será cierta señal que no está pura: mas si el grano se conoce que es de Piedra, y no dexa alguna señal de polvo en las manos, será prueba de su buena calidad. Si ocurriese el no encontrar buena Arena en las inmediaciones del parage donde se necesita, será conveniente lavar aquella porcion, que se requiera para la mezcla que pueda emplearse en los paramentos de los Muros, en los Arcos, y otras Obras que no permitan disimulo en las circunstancias de la Arena. Para lavarla, se echa una cierta cantidad en una Cuba, se cubre con agua, se remueve con un palo, y se transbierte el agua: esta misma operacion se repite hasta que el agua salga clara, y quedará limpia la Arena.

La que se saca de los Rios es la mejor de todas, por que el grano tiene proporcionada magnitud, y ordinariamente se encuentra libre de materia estraña. Algunos se persuaden, que la Arena de la Mar, ò de agua salada, tambien es muy buena; pero yo soy de opinion, que no se debe emplear en donde se requiere que la Obra sea de satisfaccion; por que la Sal (si no estoy engañado), es fatal

tal ingrediente para la mezcla, como se explicará mas adelante.

Ha enseñado la experiencia, que la Arena se debe emplear antes que los áires la dessequen, para que haga buena liga con la Cal; y para que no se pierda, quando es necesario acopiar gran cantidad, conviene cubrirla de modo que no la hieran los rayos del Sol, y conserve su humedad.

En lugar de Arena, se suelen mezclar con la Cal algunas otras cosas, como Cenizas (9), polvo de Texa, escoria de Hierro sacada de las Fraguas, &c.; pero es necesario moler estos ingredientes hasta reducirlos à un polvo fino. Los varios experimentos, que he hecho sobre estos Materiales, me han asegurado que si se incorporan bien con la Cal, producen exquisita mezcla. Habiendo jaharrado algunos Muros con mezcla de estas especies, en el mes de Diciembre, y reservado algunas porciones en parages secos, y calientes, dispuestas en forma de esferas; se hallò que así la mezcla expuesta al temporal, como la que estaba à cubierto, se quaxaron, y endurecieron con igual prontitud; sin poder distinguir alguna diferencia entre ellas, en quanto al tiempo que necesitan para tomar cuerpo y consistencia.

(9) Pos estas Cenizas se han de entender las que se recogen de los mismos Hornos de Cal, principalmente en los que se quema Carbon Mineral, ò de Piedra.

sistencia : no obstante , se pretende persuadir , que la que se compone con escoria de Hierro , es mas eficaz en adquirir su dureza .

La liga de Cal comun , y escoria de Hierro , forma una argamasa muy exquisita para enlucir las Cisternas , pues llega à endurecerse tanto , que jamàs la penetra el agua ; pero es preciso trabajarla con poca agua , y usarla como Greda fuerte .

Otras varias especies de polvos se mezclan con la Cal , en lugar de Arena , especialmente para trabajar las Cisternas , y todas las Obras de agua . Hay un genero de estos polvos , que llaman *Puzolana* , por el nombre del lugar (*Puzol*) donde se faca en el Reyno de Nàpoles : este polvo es de color roxo , y mezclado con la Cal se endurece con prontitud , y se conserva firme aunque sea debaxo del agua (10) .

Afi-

(10) Es voz comun , que en algunos parages de España se encuentra la *Puzolana* , pero con particularidad en este Principado de Cataluña , convienen muchos que la hay de exquisita calidad : y aun una Persona de circunspeccion , veracidad , y caracter me ha asegurado , que en sus propias manos ha tenido diversas muestras de esta substancia . Considerando la bondad , que generalmente se advierte en todas las clases de Materiales que produce este Pais , en donde la misma Tierra , como dice *Mr. Maigret* puede emplearse en la construccion de los Muros ; no es raro que la naturaleza le haya enrique-

Afimismo se hace polvo de una clase de Piedra tierna , que se encuentra cerca de *Colleen* , en el baxo *Rhin* , y es de mucho aprecio : Esta Piedra se calcina , y se reduce despues à polvo por medio de un Molino : en esta conformidad le conducen en grandes cantidades à Holanda , de donde ha tomado el nombre de *Terrasa de Holanda* : Su color es ceniciento quando no està adulterado , lo qual sucede de ordinario , por que es costoso y absolutamente necesario para las Obras de agua ; y por lo proprio lo acrecentan quanto pueden los Tratan-  
tantes .

Nos olvidamos haber prevenido , que la Cal se debe cocer con Carbon de Piedra , y nunca con leña ; por que como el Carbon està muy impregnado de particulas sulphurosas ,  
se

---

quecido tambien con Minas , ò vetas de *Puzolana* : Pero es de estrañar , que siendo estos naturales tan industri-  
fos , y laboriosos , no se hayan dedicado à sacarla , y beneficiarla , para hacerla util en las Obras .

La proteccion , y cuidado que merece à nuestro Augusto Soberano , el adelantamiento de la Agricultura , nos pone en la confianza de que su estudio , y cultivo han de procurar à la Nacion descubiertas ventajosas para las Artes mechánicas : Seria muy importante al Real Servicio , y à la pública utilidad , que se indagasen , y señalasen en toda España los parages ( si hubiere muchos ) donde se encuentre la *Puzolana* ; y es verisimil , que al mismo tiempo se hallarian algunas Tierras fociles , equivalentes à la *Terrasa de Holanda* .

se introducen, è incorporan con la Cal, y la hacen mas glutinosa. Tambien se ha descubierto, que la liga de las Cenizas, y pequeñas particulas de Cal que se hallan en los mismos Hornos, reducido el compuesto à polvo, y empleado en lugar de Arena, dà una mezcla para las Obras de agua, tan fuerte como la *Terrasa de Holanda*. La razon de esta consistencia, se debe atribuir, à que las particulas de Cal envueltas en las cenizas se conservan enteras, hasta que mezcladas con la Cal se disuelven, absorbiendo las partes aquosas que encierra la misma Cal, no dexandole mas humedad que la necesaria para que se una firmemente con el Ladrillo, ò Piedra; y por este medio se logra una Obra solida, y robusta.

En algun parage de Inglaterra (en *Dorsetshire* si no me engaño) se encuentra una Piedra floxa, muy semejante à la que dà la *Terrasa de Holanda*, y aseguran que haria el mismo servicio en las Obras de agua. Si esto es así, me admira que no sea mejor conocida, pues nos pondria en estado de construir este genero de Obras con nuestros propios Materiales, y à menos coste que comprando la *Terrasa* à los Holandeses, quienes por lo regular la mezclan con otras materias para aumentar la ganancia. Yo no dudo que si se dispusiese un reconocimiento, y exâmen por las Personas que tienen autoridad, no solo se des-

descubierta en algunos Territorios la misma especie de Piedra que produce la *Terrasa de Holanda*; si no tambien la que se calcina para hacer Yeso como el de Paris.

N. Al presente hay aqui en Inglaterra la *Terrasa*, y se vende à 18 sueldos el *Bushel* (medida de Inglaterra, que corresponde à media Hanega de España), en lugar que los Holandeses le venden à 2 Shillings, ò 24 sueldos, y no es de mejor calidad.

## SECCION V.

*Modo de preparar, y hacer la Mezcla.*

**N**O solo en diversos Países, si no tambien en una misma Provincia, son diversos los modos de hacer la Mezcla. El que ordinariamente se sigue en Londres, y sus inmediaciones, consiste en formar un monton de Cal en piedra, que se cubre con la Arena necesaria para la Mezcla, y sobre el todo se vierte agua con lentitud, hasta que la Cal estè disuelta è incorporada con la Arena: Al dia siguiente pasan por una criva el compuesto, y le apartan las pequeñas Piedras, que por no haber sido bien calcinadas no se deshicieron con las demás: luego la baten bien, y la emplean inmediatamente sin mas ceremonia.



Pero nuestros Ingenieros usan de mayores precauciones; porque la hacen amasar, y remover cada 24 horas por el discurso de una semana entera: despues la dexan reposar otra semana; y luego la mandan batir, y suavizar con los Rodos, para emplearla en la construccion. Por este medio se logra una Mezcla buena, aunque la Cal sea de inferior calidad, con tal que no se le eche mucha Arena.

La proporcion, que ordinariamente se sigue en la Mezcla de Cal, y Arena, es à dos partes de Cal, ponerle tres iguales de Arena; pero esta Regla no es general, por que unas Cales son mas grasas ò glutinosas que otras, y por lo mismo admiten mas, ò menos cantidad de Arena que la señalada en la proporcion antecedente. La Mezcla que de ordinario se gasta en Londres y sus cercanias, està demasiado cargada de Arena; pues con tal que tenga la suficiente Cal para entretenerla unida, se dan por satisfechos los Albañiles; quienes ademàs (por ser esta clase de Mezcla mucho mas barata que el Ladrillo) hacen tan gruesas las capas entre las hiladas, que en breve tiempo se baxa, è inutiliza la Obra; pero si se les precisa à que empleen buena Mezcla, gastan muy poca, por que les cuesta mucho.

En Francia se hace la Mezcla de diferente modo: Construyen sobre el terreno una

Bal-

Balsa, ò Alberca de 12, ò 18 pulgadas de profundidad: entablan el suelo, y le dãn la extension necesaria para la Cal, que intentan disolver; y luego echan una capa de 6, ò 8 pulgadas de Cal en piedra, cubriendola con agua, y removiendola hasta que enteramente està disuelta. En esta forma la ligan con la Arana, y hacen la Mezcla algunos dias despues. Pero en las Obras de mayor consideracion, cubren la Cal con un tercio de Arena, y la dexan reposar todo un año. Se pretende, que los Antiguos disolvian la Cal muchos años antes de gastarla; y hay algunos de opinion, que la Mezcla fresca, es mucho mejor que la antigua: Mas yo soy de dictamen, que se ha de consultar, y exâminar la naturaleza de la Cal, para afianzar el acierto en su aplicacion; por que si siendo muy fuerte, se dexa reposar mucho tiempo, se endurecerà de forma que se hará inutil, como sucediò en Metz, donde pasado un año, se convirtiò en Piedra, segun lo dice *Mr. Belidor*: pero si la Cal fuere de inferior calidad, serà muy conveniente dexarla reposar mas tiempo para que produzca buena Mezcla.

Para que esta sea de sobresaliente calidad, importa apagar la Cal antes que se evapore, y pierda su virtud, disolviendola enteramente antes de ligarla con la Arena, y sin echarle mas agua de la que sea necesaria para prepararla, y

Bb 2

ba-

batirla: De esta manera se podrá conservar la Mezcla mucho tiempo, con tal que se cubra de Arena, y se preserve del Sol y lluvias.

El agua que se emplea para disolver la Cal, tambien merece alguna consideracion; porque si es enlodada, ò llena de fango, como la que se recoge en las calles de Londres para este fin, viciará la Mezcla, y no será de buen servicio. Se cree que toda especie de agua clara es buena; pero entre estas la mas dulce es la mejor. Algunos pretenden que el agua salada, ò de la Mar, se puede usar para las Mezclas; pero necesariamente ha de disminuir su bondad: por que nadie ignora que la Sal, en tiempo humedo, se convierte en un fluido, que ablanda la Mezcla impregnada de ella; y por lo proprio, en el Invierno pierde la consistencia, y tenacidad con que hacia solido al Edificio.

Para la Mezcla, que deba emplearse sin dexarla reposar (lo qual solo puede hacerse en los casos, que no sufren dilacion), se ha de disolver y cubrir la Cal con Arena sobre una explanada, ministrandole el agua poco à poco, para que se deshaga enteramente: despues se debe cernir por una Criva, para separarle las piedras que le queden: luego se ha de batir, y amasar bien cada dia en todos los de una semana, dexandola reposar por otra à lo menos, y batiendola de nuevo para emplearla;

y

y será muy conveniente no gastar mas agua de la que se le eche en la primera vez. Pero siempre que sea posible preparar la Mezcla, segun se ha explicado antecedentemente, se dexará reposar seis meses, que es suficiente tiempo para que se disuelvan todas las piedras calcinadas; pues las que no lo estén, no harán daño à la Obra, y aun las podrán separar los Albañiles al tiempo que usen de la Mezcla.

Para los Cielos rasos, se hace otra especie de Mezcla menos sujeta à abrirse, y mas fina que las antecedentes. En su composicion, solo interviene buena Cal, y pelo de Baca sin alguna Arena. La proporcion que por lo ordinario se observa en esta Mezcla, consiste en echar una Hanega de pelo, à cada seis de Cal: Y las circunstancias, que la recomiendan, son el conservarse siempre muy unida, sin producir grietas ò hendiduras, y el pegarse mejor que otra à la materia que se aplica.

La Mezcla que se hace con *Terrasas*, *Puzolana*, polvo de Texa ò Tiestos, ò bien con Cenizas, se liga y se prepara del proprio modo que la comun, y solo se Mezcla con la Cal alguno de estos ingredientes en lugar de Arena, echando partes iguales de cada especie. Como estas clases de Mezclas ordinariamente se disponen para las Obras que se trabajan en el agua, es necesario que la Cal que intervenga en su composicion, sea de la mejor cali-

li-

lidad que se encuentre; y por lo propio la que se saca de las Hostras, Conchas, ò Marmoles, será la mas à proposito; pero en aquellas Obras que alternativamente se hallan cubiertas, y descubiertas por el agua, es preferible usar del polvo de Texa en lugar de la *Terrasa*; porque èsta ha manifestado la experiencia, que en estos casos no es de mucha duracion su tenacidad, y lo mismo sucede con la Mezcla de Cenizas, que no es buena para las Obras expuestas al àire.

En las Fortificaciones, Darfenas, y Muelles, sería conveniente construir las Obras que han de permanecer debaxo del agua, con Mezcla de *Terrasa*, y los paramentos de las demàs, con Mezcla de polvo de Texa, hasta dos pies de grueso; por que con esta prevencion, se evitarían continuos reparos en los Muros de estas Fabricas. Las Bovedas, y Arcos subterranos, ò descubiertos, se deberían construir tambien con este genero de Mezcla, y aun sería mejor con la de Cenizas. Las Cisternas requieren Mezcla de *Terrasa*, como todas las Obras, que se han de conservar siempre debaxo del agua.

La fuerza, y consistencia de la Mezcla, no depende solo de la de los Materiales que la componen; si no tambien del modo de prepararla: Ordinariamente le echan mucha agua los Trabajadores, con la idea de liquidarla,

pa-

para batirla mas facilmente; y con esta práctica jamás se logrará, que la Mezcla sea de buena calidad. Pero si despues de disuelta la Cal, se le añade muy poca, ò ninguna agua, y se bate, hasta que la fuerza del trabajo la suavice, y ablande de forma que resulte mantecosa, ò glutinosa, se tendrá una Mezcla de toda satisfaccion.

Una Persona de acreditada experiencia en las Obras de fortificacion, me aseguró que hacia humedecer la Mezcla con tanta economia, que para suavizarla, era preciso que los Peones la trabajasen, y batiesen ocho dias de continuo; y que despues la dexaba reposar quince dias, para emplearla en las Obras. Este metodo no hay duda que afianza la buena construccion, y por lo mismo se debería seguir en todas las Obras de fortificacion, en cuya solidez se interesa todo el Estado.

Algunos Sujetos de los que suelen estar encargados en la conducta de las Obras, siguen una práctica contraria; pues he visto que despues de concluidas, se deshace y desmorona la Mezcla, como si fuera de Arena sola: Pero exâminada con cuydado, se advierte que mas de la mitad de la Cal, quedò sin disolverse en pequeñas piedras entre la Arena. Así, no es extraño, que muchas Obras duren poco, aunque los Materiales que concurrieron à su construccion hayan sido de excelente calidad.

Pa-

Para hacer que las Obras de Ladrillo parezcan bien à la vista, se ha introducido el abuso de dár tres quartos de pulgada de grueso à las capas de Cal que unen las hiladas; cuya práctica es perjudicial à la robustez y permanencia de la Obra, y por lo proprio sería conveniente precisar à los Albañiles à que hiciesen las capas de Mezcla de un quarto de pulgada solamente, que es lo bastante para asentar los Ladrillos.

En la construcción de los Muros que tienen declivio, es conveniente que las hiladas de Ladrillo, ò Piedra sean perpendiculares al mismo declivio, y no al Plano vertical, como es la costumbre. Las razones, que hay para esta práctica son dos: Primeramente, quando se labra con Piedra, se pueden esquadrear todos los Sillares, y se logrará mucho ahorro en su desbaste, y asiento en el Muro; y si este fuere de Ladrillo, resultarán todas las capas de Mezcla, con un mismo espesor por todas partes; en lugar que quando las hiladas se asientan horizontalmente, es necesario que los Albañiles las bayan retirando para formar el declivio, lo qual dá ocasion, à que las juntas sean en el exterior mas gruesas que en el interior: y si la Mezcla no es de buena calidad, será necesario resanar continuamente la Obra, para entretenerla en buen estado. La segunda razon consiste, en que si para evitar el

in-

inconveniente exprefado, se labrase el paramento exterior del Muro, disponiendo sus hiladas perpendiculares al declivio en el espesor de un Ladrillo, y se trabajase lo restante del grueso del mismo Muro con hiladas horizontales; se formaría un angulo, ò inflexión en cada tonga de Ladrillo y Mezcla, que impediría su buena union y enlace; y por consiguiente la parte exterior del Muro, solo sería un revestimiento del espesor de un Ladrillo, separado de lo restante de la Fabrica.

## SECCION VI.

*Del Yeso.*

**E**L Yeso se diferencia de la Cal, en que por si mismo, y sin mezclarle Arena, ni ingrediente alguno, fuera del agua, constituye un cuerpo solido, y de bastante tenacidad. Se hace de una clase de Piedra tierna azulada, muy semejante à la que produce la *Terrasa de Holanda*. Esta Piedra, que de ordinario se encuentra à la falda de algun Cerro, se cuece, ò se calcina de la misma forma que la Cal; y despues de haberse enfriado, se reduce à polvo por medio de un Molino. Para emplear el Yeso, se echa cosa de media Hanega en una Cubeta,

Tomo I,

Cc

don-

donde se le ministra el agua necesaria para desatarlo, revolviendolo bien al mismo tiempo con un palo, à fin que resulte una pasta homogénea, y se emplea de esta forma con prontitud; por que si se retarda, en menos de un quarto de hora se endurecerà de modo que se hará inútil, y no se podrá volver à deshacer, como sucede con la Cal.

Aunque el Yeso es muy comun en casi todas las Provincias, sin embargo, tengo entendido, que hasta ahora nadie ha enseñado el modo de distinguir y conocer la clase de Piedra que le produce, sin equivocarla con la que sirve para hacer Cal. La Piedra que se encuentra cerca de *Collen*, y de la qual se hace la *Terrasa de Holanda*, tiene mucha similitud con la de Yeso; y por lo mismo me inclino à creer, que entrambas son de una propria especie, ò se diferencian poco. Esto mismo persuade en algun modo, ver que el Yeso se enjuga, y endurece con la misma prontitud que la *Terrasa*; y aunque se dice que no permanece firme debaxo del agua, con todo, es posible que mezclado con la Cal en cierta proporcion, se conserve tan solido en el agua, como fuera de ella. En esta duda, suspendo el mantener que la *Terrasa*, y el Yeso sean una misma cosa, hasta que los experimentos lo aclaren, y lo decidan.

El

El Yeso que se saca de un Monte inmediato à Paris, es el mas exquisito de los que se conducen à Inglaterra, donde se emplea con particularidad para hacer Obras, y adornos de relieve, medallas, estatuas, y todo genero de modelos para Gabinetes. Tambien sirve para enlucir los Cielos rasos, y los Muros en lo interior de los Edificios. El Yeso que produce este Pais, es de calidad tan ordinaria y tosca, que solo tiene aplicacion en los suelos de las Casas humildes, y de los Almacenes para Trigo.

No hay otro modo de conocer la Piedra de Yeso, que calcinar un pedazo, y reducirlo à polvo; el qual, si disuelto en el agua no fermenta, y se endurece con prontitud, no habrá duda en que dará Yeso la Piedra: Esta por lo comun es de un color azulado, pero se vuelve muy blanca despues de calcinada.

En las Secciones antecedentes hemos procurado explicar las qualidades de los principales Materiales, que se emplean en las Obras de fortificacion, con el modo de prepararlos, y darles uso. Si à estas Reglas (que hemos establecido por nuestras propias observaciones, y las que hemos recojido de otros Autores), añade el Joven Ingeniero las que le dicte su experiencia, con la de los Superiores

Cç 2

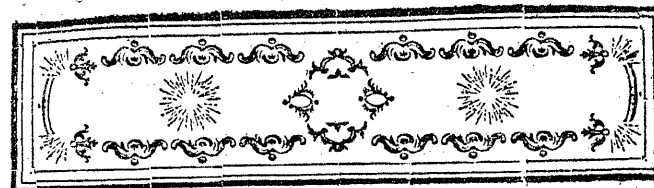
ba 2



baxo cuyas ordenes sirviere, no dudo se hallará en estado de juzgar de la buena, ò mala construccion de todas las partes de un Edificio; y por lo mismo, podrá desempeñar con acierto, quanto sobre este asunto se ponga à su cuydado.



TRA-



# TRATADO

## DE FORTIFICACION,

ò Arte de construir los Edificios  
Militares, y Civiles.

### PARTE TERCERA.

*Contiene el modo de trazar una Fortaleza sobre el terreno,  
formar el Calculo, y executar las Obras.*

### SECCION I.

*Se manifiesta la utilidad, y la necesidad  
de construir Fortalezas.*



A necesidad de construir Fortalezas en toda clase de Estados, se manifiesta por el innato deseo de su propria conservacion; pues teniendo siempre poderosos Enemigos qualquiera Estado, seria aventurarle todo con la pérdida de una Batalla sola, si el resto del Exercito vencido

cido no hallase Plazas seguras donde retirarse, hasta recibir socorro de sus Aliados, ò nuevas Tropas de aquella parte del Pais de que aun no sea dueño el Enemigo.

Muchas veces ha sucedido, que si despues de haber sido derrotado un Exercito, ha recibido oportunos socorros en alguna Plaza segura; no solo se ha encontrado en disposicion de defender su Patria, si no tambien de arrojar de la Campaña al Exercito vencedor con mucha pérdida. Son repetidos los exemplares que de esta especie se leen, así en las Historias antiguas, como en las modernas; en lugar, que si el Enemigo consigue una Victoria en Pais que no tiene Plazas fortificadas, inmediatamente se apodera de todo el Estado.

Un Exemplo de esta naturaleza nos ofrece la Inglaterra misma; porque si hubiera tenido algunas Plazas fuertes, quando la penetrò *Guillelmo el Conquistador*, no se podia haber perdido por la Victoria que consiguió este Principe en una sola Batalla. Si en la ultima Guerra se hubiera hallado fortificada la Ciudad de Genova, no la hubieran podido rendir los Austriacos al primer asalto que la dieron; y por consiguiente no se hubieran apoderado de todo el Estado, como lo lograron à poca costa. En una palabra, si no fuera por las muchas Fortalezas que hay en Flandes, mucho  
tiem-

tiempo hace que los Austriacos hubieran perdido el dominio en aquel Pais.

En los pequeños Estados, y Republicas, no son menos necesarias las Plazas fortificadas, que en los Dominios de mayor consideracion; pues nunca les falta algun poderoso Enemigo que resistir, mientras que sus Aliados acuden à socorrerlos. A esto se replicará, que las Fortalezas en un Estado franco, pueden servir de Grillos que le esclavicen, incitando la ambicion de algun hombre poderoso, que lo usurpe con la asistencia de algun Principe vecino; pero como no hay memoria, ni testimonio de semejantes exemplares; y que al contrario, los Estados de Holanda que tienen muchas Plazas, han conservado sin embargo de ellas su libertad, despues que se apartaron del dominio Español; es evidente que esta objecion no tiene fundamento alguno.

Las Potencias Marítimas, y las que están situadas en Islas, como Inglaterra, Cerdeña, Sicilia, &c. necesitan Fortalezas del mismo modo que los demás Estados; porque un Enemigo las puede invadir por sorpresa, aunque sea menos poderoso en fuerzas Navales; pues si logra el desembarco de sus Tropas, conquistará, ò arruinará todo el Pais. Fuera de esto, como la principal subsistencia de los Isleños está fiada al Comercio, se haría precaria, ò contingente faltandoles alguna Plaza  
fuer-

fuerte donde asegurar sus efectos, y mercaderías; pues de otra fuerte se podrian perder antes que llegasen à defenderlos las Tropas del Pais. Otros muchos argumentos sería facil alegar en prueba de la utilidad de las Plazas fortificadas; pero como todo el mundo està convencido al presente de esta verdad, sería superfluo añadir mayor cumulo de razones.

## SECCION II.

### *Sobre la situacion de las Plazas.*

**L**A situacion de las Plazas depende principalmente de las razones, que obliguen à su construccion. Por que si han de servir para promover ò proteger el Comercio, importa colocarlas à las margenes de la Mar, Lagos, Rios navegables, ò Canales. Si la idea es defender, y guardar con ellas un paso, ò entrada precisa à lo interior del Reyno; conviene situarlas sobre colinas, ò terrenos elevados, à fin que, no siendo dominadas de mayor altura inmediata, puedan impedir comodamente los desígnios del Enemigo: y tambien se edifican para defender el Vado, ò Puente de algun Rio caudaloso, que sirve de Barrera, ò Antemural del Estado. Ultimamente, si las Plazas que se han de fortificar, se destinan para asegurar el Estado contra toda invasion; es necesario esta-

ble-

blecerlas de forma que el Enemigo se vea en la precision de atacarlas antes de penetrar en el Pais: pues en el caso, que las dexé à la espalda, serviràn para cortarles la comunicacion con su propria Patria; y por este medio se haràn dificiles, è inciertos los socorros de Tropas, Viveres, y Municiones que les dirijan, forzandoles à que ò las sitie, ò abandone la empresa.

En las Islas se prefieren por mejores situaciones, las que convengan sobre las mismas Costas, principalmente en los parages por donde el Enemigo pueda con facilidad lograr un desembarco; pero cuidando al mismo tiempo, que las Fortalezas que se construyan, tengan comunicacion segura con alguna Ciudad interior, que las socorra con todo lo necesario para defenderse en caso que se hallen atacadas. Si hubiere algun grande Rio que desagüe en la Mar, y por donde los Baxeles se puedan introducir en el Pais; será muy provechoso edificar en sus inmediaciones una, ò mas Fortalezas, especialmente en los parages, de donde con su Artilleria impidan el paso à los Baxeles, haciendo temible aun sus inmediaciones àcia aquella parte.

En una Isla de corta extension, cuya Costa en la mayor parte sea de facil acceso, y por conseqüencia imposible el fortificarla toda; la situacion mas ventajosa para una Fortaleza, es-

Tomvo I.

Dd

tà



tà en el Centro de la propia Isla, sobre algún Terreno elevado; por que desde ella se pueden enviar mejor las Tropas à qualesquiera partes, en que convenga oponerse à un desembarco del Enemigo. Pero esta Fortaleza debe tener proporcionada extension y capacidad, para que los Habitadores de la Isla se puedan retirar à ella con sus ganados, y efectos de mas valor, siempre que los estreche la necesidad; por que de esta forma ayudarán, y contribuirán todos à defender la Plaza, hasta que el Enemigo se vea obligado à levantar el Sitio, y retirarse, ò por falta de provisiones, ò por perder la esperanza de apoderarse de la Fortaleza.

Quando la Isla es de considerable extension, no bastan las Fortalezas que se construyen para resistir, y oponerse à los desembarcos: Es necesario edificar algunas en los pasos precisos, para impedir al Enemigo que se interne, en el caso que, contrarestando los Fuertes de la Costa, haya logrado desembarcar en ella; ò à lo menos para detenerle, dando tiempo al Pais, para que levante y junte nuevas Tropas, que acudan à la defensa.

En los pequeños Estados, situados en Pais abierto, que no pueden sobrellevar los gastos que ocasiona la construccion de muchas Plazas, ò bien que no pueden entretenerlas con suficiente Guarnicion, y demàs cosas necesarias para la defensa; como asimismo, los que de-

pen-

penden enteramente de la proteccion de sus Aliados; lo mejor es, en todos tres casos, fortificar la Capital, la qual, siendo espaciosa, puede servir de retiro à los Habitadores con sus riquezas, y ganados, en tiempo de peligro, hasta que reciban socorros de sus Aliados.

Quando se haya de construir una Fortaleza cerca de la Mar, Rio, ò Lago, importa examinar atentamente, si se debe situar à la misma margen del agua, ò apartada de ella, para que sus Obras no puedan ser batidas por los Baxeles: si el Enemigo puede desembarcar con facilidad por algun parage inmediato, para atacarla por Tierra; y si las Embarcaciones se pueden acercar al Muro, ò si lo impide la poca profundidad del agua. Si esta permite à los Baxeles el llegar hasta las Obras, será necesario elevar los Parapetos, y quanto pueda verse desde los bordes de las Embarcaciones, sirviendose de Sacos de tierra, Zarzos, ò otra cosa equivalente, para que con este reparo queden las Tropas à cubierto.

Los Fuertes construidos à la misma lengua del agua, que tiene bastante profundidad, están expuestos à que les destruyan con prontitud los Baxeles, por la superioridad de sus fuegos: pero quando el agua es tan baxa, que no pueden acercarse los Baxeles para batir en brecha à las Fortificaciones, es necesario atender, que el Enemigo no pueda desembar-

Dd 2

car

car en sus Lanchas, y Botes, para asaltarlas por Tierra. A este fin se construyen Reductos, ò Baterias que defiendan de flanco, y de frente la aproximacion à la Plaza; y si el Enemigo pudiere desembarcar fuera del alcance del Cañon, serà preciso circuir estos Reductos, ò Baterias con un Muro, y un buen Foso, para evitar que les sorprendan por la espalda, ò Gola. Esto ès lo que sucediò en *Cabo Britton*, donde la Bateria, que defendia de frente la entrada del Puerto, fuè sorprendida: y dirigiendo sus fuegos los Enemigos contra la Plaza, se viò esta precisada à rendirse: lo qual no hubiera sucedido, si la Bateria hubiera estado con las precauciones mencionadas.

En las Plazas Maritimas, importa que alguna parte de las Fortificaciones domine al Puerto, siempre que sea posible; porque sin embargo de los Reductos, y Baterias que se construyan para defender su entrada; si el Enemigo halla modo para destruir alguna, y pasa sin detenerse por las demàs; quedará abierta la entrada del Puerto, para que sin mayor obstaculo se introduzcan los Baxeles: A que se agrega, que como estas defensas ordinariamente estàn apartadas del cuerpo de la Plaza, siempre se rinden, ò por estratagema, ò por fuerza: Pero dominando alguna parte de la Plaza al Puerto, nunca estaràn seguros en èl los Baxeles, hasta rendirla, que es lo peor que puede suceder.

fin

Sin embargo, no quiero decir con esto, que se mire con poco aprecio el canal, ò entrada de un Puerto; pues siempre que haya una punta de tierra que la domine, importa ocuparla, y asegurarla con alguna Obra: y como en estos parages ordinariamente se encuentran pequeñas Isletas de Roca, que fortificadas con propiedad son muy ventajosas para defender la misma entrada; nada conduce tanto à la seguridad de una Plaza situada al margen de la Mar, ò Rio navegable, como estas Obras, que obligan à las Flotas Enemigas à mantenerse distantes, impidiendoles el uso de su fuerza principal. Y aunque en este caso hiciesen un desembarco con algunos Cañones, en parage apartado; siempre se podrán rechazar facilmente por la Guarnicion de la Plaza. Estas clases de situaciones son las de mayor utilidad à una Nacion Comerciante, y por lo mismo nos hemos detenido mas en explicar el mejor modo posible de asegurarlas.

Quando sea preciso reedificar una Fortaleza antigua, no debe el Ingeniero fiarse nimiamente de la habilidad del que la dirigiò: Es necesario, que exâmine atentamente si hay alguna situacion mas ventajosa en las inmediaciones: Si las Obras existentes estàn, ò no adaptadas con discrecion, y propiedad à la naturaleza del Terreno: Si se logrará algun ahorro construyendola sobre los antiguos Cimientos.

mientos : Si es demasiado grande , ò pequeña : Si arreglandose en parte al Proyecto antiguo , y variando lo demás , sería mas acertado , que seguirle en el todo ; ò bien si eligiendo otra situacion , resultaría mas costosa la Obra , respecto de las ventajas , que ofrezca en lo executado el antiguo Proyecto. En una palabra , es necesario que el Ingeniero exâmine , reconozca , y medite con seriedad hasta las circunstancias mas menudas ; à fin que pueda formar una justa idea de la situacion , de la figura de las Obras , y de las conseqüencias que prometan , antes de resolver las que se deban executar.

Un Ingeniero que estè persuadido de la confianza que en èl se deposita , y que conozca las obligaciones pertenecientes à su empleo ; no puede dexar de conducirse en los Proyectos , y consultas que haga , con toda la prudencia , discernimiento , y juicio que corresponde al buen desempeño de los asuntos , que maneje ; pues en todos debe tener presente , que es responsable de los defectos , y gastos inútiles que resulten por su negligencia , ò falta de instruccion. En este supuesto es indispensable , que en las Personas que soliciten su ingreso en el Cuerpo de Ingenieros , no brillen menos sus talentos , y buena conducta , que la inteligencia en la theorica , y práctica de su Facultad.

Afi

Afi en las Artes , como en las Ciencias , es necesario que estè instruido el Ingeniero mas de lo que ordinariamente se considera. No basta que sepa delinear un Plano , cortar un Perfil , y representar una Campaña ; que entienda algunas proposiciones de Geometria , y el metodo que se sigue en la construccion de alguna Obra determinada : Importa que estè instruido à fondo de todas las partes mas principales de la Guerra , y de las Mathematicas , con la util aplicacion de estas à la Práctica , à la Philosophia natural , y à la Arquitectura : asimismo , debe tener un perfecto conocimiento de las varias especies de Obras , que concierren à su Ministerio , y sobre todas cosas , ha de ser muy versado en Hidraulica , y Maquinaria (11).

La

---

(11) La principal instrucción à que debe aspirar todo Ingeniero , consiste en el Arte de la Guerra , por ser el punto en que mas le empeña su obligacion , è interesa el honor propio con el de las Armas del Soberano ; por que tanto en el modo de fortificar las Plazas , como en el de defenderlas , y atacarlas , siempre han tenido à su cuidado , ò la conducta , ò el dictamen de la execucion , y operaciones Militares. Don Diego Henriquez de Villegas , en su Obra intitulada *Levas de la Gente de Guerra* , hablando de las circunstancias , y atenciones que deben tener los Ingenieros , dice asi (a) : „ El „ Ingeniero , su mismo nombre está insinuando las partes de que necesita. Empleo es verdaderamente de

„ Prin-

(a) *Lev. de la Gen. de Gue. cap. 6.*

La variedad casi infinita en las circunstancias, y naturaleza del Terreno, hace imposible la explicacion de todas las situaciones, que en los casos particulares convenga dár à las Fortalezas: y por lo proprio es necesario el mayor discernimiento, y habilidad, para esta-

---

„ Principes por las Artes, y Ciencias, que debe tener, y  
 „ en que debe ser muy práctico, y noticioso, como son las  
 „ Mathematicas, Philosophia, Licion, y noticia de las  
 „ Historias; de grande discurso, entendimiento, ingenio,  
 „ è inventiva; por que de su voto pende la eleccion del  
 „ Sitio, la figura, la materia, la construccion de una  
 „ Plaza..... Sitiando, dispondrà en los Aproxes las  
 „ Trincheras, que no sean defembocadas, su altura, an-  
 „ cho, y profundo del Foso; dispondrà las Galerias,  
 „ picar la Muralla, hacer Minas, y Hornillos.... Ha-  
 „ llándose en la Plaza sitiada, debe atender à la defen-  
 „ sa, haciendo diferentes Fortificaciones interiores, así  
 „ para ofender al Enemigo en la Campaña, como si se  
 „ alojare en el Foso, ò tubiere hecho pie en algun Ba-  
 „ luarte, ò en otra parte de la Plaza; valiéndose de to-  
 „ dos los medios que puede dár el Arte para que sea  
 „ ofendido, y se conserve la Plaza lo mas que ser pue-  
 „ da. „

Para afianzar pues el acierto en asuntos de tanta gravedad como se ofrecen en la Guerra, y en los quales se interesan el bien de la Monarchía, el credito de sus Armas, y la publica quietud; es indispensable que el Ingeniero sepa à fondo las partes mas esenciales de las Mathematicas en general; pues sin el auxilio que esta Ciencia subministra, será imposible que con la práctica sola, se desempeñen todas las importancias de esta natura-

tablecerlas de forma que correspondan bien à todos los fines de sus edificaciones: Y como à la execucion, y manutencion de las Plazas, se figuen considerables gastos; son gravosas al Estado, quando no satisfacen al propuesto intento. Con esta atencion debe un Ingeniero reflexionar seriamente lo que ha de hacer, antes de dár principio à semejantes empresas. Soy de

Tomo I.

Ee

dic-

turaliza. Al mismo intento persuade *Mr. Maigret*, la precision de que el Ingeniero continúe un estudio serio y constante, para llegar à poseer el Arte Militar con la perfeccion que le compete; añadiendo, que como para estos empleos se requieren Sujetos dotados de las buenas qualidades de talentos, ciencia, y aplicacion; no podrá entretener esta, si la indigencia le distrae de ella por la una parte, y de la otra le priva de proveerse de los Libros, è Instrumentos conducentes à su instruccion (a).

Todas estas circunstancias las explica, y recomienda con discrecion, y brevedad el Conde de Rebolledo (b) tratando de la disciplina Militar en los siguientes Versos.

*Formar, y deshacer los Batallones,  
 Perfeccionar los Fuertes,  
 Saberlos expugnar, y defenderlos;  
 A cuyo intento fuera conveniente  
 Haber en cada Tercio  
 Ingeniero con sueldo competente,  
 Cuyo trabajo fuese mas premiado  
 Pues es tan practicado:  
 Y Siglos ha que Corbulon juzgaba,  
 Que lo que mas victorias alcanzaba.*

---

(a) *Traité de la Sureté des Etats.* pag. 331.

(b) *Selva Militar, y Politica.* fol. 59.

dictamen , que para determinar la situacion y proyecto de una Plaza , seria muy conveniente al acierto de tan importante asunto , que cinco , ò seis Sugetos de la mas acreditada habilidad y experiencia , pasasen à reconocer y exâminar el Terreno , conferenciando y acordando sobre èl , asi la situacion que deba darse à la Plaza , como el proyecto de su fortificacion.

### SECCION III.

#### *Observaciones sobre la situacion de las Plazas.*

**E**N la Seccion antecedente hemos tratado de la situacion de las Plazas en general: ahora hablaremos de las circunstancias particulares, que necesariamente se deben observar, y exâminar antes de establecer el Proyecto , y execucion de una Fortaleza.

Se ha de reconocer primeramente , si el âire del parage donde se intenta edificar la Fortaleza, es saludable ; por que seria perjudicial al Estado , el construirla sin la seguridad de que sus Moradores permaneceràn en ella con robustez , no solo para evitar freqüentes suplementos de gente que la ocupe ; sino tambien , para no exponer la fuerte de la Plaza en tiempo de Sitio , à la debil defensa de una

Tro-

Tropa enfermiza , que no pudiendo resistir la fatiga de la Guerra , se vea en la necesidad de rendirse.

La buena ò mala calidad del âire , se infiere facilmente por el color , y robustez de los que vivan en aquel parage ; y en su defecto se puede consultar à la naturaleza del mismo Terreno : porque si està circuido de algunos Pantanos, ò aguas estancadas, no hay duda que serà mal sano ; pero si la situacion que ha de tener la Plaza , fuere sobre un suelo enxuto, que produce abundancia de Arboles y Yervas ; y que al mismo tiempo entretiene muchos Pajaros, y Animales, serà cierto que la situacion es saludable y fructifera.

Lo segundo à que se debe atender cuydosamente , es si habrà suficiente cantidad de agua buena para el uso de las Gentes, y de las Caballerias ; por que sin esta prevencion no se debe fortificar Plaza alguna , à menos que su defecto sea suplido con manantiales inmediatos, que por medio de Aqueductos ò Cañerías, puedan abastecer de agua constantemente à la Fortaleza. Pero estas Cañerías se han de disponer de modo , que el Enemigo no las pueda cortar en tiempo de Guerra ; pues de otra forma seria imposible defender la Plaza por mucho tiempo (12) .

Ee 2

Es

---

(12) La imposibilidad de asegurar en tiempo de Sitio

tio

Es de notar, que todas las aguas dulces no son igualmente saludables; pues ha mostrado la experiencia, que se encuentran algunas muy claras y de buen gusto, que bebiendolas à pasto suelen ocasionar particulares dolencias, y enfermedades. Ademàs, así como hay algunas aguas medicinales, tambien puede haber otras de contrarias virtudes y qualidades. Se atribuye muchas veces al áire la causa de las enfermedades, quando por lo comun es el agua de algun Pantano, el origen de la epidemia. Muchos son de opinion, que las aguas mas ligeras son las mejores para beber: pero *Mr. Cortes*, en sus *Lecturas Hydrostaticas*, ha comparado los pesos de las diferentes aguas que pudo obtener, entre quienes se incluyeron las del Rio Ganges que se consideran las mejores del Mundo, y no pudo descubrir algu-

na

---

tio las Cañerías que lleban las aguas à las Fortalezas, ha obligado à construir Cisternas à prueba de Bomba, que siempre se conservan llenas de buen agua, por medio de un Conducto que sale del Arca ò Deposito principal; y à fin de poderla renovar siempre que convenga, se practica una Atarxea ò Canal, que comunicandose por el fondo del Algive, facilita se difundan sus aguas à algun parage mas baxo. En esta forma se han construido Cisternas muy provechosas en la Plaza de San Fernando, capaces de contener agua para el consumo de muchos meses; cuya disposicion asegura, que no se escaseará jamás à la Guarnicion, aunque sobrevenga el accidente de cortar la Cañería.

ná sensible diferencia entre sus gravedades específicas. Por este experimento parece, que la bondad del agua, no viene de su mayor ligereza, sino de alguna qualidad que adquiere en el Terreno por donde pasa, y que la vista, ni el gusto no la pueden distinguir.

Otros con mas fundamento aconsejan, que para conocer la qualidad del agua, se ha de poner à herbir en una vasija; que despues se aparte, dexandola reposar hasta que esté fria; y que siempre que en esta decoccion no depusiere algunas heces, ò cedimentos, será señal que el agua se puede usar sin rezelo de que ocasione daño à la salud. Pero si este mismo experimento se repite muchas veces en una propria vasija, se distinguirá mejor si produce algun cedimento; pues tal vez en las primeras operaciones no se hará sensible, quando en las ultimas será de consideracion.

En Irlanda hay una Fuente de agua muy clara y de buen gusto, que nace de cierta Roca, y es de tan estraña qualidad, que en poco tiempo petrifica quanto cae en ella: Vease que saludable puede ser esta clase de agua ni para las Gentes, ni para el Ganado mas robusto.

Las principales qualidades que afectan al agua, parece que las ministra la naturaleza del Terreno por donde corre; por que generalmente se observa, que la que nace en las Rocas ò Suelos areniscos, es muy clara y fresca:

ca: la que se produce en Tierra gredosa, es de color de leche, y dulce en el sabor; y la que sale de algun Pantano, es salobre ò de mal gusto, y por lo mismo es la peor de todas.

Si los Habitadores inmediatos al parage donde conviene edificar la Fortaleza, estàn sujetos à alguna clase de enfermedad que no se padezca en otras partes, no habrá duda en que el àire, ò el agua son mal sanos. Con facilidad se puede conòcer, si el àire de la Comarca es ò no dañoso à la salud; por que si exâminando el Terreno se hallase alguna agua embalsada, no hay que atribuir el mal temperamento à otra causa. La razon es esta: el ardor del Sol hace elevar en vapores el agua represada, y corrompida del Pantano; y como el frio de la noche condensa, y hace precipitar estos mismos vapores, se sigue que inficionan al àire hasta hacerle nocivo al que lo respira. Todo lo contrario sucede quando no hay aguas detenidas en el contorno de la Plaza; por que respirando los Habitadores un àire puro, y sin mezcla de corpúsculos mal sanos, lograràn la mayor robustez, y buena salud. Se asegura que en donde el àire es de malas qualidades, se hallan los boses de los Animales, y Aves llenos de manchas; lo qual no es de admirar, si se atiende à que el pulmon es la oficina donde se exercita la respiracion.

Lo

Lo tercero que necesariamente se debe exâminar, es si en las cercanias se encuentra con abundancia Leña, Carbon, ò otra materia para el fuego; ò bien si se pueden conducir estos utensilios à la Plaza, por agua ò tierra, y à comodis precios: Este punto es muy importante en todas partes, y especialmente en los climas septentrionales. Ademàs de la utilidad, que se saca de la Leña para cocer el Pan, y los alimentos, es muy provechosa para varios usos de la Fortificacion.

Por ultimo, se deben tener presentes todas las cosas necesarias para la subsistencia, y comodidad de la Guarnicion, antes de emprender la construccion de una Fortaleza; por que los gastos que ocasionan estas Obras, siempre son excesivos, y por lo mismo es preciso reflexionar, y exâminar con mucho cuydado y tiento, hasta las mas menudas circunstancias.

En quarto lugar importa reconocer, si en las inmediaciones de la Plaza se hallan los Materiales necesarios para su construccion, como Piedra, Ladrillo, Cal, Arena, Madera, &c.; ò bien si los hay à tales distancias, que su conduccion, solo ocasione un moderado gasto, exâminando si tal vez se pueden tener algunos en el contorno de la Obra, y los demàs acarreados por agua: por que si la mayor parte se hubiere de transportar por tierra desde una larga distancia, serà tan excelsivo este costo,

to, que solo la mayor importancia de la Fortaleza haria escufable su execucion.

Si la Plaza se hubiere de construir à la orilla de la Mar ò de un Rio navegable, conviene exâminar atentamente la situacion que se ha de dâr à las Fortificaciones, asi para que el Puerto resulte bien defendido, como para que los Baxeles puedan acercarse al Muelle, y se facilite el embarco, y desembarco de los efectos.

En las Fortalezas que se construyen para promover, y proteger el Comercio, tambien se debe tener presente la clase de efectos, y mercaderias que se encuentran en la Plaza, ò en sus inmediaciones, como asimismo los que se puedan transportar à los Países Estrangeros por agua, y quales se podrán conducir à la Plaza en cambio de sus manufacturas; atendiendo igualmente, à que Ferias, ò Mercados se pueden llevar para su venta.

Puede suceder que importe fortificar algun parage de poco trafico, como alguna Isla, sin embargo que no haya frutos ni generos que facar de ella. Pongo por exemplo: Si el Puerto es bueno para que en un temporal se guarezcan en el Navios, y Embarcaciones de toda especie: Si la Plaza es à proposito para Almacenes de generos Europeos, que desde ellos se puedan conducir por Mar à otras partes de Mercado; y ultimamente, si ofrece comodidad

pa-

para que los Baxeles hagan aguada, y falta en las cercanias la misma proporcion, como sucede en *Santa Helena*. En todas estas situaciones se pueden edificar Fortalezas, que seràn muy ventajosas al Estado (13).

Muchas son las situaciones que pueden darse en lo interior de un Reyno, en donde se

Tomo I.

Ff

po-

---

(13) Ademàs de las situaciones que el Autor insinua para las Plazas de Guerra, hay otras que interesan mucho al Estado el ocuparlas con buenas Fortalezas. De esta clase son las que pueden servir de llave para abrir passo à alguna nueva conquista; las que son adecuadas para mantener apartado al Enemigo; y finalmente las que conducen para el dominio de algunos Mares, refugio de las Costas propias, y sujecion de las agenas. Estas ventajas logra España con los cinco Presidios de Oràn, Melilla, Alhuzemas, Peñon de Velez, y Ceuta, que posee S. M. sobre la Costa de Africa, como se manifiesta con energia, y se prueba eficazmente en un informe, que sobre la utilidad de las mismas Plazas dieron los Brigadieres Don Pedro de Lucuze, y Don Pedro Martin Zermeno, y se pasó à S. M. en el año de 1765; en el qual, entre otras Autoridades de mucho peso, sacadas de la experiencia, y de las mejores maximas Politicas y Militares, se apoyan las ventajas, que proporcionan los Presidios à la Monarchia, con estas palabras de *Juan Botero* en sus diez Libros de la Razon de Estado: *T si no solamente estubieren lexos de nosotros* ( hablando de la situacion de las Plazas ), *sino en tierra del Enemigo, daràn mayor seguridad, como Oràn, Melilla, el Peñon de Velez, Ceuta, Tanger, Mazagan, y Arcilla, Plazas del Rey Católico en Africa respecto à España.*



podrían construir grandes Plazas fortificadas, que serian muy provechosas, sin embargo que no las hemos indicado. Y para no detenernos en la enumeracion de las muchas circunstancias de que depende su utilidad, solo observaremos en general, que nunca se deben construir grandes Plazas, si no à los margenes de Rios navegables, que sirvan para la comodidad del Comercio, ò de fuerte Antemural al Estado, ò bien para defender un paso que permita al Enemigo internarse en el Pais: pues en donde no concurren estas circunstancias, podrá dexarlas à la espalda el Enemigo sin que le embarazen para adelantar sus progresos.

Se debe evitar con el mayor cuydado, todas las alturas que dominen à qualquiera de las Obras, como tambien los Caminos hondos, por donde el Enemigo podría acercarse sin ser visto; y en general las inmediaciones de las Plazas hasta la distancia de una milla, es necesario nivelarlas, y arrasarlas de Arboles, y de quanto pueda favorecer la aproximacion cubierta al Enemigo.



SEC-

## SECCION IV.

*Modo de formar el Plano, y Proyecto de una Fortaleza.*

Quando el Soberano resuelva la construccion de una Fortaleza, es necesario que un Ingeniero pase à exâminar el Terreno donde se ha de establecer, levantando su correspondiente Plano con especial cuydado y exâctitud, dandole proporcionada escala para que comprehenda à lo menos hasta el alcance del Cañon sobre las Obras mas abanzadas; junto con varios Perfiles, que expresen bien las desigualdades, y naturaleza del Terreno. Asimismo, si hubiese en las inmediaciones de la Plaza algun Rio, Mar, ò Lago, no solo se ha de marcar la extension, y margenes del agua en todo lo que diga relacion al Mapa; sino tambien se ha de señalar el sondèo, ò medicion de sus profundidades, à fin que se pueda hacer concepto de la clase de Embarcaciones que admitirà. Igualmente se ha de señalar con claridad y primor, así los Montes ò Terrenos elevados que se encuentren, como las Cercas ò Vallados, y Caminos hondos que se comprehendan en aquel espacio; notando entrambas circunstancias en el Plano, y

Ff 2

los

los Perfiles, para que la irregularidad del Terreno sea distintamente representada.

A estos papeles debe añadir el Ingeniero una Relacion, en que se explique puntualmente la naturaleza y disposicion del Terreno, distinguiendo, si es de Roca, Montuoso, Pantanoso, ò Llano: Si se encuentra algun Rio, ò si hay algun Lago, que uno, ò otro pueda ser util para la navegacion, ò para hacer mas fuerte la Plaza: Si el Terreno sobre quien se ha de edificar es solido y firme, ò floxo y de mala consistencia: Si se halla à la mano buen raudal de agua, ya sea de Rio, ò de manantial para el uso de la Guarnicion; y si hay bastante Leña, Carbon, ò otra materia para entre- tener el fuego.

Tambien se ha de individualizar en esta Relacion, si se encuentra en las inmediaciones, ò à que distancias, las clases de Materiales que hayan de servir para la construccion, y si se han de conducir por tierra, ò por agua; expresando al mismo tiempo su naturaleza, qualidades, y precios, con el jornal regular que se deba abonar à cada clase de Obreros. Se explicará tambien, si la Fabrica se ha de hacer de Piedra, ò de Ladrillo, notando los parages en que siten las Cantèras, ò los Terrenos de donde se pueda sacar buena Greda para formar los Ladrillos: Si hay bastante ma-

materia para cocer unos y otros Hornos: Si se ofrece proporcion para llevar Arena à la Obra, à moderado costo; y por ultimo, es necesario que en esta Relacion se expresen todas las cosas necesarias, tanto para la construccion, como para la manutencion de la Plaza.

Esta Relacion, junta con el Plano y Perfiles del Terreno, la presentará el Ingeniero al Gefe de quien haya recibido la comision; el qual nombrará otros tres, ò quatro Ingenieros de los mas habiles, para que vuelvan à examinar, y reconocer el Terreno, confrontando con el, y sus particularidades, asi los Planos, como la Relacion, corrigiendo lo que no hallen bien representado y explicado: y quando todos estèn perfectamente instruidos, formarán de comun acuerdo el Plano de las Fortificaciones, con arreglo à las Instrucciones que se les haya dado, y à la importancia de la Plaza.

Despues que todos estèn convenido en un dictamen, deberán formar un nuevo Plano, y sus correspondientes Perfiles sobre escalas sensibles, para que se manifiesten, y perciban con claridad todas las circunstancias del Proyecto; el qual, con otra Relacion ò memoria, expresiva de las razones en que se funden para las Obras, y extension que señalen à la Plaza, se ha de dirigir por la misma via del Gefe ò Superior que corresponda, al Ministerio de la Guerra, para que lo consulte al Soberano.

Pe-

Però en caso , que los Ingenieros no se convengan en todas las circunstancias del Proyecto , será muy à propósito , que cada uno forme el suyo separadamente , con Planos y Relaciones en que manifiesten las razones que apoyen su dictamen , à fin que se pueda decidir con acierto , el que sea mas preferible. Todo esto se debe hacer con la mayor sinceridad , y sin algun particular fin de interes , ò preferencia , respecto à la capacidad , talentos , ò otra cosa que se aparte de los verdaderos intereses del Estado.

En el Proyecto de una Fortaleza , se ha de atender muy particularmente à las tres consideraciones siguientes.

1. *Al costo que ocasione su construccion.* Por que siendo generalmente excesivo el de esta clase de Obras ; aumentandolo sin necesidad , ò no requiriendolo la importancia de la Plaza , en lugar de ser ventajosa , resultará perjudicial al Estado.

2. *Al numero de Tropas , Artilleria , y Municiones , correspondiente à guarnecerla en la Paz , y defenderla en la Guerra.* Por que si el importe de su manutencion fuese igual , ò excediese al beneficio que de ella resulte , es cierto que lexos de ser util , sería gravosa su execucion.

3. *A la extension ò capacidad de la Plaza , respecto al espacio que ocupan las Obras de forti-*  
fi-

*ficacion.* Por que si ocurriese ( como lo acreditan varios exemplares ) , que no pueda contener la Villa , además de sus Moradores , un competente numero de Tropas para defenderla ; es evidente que se rendirá con mas facilidad , que otra guarnecida con el mismo numero de Tropas , pero de menos Obras ; pues estas en uno , y otro caso , podrian hacer una vigorosa defensa , y por lo proprio , se deben escusar todas las Obras superfluas , que solo conducen à aumentar mucho gasto sin necesidad.

Otras muchas circunstancias se deben tener presentes , para establecer con ventaja el Proyecto de una Fortaleza. Las principales son estas: Que todas las Obras deben ser vistas , y flanqueadas las unas de las otras , para que se defiendan mutuamente del mejor modo posible: Que la comunicacion del Cuerpo de la Plaza à las Obras exteriores , y la de estas entre si , sea facil y segura : Que las Obras se adequen con propiedad à la naturaleza del Terreno: Que si este fuere baxo , se deberán construir Tenazones , Lunetas , ò segundo Foso , y Camino cubierto : Que si hubiere algunos Caminos hondos que se dirijan àcia la Plaza , será conveniente disponer algunas Obras que los descubran y flanqueen : Que si hubiese algunos Montes , ò Terrenos elevados que dominen parte de las Obras , importará ocupar estos puestos con pequeños Fuertes ò Reductos , ase-

gu-

gurando su comunicacion con la Plaza , y evitando con Trabeses, el que nada resulte enfilado. Si la Fortaleza fuere extendida y de grande conseqüencia , serà muy conducente el construir Obras Coronadas , ù Hornabeques, para asegurar las Puertas de la Villa , ò para defender algun puesto , que se interesase el Enemigo en ocupar. Por ultimo , es preciso que el Ingeniero evite la execucion de toda Obra que manifiestamente no sea necesaria, y que solo proponga las que sin contradiccion alguna, ofrezcan ventajas , así para su defensa, como en el moderado gasto para su construccion y manutencion.

Quando se ha de fortificar una Plaza antigua, que tiene algunas Obras, se debe instruir el Ingeniero en las razones que empeñaron à su execucion; y enterado de ellas , es necesario que exâmine , si corresponden bien al intento las mismas Obras ; ò bien que alteracion se podrá hacer en ellas , para que aprovechandolas en parte, quando no sea posible en el todo, satisfagan mejor à la propuesta idea : Llevando especial cuydado en no demoler jamàs sin absoluta precision Edificio alguno que se haya de remplazar con otro , à fin de hacer menor el costo de la Obra.

Las situaciones à quienes la misma naturaleza las hace en parte inaccesibles con Escarpados , Precipios , Rocas , ò Aguas , son muy

muy pròvechosas ; por que ademàs de poderse fortificar lo restante à menos costo , solo hay necesidad de una corta Guarnicion para defender la Plaza. Quando esta se ha de edificar sobre Roca , conviene construir con ella las Obras , en quanto lo permitan las circunstancias del Terreno , desmontando las alturas, y terraplenando los hoyos y profundidades; por que con esta disposicion se logrará mucho ahorro : pero es preciso atender, à que todas las Obras deben quedar casi sobre un mismo nivel, y que las interiores han de elevarse proporcionadamente sobre las exteriores.

Para establecer el Plano de una Fortaleza, es necesario determinar el Perfil que deba darse à sus Muros, ya sean revestidos de mamposteria en toda su altura, ò ya en parte, señalando al mismo tiempo , en quanto deben exceder los del Cuerpo de la Plaza à los de las Obras exteriores. En este punto discordan mucho los Autores de Fortificacion. *Mr. Vauban* hace el Parapeto de la Plaza 6 , ò 8 pies mas elevado que el de los Rebellines, y estos 6 pies mas altos que la cresta del Camino cubierto. *Mr. Coehorn* , sigue lo mismo à corta diferencia , pero hace el Foso principal menos ancho y mas profundo. Este Ingeniero cubre de modo el Muro principal , que no puede ser batido , sino hasta 3 pies debaxo del horizonte:

acercá entre sí las Obras, y acortá sus defensas. Es cierto que el Foso ancho descubre el Muro hasta el Cimiento; pero quando es seco, se pueden construir en él algunas Obras que hagan buena defensa, y será fácil disputar, y aun obstruir à los Enemigos el paso del mismo Foso. Yo soy de dictámen, que una anchura media es preferible para los Fosos, à los quales solo daría 32 varas en el Angulo flanqueado, quando el Lado exterior del Poligono fuera de 360 varas; y baxo esta proporcion, arreglaría siempre el ancho que corresponda à los Fosos en los Poligonos de mayor Lado exterior.

Las razones en que se apoya el dictámen de elevar los Parapetos, y Terraplenes son: que cubren mejor las Casas, y otros Edificios, y que desde todas las Obras de un mismo frente, se puede incomodar y batir al Enemigo, sin que lo estorben, ni se maltraten las Obras exteriores. A esto se responde, que quando las Obras se elevan gradualmente las unas sobre las otras, quedan expuestas à que el Enemigo las arruine todas à un tiempo, deshaciendoles sus defensas aun con las primeras Baterías que establezca; y por lo proprio logrará la ventaja de adelantar sus aproches, sin rezelar otro daño que el de las Armas cortas. Fuera de esto, levantando demasiado los Terraplenes de la Plaza, necessariamente se ha de aumentar

tár mucho gasto; cuyo inconveniente debe evitarse, siempre que sea posible, en toda clase de Obra que de fuyo sea muy costosa.

Pero si se hacen todas las Obras de casi una misma altura, no podrá el Enemigo desmontar la Artillería de las interiores, hasta haberse apoderado de las exteriores, à menos que lo consiguiere por medio de las Bombas; lo qual es tan casual, y difícil, que se puede regular la contingencia de muy poca consideracion.

Otra ventaja economica resulta de este metodo, y es, que disminuyendose por él la altura del Cuerpo de la Plaza, tambien se disminuye sensiblemente el costo de su construccion. Por lo que respecta à no poderse hacer fuego desde todas las Obras del Recinto, no es de consecuencia alguna; por que si à las exteriores se aplica la Artillería necesaria para mantener distante al Enemigo, siempre habrá ocasion de ir la retirando à otros puestos, donde tenga mejor uso y mayor seguridad, à proporcion que el sitiador adelante sus ataques.

Lo mejor es, siempre que sea posible, terminar las Obras en la línea que se tire desde el Parapeto del Cuerpo de la Plaza hasta la extremidad de la Explanada; por que de esta forma se conseguirá mucho ahorro, el Enemigo se verá obligado à batir unas Obras despues de otras, y por lo mismo le será preciso esta-

blecer tantas Baterías, como sea el numero de Obras: además que en todo tiempo se puede hacer fuego à barbata, desde qualquiera parte que convenga.

*Mr. Vauban*, siempre elevò los Muros de Fortificacion hasta la altura del Parapeto, excepto en el *Nuevo Brisac*, donde los terminó à 3, ò 4 pies sobre el nivel de la Campaña, y los reforzaba al mismo tiempo con robustos Estribos, ò Contrafuertes. Pero *Mr. Coehorn*, que era mas economico, solo creció los Muros hasta el nivel de la Campaña en *Bergen-op-zoom*.

Este metodo tiene mucha utilidad, por que ahorra grandes gastos en la construccion, y tambien por que el Enemigo solamente puede batir una corta porcion del Muro, necesita mas tiempo para formar la brecha, y la pueden reparar los Sitiados con prontitud y à poco gasto (14): En lugar que quando

(14) Esta clase de Muros se practica en los Países que, careciendo de Piedra para mampostear, abundan al mismo tiempo de Praderías, que les abastece buenos Cespedes con que revestir los Terraplenes: y aunque en tiempo de Sitio son mas utiles, que los de Piedra ò Ladrillo, por el menor estrago que hace en ellos la Artilleria; con todo, solo se usan en los Países septentrionales, donde por ser Climas muy templados, prueban mejor, que en las Regiones demasiado calidas; pues en

do el Muro llega hasta el Cordon, le baten los Enemigos tan baxo como pueden, para hacer caer de golpe toda la parte superior, y logran en poco tiempo la formacion de la brecha; cuyo reparo se hace dificil y costoso à los defensores.

Algunos serán de opinion, que los Muros no necesitan de Cimientos muy profundos. Es verdad que la mamposteria enterrada, no hace otro servicio, que el de sostener los mismos Muros; y por consiguiente parece que afirmando los Cimientos con Pilotage, ò de otra manera, se lograria el mismo fin con menos gasto. Pero esta practica, se sigue solamente quando los Fosos son de agua; por que en este caso se conservan sin podrirse las Estacas, y Maderas. No sucede lo propio en los Fosos secos, à menos que el Terreno sea de muy buena consistencia, y que admita bien las Estacas. Fuera de esto, la principal utilidad que se saca de los Cimientos profundos, especialmente en las Caras de los Baluartes (donde se forman las brechas), consiste en que sirven de barrera à los Minadores Enemigos; pues si no encontrasen con este embarazo, llevarian sus galerias por debaxo del Muro, y le harian volar en menos tiempo que el necesario al Cañon pa-

ra

en estas, el ardor del Sol defeca y deshace los Cespedes en poco tiempo, resultando de corta duracion los Muros de esta especie.

ra perfeccionar la brecha. Pero en las Golás, ò Contraescarpas, donde no se puede abrir la brecha, ni hay que rezelar peligro por los Minadores, sería extravagante establecer los Cimientos à mayor profundidad, de la que sea necesaria para sostener los Muros que los cargue.

## SECCION V.

*Modo de hacer el Calculo de una Fortaleza.*

**D**Elineados el Plano, Perfiles, y Elevaciones de la Fortaleza, con arreglo à lo que conviene executar; es necesario determinar por Trigonometria todos los angulos, y lineas, que no resulten conocidas por la construcción. Despues, por las Reglas que enseña la Geometria práctica, se ha de calcular la cantidad de mamposteria, las excavaciones, ò desmontes de Tierra, y el coste de los Terraplenes, Parapetos, y Explanadas que se contienen en el todo de la Obra. Con este conocimiento, y el de los precios de los Materiales, se podrá hacer el Tantèo prudencial (15) del costo, que

(15) Dice el Autor *Tantèo prudencial*, por que no es posible hacerlo tan acertivo, que no difiera el costo del que precisamente ocasiona la execucion de las Obras grandes; pues la diversidad de accidentes que suelen ocurrir en la prosecucion del trabajo, ya en la mala y desigual con-

que causará al Soberano la construcción de la Plaza.

Como no es posible señalar los precios de los Materiales, así por las diversas distancias desde los parages en que se encuentran hasta la Obra, como por la variedad que tienen los jornales en distintas Provincias; nos contentaremos con formar separadamente el Calculo de la cantidad de Obra, que resulte de cada especie en el todo del Proyecto: pues con este conocimiento, y el que adquiera con la práctica el Joven Ingeniero, se hallará en estado de conducirse con acierto en las comisiones que se le encarguen de esta naturaleza.

*Cal-*

consistencia del Terreno en que se funde, ya en algunas alteraciones, que sin faltar à lo principal del Proyecto se reconocen necesarias en la práctica, ò ya la vicisitud en los precios de los Materiales, con otros desperdicios, que no se pudieran preveer quando se formò el Calculo, han de ocasionar alguna indispensable diferencia en el gasto: Así, en las Reglas establecidas generalmente para estos computos, se prescinde de todas las circunstancias, que puedan variar los resultados. Pero no es lo mismo en los que respecta à qualquiera medicion de Obra executada; pues en ella tienen lugar y perfecta aplicacion las Reglas de la Geometria, y en donde esta no alcanza por la irregularidad de los Cuerpos, es facil servirse de los metodos de aproximacion, que dan con la mayor exáctitud posible la magnitud de los mismos Cuerpos.

*Calculo de la Mamposteria.*Lam. 6.  
Fig. 1.

Para mayor facilidad del Calculo, supondremos, que la Plaza es un Pentagono regular, propio para una Ciudadela con sus Rebellines, Camino cubierto, y Explanada: que el Lado exterior AB, es de 360 varas, las Caras AH, BE de 100, y la Perpendicular CD de 60. Esto supuesto, se hallaràn (por Trigonometria) los Flancos HG, EF de 54.54 varas; y como son 10, se tendràn 545.4 por la suma de todos. Tambien se encontrará la Cortina  $FG = 152.78$ ; y siendo cinco; resultarán 763.9 varas por la suma de todas. Asimismo cada una de las Caras tiene 100 varas de longitud, por construcción; luego la suma de las 10 que comprehenden los cinco Baluartes, será 1000 varas.

Adviertase, que lo mismo es multiplicar cada una de las longitudes de las partes del Recinto, por las varas quadradas del Perfil del Muro, para tener con la suma de los productos la solidez del mismo Muro; que sumar todas las partes del Recinto, y multiplicarlas por el Perfil comun, para tener la misma solidez: Por consiguiente, si se suman las varas que contienen todas las Caras, Flancos, y Cortinas del propuesto Recinto, tendremos 2309.3 varas por uno de los factores que intervienen

pa-

para descubrir las varas cubicas de mamposteria, que se comprehenden en el Muro principal.

Represente AC el perfil del Muro principal, cuya altura AB sea de 30 pies, ó de 10 varas, contadas desde el Cimiento AD hasta el Cordon BC solamente, por que el Parapeto se supone de Tierra. Si la Fabrica ha de ser de Piedra, se hallará \* el espesor superior del Muro de 5 pies, y el inferior de 11, siendo la base del declivio  $\frac{1}{5}$  de su altura. Sumando los dos Lados paralelos  $AD = 11$ , y  $BC = 5$ , se tendrá 16, cuya mitad 8, multiplicada por la altura  $AB = 30$ , dará 240 pies quadrados; y como cada 9 hacen una vara quadrada, partiendo 240 por 9, resultarán  $26\frac{2}{3}$  varas quadradas por el valor de la superficie del Perfil del Muro ABCD, exclusivos los Cimientos y Contrafuertes. Luego multiplicando el valor de la Magistral en varas, que se ha determinado anteceditamente de 2309.3 por  $26\frac{2}{3}$ , producirá 61427.3 varas cubicas, que es la mamposteria que se incluye simplemente en el Muro principal.

Si suponemos, que la profundidad AH del Cimiento sea de 2 varas, y su anchura de 4, se tendràn 8 varas quadradas por la Area del Perfil del Cimiento, que multiplicada por las 2309.3 varas, que contiene la linea Ma-

Tommo I.

Hh

giff

\* Tab. III. Secc. I. Part. I.



gístral, resultarán 18474.4 varas cubicas, que son las que se incluyen en el Cimiento del Muro principal.

Para determinar la solidez de los Contrafuertes, es necesario tener presente lo que se ha dicho sobre ellos en la Secc. I. Part. I.; y suponiendo el intervalo de uno à otro de 12 pies, resultará de 4 su grueso. Asimismo, respecto que la altura debe ser la propia, que la del Muro, se hallará\* que corresponden 8 pies y 6 pulgudas, ò bien 8.5 pies à la longitud AL del Contrafuerte; cuya base contendrá 34 pies quadrados, ò bien  $3\frac{7}{9}$  varas quadradas; y multiplicando esta cantidad por las 12 varas, que tiene de altura el mismo Contrafuerte con el Cimiento, dará  $45\frac{1}{3}$  varas cubicas por su solidez. Si el numero 2309.3 (que son las varas que contiene el Recinto) se parte por  $5\frac{1}{3}$  varas, que distan entre sí los Centros de los Contrafuertes; el quociente 433, expresará el numero de los que comprehende el Muro principal: luego multiplicando 433 por  $45\frac{1}{3}$ , el producto 19629.3 será en varas cubicas la solidez de todos. De donde se sigue, que las varas cubicas de mampostería que se incluyen en todo el Cuerpo de la Plaza, consisten en las partidas siguientes.

So-

\* Tab. III. Secc. I. Part. I.

Solidez de los	{	Muros. . . . .	61427.3.	Cuerpo de la Plaza.
		Cimientos. . . . .	18474.4.	
		Contrafuertes. . . . .	19629.3.	
		Suma Total. . . . .	99531.	

Habiendo determinado la cantidad de mampostería que se contiene en el Muro principal, ò Cuerpo de la Plaza, pasaremos ahora à descubrir la que comprehenden las Caras de los Rebellines, que supondremos de 24 pies de altura; y se tendrá en su Perfil AC, el grueso superior BC del Muro, igual 4 pies y 4 pulgudas, y el inferior AD = 9 pies y 11 pulgudas: luego la suma de los dos Lados paralelos, será 14 pies y 3 pulgudas, cuya mitad multiplicada por la altura AB = 24, dará 171 pies quadrados, ò 19 varas quadradas por la superficie del Perfil ABCD del Muro, sin Contrafuertes ni Cimientos.

De la construcción del Rebellin resultá, que la longitud de sus Caras es de 103.5 varas, que multiplicadas por 10, se tendrán 1035 varas por la suma de todas: Multiplicando la Area del Perfil, que equivale à 19 varas quadradas, por 1035, se tendrá el producto 19665 varas cubicas, correspondientes à la cantidad de mampostería que contienen los Reveftimientos de las Caras de los cinco Rebellines.

Hh 2

Su-

Suponiendo, que el Cimiento tengã 6 pies de profundidad, y 11 de espesor, serã su Perfil de 66 pies quadrados, ò bien  $7\frac{1}{3}$  varas quadradas: luego multiplicando  $7\frac{1}{3}$  por toda la longitud, ò suma de las Caras, que es 1035 varas, resultarán 7590 varas cubicas, por la solidez, ò mampostería que incluyen sus Cimientos.

La longitud LA del Contrafuerte es de 7 pies, y la altura HB de 30, incluso el Cimiento: luego la Area KB serã de 210 pies, ò  $23\frac{1}{3}$  varas quadradas; y si la distancia entre Centro, y Centro se supone de 16 pies, serã de 4 el espesor, ò  $1\frac{1}{3}$  varas: luego multiplicando  $23\frac{1}{3}$ , por  $1\frac{1}{3}$ , el producto 31 varas cubicas à corta diferencia, expresará la solidez de un Contrafuerte. Dividiendo la longitud total 1035 varas, por la distancia  $5\frac{1}{3}$  varas, darã 194 por el numero de Contrafuertes que contienen las Caras de los Rebellines; y multiplicandole por la solidez de uno de ellos, que es 31 varas cubicas, resultarán 6014 varas cubicas por el total de los Contrafuertes. Por consiguiente, la cantidad de mampostería, que contienen las Caras de los Rebellines, serã como se sigue.

So-

Solidez de los	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Muros. . . . . } 19665. \\ \text{Cimientos. . . } 7590. \\ \text{Contrafuertes. } 6014. \end{array} \right\}$	En las Caras
		de los
		Rebellines.
Total. . . . .		<u>33269.</u>

Resta ahora determinar la solidez de la Contraescarpa, à cuyo fin supondrèmos, que AC representa su Perfil, en el qual la altura AB sea de 16 pies, el espesor superior BC de 2, y el inferior AD de 5 pies y 2 pulgadas, segun las Tablas de la Part. I. Secc. I. La suma de los Lados paralelos es 7 pies y 2 pulgadas, que multiplicada por 8, mitad de la altura, se tendràn  $57\frac{1}{3}$  pies quadrados, ò 6.4 varas quadradas proxìamente por la Area del Perfil. Fig. 4.

La longitud de toda la Contraescarpa correspondiente à un Frente, se hallará, segun la construccion y aplicacion de la Geometria practica, de 580 varas; cuyo numero multiplicado por 5, darã 2900 varas por la longitud de la Contraescarpa en toda la Plaza. Multiplicando esta longitud por el Perfil AC = 6.4 varas quadradas, se tendràn 18560 varas cubicas, por la solidez del Muro de la Contraescarpa.

Si la profundidad del Cimiento es de 5 pies, y su anchura de 6.5, el producto 32.5 pies quadrados, ò bien 3.6 varas quadradas pro-

pro-

proximamente, expresará la superficie del Perfil del mismo Cimiento, que multiplicada por la longitud total 2900, dará el producto 10440 varas cubicas por su solidez.

Respecto que la altura de los Contrafuertes con sus Cimientos es de 21 pies, y la longitud de 4, se tendrá su Area  $KB = 84$  pies cuadrados  $= 9 \frac{1}{3}$  varas quadradas; y suponiendo, que las distancias de Centro à Centro sean de 12 pies, resultará de 3 su grueso, y por lo mismo será la solidez de un Contrafuerte igual à  $9 \frac{1}{3}$  varas cubicas.

Dividiendo toda la longitud 2900 por 4, el quociente 722 expresará el numero de Contrafuertes, que multiplicado por la solidez de uno, resultarán  $6738 \frac{2}{3}$  varas cubicas por toda la mamposteria que se comprehende en los Estribos de la Contraescarpa; cuya solidez total será.

Solidez de los	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">Muros. . . . .</td> <td style="padding: 2px 10px;">18560.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">Cimientos. . . . .</td> <td style="padding: 2px 10px;">10440.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">Contrafuertes. . . . .</td> <td style="padding: 2px 10px;">6738.</td> </tr> </table>	Muros. . . . .	18560.	Cimientos. . . . .	10440.	Contrafuertes. . . . .	6738.	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">} En toda la</td> <td style="padding: 2px 5px;">Contra-</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">} escarpa.</td> <td></td> </tr> </table>	} En toda la	Contra-	} escarpa.	
Muros. . . . .	18560.											
Cimientos. . . . .	10440.											
Contrafuertes. . . . .	6738.											
} En toda la	Contra-											
} escarpa.												
<hr style="width: 100%;"/>												
Total. . . . .		35738.										

Habiendo descubierto la cantidad de mamposteria, que contienen las varias partes de la Fortaleza ( Fig. 1. ), con arreglo à sus correspondientes Perfiles, tendremos el total de la solidez ( exceptuando la de los Puentes, y Obras

Obras subterranas ) sumando las tres partidas antecedentes.

Solidez de	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">El Cuerpo de la Plaza. 99531.</td> <td rowspan="3" style="padding: 2px 10px;">} En todas las Obras.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">Los Rebellines. . . . .</td> <td style="padding: 2px 10px;">33269.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">La Contraescarpa. . . . .</td> <td style="padding: 2px 10px;">35738.</td> </tr> </table>	El Cuerpo de la Plaza. 99531.	} En todas las Obras.	Los Rebellines. . . . .	33269.	La Contraescarpa. . . . .	35738.
El Cuerpo de la Plaza. 99531.	} En todas las Obras.						
Los Rebellines. . . . .		33269.					
La Contraescarpa. . . . .		35738.					
<hr style="width: 100%;"/>							
Total de la Mamposteria. 168538.							

El mismo Calculo se puede disponer en esta forma : Sumense las Areas del Perfil del Muro, con la del Cimiento, y el quarto de la del Estribo; y multiplicando el agregado por toda la longitud, dará de una vez la solidez total de cada clase. Por exemplo : En la Contraescarpa la Area del Perfil del Muro es 6.4 varas quadradas, la de su Cimiento es 3.6, y el quarto de la del Contrafuerte es 2.33, cuya suma 12.33 multiplicada por la longitud total 2900, dará 35738 varas cubicas, por la solidez de la Contraescarpa con sus Estribos, y Cimientos; lo qual conviene con lo que se ha determinado antecedentemente. Lo mismo se verifica en las demás computaciones particulares.

Con este Calculo, no se saca exáctamente la cantidad de mamposteria que incluyen las Obras; por que en los angulos de los Muros, hay varios Solidos particulares, que es preciso considerarlos quando se hace la medicion de lo executado, segun las Reglas de la Geometria practica.

práctica : Pero es suficiente el metodo que hemos seguido, para deducir por un Tantèo prudencial y fundado , el coste que causará el Edificio-

Nota 16.

„ La Theoria de los Prismas truncados  
 „ ( que con aplicacion al Calculo de las exca-  
 „ vaciones, se halla explicada con claridad  
 „ en un impreso que se cita al fin de esta Sec-  
 „ cion ), ofrece un modo facil, breve, y exác-  
 „ to para hallar la solidez de los Muros de  
 „ Fortificación. La Regla consiste en esto: *Al*  
 „ *doble numero de varas, que contenga la linea*  
 „ *Magistral ò del Cordon, añadanse las que*  
 „ *comprenda el Recinto en la linea exterior de*  
 „ *la base del declivio, y de la suma saquese el*  
 „ *tercio: Multipliquese el numero de varas,*  
 „ *que resulte, por el Perfil recto de la Escarpa,*  
 „ *y el producto dará de un golpe su solidez.* Para  
 „ la del Muro, *se ha de multiplicar su Perfil*  
 „ *recto, por la semisuma de la linea Magistral,*  
 „ *y la interior de todo el Muro, y el producto da-*  
 „ *rà su solidez.* Sumando esta con la de la Es-  
 „ carpa, se tendrá la total del Muro principal;  
 „ à quien añadiendo la que corresponde à los  
 „ Estribos, que se descubre multiplicando la  
 „ solidez de uno por el numero de ellos, se  
 „ tendrán las varas cubicas de mampostería,  
 „ que justamente se incluyen en el Cuerpo de  
 „ la

„ la Plaza. La misma Regla sirve para las  
 „ Obras exteriores, y Contraescarpa.

„ Para entender el fundamento de esta  
 „ Regla, concibase, que por la linea del Cor-  
 „ don, como tambien por los angulos entrantes  
 „ y salientes del Recinto, pasen Planos  
 „ verticales, ò perpendiculares al horizonte.  
 „ Es evidente, que toda la Escarpa quedará  
 „ dividida en Prismas triangulares truncados,  
 „ esto es, que los dos Planos opuestos son entre  
 „ sí inclinados, y que en todos es una misma  
 „ la Seccion recta, ò perpendicular à las  
 „ tres aristas horizontales. Asimismo resultará  
 „ el Muro dividido en Prismas quadrilateros  
 „ truncados, en quienes la Seccion recta  
 „ es un proprio Rectangulo.

„ Todo Prisma triangular truncado, es  
 „ igual al producto de su Perfil perpendicular  
 „ à las tres aristas, multiplicado por el tercio  
 „ de la suma de estas (*a*); y como los que com-  
 „ ponen toda la Escarpa tienen una misma  
 „ Seccion recta, se sigue, que multiplicando  
 „ esta, por el tercio de las tres aristas que  
 „ circuyen toda la Escarpa del Recinto, se ten-  
 „ drà de un golpe su solidez.

„ En los Prismas quadrilateros trunca-  
 „ dos que contiene el Muro, y en quienes la  
 „ Seccion recta es un Rectangulo, la suma de  
 „ cada dos aristas horizontales, y diametral-

Tomo I.

ii

„ men-

(a) Advert. pa. u. la medida, y Calculo de las Escav. §. 19.

„ mente opuestas, es igual à la suma de las  
 „ otras dos, como facilmente lo persuade la  
 „ contemplacion de los mismos Solidos; pero  
 „ en este caso la solidez de qualquiera de ellos,  
 „ se halla multiplicando la semisuma de dos  
 „ aristas opuestas por su Perfil recto (b), que  
 „ en todos es uno mismo: luego multiplican-  
 „ do el mismo Perfil recto, por la semisuma de  
 „ las lineas del Cordon, è interior del Muro, el  
 „ producto darà su solidez con una operacion  
 „ no mas. La misma solidez del Muro resulta-  
 „ rà, si se multiplica la base que ocupa en to-  
 „ do el Recinto, sin la Escarpa, por la altu-  
 „ ra del mismo Muro.

„ Es tan util la Theoria de los Prismas  
 „ truncados, que sin su auxilio serian prolixos,  
 „ y ambarazosos los Calculos que se emplean  
 „ para hallar las solideces de algunos Cuerpos  
 „ irregulares. Pongo por exemplo: La medi-  
 „ cion de la Cantara de un Ganguil de los que  
 „ sirven en esta Plaza, en Cartagena, y Ma-  
 „ laga, para la limpieza de sus Puertos, seria  
 „ muy impertinente, si no se advirtiese, que  
 „ es un complexò de Prismas triangulares  
 „ truncados, y que hallando por la Regla an-  
 „ terior la magnitud de cada uno separada-  
 „ mente, el agregado de todos, dà la capaci-  
 „ dad total de la misma Cantara. Esta suele com-  
 „ ponerse de uno, ò de dos Cuerpos, en quie-

„ nes

(b) *Ibid.* §. 26.

„ nes los Planos horizontales que pasan por  
 „ las bocas, y por la inflexion intermedia,  
 „ tienen los lados que caen àcia una parte  
 „ paralelos entre si, y à los opuestos. Cada  
 „ uno de estos Cuerpos se divide en dos Prif-  
 „ mas triangulares truncados, con un Plano  
 „ obliquo, que pase por los lados opuestos  
 „ de sus dos bases; y como en todos se cono-  
 „ cen las aristas, y sus Perfiles rectos, se sigue,  
 „ que es facil descubrir la solidez particular  
 „ de cada uno, y por consiguiente la capaci-  
 „ dad total de la Cantara.

*Calculo de la Excavacion de los Fosos.*

Para hallar la cantidad de Tierra, que  
 contienen los Fosos del Cuerpo de la Plaza, y  
 Rebelines, no hay mas, que determinar sus  
 Areas, y multiplicar la suma por la profundi-  
 dad del mismo Foso, esto es, por 16 pies, ò  
 $5\frac{1}{3}$  varas: Pero atendiendo à la irregularidad  
 del Plano del Foso, es necesario dividirlo en  
 varias partes, de la manera siguiente.

Desde los puntos B, D, y F, baxense las  
 Perpendiculares BL, DV sobre la Contraescar-  
 pa, y FT à linea de la Defensa GE: prolongue-  
 se la Capital del Baluarte B, hasta K; y se  
 tendrá dividido el Foso en dos Espacios qua-  
 drilateros, como DILB, en dos Sectores igua-  
 les à BLK, y en los dos Triangulos GFE, DGH;

Fig. 1.

de cuya particular determinacion, resultará conocida la Area del Foso principal.

La longitud IL de la Contraescarpa se hallará de 175.7 varas, por la Geometria práctica: BL por la construccion se ha hecho de 40 varas; y resultando  $DI = 51.86$  varas, se tendrá en el Triangulo rectangulo DVI (donde el angulo  $DIV = 74^{\circ} 35'$ ), la Perpendicular DV = 50 varas, y la base  $IV = 13.78$ : luego  $IV + IL = VL = 189.48$ ,  $\frac{VD + LB}{2} = 45$ , y  $VL \times \frac{VD + LB}{2} = VDBL = 8526.6$  varas quadradas, de quien restando el Triangulo DVI = 344.5, se tendrá el Quadrilatero DILB = 8182.1 varas quadradas.

Resolviendo por Trigonometria el Triangulo GEF, se hallará  $GF = 152.28$  varas,  $EF = 54.54$ ,  $EG = 170.28$ , y la Perpendicular  $FT = 31$ . Tambien se tiene por la construccion  $DH = DE = 89.74$ ; y como los Triangulos GEF, GDH tienen una misma altura, se sigue, que la suma de sus bases  $GE + HD = 170.28 + 89.74$  multiplicada por la mitad de la altura ( $\frac{FT}{2} = 15.5$ ), dará el producto 4030 varas quadradas por el Espacio EFGHD.

Para hallar la superficie del Sector circular LKB, se ha de tener presente, que por la resolucion trigonometrica, resulta en el Pen-

ta-

tagono el angulo  $LBK = 108.52'$ , y por la construccion el Radio  $BL = 40$  varas; con lo qual se determinará el Arco LK por medio de las siguientes analogias: Como 7 à 22, así  $BL = 40$  à la semicircunferencia del Circulo, que será de 125.7 varas proxímamente; y tambien se dira: como  $180.0$  à  $108.52'$ , así 125.7 à el Arco  $LK = 76$  varas, cuya mitad multiplicada por 40, dará 1520 varas quadradas por el Sector LKB.

Sumando pues el duplo del Espacio DILB = 8182, con el doble del Sector LKB = 1520, y el Espacio EFGHD = 4030, se tendrán 23434 varas quadradas por la superficie del Foso principal en uno de los Frentes de la Fortaleza.

Ultimamente, para determinar el Foso de los Rebellines, se han de tirar las Perpendiculares  $Nb$ ,  $Qn$  sobre la Contraescarpa, desde los extremos de la Cara NQ. La anchura de este Foso es de 24 varas, por la construccion, y la Cara NQ se hallará de 103.5, por la resolucion trigonometrica: multiplicando uno por otro, resultará la porcion de Foso  $NQnb = 2484$  varas quadradas.

En el Triangulo rectangulo  $Nba$ , se tiene  $Nb = 24$  varas, y la base  $ab$  se hallará de 8.72; luego, se tendrá el Espacio triangular  $Nba = 104.64$  varas quadradas.

El angulo NQR, resulta por la construccion, y resolucion de  $73.30'$ : luego el angulo

lo

lo  $mQn = 106.°30'$ ; y por consiguiente para hallar en varas el valor del Arco  $mn$ , se harán estas dos proporciones: Como 7 à 22, así el Radio  $Qm = 24$  à la semicircunferencia 75.4; y tambien  $180°$  à  $106.°30'$ , así 75.4 à el Arco  $mn = 44.6$  varas, cuya mitad multiplicada por el Radio, dará 535.2 varas quadradas por la superficie del Sector  $mQn$ .

Al duplo de la suma del Triangulo  $Nba = 104.64$ , y el Rectangulo  $Nn = 24.84$ , añádase el Sector  $mQn = 535.2$ , y se tendrá la suma 5712.48 varas quadradas por la superficie del Foso del Rebellin.

Luego si à esta agregamos la del Foso principal, que es 23434 varas quadradas, tendremos 29146.48, cuyo quintuplo 145732.4 varas quadradas, será la Area de todos los Fosos de la Plaza, y Rebellines. Multiplicando esta superficie por la profundidad del Foso, que es de 16 pies ò  $5\frac{1}{3}$  varas, resultarán 777239.46 varas cubicas por la total excavacion de los Fosos.

Además de esta excavacion, se ha de considerar la que corresponde para construir los Muros, y Estribos con sus Cimientos; como tambien el espacio, que necesitan los Obreros para trabajar, el qual no puede ser menor de 2 pies, así por la parte interior del Muro, como por todo el circuito de los Estribos: Pero no se deben incluir las Escarpas de los Muros, por que

que se ha supuesto el Foso cortado à plomo por las Magistrales en el Calculo antecedente.

En este supuesto, si RT es la linea que determina la altura del Foso desde el Cimiento del Muro, es necesario señalar el espesor del mismo Muro en T; lo qual se hace añadiendo al grueso superior  $BC = 5$  pies, el quinto de la altura  $MR = 14$ , y se tendrán 8 pies proxímanamente por el espesor que se busca; à quien aumentando 2 pies para los Obreros, se tendrán 10 pies por la anchura de la excavacion del Muro: multiplicando estos 10 pies por los 16, que tiene de profundo el Foso, dará 160 pies, ò 17.7 varas quadradas por el Perfil de la excavacion del mismo Muro. El Cimiento DH, tiene 6 pies de profundidad, y 12 de espesor, y aumentandole dos de cada parte, resultará de 16: multiplicando 16 por 6, se tendrán 96 pies, ò bien 10.7 varas quadradas proxímanamente por el Perfil para el Cimiento, que sumado con el del Muro dará 28.4 varas quadradas por la Area del Perfil. Luego multiplicando 28.4, por 2309.3 (longitud total del Recinto de la Plaza) se tendrán 65584 varas cubicas, por la cantidad de tierra que se debe remover para construir el Muro principal.

La altura KR del Contrafuerte con su Cimiento es de 22 pies, y la longitud HK es de 8.6, à la qual añadiendo 2 pies mas, se tendrá 10.6, que multiplicada por 22, dará 233.2 pies, ò bien

Fig. 2.

bien 26 varas cuadradas próximamente por el Perfil del Contrafuerte. El espesor de este, se ha considerado de 4 pies; y aumentandole dos de cada parte, resultará de 8 para la excavación: multiplicando 8 pies  $\equiv 2 \frac{2}{3}$  varas por 26, se tendrán 69.3 varas cubicas, por la cantidad de tierra, que se debe sacar para construir un Contrafuerte. Y como el numero de estos se ha descubierto, que es de 433, se sigue, que 30007, será próximamente el numero de varas cubicas de tierra, que se ha de excavar para todos los Contrafuertes. Añadiendo esta cantidad à la que se ha determinado antecedentemente, resultarán 95591 varas cubicas de tierra, que se deben sacar para construir el Muro principal con sus Estribos, y Cimientos.

Fig. 3.

Para descubrir la excavación correspondiente à los Muros de los Rebellines, cuya altura RM desde el nivel de la Campaña es de 8 pies, y el espesor BC  $\equiv 4.4$ , se procederá de esta forma: El quinto de 8 es 1.6, que añadido à 4.4, se tendrán 6 pies por el espesor del Muro en T, y aumentado de dos, se tendrá 8: multiplicando 8 por 16, dará 128 pies, ò bien 14.2 varas cuadradas por el Perfil de la excavación para el Muro.

Se ha supuesto el Cimiento de 6 pies de profundidad, y 11 de espesor, que aumentado de 4, será de 15 la zanja: multiplicando 15 por 6, resultará su Perfil de 90 pies, ò 10

va-

varas cuadradas. La suma de 10 con 14.2, dará 24.2 varas cuadradas, que multiplicadas por 1035 (longitud de las 10 Caras), resultarán 25047 varas cubicas, por la tierra que se debe excavar para construir las Caras de los Rebellines.

La altura KR, que se ha de tomar del Contrafuerte y su Cimiento, es de 22 pies, y su longitud HK aumentada de dos pies, será de 9: multiplicando estos numeros entre sí, se tendrán 198 pies, ò bien 22 varas cuadradas por su Perfil, que multiplicado por  $2 \frac{2}{3}$  (espesor de los Contrafuertes aumentados de 2 pies por cada lado), resultarán 58.6 varas cubicas por la excavación de un Estribo: Y como el numero de estos es 194, se sigue, que multiplicando 194 por 58.6, el producto 11368, expresará las varas cubicas, que se comprenden en la excavación para los Contrafuertes, que añadidas à las antecedentes 25047, se tendrán 36415 varas cubicas por la total que corresponde para las Caras de los Rebellines.

Ultimamente resta determinar la excavación que es necesaria para construir la Contraescarpa. El espesor superior BC es de 2 pies, *Fig. 4.* y aumentandole 2 pies, se tendrán 4, que multiplicados por la altura AB  $\equiv 16$ , dará 64 pies, ò 7 varas cuadradas próximamente, por el Perfil de la excavación del Muro. La profundidad del Cimiento es de 5 pies, y su grueso de 10.5

T 0220 I.

Kk

au-



aumentado de 4; y multiplicando 5 por 10.5, dará 52.5 pies, ò bien 5.8 varas quadradas próximamente: Sumando los Perfiles del Muro y Cimiento, resultarán 12.8 varas, que multiplicadas por la longitud total 2900 varas de la Contraescarpa, darán 37120 varas cubicas por su respectiva excavacion.

La altura de los Contrafuertes es de 21 pies, su longitud de 6 (aumentada de 2), y su espesor de 6 (aumentado de 4 para los Trabajadores); luego la solidez, ò excavacion que corresponde para cada uno, será de 28 varas cubicas, que multiplicadas por 725 (numero de todos), resultarán 20300 varas cubicas de excavacion para construir los Estribos: y sumando los numeros 20300, 37120, se tendrán 57420 varas cubicas por la excavacion de toda la Contraescarpa.

Luego la excavacion total, que se necesita hacer para la construccion de la Fortaleza, será como se manifiesta en las partidas siguientes.

Excavaciones para	}	Los Muros de la Plaza. . . . .	95591.
		Los Fofos. . . . .	777239.
		Las Caras de los Rebellines. . . . .	36415.
		La Contraescarpa. . . . .	57420.
		<hr/>	
		Total de la excavacion. . . . .	966665.

Sabiendo por experimento la cantidad de tierra que puede conducir un Peon en un dia,

ya

ya à los Terraplenes del Cuerpo de la Plaza, y Rebellines, ò ya à las Expladadas, se podrá regular à corta diferencia el costo que producirà el transporte, y removimiento de las tierras; por que en esta clase de trabajo no suele ocurrir accidente, que lo altere. Por exemplo: si se tiene reglado el precio de la excavacion, y transporte de una vara cubica de tierra, se deducirá el importe de las que se incluyen en la excavacion total, multiplicando el costo de una por el numero de todas; y será el Calculo mas exácto, si no se hubiere de incluir en él el importe de Andamios, Puentes, y Utiles, como ordinariamente sucede en este genero de Obras, que sin exposicion de error se pueden dar por asiento.

El Calculo de estas excavaciones de tierra se ha formado sobre el supuesto, que el Terreno esté à nivel: pero como ordinariamente se encuentra muy irregular, es necesario dexar *Damas*, ò *Tesigos* por todas partes, para que manifiesten las varias profundidades de la excavacion; y por medio de particulares computos, se descubrirá la cantidad de tierra, que precisamente se haya removido. Por esta razon es necesario, que el Lector considere el metodo que aqui se ha dado, como aplicable solo à los casos en que las Obras se construyan sobre suelos horizontales, ò de nivel; y esto es suficientemente acomodado, para dar una

Kk 2. idea

idea del metodo de hacer el Tantèo prudencial de todas las excavaciones que puedan ofrecerse en una grande Obra (17).

Por lo que respecta à la mampósteria, ò labor de los Muros, siempre se podrá saber el costo de la Piedra en tosko, y labrada, el del Ladrillo, Cal, y demás Materiales en el parage de la Obra; y por consiguiente, será facil argüir su costo, con el de la construccion, por un Calculo, ò Estimacion prudente.

Otras clases de Obras se deben tener presentes para fomar el Calculo general de una Fortaleza, como son las Puertas, Casamatas, Almacenes de polvora, Parque de Artilleria, Panaderia, Cuarteles, Cuerpos de Guardia, &c.; de las quales, quando quiera el Ingeniero, le será facil hacer los computos particulares, por las Reglas que se han dado an-

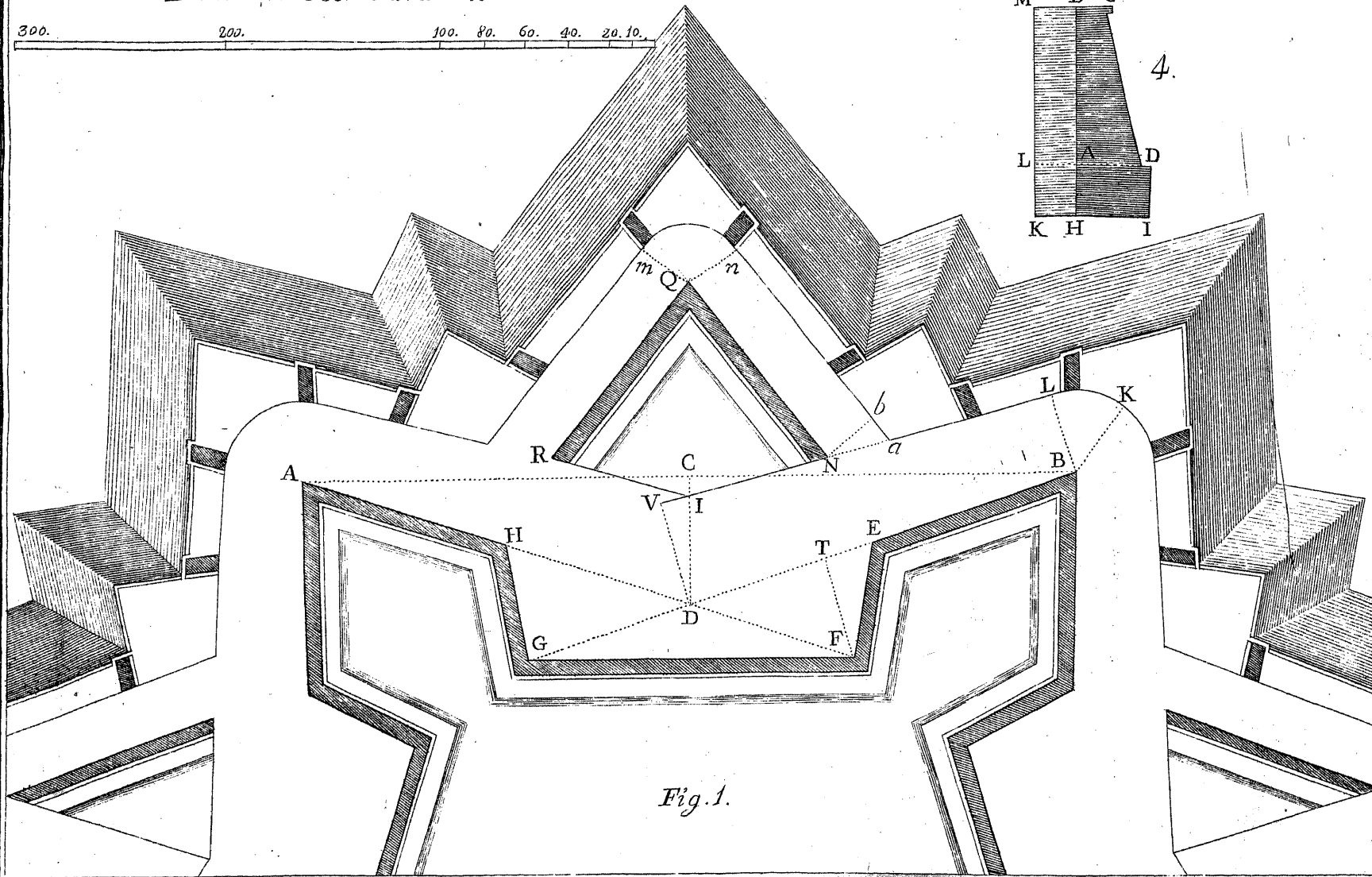
tece-

---

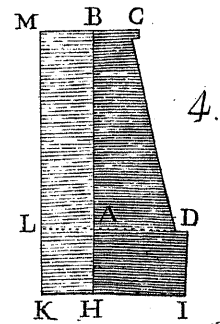
(17) Vease sobre este asunto el Papel intitulado: *Advertencias para la Medida, y Calculo de los desmontes, ò excavaciones en Terrenos irregulares*; en el qual hallará el Estudioso quanto puede apetecer para formar con facilidad un computo acertivo, en todos los casos que le ocurran de esta naturaleza. El exprefado Papel se ha impreso en Berzelona el año pasado de 1766., sobre un Manuscrito del Brigadier de los Reales Exercitos Don Pedro de Lucuzc; cuya acreditada literatura, es bastante para recomendarlo al Público, sin que yo me detenga à elogiarle con riesgo de no acertar, y de ofender la modestia de su Autor.

*Escala de 300. Varas de Castilla.*

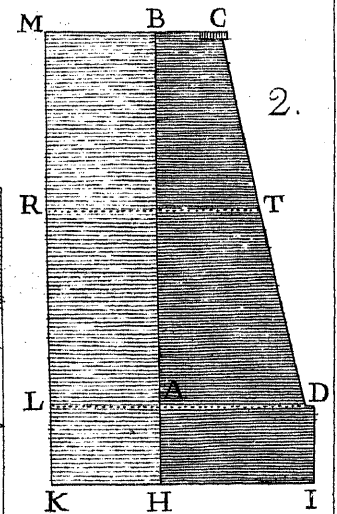
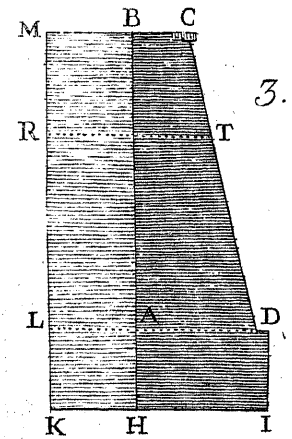
300. 200. 100. 80. 60. 40. 20. 10.



*Fig. 1.*



*Lam. VI.*



*Pauner sculp. B<sup>no</sup>*

tecedentemente , y por las que se deducen de la Geometría práctica.

## SECCION VI.

*Trazar el Plano de una Fortaleza sobre el Terreno.*

Quando el Terreno fuere desigual, lleno de matas, charcos de agua, alturas, profundidades, ò algun otro obstaculo, que impida ver las estaciones, será necesario trazar por mayor los Lados exteriores, para limpiar y desembarazar el Espacio que incluyen; y luego se vuelve à trazar la Obra con la exâctitud correspondiente. Si la Fortaleza se hubiere de situar à las inmediaciones de un Rio, importa empezar la demarcacion por el Frente mas inmediato à la orilla, y que corresponda al Plano propuesto: pero si se han de comprehender en el Recinto algunos Edificios, es necesario principiarla por aquella parte que los dexé en su debida situacion respecto al Plano. La mayor dificultad se presenta, quando las Fortificaciones se han de establecer sobre el pendiente de una Roca, ò Monte, donde las Obras han de quedar en diversos niveles; por que es preciso particular atencion, y cuydado, para colocarlas de modo que las exteriores siempre sean dominadas de las interiores. Aqui es donde un

In-

Ingeniero necesita de grande habilidad y discernimiento, para hacer que las partes de la Fortaleza correspondan al principal objeto de la construccion del todo.

Los Instrumentos que ordinariamente sirven para trazar las Obras sobre el Terreno, son la Mefilla ò Plancheta, y el Theodolito ò Círculo graduado. Mas simple, pero menos exácta es la Plancheta, y por lo proprio, solo debe usarse para las Obras pequeñas ò de poca consideracion.

Quando se ha de emplear la Mefilla para trazar una Obra, es necesario delinear esta sobre el papel con una escala sensible, que à lo mas sea de 60 varas por pulgada. Este Plano se pega con cola de boca à la Plancheta, de forma que resulte bien extendido, tirante y sin arrugas; despues por medio de una Alidada con sus Pinulas, se determinan y señalan los angulos sobre el Terreno, midiendo al mismo tiempo con cadenillas, y varas la longitud de las correspondientes lineas del Plano, que se marcan igualmente sobre el Terreno. Pero haciendo uso del Theodolito para estas operaciones, es necesario resolver por Trigonometria los Triangulos que se presenten, para determinar el valor de los angulos, y lineas que conviene marcar sobre el Terreno, y que no se dan conocidas por la construccion; pero en lo demas se procede lo mismo que con la Plancheta. Para

ma-

máyor claridad, è inteligencia en el uso de estos dos instrumentos, explicaremos con uno, y otro el modo de trazar sobre el Terreno qualesquiera Fortalezas, ò Edificios.

### *Práctica con la Mefilla.*

Supondremos, que el Plano de la Fortaleza que se ha de trazar, es un Pentagono regular, de las mismas dimensiones que el de la Lamina 6., y que su Plano se ha pegado à la Plancheta con las circunstancias prevenidas anteriormente. Confíderese el punto O como Centro de la Plaza, y colóquese la Plancheta sobre el mismo punto, de forma que correspondan exáctamente los Centros del Plano, y del Terreno en la propria Perpendicular al horizonte: Aplíquese la Alidada à uno de los Radios mayores del Plano, y muevase la Mefilla hasta que por sus Pinulas se descubra el punto que corresponda con el Proyecto; y supuesto que sea àcia A, se clavarà un Piquete en la direccion OA, asegurando al mismo tiempo la Plancheta, para que algun casual movimiento no altere la operacion: Ajustese la Alidada sobre el Radio OB del Plano, y en esta direccion plantese otro Piquete sobre el Terreno en un punto como B: Dispongase la Alidada sobre otro Radio OC, y clavefe en esta direccion otro Piquete C à qualquiera distancia de la

Lam. 7.

Plan-

Plancheta, pero nunca menor que el Radio ; y repitiendo la misma operacion sobre OD, OE, quedaràn trazados en el Terreno los angulos del Centro. Cortense en estas lineas los Radios OA, OB, OC &c. de la magnitud que denote el Plano, midiendolos con la mayor exâctitud posible por medio de la cadena, y quedaràn marcados los cinco puntos A, B, C, D, E; los quales tendrà la debida posicion, si tirando los Lados exteriores AB, BC, CD, DE, y EA se hallaren iguales entre sî, y del numero de varas que les correspondan segun el Plano: pero si los Lados exteriores no resultan iguales, y de la magnitud que deben tener, serà preciso repetir las operaciones, hasta que todo convenga exâctamente con las lineas del Proyecto.

Determinados, y marcados los Lados exteriores sobre el Terreno, se pondrà la Plancheta en A, de tal suerte, que los Lados AB, AE sobre el papel, se ajusten precisamente con sus correspondientes en el Terreno; para lo qual sirve la Alidada en semejantes operaciones à las antecedentes, removiendo la Plancheta hasta la situacion que conviene, en la qual se afirma, y asegura de nuevo. En esta disposicion, se aplica la Alidada sobre la Cara AF del Baluarte, y en su prolongacion se clavarà un Piquete en el Terreno; midase con la cadena la Cara AF, y quedarà determinado

el

el punto F. Coloquese en este la Plancheta, de suerte que la linea AF del papel, coincida con su semejante en el Terreno: conservefe firme la Mesilla, para ajustar la Alidada sobre el Flanco FG, en cuya direccion se medirà la longitud que le corresponde, y se marcarà el punto G.

Para continuar la operacion, se trasladarà la Mesilla al punto B, y se dispondrà de suerte que los Lados BC, BA del Plano, se ajusten sobre los correspondientes ya marcados en el Terreno; apliquese la Alidada à la Cara BL, y tomando en esta direccion 100 varas sobre el Terreno, quedarà marcado el punto L. Transfierase à este la Plancheta, disponiendola de modo que la Cara BL en el papel, coincida con su semejante en el Terreno; y dirigiendo la Alidada por el Flanco LH, se determinarà este sobre el Terreno midiendole con la cadena, y tomando 54.54 varas desde L hasta H; con lo qual resultarán marcadas las lineas de las Caras, Flancos, y Cortina de un Frente.

Despues se debe comprobar esta demarcacion; para cuyo efecto se medirà la distancia HG, y si se halla de 152.78 varas que le corresponden, y los puntos B, L, G, como tambien A, F, H se encuentran cada tres en una misma linea recta, serà señal, que las operaciones se hicieron con exâctitud: pero si no

resultasen las líneas, y puntos con la precisión que corresponde, sería forzoso volver à repetir las mismas operaciones, hasta que todas las líneas, y ángulos del Frente sobre el Terreno, convengan con las del Plano.

La misma práctica se repite sobre cada uno de los otros Frentes de la Plaza, y se concluye la traza de todo el Recinto, dexando para despues la delineacion del Terraplen, grueso del Muro, y Parapeto.

Si el Recinto fuere irregular, ò bien que en las direcciones de los Radios se encuentren algunos Edificios, ò obstaculos que impidan la vista de los puntos A, B, C &c. desde el Centro O; será preciso empezar la operacion por alguno de los Lados exteriores AB, BC, CD &c.: esto es, se colocará la Mefilla de tal suerte en A, que el Lado exterior AB del Plano, esté en la misma direccion que su semejante en el Terreno; y asegurada la Plancheta en esta disposicion, se aplicará la Alidada al Lado AE, en cuya prolongacion se plantará un Piquete: Despues se corrarán en el Terreno los Lados AB, AE de la longitud que señale el Plano, y quedarán marcados los puntos E, A, B. Luego se traslada la Mefilla al punto B, disponiendola de suerte que el Lado BA en el papel, corresponda sobre la misma línea en el Terreno; y ajustando la Alidada à la línea BC en el papel, se determinará en su prolongacion

cion el punto C sobre el Terreno. Del mismo modo se trazará el Lado CD: y si la distancia DE, y los ángulos AED, EDC, resultan de la precisa magnitud que determina el Plano, quedarán demarcados los Lados exteriores con la exactitud que se necesita. En lo demás se procederá de la misma forma que se ha explicado anteriormente.

Quando se dà determinada la posicion de alguna línea con relacion à algun Edificio, Monte, ò Rio, será preciso principiár la operacion por la misma línea, descubriendo, y determinando por su medio, el Lado exterior mas inmediato; y en todo lo demás, se puede seguir el metodo antecedente. Por exemplo: Si se dà la posicion de la línea CD, respecto à un Rio, de quien se quieren aprovechar algunas aguas para el Foso principal; será preciso situar la Mefilla en el punto C, de tal suerte que la línea CD en el papel, corresponda à la misma línea sobre el Terreno: Despues conservando firme la Mefilla, se ajustará la Alidada sobre los Lados exteriores CB, CD, en cuyas prolongaciones se marcarán los puntos B, D en el Terreno; y en lo restante se sigue como en los casos antecedentes.

En la Fortificacion de un Recinto antiguo, ordinariamente se dà determinada alguna Cortina; y suponiendo que esta sea GH, se dispondrá la Plancheta en los puntos G, H pa-

ra determinar los Flancos GF, y HL: Después se traslada à los puntos L, F, desde los quales se trazan las Caras LB, FA, y resultará el Lado exterior AB, que sirve para continuar la demarcacion, segun los metodos ya explicados.

*La misma práctica con el Theodolito.*

Siendo regular el Recinto de la Fortaleza, se colocará en su Centro O el Theodolito, que se orientará por medio de un nivel, fijando la Alidada à los 360 grados sobre el limbo del Instrumento: despues se moverá este al rededor, hasta que el extremo Septentrional de la Aguja cubra la flor de lis, ò señale en la caja 360 grados: En esta disposición se afirma y asegura el Theodolito, por medio de un tornillo que tiene en la parte inferior, y se mueve la Alidada, hasta que la cerda vertical del Telescopio corte la estacion A en la direccion OA. A los grados que señale sobre el limbo la Alidada, añadanse los que contiene el angulo AOB, y muevase la Alidada hasta cortar los grados que determine la suma, en cuya direccion OB se plantará un Piquete: Volviendo à añadir à los grados que corta la Alidada, los que comprehende el angulo BOC, se moverá la Alidada hasta que corte sobre el limbo los grados que señale la suma, y en la direccion OC se notará otra estacion. La  
mis-

misma operacion se repite, hasta concluir el todo.

Esta práctica es preferible à qualquiera otra; por que la Aguja siempre corta el mismo numero de grados, que la Alidada determina sobre el limbo. Lo mismo se practica de este modo: Después de orientado el Instrumento, y puesta la Alidada à los 360 grados, es necesario mover el Theodolito, hasta que la cerda vertical del Telescopio corte qualquiera estacion situada en la direcciou OA, y se afirma el limbo en esta positura por medio de un tornillo: Muevase la Alidada hasta que corte el mismo numero de grados que contiene el angulo del Centro AOB, que en el presente caso es de 72 grados, y fíxese una estacion en qualquiera punto de la direccion OB: Dispongase la Alidada de forma que corte los grados que contiene el angulo AOC = 144°, y plantese una estacion en la direccion OC: Remuevase la Alidada, hasta que señale sobre el limbo los grados que comprehende el angulo AOD, y clavefe un Piquete en la direccion OD: Ultimamente, siguiendo el proprio metodo, se determinará, y marcará la direccion OE. Sin alterar el Instrumento, dispongase la Alidada de fuerte que por la cerda vertical del Telescopio se corte la primera estacion A; y si el Indice señala exâctamente 360° sobre el limbo, estarán bien trazados en el Terreno

los



los angulos del Centro; lo qual no dexará de suceder, mientras el Theodolito se haya conservado en las operaciones sin movimiento.

Señalados sobre el Terreno los angulos del Centro con la mayor exâctitud, es necesario medir con la misma los Radios OA, OB &c.; y para exâminar la operacion, se mediràn los Lados exteriores AB, BC &c., que hallandolos de las dimensiones que les corresponde, no habrá motivo de rezelar el menor error.

Pero si la Fortificacion fuere irregular, ò que los puntos A, B, C, D, E, no puedan verse desde el Centro O, será preciso colocar el Theodolito en qualquiera angulo como A, que se supone en determinada situacion. Orientado el Instrumento, y ajustada la Alidada à los  $360^{\circ}$ , se moverà el limbo, hasta que el extremo Septentrional de la Aguja señale tambien  $360^{\circ}$ . En esta disposicion se afirma el Instrumento con el tornillo, y se remueve la Alidada, hasta que con la cerda del Telescopio se corte la estacion en la direccion AE, que se supone dada: Despues se exâmina el numero de grados, que comprehende el angulo formado por AE y la linea Norte-Sur, y supuesto que sea de cinco grados, se restará del angulo del Poligono  $EAB = 108^{\circ}$ , para tener  $103^{\circ}$  que serviràn para dirigir la Alidada por el punto en que los determina el limbo: Señalese sobre la direccion AB, que indica la Alidada,

da, 360 varas desde A hasta B, y se tendrá marcado el Lado exterior AB. Trasládese el Theodolito al punto B, y sin mover el Índice, dispóngase de suerte que por el Telescopio se vea la estacion A: Despues se afirmará el limbo, y agregando los grados que señale, à los que comprehende el angulo ABC, se notará la diferencia entre la suma de estos, y los  $360^{\circ}$  del Circulo, y en el numero de grados que determine la expresada diferencia, se ajustará la Alidada, señalando la estacion C en la direccion BC que indique: cortese sobre el Terreno el Lado exterior BC de 360 varas, y quedará determinado el punto C. De la misma forma se marcaràn los demás Lados exteriores, hasta llegar al punto E; y si volviendo à colocar el Instrumento sobre la primera estacion A, se hallare el angulo EAB del mismo numero de grados que le corresponde, será prueba que las operaciones se han executado con exâctitud.

Es de notar, que trazando los angulos del Recinto con arreglo à la Meridiana que pasa por el punto A, siempre señalarà la Aguja en la caja el mismo numero de grados, que la Alidada en el limbo; lo qual si se observa con atencion en cada una de las operaciones, será facil remediar qualquiera error que se cause por accidente, ò inadvertencia. Con esta precaucion y exâmen, se evitarà, à caso, tener

ner que repetir la operacion desde el principio.

Siempre que se ha de trazar el Plano de una Fortaleza sobre el Terreno sirviendose del Theodolito, es necesario resolver, y determinar anticipadamente por Trigonometria, todas las lineas, y angulos de la Figura, y con este conocimiento se procederà à la demarcacion de la Magistral de este modo. Coloque-se el Instrumento en el punto A, y marcando sobre la linea AB el angulo BAF de los grados que le correspondan, se determinará la Cara AF. Transfiera-se el Theodolito al punto F, señalando sobre el Terreno el angulo de la espalda AFG, y determine-se la longitud del Flanco FG. Traslade-se el Instrumento sobre el punto B, y siguiendo el mismo metodo, se marcaràn los puntos L, H: Exâmine-se despues si los tres puntos B, L, G se hallan en una misma linea recta, como tambien los tres puntos A, F, H; y si la Cortina GH resulta al mismo tiempo de la longitud que le corresponde, será prueba que la demarcacion del Frente se ha hecho con exâctitud. Repitiendo las mismas operaciones sobre los demàs Lados del Poligono, se tendrá trazada la Magistral de la Plaza.

A esta sigue inmediatamente la Contraescarpa, cuya demarcacion se practica así. Formese el angulo MDN de  $74.^{\circ} 35'$ , que le corresponden por la resolucion trigonometrica, y de-

determine-se la anchura del Foso desde el angulo Flanqueado, hasta el punto N: señale-se la linea NR, y repitase la misma operacion sobre la Cara ER, para tener las porciones rectas de la Contraescarpa sobre un Frente. La parte curva delante del angulo Flanqueado, se determina desde este con filas de Estacas, que forman como Radios de la porcion Circular, sujetandolos à la longitud que conviene con la anchura del Foso; pero si esta fuere moderada, será facil trazar la curvatura de la Contraescarpa, fixando el extremo de una cadena en el angulo Flanqueado, y moviendola como Radio de un Circulo, para marcar con el otro extremo la porcion circular que se necesita.

Para trazar el Rebellin, se ha de baxar una Perpendicular desde el angulo entrante S de la Contraescarpa sobre el Lado exterior DE, y se cortará en el Terreno ST de 100 varas para la Capital: Desde el punto T, marquen-se dos lineas à uno y otro lado de la Contraescarpa, de modo que prolongadas determinen en las Caras opuestas de los Baluartes un punto como X distante 6, ò 7 varas de los angulos de la Espalda M, y se tendrá señalado sobre el Terreno el circuito, y posicion del Rebellin; cuya Contraescarpa y Foso, se determina levantando Perpendiculares de 24 varas en los extremos de las Caras, y la parte curva se trazará lo mismo que la del Foso principal.

*Trazar sobre el Terreno el Camino cubierto, y la Explanada.*

Desde el angulo entrante *a* de la Contraescarpa cortense 40 varas para las Semigolas *ab, ac* de la Plaza de Armas: fíxense en *b*, y en *c* los extremos de dos cadenas de 50 varas de largo cada una, y en el punto *d*, donde concurren bien tirantes, se clavarà un Piquete: marquense sobre el Terreno las líneas *db, dc*, y se tendrán las Caras de las Plazas de Armas. Si se plantan dos Piquetes à 12 varas de distancia de la Contraescarpa, y por ellos se traza una línea recta, quedará marcado el Camino cubierto; y haciendo la misma operacion sobre estas líneas, pero à 40, ò 50 varas apartados de ellas àcia la Campaña, quedará señalado el termino de la Explanada. Los Travésés se trazan con facilidad sobre el Terreno, por la construccion que tienen en el papel.

Esta es la práctica mas segura y exácta de trazar una Fortaleza sobre el Terreno; debiendo observarse en general, que qualesquiera Obras de esta naturaleza siempre es necesario demarcarlas por medio de las líneas, y angulos dados por la construccion, ò determinados por Trigonometria.

Por exemplo: para trazar sobre el Terreno un Hornabeque, ò una Obra coronada, es pre-

ci-

ciso determinar el angulo que formán sus Alas con la Contraescarpa, ò con las Caras del Baluarte, como tambien la longitud de las mismas Alas; con lo qual se marcarà facilmente todo lo demàs, procediendo de la misma forma que en el Cuerpo de la Plaza. El modo de trazar las Lunetas, Tenazones, Contraguardias, y todas las demàs Obras, es tan semejante à lo que ya se ha explicado, que no es necesario detenerse mas en este asunto.

## SECCION VII.

*Metodo de construir las Obras de Fortificacion.*

**T**Razada la línea Magistral de la Obra, importa nivelar toda la extension y alrededores de la Plaza, para darle, entre las varias alturas, y profundidades que ofrezca el Terreno natural, aquella situacion, y nivel mas ventajoso que sea posible; atendiendo principalmente à que con el desmante de las partes mas elevadas, se puedan terraplenar los hoyos, y profundidades comprendidas en el mismo espacio. El Centro de la Fortaleza debe quedar 6 pies mas alto que el expresado nivel, à fin de dàr al piso de las Calles un pendiente proporcionado para el desagüe de las lluvias. Con esta preparacion se abre una Zan-

Mm 2

ja

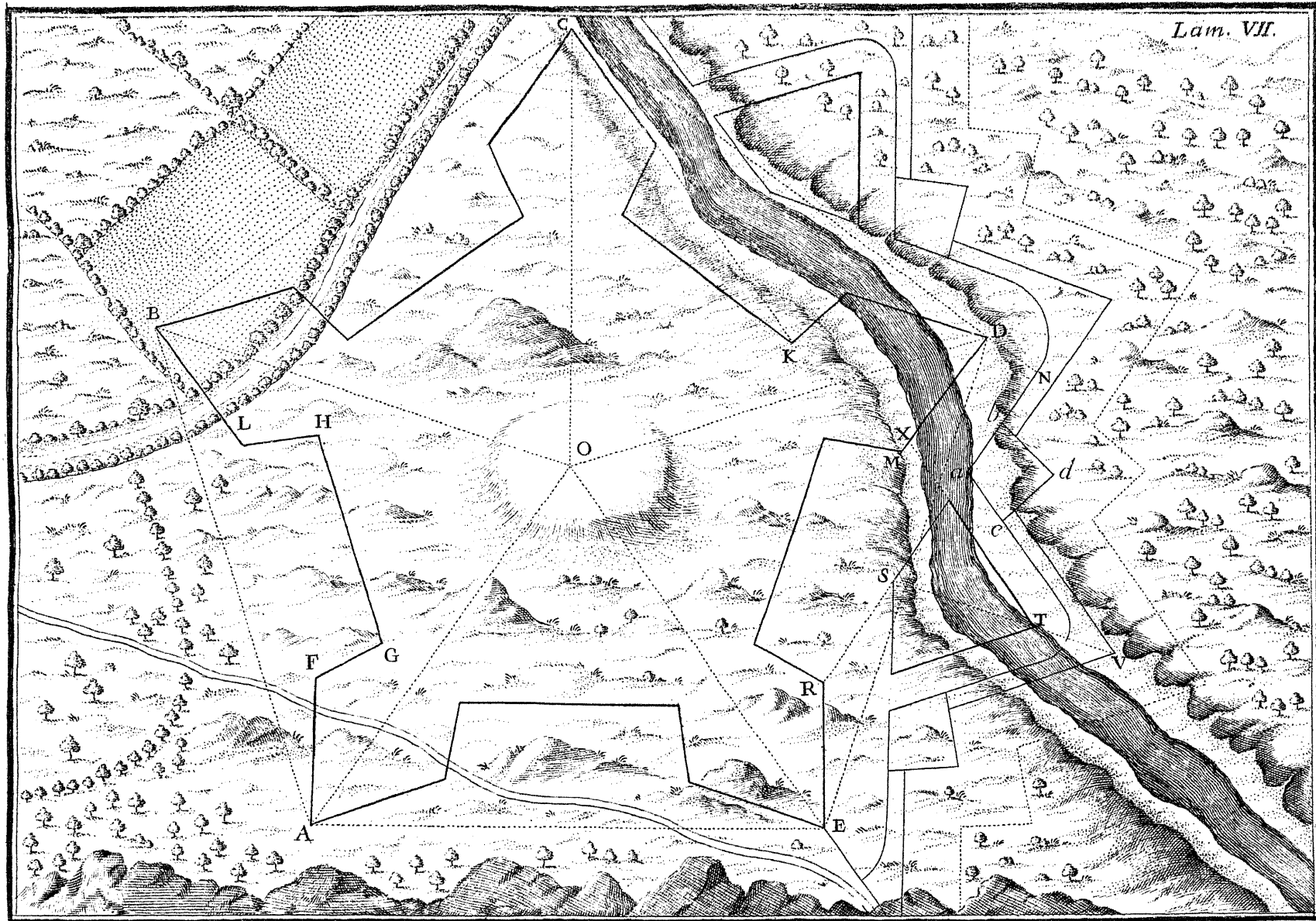
ja por todo el circuito, capaz de recibir el Cimiento del Muro principal; pero se ha de atender cuydadosamente à distribuir las tierras de esta excavacion, y la del Foso, de tal suerte, que no queden dentro del Recinto mas de las que puedan emplearse en los Terraplenes, y Parapetos del Cuerpo de la Plaza; à fin de evitar en quanto sea posible la repeticion del gasto en los transportes. Para este efecto conviene calcular las porciones de tierra que se eleven sobre el nivel determinado, y las que resulten de las excavaciones que se hayan de hacer para Cisternas, Conductos, y Camaratas.

La distribucion de las tierras, que se hacen de los Fosos y de las Obras subterranas, pide mucha atencion, y conocimiento, para no conducir à lo interior de la Plaza sino las que se deban emplear en ella, y aplicar las que sobren à las Explanadas. En esta pràctica es tan dificil el acierto, que para escusar la repeticion de transportes, serà muy conducente no mover tierra alguna, sin haber meditado con madura reflexion el parage donde se pueda aplicar con ventaja.

Las excavaciones que se hacen para construir los Muros de Fortificacion, se forman con escalones àcia la parte del Terraplen, como se representa en la Figura 8.; pero importa darles el menos huella, y mas altura que sea

Lam. 8.  
Fig. 8.

po-



posible , à fin de que , rellinando despues el espacio entre las tierras y el dorso del Muro , no reciba este grande empujo , y adquiera su necesaria consistencia (18).

Pero quando se haya de aplicar al Muro todo el Terraplen de tierra movediza , conviene no executar lo hasta que la Obra se halle enjuta y consistente , para lo qual se requiere un año à lo menos : por que si à un Muro acabado de construir , se le aplican las tierras humedas , y apisonadas , necesitarà mucho tiempo para enjugarse; y si la mezcla no fuere muy buena , ferà posible que jamàs se seque. Para evitar este inconveniente , conducirìa labrar el paramento interior del Muro con mezcla de Cal , y Cenizas , hasta el espesor de pie y medio ; por que enjugandose con prontitud esta porcion de Muro que recibe las tierras , impedirà que la humedad de estas , penetre , y viciè la mamposteria.

A

---

(18) Siempre que la naturaleza del Terreno sea de tan buena union , y consistencia , que cortandolo à plomo permanezca firme ; ferà muy conveniente labrar el Muro à hueso , ò al tope contra las mismas Tierras: por que de esta forma solo tendrà que resistir à la pression de la corta cantidad de agua , que pueda filtrarse en tiempo de lluvias , y aun se puede evitar su esfuerzo contra el Muro , dexando abiertos en este algunos mechinales por donde se difunda al Foso, hasta que la Obra adquiera su total asiento y enjugo.

A fin de minorar el empujo de las tierras contra el Muro , se entrelazan al tiempo de apisonarlas , con faginas ò ramages en capas horizontales , procurando clavar sus troncos en tierra firme , y que las tongas de tierra y fagina , no excedan juntas de un pie y medio , para que se aprieten bien con el Pison: De esta forma se logrará , que el Muro se enjугue , antes que las tierras exerzan contra èl toda su presión.

*Metodo , que se debe seguir en la construcción de los Cimientos.*

De la buena construcción de los Cimientos , depende siempre la firmeza , y duración de toda clase de Obra. Con esta atención , procuraremos explicar las circunstancias , y metodos particulares , que se deben observar en los varios Suelos , y Terrenos que se presenten , para que los Edificios que se eleven sobre ellos , tengan la mayor seguridad y permanencia posible ; pues son muchos los que se han maltratados , y no pocos los que han fracasado , por no haber tomado en sus fundamentos las debidas precauciones. Para mayor claridad , acompañaremos la explicación con Planos y Perfiles , que representen las preparaciones necesarias à los Suelos , y Situaciones que de ordinario se ofrecen.

Lo

Lo primero que debe hacerse , es reconocer y exâminar bien la naturaleza del Terreno en que se hayan de establecer los Cimientos ; y à este fin , se abren barrenos en diferentes parages , hasta la profundidad que convenga , para poder hacer concepto de su calidad , y consistencia. Si el Terreno se compone de varias Tongas , ò Capas ; es facil discernir su diversa tenacidad , por el exâmen de las materias , ò substancias que saquen los barrenos.

Quando el Terreno es de buena consistencia , hasta una profundidad regular , en toda la extensión que ha de ocupar la Obra , no hay necesidad de otra precaucion que la de abrir una Zanja de 4 , ò 6 pies profunda , para establecer el Cimiento : pero es preciso proporcionar su anchura , con la elevación de los Muros ; pues quanto mas sea esta , tanto mayor será el peso que cargará sobre los Cimientos. Aunque esta es una verdad que no necesita de prueba , con todo , se desentienden de ella los Arquitectos , y Prácticos ; por que ordinariamente proporcionan la base del Cimiento , con su altura , y no con la del Muro , y peso que ha de sostener.

Si se encontrare que el Terreno es de Greda fuerte , ò de Arena Mineral muy apretada hasta 10 , ò 12 pies de profundidad , se podrán establecer los Cimientos sin recelo que flaqueen con qualquier peso que los cargue.

En

*Fig. 1.2.* En las Figuras primera, y segunda se manifiesta la construccion de un Muro sobre Suelo firme y consistente, como de Arena, ò Greda: las dos ò tres primeras hiladas se labran con buenas Piedras, ò Sillares; y la base del Cimiento resalta 2, ò 3 pies sobre el espesor del Muro por la parte exterior, y un pie por la interior: Este resalto se disimula con bermas, ò escalones de un pie de ancho. Aunque ordinariamente se labran los Muros con estas bermas àcia la parte del Terraplen, juzgo inutil esta pràctica; pues además de no haber motivo para rezelar que el Muro se trastorne contra las tierras, se halla apoyado, y sostenido por los Estribos que se le aplican, y por lo mismo serà mas provechoso à la robustez del Muro, dexarle las bermas àcia la parte del Foso.

Quando el Terreno no es muy firme à proporcionada profundidad, serà necesario establecer el Cimiento sobre un Enrejado de maderos, formado con una fila de Durmientes, que reciben otros Quartones, ò Vigas de traves, bien ligados, y clavados con estaquillas de madera recia. Algunas veces se cubren estos Enrejados con Tablones de tres pulgadas de grueso, como se manifiesta en las Figuras 3, y 4; y en otros se rellenan sus huecos con grandes Piedras, hasta la superficie superior de los Quartones, que de una y otra forma reciben el Cimiento.

*Fig. 3.4.*

Al-

Algunos Ingenieros son de opinion, que se eleve alguna cosa el Enrejado por la parte exterior del Muro, para que este resista mejor al empujo de las tierras, y no se trastorne por lo que pueda ceder el Suelo, como se ha experimentado diferentes veces. Esta precaucion parece muy conducente à la seguridad de la Obra, singularmente quando los Terraplenes son muy elevados; y aun serìa mas provechoso asentarse las hiladas de Piedra en el Cimiento con la propria inclinacion, hasta la base del Muro, la qual debe quedar horizontal, si lo estàn sus hiladas. Es de estrañar, que algunos de nuestros Ingenieros Ingleses desprecien esta pràctica, manteniendo, que en toda clase de Obra, necesariamente se deben asentarse de nivel las hiladas de Piedra, y de Ladrillo; quando *Mr. Coehorn*, que tiene asegurado el crédito de muy inteligente en el Arte de construir, no solo en los Cimientos, sino en toda la altura de los Muros, siguiò este metodo, como lo comprueba el *Abad Deidier* en su *Perfècto Ingeniero Francès*, donde asegura, que reparando las Obras de *Manheim* (construidas baxo la direccion de *Mr. Coehorn*), se hallaron las hiladas de mamposteria perpendiculares al declivio exterior, cuya base es el sexto de su altura, y los Muros solo tenian tres pies de espesor en la parte superior, sin algun Estribo: Y como estos Muros han tenido suficiente ro-

*Tomo I.*

Nn

buf-



bustez para resistir à las injurias del tiempo y à la presión de las Tierras, es claro que el método de su construcción, hace ventaja al que ordinariamente se practica.

Si el Suelo fuere arenisco, ò de consistencia desigual, será forzoso fundar el Cimiento sobre Enrejado de madera; y en general, quando no se tenga confianza del Terreno, aunque absolutamente no se manifieste de mala calidad, conviene servirse del Enrejado para que la Obra no se baxe: Y me es preciso volver à repetir, que siempre que el Muro, ò Terraplen sea muy elevado, importa asegurar el Cimiento del mejor modo posible; pues mas vale gastar en èl alguna cosa mas, que no exponer la Obra à una corta duración por una economía indiscreta, que al fin sería muy perjudicial y gravosa.

Es necesario advertir, que quando se establece el Cimiento sobre enmaderados, se debe asentarse sin mezcla la primera hilada de Piedra; por que de lo contrario, en poco tiempo se destruiría la madera con el espíritu corrosivo de la Cal; y por lo mismo, se usa de Greda fuerte para asentarse en estos casos la primera hilada de material. Algunos Carpinteros suelen aforrar con Tablas delgadas, las cabezas de las Vigas que deben entrar en los Muros, cuya práctica contribuye mucho à su duración en los Edificios.

Quan-

Quando el Terreno es de tan mala calidad, que no pueda asegurarse el Enrejado, pero que à cierta profundidad se encuentra de buena consistencia; será preciso clavar Estacas que puedan recibir los Maderos, del modo que se manifiesta por las Figuras 5, y 6: *Fig. 5.6.* Estos Pilotes, ò Estacas deben colocarse debajo de los empalmes de los Quartones, que forman el Enrejado, haciendolos entrar à golpes de Mazas, hasta que el Terreno los resista; y se une el todo con tarugos, ò estaquillas de madera recia, en lugar de clavos.

Este método de fundar los Cimientos, ocurre con mucha frecuencia en las Obras de Fortificación; pero como es muy costoso, importa no aplicarlo mas que en las ocasiones, y circunstancias que precisamente lo requieran.

Para determinar la longitud de las Estacas, es necesario clavar una ò dos, hasta la profundidad que permita la naturaleza del Terreno, y despues se pueden cortar de esta medida las que se juzguen à proposito para la Obra: pero si el Cimiento hubiese de variar, será preciso proporcionar la longitud de las Estacas con la naturaleza del Terreno. De esta forma se asegura no gastar otra madera, de la que sea necesaria para afirmar los fundamentos; pues si las Estacas se cortasen todas à un tiempo, y sin examinar la longitud

Nn 2

tud

tud que deben tener, sería factible, que unas resultasen muy largas, y otras muy pequeñas; y por consiguiente se consumiría, è inutilizaría mucha madera sin provecho alguno.

Se contentan con clavar las Estacas en los angulos opuestos de las quadriculas del Enrejado, despues de asentado sobre el Terreno, sin poner alguna debaxo de los empalmes, ò enlaces de los Maderos; pero esta práctica es muy defectuosa, por que el Enrejado estriba inmediatamente sobre las Tierras, que siendo floxas, ò de mala calidad, cederán al grande peso del Muro.

Otros, no solo las clavan debaxo de los enlaces, sino tambien en los angulos de las quadriculas: pero sin absoluta necesidad, no se deben hacer Obras tan costosas; pues solo convendría esta práctica en algun Terreno, que siendo muy floxo, interesase consolidarlo, y apretarlo à fuerza de Estacas.

Ademàs de los Pilotes, que han de sostener el Enrejado, se clava otra fila de ellos àcia la parte del Foso, y al tope contra las Vigas de el Enrejado, para impedir que se mueva de su situacion. Estos Pilotes se representan por las letras *a, a, a*, y se ponen mas ò menos unidos entre si, à proporcion de la buena ò mala calidad del Terreno.

Fig. 3,  
y 5.

En los Cimientos representados por los Perfiles 3, y 5 se manifiesta, que el Madero del En-

Enrejado que cae àcia el Foso, debe tener un rebajo para recibir la arista inferior del Cimiento; pues con esta precaucion, no solo sostiene al Muro, sino le impide que se resvale, ò trastorne por el esfuerzo del Terraplen, y al mismo fin se clavan otras Estacas contra la primera fila, que sujeta el enmaderado. Por falta de esta precaucion fuè arruinada la Cara de un Rebellin en la Plaza de *Bergue-St. Vinoc*, en *Flandes*, segun dice *Mr. Belidor*. Lo mismo se experimentò algunos años ha en este Muelle de *Woolwich*, que àcia el medio de su longitud se hundió 5, ò 6 pies en el *Thamesis*, por que su fundamento solo era de Greda apretada, y nivelada hasta el lecho del Rio; y aun esta preparacion hubiera sido suficiente, si la hubiesen sujetado con pilotage.

Se ha dicho, que en algunas ocasiones se entablan los Enrejados para fundar sobre ellos, y que en otras no se sigue esta práctica: En donde haya abundancia de Piedra, se pueden escusar los Tablones; pero son absolutamente necesarios quando la Obra se construya de Ladrillo; por que siendo estos de pequeña magnitud, no se les podrá cargar mucho peso, si no se aplican en toda su extension à las maderas.

Quando el Suelo es de Roca, conviene abrir en èl una caja de 6 pulgadas de profundidad, para que reciba el Muro è impida se resbale, por la mala union, que de or-

Fig. 7.

di-

dinario hace la mampostería con la Roca. Después de haber cortado la caja, es necesario limpiarla del escombros, y polvo, humedeciéndola bien al tiempo de edificar en ella; pues con estas precauciones, se insinuará la mezcla en los poros y pequeñas cavidades, y contribuirá à la mejor union del Muro con la Roca.

Aunque la Roca sea uno de los mejores Suelos para fundar, con todo, suele presentar graves dificultades en su natural disposición; por que hallándose muy rara vez de nivel, y que al contrario, sus continuas desigualdades hacen variar el Perfil de la Obra; se sigue que la mampostería no podrá ligar, ni unirse firmemente à la Roca, sin tomar antes de edificar acertadas precauciones.

El mejor modo de proceder en estos casos, es abrir en la Roca sus cajas horizontales por la longitud del Muro: Después se han de labrar con mezcla fina y buenos Sillares, todas las partes del mismo Muro que estriben en los baxos de la Roca, hasta igualarse con las mas altas; y en esta disposición conviene dexar la Obra, hasta que se haya asentado, y endurecido de manera que la continuacion del Muro no le haga ceder alguna cosa: por que es claro, que se abriría la Fabrica en aquella parte donde se une el Cimiento artificial con el natural, ò de Roca firme.

Su-

Sucedo algunas veces, que es preciso labrar un Muro sobre el pendiente de una Roca; *Fig. 8.* y para asegurar la Obra, es necesario formar las cajas en escalera, principiar la construcción por la parte mas baxa, elevarla 6 pies, y dexarla asentarse hasta que se endurezca: Después se prosigue la labor elevándola otros 6 pies, y se vuelve à suspender el trabajo, hasta que se consolide lo executado. De esta manera se sigue hasta concluir el todo: pero si la longitud del Muro fuere considerable, se podrá empezar en diversas partes su construcción, para que no falte trabajo à los Obreros.

Tambien ocurre de ordinario, que la Roca se eleva hasta la altura del Muro por su espalda, ò bien que este se ha de construir arriamado à un peñasco: En uno, y otro caso será preciso disponer sus cajas del modo que se ha explicado; y si el paramento exterior de la Roca, ò Peña, fuere muy liso, convendrá picarlo, y abrirle diferentes cavidades, para que la mezcla se introduzca en ellas, y facilite su perfecta union con el Muro. Este debe labrarse con lentitud, para que vaya adquiriendo tenacidad; pues de llevarlo con precipitacion, se despegará de la Roca à proporcion que se asiente.

*Mr. Belidor*, propone un metodo para construir los Muros en los casos de que hablamos, y asegura que le han practicado algunos

nos Ingenieros Franceses , con mucha utilidad en diversas Obras: Consiste en disponer un Caxon de madera , sin fondo, y de proporcionada anchura para el grueso del Muro : Este Caxon le colocan à plomo en el parage donde se ha de empezar la Obra , y le llenan de una especie de Hormigon, compuesto de buen mortero, mezclado con cascajo, y piedras menudas que no excedan de la magnitud de una nuez poco mas , ò menos : Despues se dexa reposar hasta que la Obra tome cuerpo, y consistencia; y luego desarmen el caxon para que sirva en otra parte. Facilmente comprenderà el Lector , que la superficie superior de esta argamasa, debe quedar llana y de nivel , para que la continuacion de la Obra haga su asiento por igual , y que quando estè bien enxuta se unirà à la Roca con mas firmeza , que qualquiera otro genero de labor ; por que con el tiempo adquiere la propria tenacidad, y dureza que la misma Piedra , como se manifiesta , y lo acreditan varios Edificios , y Murallas antiguas de los Romanos.

En algunos parages se encuentra abundancia de buena Piedra para hacer Cal ; y en estos casos no se puede dàr mejor Obra , que la que se construye con esta clase de Piedra , y la Cal que produce ; pues por la similitud de sus partes, se unirà el todo de forma que con el tiempo se convertirà en una sola Piedra.

De-

Fig. 1.

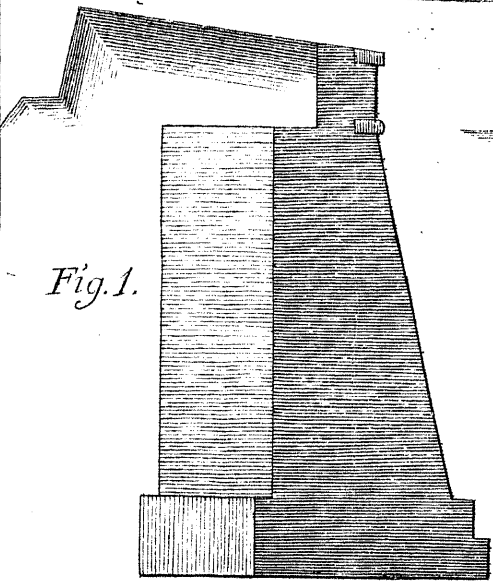


Fig. 3.

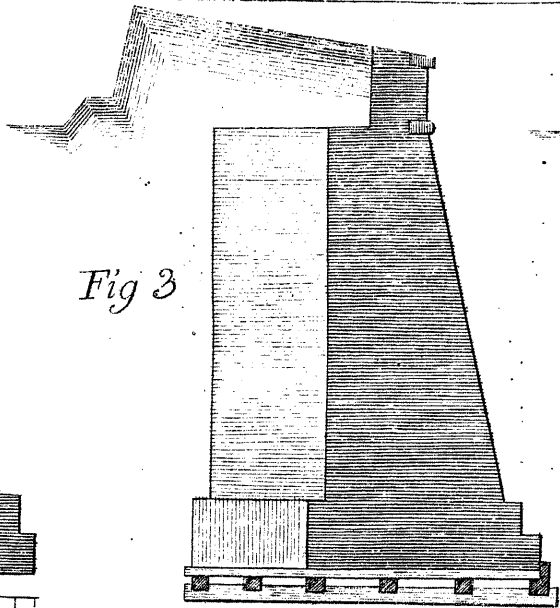


Fig. 5.

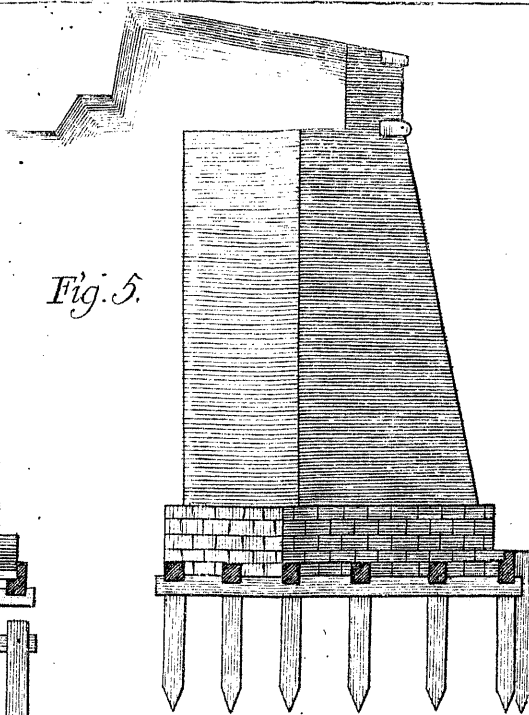


Fig. 7.

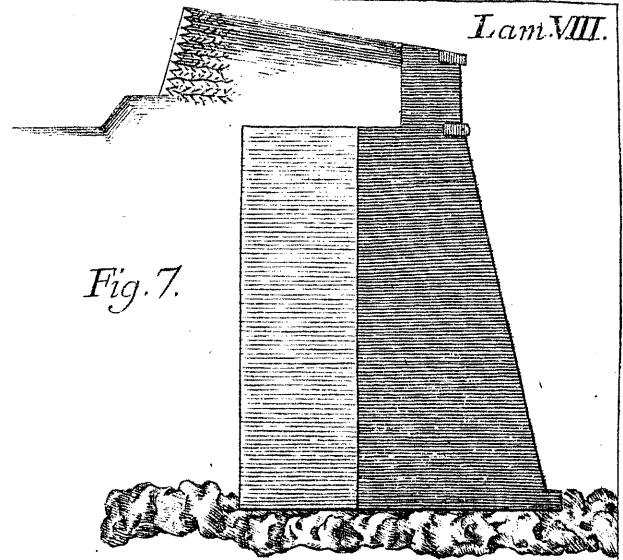


Fig. 2.

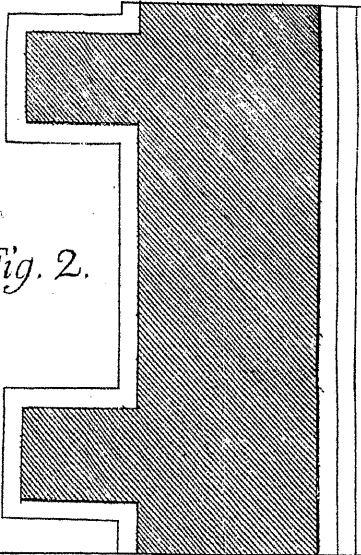


Fig. 4.

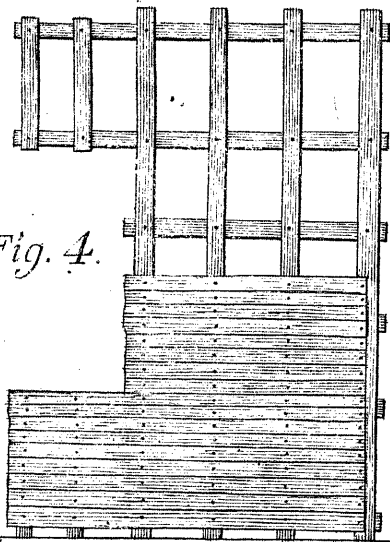


Fig. 6.

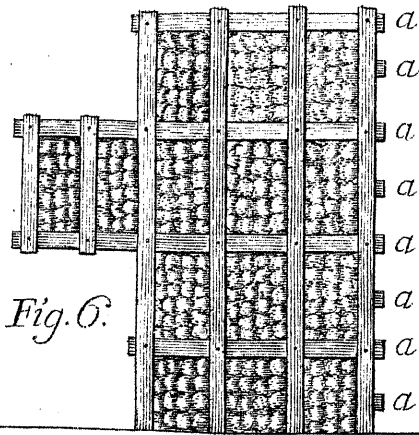
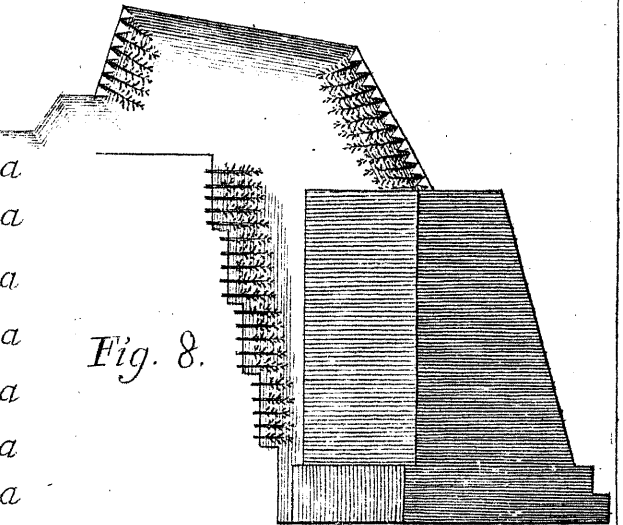


Fig. 8.



Debaxo de algun lecho de Cascajo , Greda , ò alguna otra materia consistente , suele encontrarse otro arenisco , ò aquoso à mayor profundidad , en quien sería peligroso clavar Estacas , con motivo de los muchos manantiales que de ordinario abundan en estos parages, los quales, logrando salida, llenan de agua con prontitud la Zanja abierta para el Cimiento; de tal suerte, que es imposible, sin otro auxilio , continuar la Obra. Quando sucede este accidente, es preciso agotar el agua , por medio de Baldes que la extraigan sin cesar , haciendola correr por una Canal de madera à algun parage mas baxo , hasta que se puedan emprender los fundamentos.

Puede suceder , que el agua que fluya sea en tan grande cantidad , que no se pueda apurar de manera alguna : Para remediar este inconveniente , se forma un ensamblage fuerte de madera , cubierto y aferrado con tablones , el qual se coloca sobre la Zanja , y se asegura de tal suerte que no tenga movimiento. Sobre esta explanada se va construyendo el Cimiento con buena mamposteria , y con su propio peso irá baxando el todo , hasta que descanse en el fondo de la excavacion : pero quando el Cimiento se haya elevado sobre la superficie del agua , será preciso dexarlo reposar hasta que se endurezca , para continuar la Obra.

Esta práctica, aseguran que es muy común, tanto en *Rusia*, como en *Flandes*, y que una vez concluidos los Muros, permanecen con la misma robustez que tendrían sobre un Terreno firme. No hay duda, que esta Obra debe baxarse alguna cosa; pero la habilidad consiste en disponerla de tal forma, que deficienda y se deprima por igual, à fin que no se quartee, rompiendose en diversas partes: lo qual no podrá evitarse de otro modo, que empleando buenos Materiales, mucho cuydado, è industria.

Aunque el Terreno no se manifieste aquoso fino à la profundidad de 5 ò 6 pies, importa establecer el Cimiento sobre un Enrejado de madera, extendido y robusto, no dando à la Zanja mayor profundidan de la que sea necesaria, y llevando toda la Obra con hileras horizontales, sin empezar una, antes de acavar la antecedente, para evitar, en caso de ceder el Terreno, que la Obra se deprima, ò baxe desigualmente.

Este metodo de continuar los Cimientos con igualdad por todo el Recinto de la Obra, debe observarse siempre con atencion, à menos que se edifique sobre Roca, ò otra materia de naturaleza tan firme, que no pueda ceder con todo el peso que se le imponga: en cuyo caso, no habrá dificultad de principiar la construcion en diversas partes à un tiempo,

cuy-

cuydando de ligar bien las porciones de Obra, con adharajas, ò redientes, para que no se abran por las uniones.

Algunos Suelos se hallan tan embebidos de agua, que lo mismo es abrir la Zanja para el Cimiento, que luego se difunde en ella, y la llena en poco tiempo. En esta clase de Terreno, solo se ha de hacer la excavacion que en el mismo dia se pueda màcizar con el Cimiento, procurando elevarlo con prontitud sobre las aguas; pero à estos fundamentos importa darles mayor anchura que la ordinaria, dexandoles bermas, y labrandoles con mezcla de *Terrasa*, para que se endurezca lo mas presto que sea posible. Concluido en esta forma todo el Cimiento, se continua lo demàs sin embarazo alguno.

Este modo de establecer los fundamentos de una Obra, es muy comun en *Flandes*, donde *Mr. Vauban* tubo alguna dificultad para dirigirlos, hasta que algunos Prácticos del Pais le impusieron en la forma de executarlos. Lo mismo he visto yo en *Douay*; pues se abrió una Zanja de 40 varas de largo, y de 3 pies de profundidad, que inmediatamente la màcizaron con el Cimiento, elevando toda la Obra hasta 6 pies: y aunque en el dia siguiente estaba cubierta de agua la mayor parte, con todo, permaneciò tan firme, como si se hubiera fabricado sobre un Terreno muy solido.

Oo 2

La

La grande variedad de Terrenos, y Situaciones en que se ofrece edificar, impide establecer Reglas particulares para cada uno; pero en todo caso, la mas segura, y que probablemente afianzará el acierto, consiste en informarse de los mismos Operarios que asistan, ò vivan en el parage de la Obra; por que esta clase de Gente, es por lo regular, quien sabe à fuerza de experiencia el metodo que conviene seguir en estas Obras. Pero si preguntando à muchos sobre un mismo asunto, difiriesen (como es lo mas comun) en sus pareceres; el discernimiento del mejor, corresponde al juicio, y capacidad del Ingeniero encargado en el reconocimiento del Terreno, ò en la direccion de la Fabrica que se intenta. No obstante, aun tomando todas las precauciones, que pueda sugerir la humana capacidad, siempre ocurrirán accidentes, que deberán repararse con prontitud, y en los quales tendrá ocasion de instruirse el Joven Ingeniero, para evitarlos en lo sucesivo.

En los metodos antecedentes quedan explicados los casos que ordinariamente ocurren en la construccion de los Cimientos sobre Tierra, ò Roca; y en la ultima parte de esta Obra, se tratará de los que se establecen dentro del agua, para Puentes, Inclusas, Muelles, y Espigones.

*Me-*

*Metodo para principiar las Obras de una Plaza.*

Antes de emprender la execucion de las Obras sobre los Cimientos, es necesario examinar, por quales debe principiarse. Algunos Ingenieros son de opinion, que lo primero que se ha de hacer es el Camino cubierto, perfeccionado, y asegurado con su Estacada, à fin que los Enemigos no puedan embarazar la continuacion de las Fortificaciones. Esta práctica, solo podria tener lugar en tiempo de Guerra, y quando la Plaza estuviera expuesta à los insultos del Enemigo; pero fuera de este caso, sería perjudicial: por que siendo muy dificil, determinar exáctamente la distribucion que se debe dàr à las Tierras, sería factible dexar para las Obras exteriores mayor, ò menor cantidad de la que necesitan, y por consiguiente, resultaría en los transportes considerable aumento de gasto.

Otros quieren, que se dè principio por los Flancos, y se siga con las Caras de los Baluartes, para que en caso de que el Enemigo se acercase à impedir los trabajos, fuese facil alexarle por medio de la Artillería colocada en los mismos Flancos. Esta Regla se puede seguir, siempre que los fundamentos sean de buena consistencia; pero de ningun modo quan-



quando fueren de mala calidad ; por que edificando algunas porciones del Recinto , antes de que este bien asentado y endurecido todo el Cimiento , resultarian aberturas y grietas en el todo de la Obra , que la harian de poca robustez, y mala vista. Lo proprio sucederà aunque el Terreno sea solido y consistente , mientras à la Obra no se le baya dando el tiempo necesario para su enxugo y asiento , segun queda explicado antecedentemente. Pero si se construyen todos los fundamentos del Recinto , elevandolos al mismo tiempo hasta 6 pies de altura , y se les dexa tomar el cuerpo y dureza suficiente , se podrán concluir los Baluartes primero que otras Obras , sin rezelo de algun daño , y con mas razon , si fueren llenos ; pues consumiendo gran cantidad de tierra , se logra la ventaja de conducirla por toda la extension de las Cortinas : en lugar que la que se emplea en los Terraplenes de estas , no se puede llevar comodamente por rampas , y pasos abiertos en los Baluartes. No obstante , los Ingenieros podrán tener al tiempo de la execucion , particulares motivos , que los incline a principiar con ventaja unas Obras antes que otras.

Despues de construidos los fundamentos del Cuerpo de la Plaza , importa disponer las bocas , y puertas de las Araxneas , y Albañares por donde se difundan à la Mar, ò Rio, así las  
aguas

aguas de lluvias , como las inmundicias de la Ciudad, atendiendo à que los Conductos resulten con un pendiente proporcionado para que nada se detenga en ellos , à fin de evitar el que se azolven con frecuencia. Serà conveniente dirigir estos Conductos por las Necesarias , que se hayan de hacer en los Cuarteles , para que las mismas lluvias las puedan limpiar sin costo alguno , y aun con esta precaucion se remediarà , que el mal olor sea nocivo à los Habitadores.

Si en los Baluartes se hubieren de construir Almacenes para polvora ò municiones , ò algun otro Edificio , como Hospital para Enfermos , ò Heridos en tiempo de Sitio ; conviene fabricarlos al mismo tiempo que los Baluartes , para hacer de una vez las excavaciones , y transportes de tierras que resulten precisas. Asimismo , si ha de haber en alguna Obra Galerias para Minas , se deben executar estas al proprio tiempo que aquella. En general , todos los Edificios , y Obras subterranas , es necesario , que se construyan al mismo tiempo que los Muros y revestimientos de la Fortaleza : De que se sigue , que no solo se han de tener presentes los Planos , y Perfiles de las Fortificaciones , para construir la Plaza , sino tambien , los que correspondan à la distribucion de los demás Edificios que compongan el todo , con el Tantèo del coste de cada uno.

## SECCION VIII.

*Metodo , que se ha de observar  
en la construccion.*

**H**abiendo explicado ya quanto conduce à la naturaleza, y qualidades de los Materiales que se emplean en la construccion, como tambien el modo de establecer los fundamentos de los Edificios; nos resta tratar ahora de las Reglas que corresponden para aplicarlos ventajosamente en toda clase de Obra; à cuyo fin principiaremos por la mamposteria, que es la labor mas comun, y seguiremos con las demàs clases que estàn en uso.

No hay duda, que las Obras que se construyen con Piedra cortada, son las mejores de todas; pero como al mismo tiempo son las mas costosas, se ven pocas concluidas de esta especie. La pràctica, que ordinariamente se sigue, es la de labrar con Piedra de talla la parte inferior de los Muros, hasta 8, ò 12 pies de altura, como tambien los angulos salientes hasta el Cordon: y en todos los parages expuestos al continuo choque de las aguas de Mar, ò Rio, se procura aplicar la Piedra mas solidad, que se encuentra; por que siendo de mala calidad, la desharàn, y arrancarán las olas en poco tiempo, como sucede en *Portsmouth*.

Las

Las Piedras de talla, ò Sillares labrados, se distinguen en *Soga*, y *Tizon*, segun el asiento que se les dà en las Fabricas: Llamase Soga la Piedra, que se ajusta por su longitud à la superficie exterior del Muro, y Tizon la que se asienta de traves: De forma, que en los Edificios de canteria, ordinariamente se coloca la Piedra à Soga, y Tizon alternativamente; y en los angulos la que es Soga en un paramento, es Tizon en el otro.

Es necesario, que estos Sillares salgan bien esquadrados para que se ajusten perfectamente por sus lechos en la Obra, sin permitir que los Albañiles suplàn sus defectos, como lo acostumbra, con cuñas de madera; por que en llegando esta à podrirse, resultará menos robusto el Edificio, y por lo proprio, el uso de las cuñas es opuesto à la buena construccion.

Los Antiguos tenian mucha prolixidad en la Fabrica de los Edificios públicos, pues con dificultad se percibia en algunos las juntas de los Sillares; à cuyo fin rozaban los lechos de unos con los de otros, y los asentaban en tosco, sin mezcla entre las juntas: Acabado el Muro, labraban y pulian la superficie exterior, y resultava tan solido, y tan hermoso à la vista, como si le hubieran hecho de una sola Piedra. Este primor y diligencia no se practica en el dia, y por lo mismo ningun Edificio moderno, llega en robustez ni en permanen-

Tomo I.

Pp

nen-

nencia à los Antiguos. En las Columnás, y Pilastras de los mejores Edificios, que en estos tiempos se han erigido en Inglaterra, se advertirà, que las juntas tienen media pulgada de grueso, y aun de mezcla tan inferior, que en pocos años se deshacen, y destruyen con gran descredito de nuestrs Arquitectos.

Regularmente se emplea solo la Piedrá cortada en los paramentos de los Muros, y su interior se maciza con Piedra tosca, y desigual, que llaman mampostería ordinaria: pero es preciso, que los Albañiles trabajen bien esta clase de Obra, asentando la Piedra con buen mortero, y no dexando hueco alguno, que no esté lleno de ripiage y buena mezcla, para que las juntas sean lo mas delgadas que se pueda.

Si el Muro se hubiere de establecer en el agua, será muy conveniente servirse de mezcla de *Terrasa*, para construir los paramentos hasta la menor altura en que permanezca, siguiendo lo que le falte hasta la mayor elevacion que tomen las mismas aguas, con mezcla de Cal, y Cenizas, ò polvo de Texa; pero así lo interior, como lo demás del Muro, se podrá continuar con buen mortero, para no aumentar el coste sin necesidad. Si todos los paramentos de los Muros se pudiesen labrar con mezcla de Cenizas, ò polvo de Texa, no solo se lograría el que fuesen mas permanen-

entes, sino tambien se evitaria el gasto, y embarazo de haberlos de reparar con frecuencia.

Estudiando los Albañiles el modo de lucrarse, han encontrado el arbitrio de labrar los Muros con mezcla tan inferior, que apenas tiene la suficiente Cal para ligar la Arena, y al mismo tiempo que elevan la Obra, van resañando las juntas con buena mezcla; de forma, que à la vista parece perfecta la Fabrica: pero su corta duracion, hace manifiesto el engaño, que se procurò encubrir. Esta es la práctica mas comun de los Asentistas, y tambien la causa de las malas Fabricas que se hacen en Londres, y sus cercanías, donde ordinariamente se dan las Obras por un tanto à los Alarifes, sin que los Proprietarios se acerquen à exáminar si las executan bien, contentándose con que permanezcan el tiempo que las puedan disfrutar.

Pero quando las Obras se construyen por cuenta del Soberano, trabajan los Operarios con mucho mayor cuydado; por que constantemente se invigila en que las hagan bien, y en que se empleen Materiales de buena calidad.

El dorso de los Muros principales, y Contraescarpas se debe labrar con buen mortero, hasta el espesor de dos pies à lo menos, dandoles un año de descanso, para que se enxuguen bien antes de aplicarles las Tierras; por

que de lo contrario , siempre se conservarían los Muros con humedad, que les impediría adquirir la debida consistencia para resistir el empujo de las Tierras , y por consiguiente, no sería difícil , que se trastornasen por este defecto , como se ha experimentado en varias ocasiones.

La construccion de las Bovedas , y otras Obras subterranas , piden diversas precauciones además de las que se han mencionado, las quales se explicarán despues , quando se trate de este genero de Edificios.

Segun *Mr. Belidor* , la Piedra dura se debe asentarse en las Obras con mortero fuerte , y la Piedra blanda ò floxa con mezcla delgada, y suave ; lo qual parece contrario à la naturaleza de los Materiales , y à la buena union, que se requiere en las Fabricas : por que siendo los poros de la Piedra dura muy pequeños y unidos , será necesario que la mezcla que se haya de insinuar y pegar en ellos , sea fina y suave ; pero la Piedra blanda , que es muy esponjosa y tiene grandes poros , precisamente no formará Cuerpo con la mezcla, si esta no fuere de proporcionada substancia , y crasitud para introducirse en los poros, donde se ha de detener para sujetar bien los Sillares: lo que no se podrá conseguir con la mezcla muy fina, pues se embeberá en las Piedras , y no le quedará actividad, ni fuerza para ligarlas. Esta mis-

ma

ma regla observan los Ensambladores; por que quando la Madera es dura , se sirven de Agua-cola muy suave , y quando es tierna y estoposa , usan de cola fuerte.

Las Fabricas de Ladrillo, se executan del mismo modo que las de Piedra , en quanto al asiento y disposicion de la mezcla ; pero es necesario observar , que ordinariamente los Albañiles van elevando las hiladas de Ladrillo àcia el paramento anterior , para formar el declivio de los Muros , y de esta mala práctica resultan las juntas tan gruesas , que con facilidad las descarna el temporal , y es preciso refanarlas cada dos ò tres años, como se ha visto en diferentes Obras de esta especie. Fuera de esto , construyendo los Muros de esta manera , resultan sus hiladas con una inflexion , ò angulo àcia el Centro , y por consiguiente , impedirá ( como hemos dicho en otra parte ) la buena union , y enlace de la Obra ; en lugar , que si todas las hiladas se labrasen en un mismo Plano perpendicular al declivio , lograrían mejor union , haian mas solido al Muro , y el todo resistiría ventajosamente à la presion de las Tierras.

Mantienen muchos , que las hiladas de Piedra , y de Ladrillo , deben siempre asentarse de nivel para que el Muro permanezca firme : pero esta Regla solo tendrá buena aplicacion en los Edificios Civiles ; por que en los

Mi-

Militares, les dà esta disposicion menor fuerza para resistir al empujo de las Tierras, que quando se labran perpendiculares al declivio.

Siempre debe reflexionar el Ingeniero el mejor metodo, que corresponda à la construccion de la Fabrica propuesta, sin sugetarse con nimiedad à las Reglas de los Obreros, los quales ordinariamente estàn preocupados de su antigua pràctica, y no saben apartarse de ella. A caso el poco adelantamiento que se hace en la Fortificacion, no nace de otro principio, sino de el de haberse seguido unos Autores à otros, sin tomar diversos rumbos; pues qualquiera, que lea lo que hay escrito sobre este Arte, notará con admiracion, las pocas alteraciones que se han hecho, y aun estas por la mayor parte, no han procurado ventaja alguna.

Importa à la buena construccion de las Obras de Ladrillo, que sus hiladas se asienten en buena mezcla, pero que las capas sean lo mas delgadas que se pueda, para que no se descarnen con el temporal, y se conserve mejor el todo.

Muchas veces se emplea Ladrillo, y Piedra à un mismo tiempo, especialmente quando no hay abundancia de Piedra. Esta pràctica puede ser util en varias ocasiones, y segun se disponga la construccion: por que si los Muros se labran à tongas de Piedra, y Ladrillo de seis pies de alto cada una, será mejor Obra, que

que la de Ladrillo solo; pues el mayor peso de la Piedra contribuirà à la mayor firmeza, y seguridad de la Fabrica.

Quando hay escasez de buenos Sillares, se suelen labrar con Ladrillo los paramentos anteriores de los Muros, macizando su interior con mamposteria ordinaria; pero como en esta disposicion no se une bien la Piedra con el Ladrillo, à menos que se tome gran cuydado para enlazar y encadenar perfectamente estos Materiales, resulta ordinariamente una Obra de inferior calidad. Los Ingenieros Franceses abrigan los Muros con unas faxas de Ladrillo en forma de cuñas, que presentan el Plano inclinado desde el paramento exterior, al interior, y macizan lo restante con buena mamposteria ordinaria; pero aun sería mucho mejor, trabar el Muro de distancia en distancia, con Rafas de Ladrillo, ò pequeñas faxas de tres pies de grueso, y dos de alto, que servirian de cadenas, para unir y sujetar bien el todo. Por ultimo, el exâmen de los Materiales, y la misma inteligencia, y aplicacion del Ingeniero, le habilitaràn para discernir el modo mas ventajoso, que deba seguirse en la construccion de los Edificios Militares.

## SECCION IX.

*De la construccion de las Obras  
Subterraneas.*

**L**A construccion de los Edificios subterranos, pide mayores precauciones de las que necesitan los que se erigen à descubierto; no solo por que deben ser à prueba de Bomba, sino tambien por que se ha de atender cuydadofamente, à que la humedad no los penetre, è inutilice.

En las pequeñas Fortalezas, son indispensables muchos Edificios subterranos; por que nada està seguro del alcance de las Balas, y de las Bombas, que todo lo destruyen. Para evitar este daño, importa construir debaxo de tierra, no solamente los Almacenes que se necesitan para polvora, municiones, y viveres, sino tambien Alojamientos en que la Tropa de descanso està resguardada, y Hospitales para Enfermos y Heridos: En lugar, que en las Plazas, que tienen bastante capacidad, y extension, nunca faltan algunos parages retirados del riesgo de la Artillería, en donde se pueden construir estas Oficinas sin tanto costo.

Pero antes de entrar en la situacion, y distribucion particular de cada uno de estos Edi-

Edificios, serà bueno explicar las Reglas generales, que deben observarse en su construccion.

Como son pocas las Obras de esta naturaleza que tenemos en Inglaterra, y que la mayor parte se han dirigido por Personas de poca experiencia en ellas; expondrè el metodo que siguen los Franceses, con arreglo à lo que sobre este asunto explica *Mr. Belidor* en su *Science des Ingenieurs*, supuesto que està fundado en la práctica de los Ingenieros mas habiles, è inteligentes de Francia.

Es necesario construir la mampostería, ò labor con el mayor cuydado posible, asentando las hiladas de Piedra, ò de Ladrillo sobre buena mezcla de Cal, y Cenizas, ò polvo de Texa bien cocida, sin quedar el mas pequeño hueco por macizar, y dexandola reposar despues de concluida, hasta que haga su asiento y se endurezca perfectamente: Luego se han de cubrir las Bovedas con una argamasa, que se hace expresamente de la manera que sigue.

Esta argamasa se compone de las Cenizas de los Hornos de Cal donde se quema Carbón de Piedra (19), las quales se facan mezcladas

Tomo I.

Qq

con

(19) En Cataluña, y otras Provincias de España, especialmente en Andalucía à los margenes del Guadalquivir, se encuentran muchas Minas de Carbón de Piedra, que seria muy provechoso darlas uso, para cocer los

con pequeñas partículas de Piedra calcinada: este ingrediente se prepara como el mortero, y se bate muy bien cada quatro ò cinco dias, por el espacio de seis semanas, pero sin ponerle mas agua que una corta porcion al principio; y se tendrá una pasta muy util para jaharrar las Bovedas que quieran preservarse de humedad. Tambien se dispone otra argamasa, para el mismo efecto, mezclando un tercio de buena Cal viva con dos tercios de *Tarrasa*, ò *Puzolana*, ò bien de polvo de Tieftos recocidos; pero siempre que se haya de hacer qualesquiera de estas argamasas, es necesario reducir à polvo cada uno de los ingredientes, haciendo pronto la mezcla para que la Cal no se evapore, y sin echarle mas agua que la precisa para incorporarla y batirla, en la forma que ya se ha dicho.

Antes de aplicar la argamasa à las Bovedas, es necesario que esté bien seca la Obra, y que se alegren sus juntas, descarnandolas con un hierro, y sacandolas todo el escombros y polvo, à fin de que humedeciendo lo firme del Material, se facilite la buena union de este con la argamasa: Despues se aplica esta à las juntas, comprimiendola con un Badilejo estrecho para

---

los Hornos de Cal, y de Ladrillo, como tambien para quemar en las Herrerias, y otras Fabricas, que sensiblemente van aniquilando los Montes.

ra que no quede hueco alguno, y de la propia pasta se echa sobre la Boveda una tortada de pulgada y media de espesor, que se procura bruñir y alisar con una Plana, hasta que adquiere cuerpo y consistencia. Esta tortada es menester humedecerla una vez al dia por algun tiempo, con un trapo ò estropajo embebido en lechada de la misma argamasa, y se debe bruñir inmediatamente con el Badilejo, ò Plana, cubriendola con hierba seca, ò paja, para que el calor del Sol no la abra; y se continua con el mismo metodo, hasta que no se vea en la tortada la menor grieta. Para mayor seguridad, conviene seguir humedeciendo la argamasa con la propia lechada por espacio de cinco ò seis dias, pero sin bruñirla ni preservarla del calor.

Quando se echa la argamasa sobre la Boveda, se ha de cuidar que resulte bien unida y extendida con igualdad, para que toda la Obra quede resguardada: Luego se ha de poner una tonga de quatro ò seis pulgadas de Arena fuerte muy apretada, sobre la qual se aplica otra de pie y medio de tierra bien pisada, y se continua con tongas de tierra hasta llegar al Terrado de la Boveda. Esta práctica, dice *Mr. Belidor*, se observò en las Torres Balcionadas del *Nuevo Brisac*.

Mas provechoso sería echar sobre la tonga de Arena, otra de seis pulgadas de Greda

Qq 2

fuer-

fuerte bien apretada , continuando lo restante con buena tierra; por que de esta suerte se evitara mejor que el agua penetre hasta la argamasa , que es el fin de aplicar la Arena.

Propone *Mr. Belidor* otro metodo para cubrir las Bovedas , que ha probado perfectamente en un famoso Naranjal que se construyò en *Versailles* , y es en esta forma : Despues de haberse enjugado bien la Boveda , cuyas juntas se alegraron y limpiaron, se cubriò toda con una capa de diez y ocho pulgadas de Piedra menuda , mezclada con polvo de Cal : sobre esta tonga se echò otra de quatro pulgadas del mismo polvo : luego se aplicò una capa de doce pulgadas de cascajo limpio , que se abrigò con otra de quatro pulgadas de polvo de Cal. De esta suerte , se continuò hasta el Terado de la Boveda, el qual resultò tan firme, que las injurias del tiempo no le han podido lastimar.

El mismo Autor añade , que algunas veces se cubre la primera capa de Piedra menuda, con una tonga de un pie de Greda , abrigada con quatro pulgadas de mortero , y lo demás se maciza con buena tierra.

Para preservar los Muros de las Bovedas subterranas contra el agua que filtre por las tierras , se les aplica por la parte exterior otros Muros de dos pies de grueso , labrados de Piedra seca y Arena. Estos Muros se elevan haf-

ta

ta dos pies debaxo de las vertientes de la Boveda , y lo restante se concluye con buena mamposteria , que se cubre con la misma argamasa de la Boveda; y de esta forma , quedaràn libres de humedad los Muros principales: Pero conviene , que el Muro seco baxe dos pies mas, que el suelo de la Boveda, para que en sus fundamentos se puedan construir Canales, ò Atarxeas , por donde el agua se difunda al Foso.

## SECCION X.

*De las Surtidas.*

**L**As Surtidas , que tambien se llaman Porternas , son unos pasos subterranos, que conducen de las Obras interiores à las exteriores , como de los Flancos altos à los baxos , ò bien sirven en medio de la Cortina para comunicacion de la Plaza al Rebellin. Quando se construyen para el paso de la Tropa solamente , se les hacen escalones à la entrada y à la salida, segun se representa en las Figuras 1, y 2. *Lam. 9.* Pero se ha de notar, que siempre que el Terraplen no tenga suficiente altura, como en el caso presente que solo es de 15 pies, es menester disponer la entrada 5 pies mas baxa que el nivel de la Plaza, para que la Boveda, que cubre el paso , quede bien resguardada contra el impulso de las Bombas. La superficie exterior



rior de estas Bovedas, ha de tener la propria figura que la interior, y no en forma de Tejado, como la quiere *Mr. Belidor*; por que no es posible disponerlas así quando el Terraplen sea poco elevado. Tampoco debe exceder de 6 pies el ancho de la Surtida, ni de  $8\frac{1}{2}$  su altura; pues de aumentar estas dimensiones, no se podrá abrigar con la tierra que es necesaria, para asegurarla de los acafos de un Sitio.

Para dar salida à las aguas que recoje la Plaza quando llueve, se practica un Conduc-to debaxo de las Poternas situadas en las Cortinas, del modo que se manifiesta en el Perfil; pero solo se executan así quando los Fosos son de agua, pues en los secos, se harian charcos delante de las Surtidas, que no solo estorbarian el paso, sino que en tiempo de Verano producirian mal efecto para la salud de la Guarnicion.

Estos pasos subterranos, se aseguran à la entrada, y à la salida con fuertes Puertas de madera bien herradas: La exterior ordinariamente se tapia con un Muro en tiempo de Paz, dexando una Claravoya para que las maderas se ventilen y no se pudran. Los Muros laterales, como tambien la rosca de la Boveda, tienen dos pies de espesor; pero à los primeros se les añade medio pie de Escarpa àcia las tierras: y en esta disposicion, no son necesarios los Contrafuertes, que dicta *Mr. Belidor*;

por

Fig. 1.

por que sin ellos tienen los Muros suficiente robustez, para contrarestar el empujo de las tierras, como lo verifican los Calculos. La Faja blanca sobre el Perfil de la Boveda, representa la Tortada de argamasa que la cubre, y el espacio punteado manifiesta la Tonga de Piedra seca, de que se habló antecederentemente. El Murò de la entrada se eleva 3 pies sobre el Terraplen, para evitar que la Gente se caiga con la obscuridad.

A los lados de estas Surtidas se construyen ordinariamente unos pequeños Almacenes, que en tiempo de Sitio son muy provechosos para tener à la mano polvora, y municiones con que proveer en las noches à las Obras exteriores; y su capacidad debe proporcionarse con los efectos que se hayan de conservar en ellos. Los que se representan en la Figura 2. tienen 18 pies de fondo, y 15 de ancho; pero es preciso notar, que su magnitud tambien depende de la altura del Terraplen; pues les ha de quedar sobre las Bovedas 3 pies de tierra, para asegurarlos contra las Bombas. Las Bovedas, y Muros deben tener 3 pies de espesor, dando à estos un pie de declivio àcia las tierras, y sin aplicarles Contrafuertes.

Si las Poternas hubieren de servir para conducir Artilleria à las Obras exteriores, se-  
rà preciso hacerlas con un declivio bien suave, del modo que se manifiesta en las Figuras 3., y

Fig. 3-4.

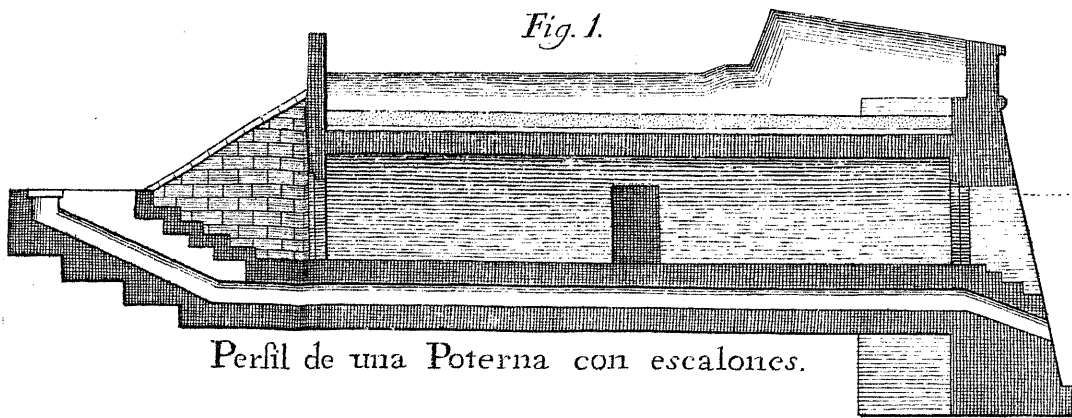
4;

4; y en este caso deben tener de 8 à 9 pies de ancho, construyendo elíptica su Boveda quando el Terraplen sea muy baxo. De forma, que en la disposición, y execucion de estos pasos, se ha de atender à su destino, y al Perfil del Terraplen; pues de la conuinacion de uno y otro se deben deducir las dimensiones que les sean mas convenientes.

Quando se construyen las Poternas en declivio, tambien se han de formar sus Muros con hiladas horizontales hasta el arranque de la Boveda, y las de esta han de ser perpendiculares al suelo de la misma Surtida, como se manifiesta en la Figula 3. A la entrada, y à la salida se ponen dos hojas de puertas, para que no se embarace el paso al Tren de Artillería, y algunas veces se suelen aplicar otras puertas en el medio, para defender mejor el paso, à cuyo efecto se les hace un postiguillo para retirarse, y aspilleras para hacer fuego.

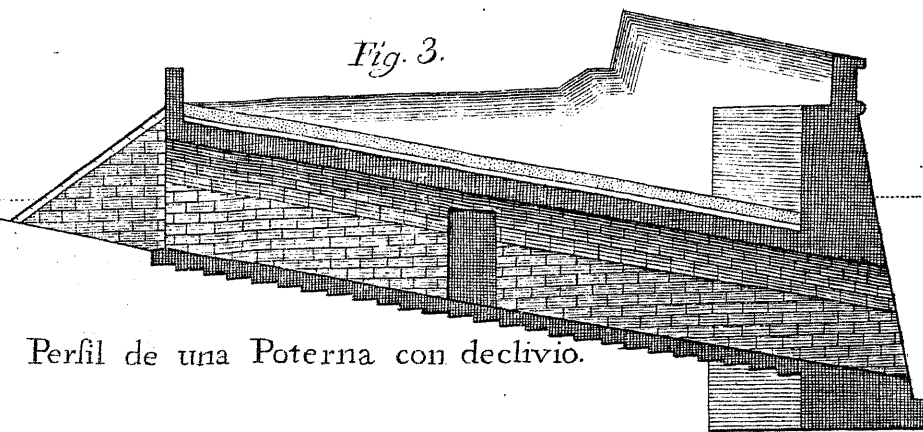
Los Muros deben tener dos pies y medio, ò tres de espesor junto al Cimiento, en que se comprehende la base del declivio exterior; de forma, que al arranque de la Boveda se ha de reducir à dos pies, ò dos pies y medio, que es el grueso que tambien se debe dàr à la rofca; sin que haya necesidad de aplicar Estribo alguno, por las razones que ya se han dado. Los Repuestos de uno, y otro lado de esta Poterna, tienen catorce pies de fondo, y lo mis-

Fig. 1.



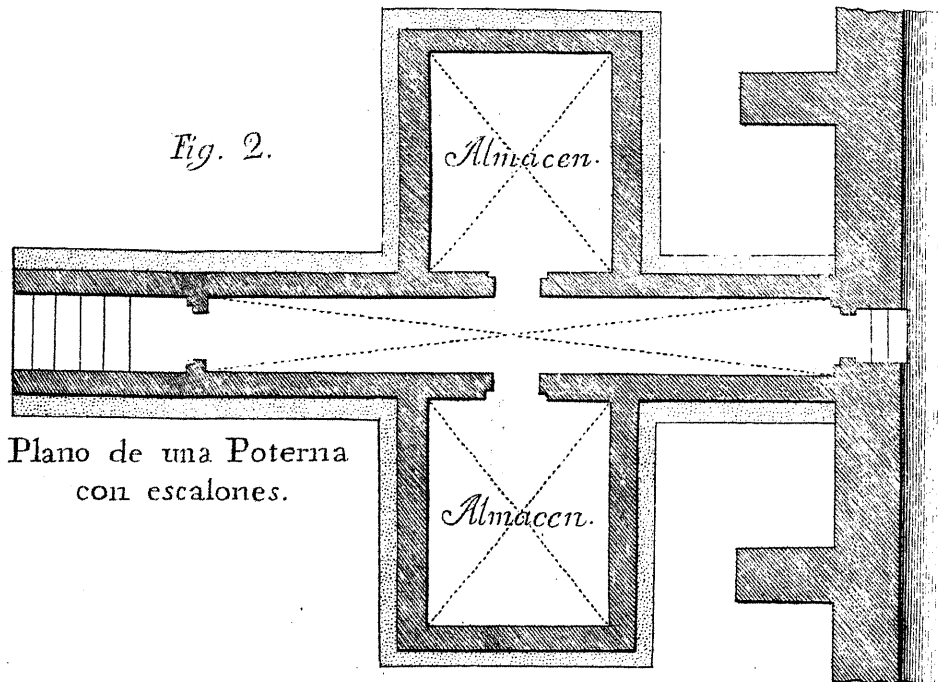
Perfil de una Poterna con escalones.

Fig. 3.



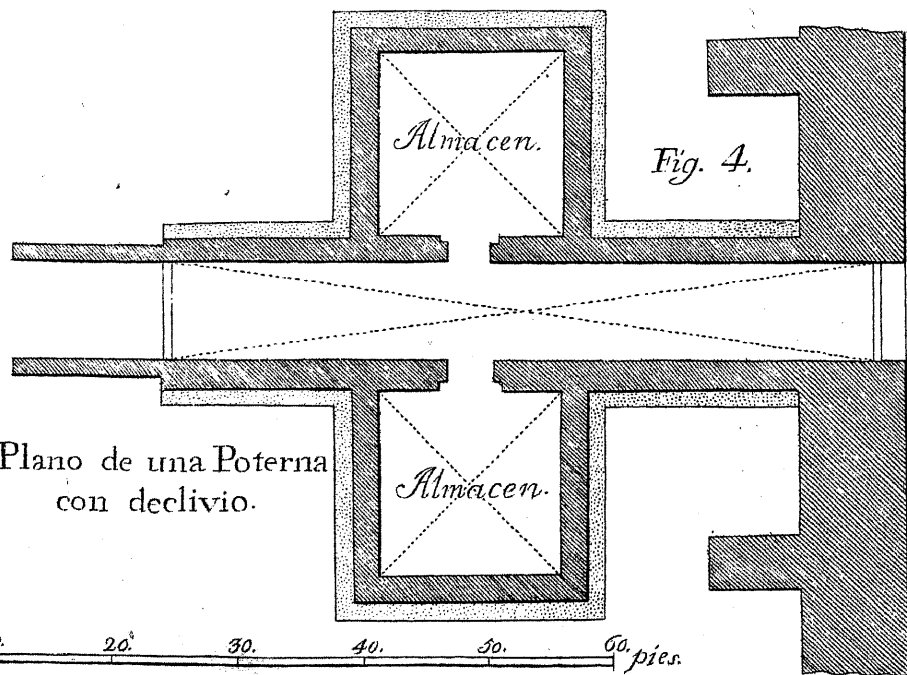
Perfil de una Poterna con declivio.

Fig. 2.

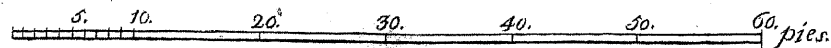


Plano de una Poterna con escalones.

Fig. 4.



Plano de una Poterna con declivio.



mo de ancho, dando de grueso à sus Muros medio pie mas que à los del paso. Las Bovedas de este, como las de los Almacenes, se cubren con una Tortada de argamasa, y una tonga de Arena ò de Cascajo; y à sus Muros se les arrima otros de Piedra seca, en la forma que se ha explicado antecedentemente.

En las Plazas, cuyos Fosos se conservan llenos de agua corriente, se disponen estas Surtidas para dàr de beber à las Caballerias en tiempo de Guerra; y en el de Paz se suelen tapiar por la parte exterior, ò bien se aseguran con buenas Puertas de madera, guarnecidas de hierro. En quanto à los fundamentos, y otras particularidades de la construccion de las Poternas, no hay necesidad de mayor explicacion de la que se ha dado para otras Obras.

Debaxo de los Baluartes, se construyen Casernas, que son muy proprias para Hospitales, Almacenes, Panaderias, y Hornos, ò bien sirven para alojar la Tropa en ellas. Estos Edificios consisten en una Galeria sobre la Capital, con tantas estancias à uno y otro lado, como se juzgan necesarias para la subsistencia de la Guarnicion, y defensa de la Plaza: Algunas tienen Respiraderos, y otras Chimeneas, que salen sobre el mismo Adarve del Baluarte. Su colocacion es ordinariamente en los Baluartes que han de tener Caballeros; por que en este caso no hay necesidad de hacer el piso de estas

Obras mas baxo que el de la Plaza, pues siempre queda sobre las Bovedas suficiente cantidad de tierra para resistir al esfuerzo de las Bombas. Por lo que toca à su particular construcción, no difieren las Reglas de ella de las que ya se han dado antecedentemente.

## SECCION XI.

*De las Casamatas en el Rebellen.*

UNA de las Obras exteriores mas esenciales es el Rebellen, y por lo mismo nada contribuye tanto à una larga, y valerosa defensa, como hacerlos capaces de toda la resistencia posible; pues una Plaza bien defendida, jamás puede rendirse hasta que el Enemigo se apodere del Rebellen en el Frente atacado. *Mr. Coehorn*, y algunos otros Autores de Fortificación, opinan que en los Rebellenes se deben poner Flancos con Casamatas; y aunque diferentes Ingenieros reputan estas Obras por muy necesarias, yo por lo menos no concibo que lo sean, pues no alcanzo razon alguna que las apruebe. En esta duda será bueno examinar su uso y utilidad, para que los Jovenes Ingenieros no se preocupen con algunas opiniones mal fundadas.

El Rebellen no puede ser defendido por sus propios Flancos: luego el destino de estos

tos necesariamente será para defender alguna otra Obra: como las Caras de los Baluartes adjacentes en que se abren las Brechas, el paso del Foso principal, ò el Camino cubierto. Pero como el Rebellen del Frente atacado ordinariamente se rinde, ò se le destruyen sus defensas antes de afaltar à los Baluartes, valiendose de las Bombas, y de Baterías à rebote; es evidente, que los Flancos en el Rebellen del Frente atacado, no conducen para su defensa, y por lo mismo no son de uso alguno. Ni tampoco son de mayor utilidad los de los Rebellenes de los Frentes contiguos al del ataque; por que no pudiendose plazar en ellos sino un corto numero de piezas de Artillería, serán luego desmontadas por los Sitiadores con las Baterías que disponen para destruir las defensas, que miran àcia el ataque. Además, las mismas Baterías que destinan los Enemigos para abrir la Brecha, descubrirán obliquamente los Flancos de los Rebellenes; y toda la incomodidad que estos pueden causar, será la de que obliguen al Sitiador à que establezca dos Baterías de quatro Cañones para destruirlos. En esta consideracion, se dexa al buen juicio y prudencia del Lector, el discernimiento de si hay necesidad de hacer Obras tan costosas, y de tan corta utilidad, ò si sería facil disponer otras de mejor defensa, sin mayor gasto.

Rr 2

Sin

Sin embargo de que el Rebellen del Frente atacado en *Bergen-op-zoom* tenia sus Flancos con Casamatas, no dexaron de rendirse al mismo tiempo que los Baluartes, sin dar tiempo los Franceses, para que los Defensores disparasen sus Cañones. Es verdad, que este accidente no se atribuyó tanto à la mala disposicion de las Obras, como à la insuficiencia de los Defensores, ò à otro motivo improprio para darse al Público.

El mejor modo de asegurar los Rebellines, quando los Fosos son secos, consiste en hacer Reductos en ellos, con su Parapeto de 12 à 15 pies de espesor, y dos pies mas baxo que el del Rebellen. Este espesor es suficiente, por que solo se puede ver el Parapeto desde el Terraplen del mismo Rebellen: y si la Contraescarpa tubiere Casamatas, en la forma que se representan con lineas de puntos en el plano *Fig. 1. 2,* ( *Fig. 1.* ), y mas individualizadas en la *Fig. 2*; parece difícil, que el Enemigo se ampare en poco tiempo del Rebellen.

Para resguardar la comunicacion de las Obras del Reducto con las del Rebellen, y de estas con el Camino cubierto, se disponen Traveses en el Foso, como se manifiestan en *L, L Fig. 1.*, ò en *l, l, Fig. 3.* Estas Casamatas tienen dos entradas *E, E ( Fig. 2. )* por el Foso, y las cubre una Caponera, que ordina-

nariamente se construye desde la Cortina, hasta la Gola del Rebellen opuesto. Asimismo se disponen dos escaleras *D, D,* para subir al Reducto, y otras dos en el nivel del Rebellen, para la facil comunicacion del todo: de forma, que si el Enemigo se apodera de una de las Carras del Rebellen, se podrá retirar por la otra la Guarnicion, y lo mismo se puede hacer quando se rindan las Casamatas de la una parte.

Como los Sitiadores no pueden rendir estas Obras sino valiendose de las Minas, importa dexar en la grande Galeria *A, A,* bocas, ò aberturas à distancias proporcionadas, para disponer y llevar Contraminas por debaxo del Terraplen, y detrás del Parapeto en todas direcciones, à fin de poder resistir à los Minaadores Enemigos, como tambien para oponerse à todas las tentativas que puedan hacer, yà sobre la tierra, ò yà por sus entrañas; de tal manera, que siempre se aventuren mucho en el ataque de la Obra que quieran asaltar.

La abertura, ò puertas de estas Galerías en los Fosos del Rebellen y Reducto, se deben asegurar con fuertes puertas de madera, guarnecidas de hierro; y à corta distancia se ponen otras con sus postigos y aspilleras para favorecer la retirada, y defender el paso, siempre que el Enemigo lo intentase por este parage; pues lo conseguiria con facilidad, sino lo hallase bien fortificado.

A los Muros de estas Obras subterráneas, les basta dos pies de espesor, con su declivio de medio pie por la parte de las tierras; lo qual será suficiente para contener el todo, respecto que la misma Boveda los sostendrá contra la presión de las tierras. Los Muros que separan los Alojamientos B, B, no sirven tanto para fortalecer la Contraescarpa, como para evitar que las Bovedas se eleven mucho, y por lo mismo se hacen elípticas ó escazanas. Estos Alojamientos tienen 10, ó 12 pies de claro, y lo mismo se les dá á las grandes Galerías, para que las Bovedas resulten bien unidas y sostenidas mutuamente: El fondo de los Alojamientos es de 8, ó 10 pies; y por consiguiente toda la latitud de la grande Galería y Alojamiento, se comprehende entre 18 y 22 pies.

El piso de estos subterráneos debe estar 18 pulgadas mas elevado que el del Foso, para preservarlos de humedad, dando á los Muros por la parte interior de 7 á 8 pies de alto, con sus aspilleras ácia el Foso, para que sirvan de respiraderos, y se ventilen los Alojamientos. Todo lo demás se demuestra suficientemente en el Plano y Perfil, sin que sea necesario hacer mayor explicacion de esta idea. Lo unico que hay que advertir es, que las Bovedas que cubren las entradas E, E, y las escaleras D, D, deben ha-

hacerse Conicas, cuya union y modo de formarlas no presentan dificultad alguna.

*Mr. Coehorn* dispuso estas Galerías por toda la Contraescarpa de *Bergen-op-zoom*, con aspilleras al Foso para la mosquetería; y en los angulos entrantes de las Plazas de Armas, estableció Alojamientos semejantes á los que se representan aqui, á los quales llamó Tambores: Asimismo, para asegurar la entrada sobre el Terreno, mandó construir un Traves á cada lado de la escalera, y les guarneció con Estacadas. Como estos Alojamientos fueron los que de todas sus Obras hicieron mejor defensa en el ultimo Sitio, no queda duda en que son muy provechosos en una Fortaleza. Pero la Galería de la Contraescarpa, no fué de otra conveniencia que la de Alojarse en ella la Tropa con seguridad, y la de poder abrir las Minas debaxo del Camino cubierto, y Explorada: Asi, ó se pueden escusar, ó hacerlas solo, de 6 á 8 pies de ancho, que será suficiente para el intento; y en esta forma costarian poco mas que el Muro con Estribos, pudiendose poner en ellas de trecho en trecho sus puertas de madera con aspilleras, para esforzar la defensa, y facilitar la retirada.

Las Casamatas debaxo de las Plazas de Armas no se deben despreciar de ningun modo, y para asegurar su comunicacion con las mismas Plazas de Armas, importa construir

Re-

Reductos à 12 , ò 15 pies del Parapeto , con su pequeño Foso seco àcia la Campaña. Por este medio las Plazas de Armas seràn capaces de mantener distante mucho tiempo al Enemigo , haciendole perder sobrada Gente para rendirla , como sucediò à los Franceses sobre *Bergen-op-zoom*.

Es de observar generalmente, que una Fortaleza sin Obras subterranas , se puede defender muy poco en los tiempos presentes ; por que la gran cantidad de Artilleria con que se Sitian las Plazas , inutiliza en breve sus defensas. Por lo mismo es preciso , que el Ingeniero que emprenda la construccion de una Fortaleza , aplique toda su ciencia y habilidad para disponer las Obras subterranas , que mejor se adequen à la naturaleza de la situacion, economizando el gasto en quanto sea posible; por que este genero de Obras , naturalmente son muy costosas.

## SECCION XII.

### *De las Casamatas en los Flancos.*

**M**Rs. *Coehorn*, y *Vauban* , fueron muy apasionados de los Flancos con Casamatas: El primero los aplicò asi en los Rebellines de *Bergen-op-zoom* ; y el segundo los hizo construir en sus Torres bastionadas del *Nueva Brisac*:



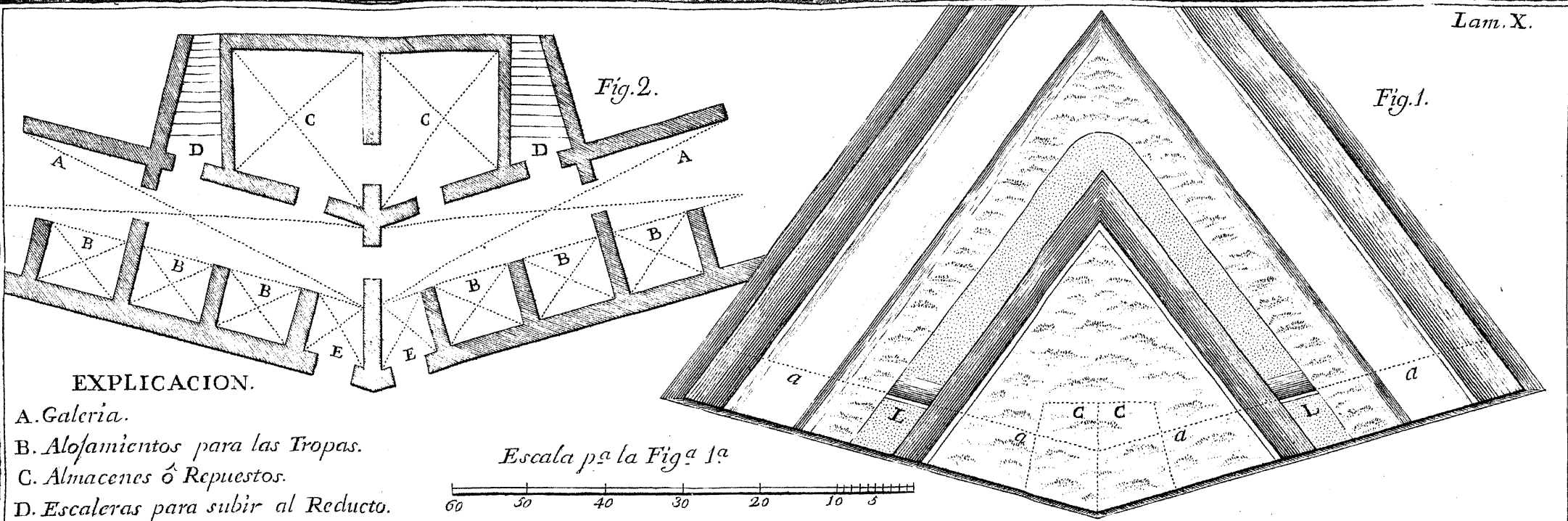


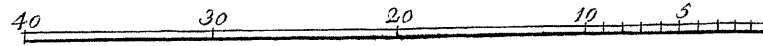
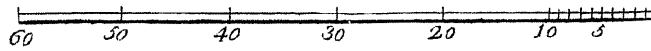
Fig. 2.

Fig. 1.

EXPLICACION.

- A. Galeria.
- B. Alojamientos para las Tropas.
- C. Almacenes ó Repuestos.
- D. Escaleras para subir al Reducto.
- E. Entradas por el Fosso.
- L. Travesas en el Fosso seco.
- m. Aspilleras en la contra escarpa del Fosso principal.

Escala pa la Fig<sup>a</sup> 1<sup>a</sup>



Escala de las Fig<sup>s</sup> 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup>

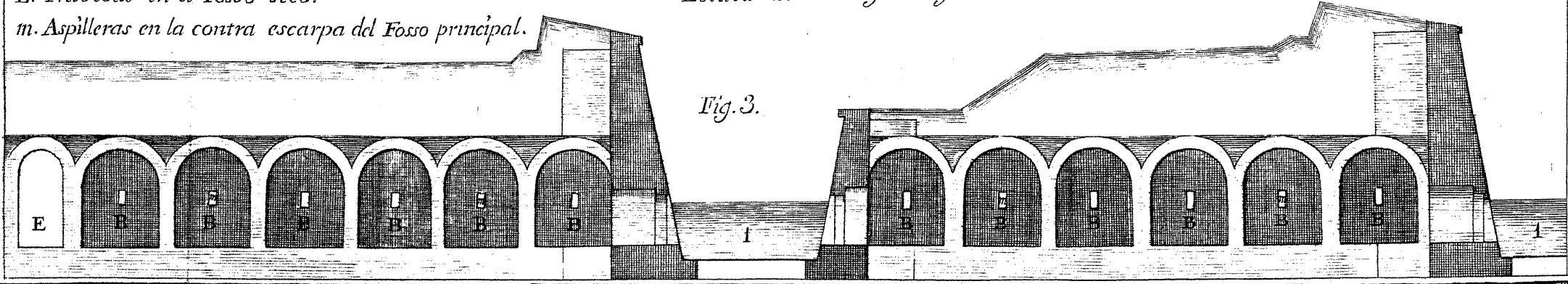


Fig. 3.

*fac.* Estos Flancos han sido antiguamente tan recomendados, que la Plaza que no los tenia se juzgaba de muy poca resistencia. Pero al presente no se hace de ellos mayor aprecio; por que la experiencia ha manifestado, que el humo es tan incomodo en las Casamatas, que nadie puede resistirle, sin embargo de todas las Chimeneas, y ventilaciones por donde se le procure salida.

Como la unica objecion contra estos Flancos con Casamatas, es la intolerable incomodidad que produce el humo, han procurado los Ingenieros aplicar algun remedio à este mal. El que propone *Mr. Belidor*, es el mas ventajoso, y se ha practicado en diversas Plazas cerca de la Mar, como en *Portsmouth*, donde yo los he visto: Consiste el propuesto remedio, en dexar abiertas las Casamatas por la parte interior del Flanco en forma de Arqueria, de tal suerte, que à cada Cañon le cubre un Arco, ò Boveda, del modo que se representa en el Plano, Elevacion, y Perfil de la Lamina 11. por la letra B, y las Troneras *Lam. 11.* por la letra C; los quales son conformes à los que trae *Mr. Belidor*. Este Autor quiere que al Muro se den 21 pies de espesor, y se macice de mamposteria: Pero atendiendo al grande costo de estos Muros, y à que no son convenientes de tanta robustez, parece seria mejor construirlos mas sencillos, disponiendo sus

Merlones de tierra revestidos de Ladrillo, como los Parapetos ordinarios, y segun se representa en la mitad del Plano. Con esta práctica se logrará, que las Baterías Enemigas no destruyan las Cañoneras con la misma prontitud, que si se revistiesen de Piedra; pues en esta, por su mayor dureza, hace mas estrago la Bala que en el Ladrillo.

Sobre estas Casamatas, propone *Mr. Beldor* otra Batería, como se manifiesta en el Perfil A, añadido en la Elevacion: pero en los Terraplenes de corta altura, como aqui los suponemos, será casi imposible, y por lo mismo se pueden omitir las Baterías altas. No obstante, serán muy convenientes à los margenes de la Mar, ò de Rios caudalosos donde los grandes Baxeles tengan facilidad de acercarse; por que en ellos ordinariamente colocan la Tropa en la parte superior de los Mastiles, que siendo mas elevados que los Parapetos de las Baterías baxas, incomodan de tal suerte à los Artilleros con Bala menuda, que no pueden atender al desempeño de su obligacion. En esto consiste la ventaja que logran los Baxeles sobre las Baterías de tierra, y no en el mayor numero de Cañones, como supone la Gente de Mar; pues siempre que las Baterías estén cubiertas en los terminos que se ha explicado antecedentemente, es factible que suceda todo lo contrario.

Otra

Otra observacion se puede hacer sobre las Baterías en Casamatas, y es: que si los Muros de division tienen mayor grueso junto al Parapeto que en el extremo opuesto, y al mismo tiempo se construyen las Bovedas en Figura conica, de suerte, que su claro exterior sea mayor que en el fondo, se desahogarán del humo con mas facilidad que si se hicieran cilindricas: Es verdad, que la construccion de las Bovedas conicas es algo embarazosa, por ser poco comun; pero siempre el Ingeniero, preferirá la perfeccion, y conveniencia de las Obras, à la dificultad que ofrezcan para su execucion.

Si este modo de construir Baterías à los margenes de la Mar, ò de Rios navegables, se considera muy costoso en algun parage que no lo requiera, será suficiente cubrirlas con Blindas, para que no sean vistos los Artilleros que sirven las Piezas; por que no habiendo rezelo de Bombas, qualquier cosa que los oculte será bastante. Pero no es lo mismo en los Flancos; pues el daño que no hagan las Balas, lo harán las Bombas, y por lo mismo es necesario resguardar sus Baterías con Casamatas.

Ss 2

SEC-

## SECCION XIII.

*De las Caponeras.*

**N**O es otra cosa la Caponera, que un paso construido en los Fosos secos, para la comunicacion segura de unas Obras à otras. Quando se hacen desde las Cortinas del Cuerpo de la Plaza, ù Hornabeques à los Rebellines opuestos, deben tener su Parapeto de 7 pies de alto, declinando en Explanada por la parte exterior, hasta el suelo del Foso: La anchura interior es de 17 à 20 pies, con su banquetta de uno y otro lado. Las tierras se sostienen con un Muro de Ladrillo, de un pie de espesor, y medio de declivio: este revestimiento se termina 2 pies mas baxo que la cresta del Parapeto, para que la ruina que ocasionen las Balas rasantas, no perjudique à los Defensores. Las Caponeras de dos Parapetos, se pueden llamar *Dobles* con propiedad; por que se hacen otras con un Parapeto, particularmente en los Fosos secos de los Rebellines, y en el de su Reducto: Es verdad, que à estas Caponeras simples las llaman algunos *Traveses*, pero difieren de los del Camino cubierto, en que sus Parapetos forman Explanadas hasta el fondo del Foso; en lugar que los Traveses se construyen como qualquier otro Parapeto.

Al-

Algunas veces se cubren las Caponeras, que conducen del Cuerpo de la Plaza à los Rebellines, con Cañones de boveda, dexando Aspilleras en sus Muros para hacer fuego àcia el Foso, con quien se comunican por Puertas que se les hacen à uno y otro lado; pues los Sitiadores nunca dexan de destruirlas con Balas, y Bombas, para embarazar el paso, haciendole muy peligroso. Las Caponeras simples, que se construyen en los Fosos de los Rebellines, y Reductos, tambien se suelen hacer con Bovedas, ò Arcos abiertos àcia la Plaza, en la forma que hemos dicho antecedentemente: De este modo, los Cañones, que defienden el Foso que està delante de las Caponeras, no pueden ser desmontados sino por medio de las Minas; y quando estàn dispuestas de forma que embaracen la construccion de las Minas, se hace muy peligroso para los Enemigos el paso de estos Fosos.

El disponer la comunicacion de unas Obras con otras, de tal suerte, que en tiempo de Sitio no las pueda embarazar el Enemigo, es una de las cosas mas dificiles, y que mas importa asegurar para la defensa de la Fortaleza; por que si las cortan, ò destruyen, resultan muy peligrosas las retiradas de unas Obras à otras, y no podrán defenderlas las Tropas con aquel valor, y firmeza que es necesario, y que en otras circunstancias mani-  
fes-

festarían; y por lo propio procura siempre el Enemigo destruirlas con mayor presteza.

## SECCION XIV.

*De las Puertas, y Cuerpos de Guardia  
de las Plazas.*

**L**A disposicion de las Puertas en las Fortalezas, varia segun las circunstancias que ocurren: algunas veces solo se hace un paso descubierto y cortado en el Terraplen, cerrandolo con un fuerte Porton de madera, ò con un Puente levadizo; y en otras ocasiones se cubre este mismo paso con una Boveda, que comprehende un Cuerpo de Guardia àcia el interior de la Plaza, y en el exterior se termina en un Puente levadizo, donde tiene su Portada: Esta generalmente se adorna con un Orden de Arquitectura Toscano, ò Dorico, segun el gusto del Ingeniero que dirige la Fabrica.

Como no tenemos Autor Ingles que haya escrito expresamente de Arquitectura Militar, y que al mismo tiempo nuestras Plazas de Guerra carecen de adornos de esta especie; me he visto en la necesidad de recurrir à la *Science des Ingenieurs* de Mr. Belidor, que es la Obra mas adecuada para el intento: Pues lo que se encuentra en los escritos de *Dilichius*,  
Spe-

*Spekel*, y otros antiguos Alemanes, es tan grosero, que con dificultad le seguiràn en parte alguna. Por otro lado Mr. Belidor, siguiendo el lucimiento con que los Franceses executan los Edificios Militares, trae varios Diseños de Portadas, casi solo aplicables à las grandes Fortalezas, que ni se construyen, ni son necesarias en este Pais: por lo mismo he procurado explicar sobre este asunto, los casos mas sencillos; los quales, ademàs de dár suficiente luz para otros mas compuestos, son los que verisimilmente usaràn siempre nuestros Ingenieros.

En la Lamina 11. se manifiesta con claridad el primer Diseño, que propongo para la entrada de una Plaza: La anchura del paso es de 12 pies, y se supone cubierto con una Boveda: A la parte interior se representan à uno y otro lado los Cuerpos de Guardia para el Oficial, y para la Tropa, cuyos espacios tienen 14 pies de ancho, y lo mismo de fondo, con sus Ventanas en la Fachada exterior, levantadas 3 pies del suelo, de  $3\frac{1}{2}$  pies de ancho, y 7 de alto: Las Chimeneas deben tener de 4 à 5 pies de ancho, y un pie, ò 14 pulgadas de fondo, cuya mitad se toma del macizo del Muro, y lo demàs se gana de las estancias con dos pequeñas Azitaras de un pie de grueso: A las Puertas se les dån  $3\frac{1}{2}$  pies de ancho, y 8 de alto.

Los

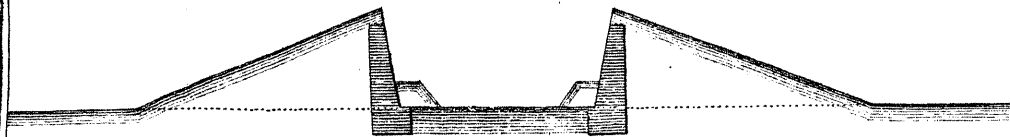
Los Muros laterales del paso, tienen 9 pies de alto,  $3 \frac{1}{2}$  de grueso inferior, y  $2 \frac{1}{2}$  de grueso superior, con su declivio àcia las tierras: el espesor de la Rosca tambien es de  $2 \frac{1}{2}$  pies. Los muros de los Cuerpos de Guardia, tienen 2 pies de grueso solamente, y la Elevacion de la Fachada interior del paso, tiene 17, ò 18 pies de altura.

Estos Muros no necesitan Contrafuertes; por que la presion de las tierras, junto con la resistencia de los mismos Muros, son bastante para sostener el Cañon de boveda: Esta, como las demàs de quienes se hablarà en adelante, se debèn cubrir con una tortada de argamasa, y una tonga de Arena gruesa antes de aplicarles las tierras, del modo que ya se ha dicho tratando de los subterraneos.

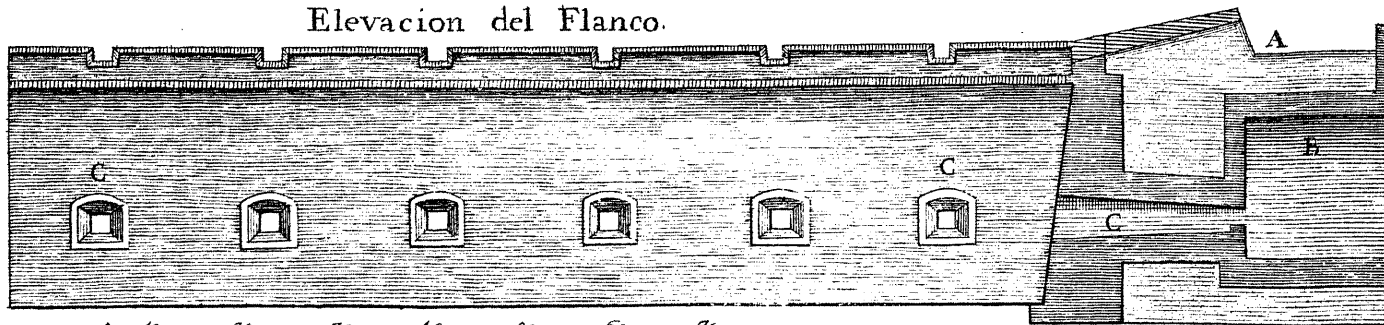
La Puerta que cae al Foso, se cierra con un Porton de madera bien guarnecido de hierro, para que no le puedan romper por la parte exterior con hachas, ni otros utiles: y à demàs, juzgandolo conveniente, se le puede añadir à la salida su Puente levadizo: Pero respecto que este paso, solo es proprio para un pequeño Fuerte, no hay necesidad de hacer la Portada con adornos que pidan mucho costo; y así, serà suficiente en este caso un Fronton sobre la Puerta, y en el mismo Muro.

Co-

Perfil de una Caponera.

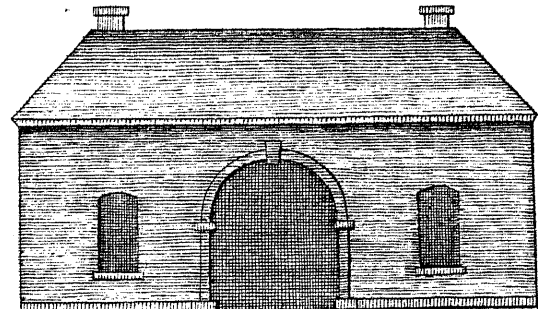


Elevacion del Flanco.

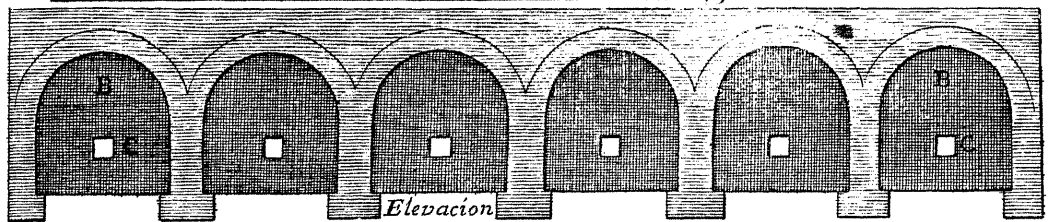


5 10 20 30 40 50 60 70 pies

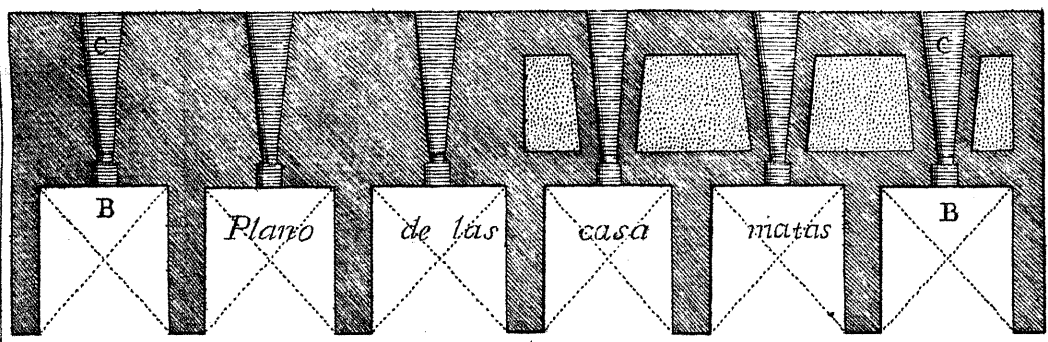
Elevacion interior de la Puerta de una Plaza.



5 10 20 30 40 pies

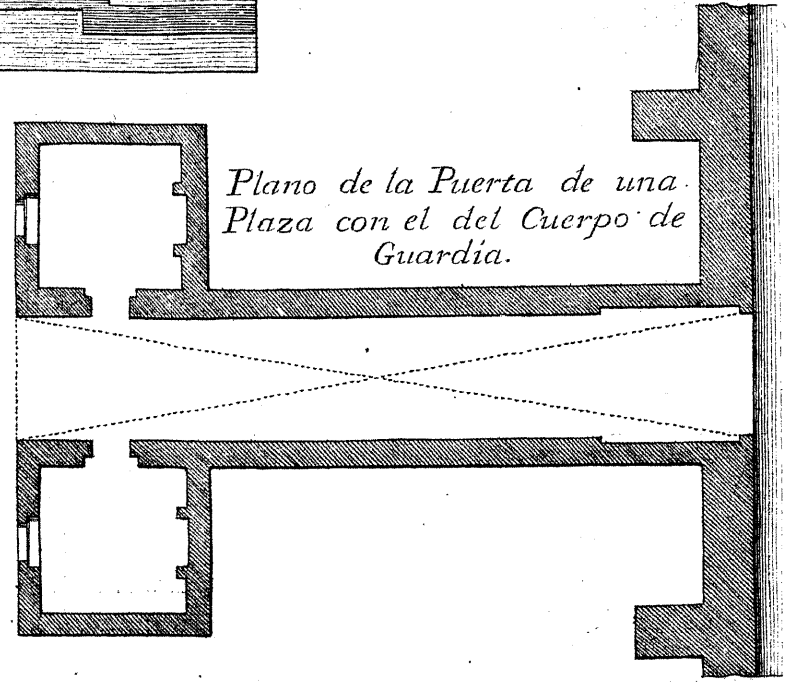


Elevacion



Plano de las casas matas

Plano de la Puerta de una Plaza con el del Cuerpo de Guardia.



Como los adornos de las Portadas principales del Cuerpo de la Plaza, son diferentes de los que se aplican à las entradas de los Rebellines, Hornabeques, y otras Obras exteriores, cuyos pasos ordinariamente se hacen descubiertos; se exhiben en la Lamina 12. *Lam. 12.* tres diferentes clases de Puertas para las Fortalezas. La primera es muy sencilla, y puede servir para qualquiera Obra exterior: se compone de dos Pilares, ò Parastades de 28 pies de alto, y 8 de ancho, con su Socalo de 2 pies ò poco mas de alto, y su Cornisa Toscana, que vuela por todas partes. El claro de esta Puerta, y las dos siguientes es de 12 pies: En la primera Figura se representa la Elevacion, y en la segunda su Plano con los declivios, y resaltos que le corresponden. El Perfil del Puente levadizo, con las caxas donde se ajusta quando està Elevado, se expresa en la Figura 1. *Fig. 1, y 2.*

La Figura 3. es la Fachada de una entrada, tambien para Obra exterior, pero mas primorosa que la antecedente. En este Diseño se suponen de Canteria las dos Parastades, cuya altura es de 32 pies, y la anchura de 12: Cada una se adorna con dos Pilastras del Orden Toscano, à quienes debe darse de ancho el sexto de su altura. Suponiendo la anchura de las Pilastras dividida en 24 partes iguales, corresponderàn 6 al Plinto de la Bafa, y 6 al Cordon con su Filete;  $1 \frac{1}{2}$  al Astragalo



y Filete del Collarino, 4 al Friso del Capitel  
1 al Filete inmediato, 3 al Echino, 3 al Abaco,  
1 al Filete que sigue al Abaco; 12 al Architra-  
be, 14 al Friso, y 16 à la Cornisa. En la Figura  
4, se manifiesta el Plano de la expresada entra-  
da, con sus declivos, y resaltos.

Fig. 5.

Para el Cuerpo de la Plaza, es muy pro-  
pria la Portada que se representa en la Figura  
5, quando el paso fuere cubierto. La anchura  
de la Puerta es de 12 pies, y su altura hasta el  
arranque del Arco es de 10, aunque se puede  
aumentar hasta 14: La distancia de una Para-  
fate à otra es de 16 pies, su altura de 35 in-  
clusa la Cornisa, y la anchura de cada una de  
14. Las Pilastras con su basa, capitel, y de-  
más molduras, como asimismo el Cornijon,  
no se diferencian del Diseño antecedente. El  
Frontispicio, ò Fronton se debe adornar con  
las Armas del Soberano, ò con Símbolos Mili-  
tares; y sobre la Puerta, cubiertas con la Cor-  
nisa, se suelen poner las Armas de la Ciudad,  
ò las de la Provincia que haya concurrido en  
la mayor parte à la construcción de la Forta-  
leza.

Estos exemplos son bastantes para dàr una  
idea en general de la disposición de las Porta-  
das, que se fabrican en las Fortalezas. La pro-  
porción de sus partes, como tambien los adorno-  
s, se pueden variar à discrecion; pero si hu-  
biesen de tener Columnas, ò Pilastras, será pre-  
ci-

ci-

eiso ceñirse al Orden que correspondan. Aquí  
hemos aplicado el Orden Toscano, por que  
siendo el mas simple, es tambien el mas robu-  
sto, y mas proprio para este genero de Obras.  
Pero un Joven Ingeniero, no se debe conten-  
tar solo con esto: es necesario que se aplique  
à aquella parte de la Arquitectura, que le sea  
de mayor desempeño para el adorno de los  
Edificios; y si hubiere de menester Puertas, y  
Fachadas de mas delicado gusto, las hallará  
primorosas, y de varias especies en la *Science  
des Ingenieurs* de Mr. Belidor.

Las entradas de las grandes Fortalezas, re-  
quieren mas atencion que las de las peque-  
ñas: no basta asegurarlas con Puentes levadi-  
zos, sino tambien con Puertas, que se hacen  
de diversas formas. La una consiste en un Ta-  
blero de madera bien guarnecido y aforrado  
de hierro, con puntas muy aguzadas, el qual se  
levanta durante el dia por medio de cuerdas y  
poleas. Otras se disponen en forma de Rastri-  
llo, ò Reja de madera, cuyas barras tienen  
de 4 à 6 pulgadas de grueso, distantes 6 pulga-  
das entre si, y trabadas con sus peinaos y en-  
laces, bien guarnecido el todo de hierro. Esta  
clase de Barreras se llaman Peynes, para dife-  
renciarlas de los Organos, que sobre la misma  
construcción, se disponen de forma que por  
la parte superior se puedan sacar las barras,  
sin desconcertar el Bastidor, ò Marco de la

Tr 2

Bar-

Barrera; con lo qual se facilita el pronto remplazo de las barras que destruya, ò rompa el Enemigo.

Estas Barreras sirven todas à un mismo fin, que es el de detener al Enemigo, y rechazarle en el caso que halle modo para ganar el Puente levadizo, y logra derribar la Puerta. Mas adelante se daràn algunos Diseños de Barreras, y Puertas, quando se expliquen los Puentes levadizos, para que en esta Obra halle el Principiante quanto corresponda à su instruccion.

Lam. 13.  
Fig. 1.

Habiendo dado un solo Diseño de la entrada de una Plaza, el qual es muy simple y sencillo; añadirèmos otro, que aunque tambien es poco compuesto, no dexa de estàr suficientemente adornado. Consiste en un paso cubierto con su Boveda, y un Portico en cada lado àcia lo interior de la Fortaleza, para que los Pasajeros, y Carruages puedan entrar y salir sin embarazarse: A la izquierda de estos Porticos se dispone el Cuerpo de Guardia para la Tropa, y à la derecha el del Oficial; pero como este no necesita de tanta extension como la Tropa, se le agrega una Prision, para que las dos estancias juntas, ocupen el mismo espacio que el Cuerpo de Guardia para la Tropa. Sobre los Porticos, Cuerpos de Guardia, y Prision, se establecen dos Alojamientos; el uno para el Sargento mayor de la Plaza, y el otro para un Ayudante.

La

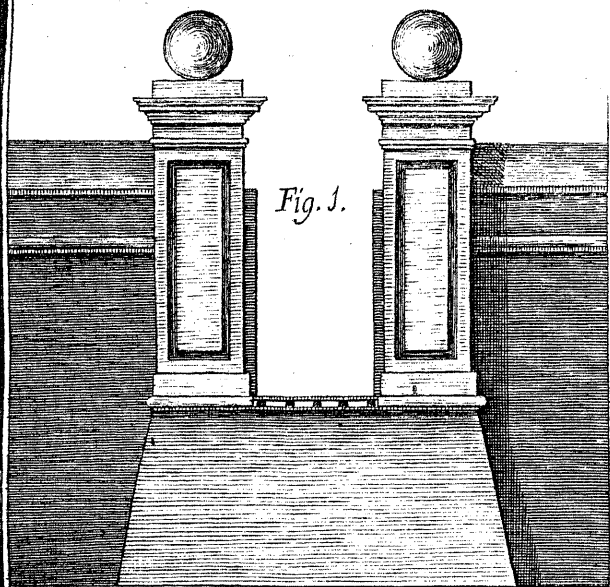


Fig. 1.

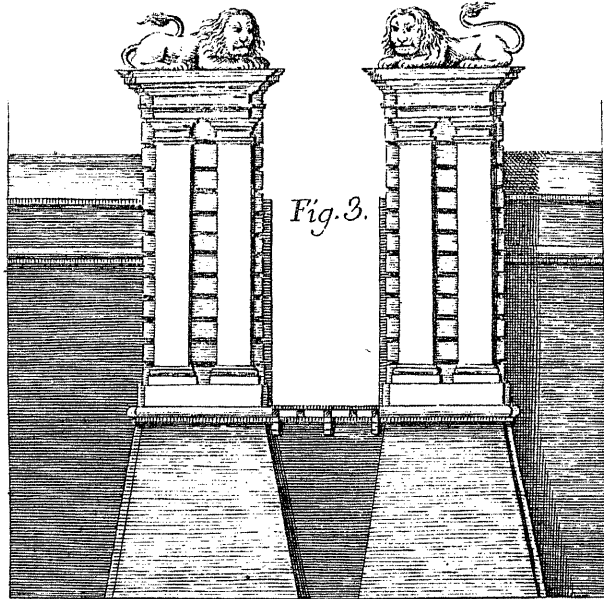


Fig. 3.

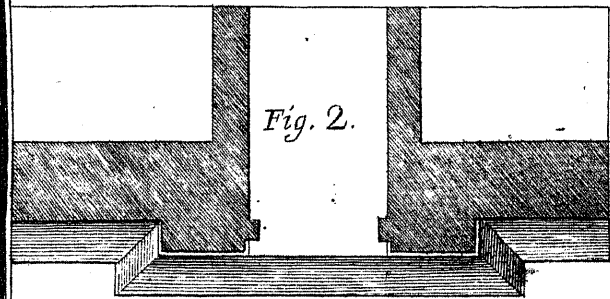


Fig. 2.

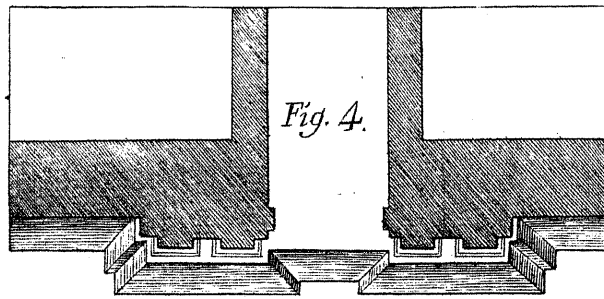


Fig. 4.

1 2 3 4 5 10 15 Vars

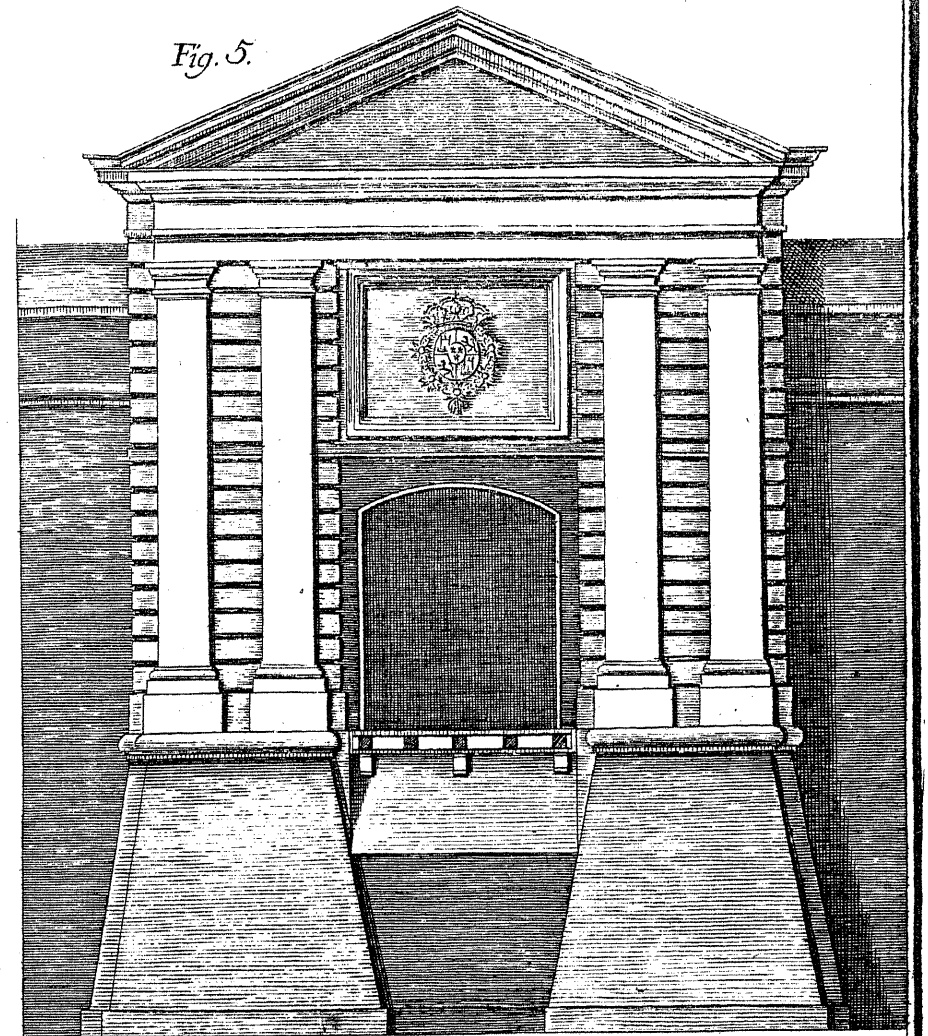


Fig. 5.

1 2 3 4 5 10 15 Va

Panner sculp. B<sup>16</sup>

La anchura de este paso es de 12 pies, y las pequeñas Pilastras que forman las canales por donde baxa el Peyne, ù Organo, tienen 6 pulgadas de grueso, 6 de vuelo, y 6 de intervalo. La elevacion de los Muros laterales debe ser de 10 pies, su espesor de 5 pies junto al Cimiento, y se reduce à  $3\frac{1}{2}$  en el arranque de la Boveda, à quien se le dà tambien el mismo espesor de  $3\frac{1}{2}$  pies. La longitud de esta entrada, como la de las anteriores, depende de la base del Terraplen, y por lo proprio no se determina en estos Diseños. Los Porticos tienen 10 pies de ancho, y 14 de fondo, dando 6 à cada lado de los Pilares que los sostienen. El Cuerpo de Guardia para la Tropa ha de tener 24 pies de largo, y 16 de ancho, con dos Ventanas de 3 pies, ò  $3\frac{1}{2}$  de claro, y 7 de alto: su Chimenea de 4, ò 5 pies de largo, y 2 de fondo; y à la Puerta se le daràn 4 pies de ancho, y 8 de alto. El Quarto del Oficial tiene 16 pies de ancho, y 12 de largo, quedando 8 para la Prision y grueso del Muro que la separa; y en estas dos estancias se labran sus Chimeneas, Puertas, y Ventanas, como en las anteriores. A los Muros de este Edificio, se les daràn 2 pies y medio de grueso; pero el que separa la prision del Quarto del Oficial, tendrà bastante con un pie, ò pie y medio.

La

La extension de estos Porticos, Cuétipos de Guardia, y Prision, ha dado lugar para establecer encima los Alojamientos, que se han dicho para el Sargento mayor, y un Ayudante de la Plaza. La Elevacion representada en la

*Fig. 2.* corresponde à la parte interior de la entrada, y la que se manifiesta en la Figura 5. de la Lamina 12. pertenece à la Fachada exterior.

A esta Obra, se agrega la que manifiesta

*Fig. 3.* el Perfil àcia la Portada: La parte inferior sirve para el juego del Contrapeso, que levanta al Puente levadizo; y la superior es para manejar el Peine, ù Organó con que se cierra el paso, siempre que la necesidad lo pida.

Entre esta Pieza, que solo tiene de anchura la que corresponde à la entrada de la Plaza, y los Alojamientos ya mencionados, se dexa una comunicacion de una parte à otra del Adarve del Terraplen, para el paso de las Rondas, como se manifiesta en la misma Figura 3.; y en este parage, es necesario cubrir la Boveda con una tonga de argamasa, y otra de Arena, ò de Cascajo, con tres pies de tierra bien apisonada.

Tambien se representa en el mismo Perfil, el que corresponde al Contrapeso, ò en samblage de maderos, à quien los Franceses llaman *Bascule*, el qual, en el extremo *b* està

liga-

ligado al Puente levadizo, por medio de una cadena de cada lado: Estas cadenas, pasando por dos poleas, facilitan la depresion, ò elevacion del Puente, segun el movimiento que se le dà al Contrapeso sobre su Exe *a*.

A cada lado de la Fachada interior de la entrada, se hacen dos escaleras que conducen al Terraplen, para que la Tropa ascienda con prontitud à la Muralla, en el caso que ocurra alguna novedad.

En los Rebellines, Hornabeques, ù otra Obra con que se cubran las Puertas de una Plaza, se ha de construir un Cuerpo de Guardia para el Oficial, y Tropa que la guarnezca. La Elevacion, y Plano de la Figura 4, manifiesta la disposicion de este Edificio. El Quarto del

*Fig. 4.* Oficial tiene 14 pies de fondo, y lo mismo de largo; pero al Cuerpo de Guardia para la Tropa se le dà 14 de fondo, y 18 de largo: Delante de este Edificio, se dispone un Corredor con 4 Porticos, cada uno de los quales ha de tener 7 pies de fondo, y lo mismo de frente, dando 18 pulgadas de lado à sus Pilares. Los Muros se hacen de  $2\frac{1}{2}$  pies de espesor, y de 20 de elevacion, incluyendo el antepecho del Texado; y à las Ventanas, y Chimeneas, se les dà las proprias dimensiones que se han señalado para el Cuerpo de Guardia de la entrada de la Fortaleza. Este Corredor se puede cubrir con

con Bovedas, ò con enmaderados segun parezca mejor al Ingeniero.

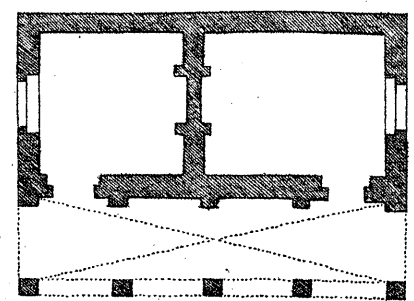
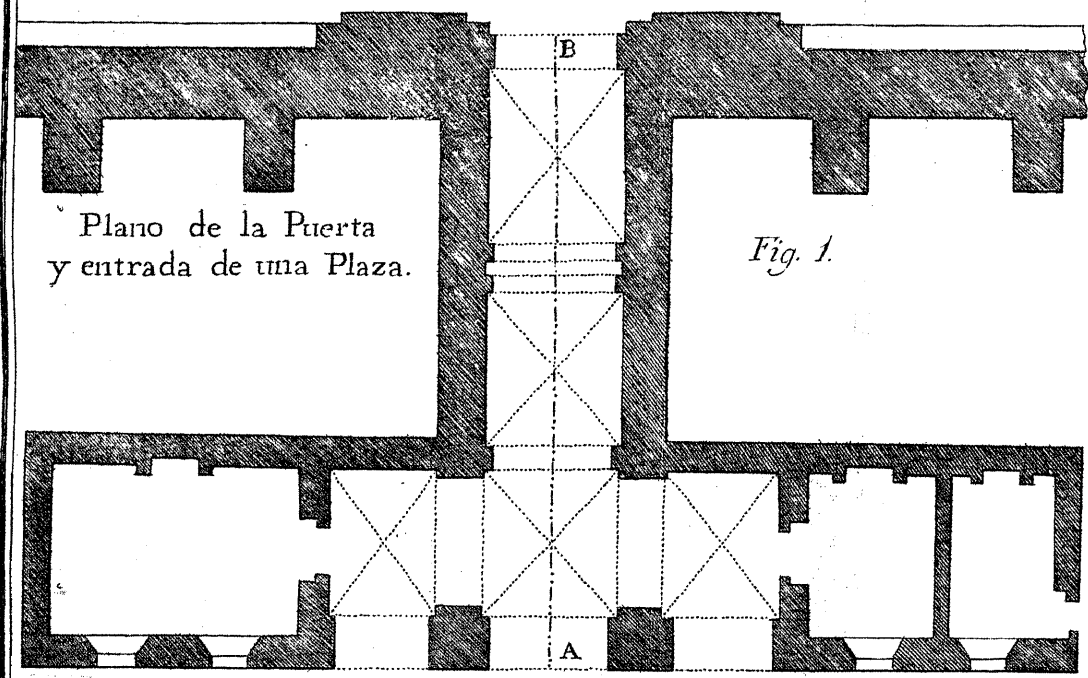
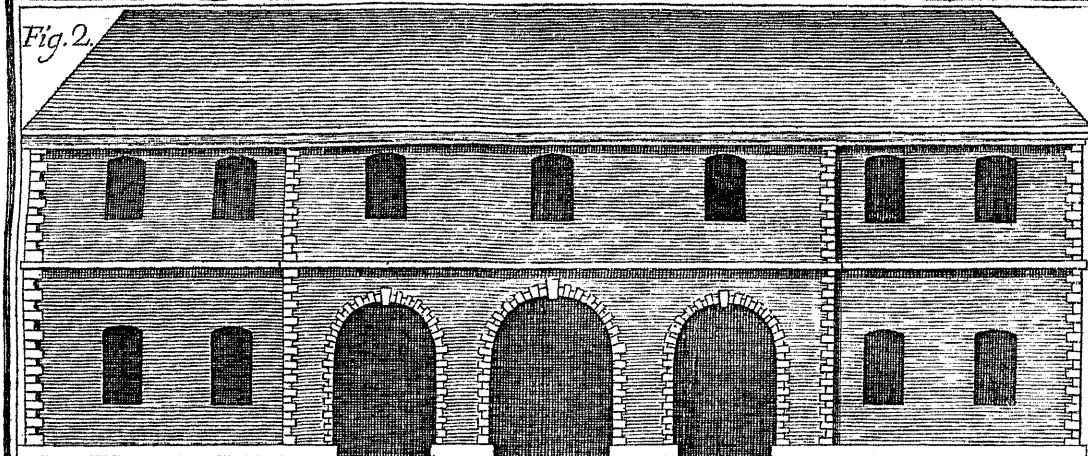
## SECCION XV.

### *De los Puentes.*

**L**As Obras que figuen à las del Cuerpo de la Plaza, y Rebellines, son los Puentes, los quales se distinguen en varias especies, como Puente levadizo, Puente estable de Piedra, ò de Madera, &c. Primero se explicará la construcción del Puente levadizo, por ser la parte mas inmediata à las Puertas de una Plaza, y despues se hablarà de los demás.

Lam. 14.  
Fig. 1.

Al Puente levadizo se le dà ordinariamente 12 pies de ancho, y 14 de largo: Este Puente consiste en un Tablero CB formado sobre un ensamblage de maderos fuertes, de los quales, *b* es el cabezal, que descansa en el primer Pilar del Puente estable; *a* el Exe sobre quien se mueve el Tablero; *c, c, c* &c. los traveseros, que ligan el cabezal con el Exe; cuya trabazon se cubre con los tablones gruesos que se representan en *d*. Las dimensiones de estos maderos, son: al Exe, ò Peynazo sobre quien se mueve el Puente se le dà 14 pulgadas de latitud, y 12 de àltura ò grueso: al cabezal, 12 de latitud, y 10 de grueso: à los traveseros, 6 de la-



Plano de un Cuerpo de Guardia

Elevacion de un Cuerpo de Guardia.

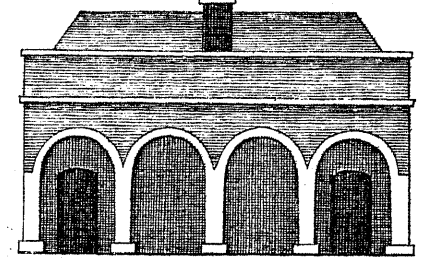
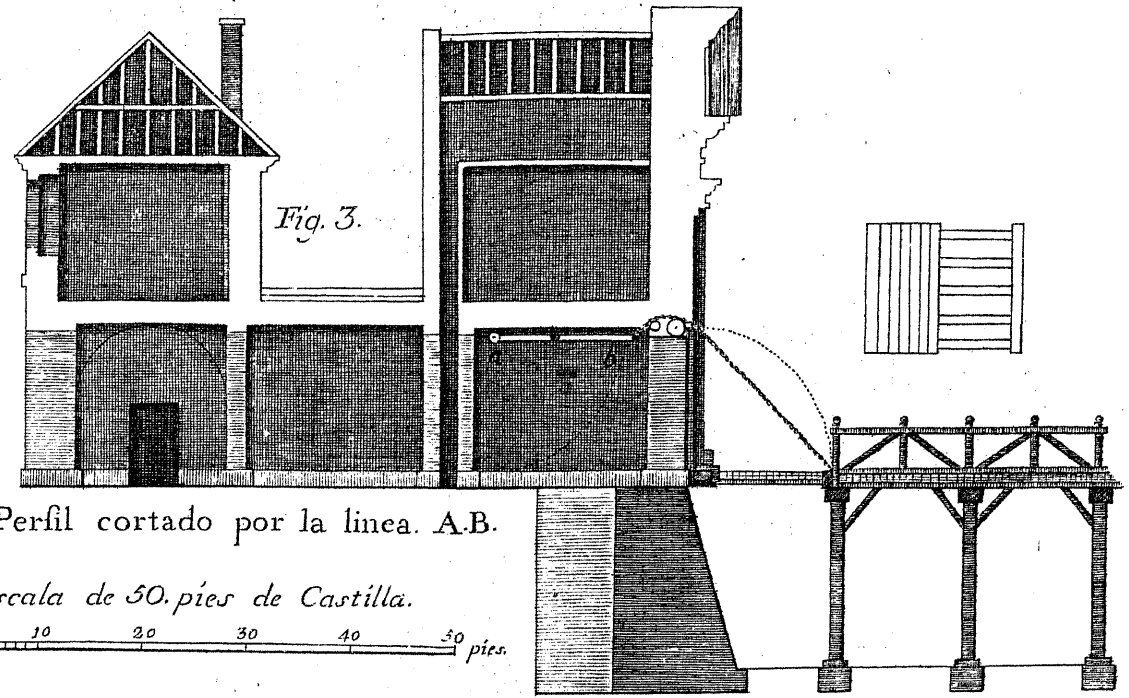
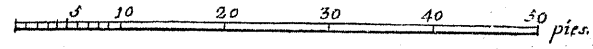


Fig. 4.



Perfil cortado por la linea. A.B.

Escala de 50. pies de Castilla.



latitud, con 7 de grueso; y à los tablones 12 de latitud, y  $2\frac{1}{2}$  de grueso. Para que las tablas no se levanten con el continuo traquero de los Carruages, se sujetan y guarnecen con barras de hierro de 8 pies de largo, y  $2\frac{1}{2}$  pulgadas de ancho, clavandolas sobre las juntas y en el medio de cada tablon con quatro pernos redoblados, y remachados. Los traveseros se espigan al Exe, y Cabezal, y ademàs se les aplica en la parte inferior unas abrazaderas, ò chapas de hierro de 3 pies de largo, para que toda la trabazon resulte bien firme, y robusta. Los muñones A, C, tienen 6 pulgadas de longitud con 3 de diametro, y se clavan y aseguran con fuertes cantoneras à los extremos del Exe *a*, remachandolas con sus pernos. Los anillos para las cadenas se ponen con las mismas precauciones à los extremos del Cabezal en B, y D.

Para mover los Puentes levadizos, se han *Fig. 3.* imaginado y puesto en pràctica varias inventivas: La una consiste en un Contrapeso de maderos trabados y unidos al mismo Puente, en la forma que se representa por la Figura 3; advirtiendole, que los maderos GK, HN que sirven de Largueros del ensamblage, disminuyen sus gruesos desde los muñones E, F àcia los extremos K, N, para que el Contrapeso HE pueda equilibrar con el peso del tablero EN que constituye el Puente levadizo. El todo se mueve sobre los muñones E, F, que juegan en sus



fortamñoneras de hierro, y el Contrapeso tiene su movimiento en un aposento subterraneo, que se construye debaxo del paso de la misma Puerta. Este movimiento se facilita con dos Botadores, que se introducen por dos agujeros practicados en el piso de la Puerta, è impelen al Contrapeso en los puntos G, H, para elevar el Tablero ò Puente; y quando este se ha de baxar, se tira del Contrapeso por medio de dos cadenas asidas à dos argollas, que tiene en sus extremos el mismo Contrapeso, y pasan por sus correspondientes agujeros abiertos en el techo del mismo aposento.

Este metodo, solo puede servir quando el Foso es seco; por que quando fuere de agua, no será facil que el aposento se liberte de ella, sin embargo de todo el cuydado que se tenga en su construccion, y por lo mismo se inutilizarà la madera en poco tiempo y se hará imposible el movimiento del Puente levadizo.

Fig. 1.2.

Otro modo de levantar, y baxar los Puentes levadizos, se reduce à separar el Contrapeso del Tablero, como se manifiesta en la Figura 2, y es lo mas comun. El ensamblage de maderos que forma el Contrapeso, se mueve sobre sus muñones L, P, dentro del paso ò entrada de la Plaza: en los extremos M, Q, se fixan dos cadenas, que pasando por dos poleas situadas sobre la Puerta, están asidas à las argo-

gollas del Puente en B, y D; de forma, que quando se eleva con Botadores ò de otra manera la parte inferior MQ del Contrapeso, toma el Puente su situacion horizontal. Con este metodo se logra la ventaja de cortar el paso à los Enemigos, aun en el caso que hayan hallado arbitrio para romper las cadenas, y hacer baxar el Puente; por que al mismo tiempo, necesariamente ha de quedar vertical el Contrapeso, y por consiguiente cerrará la entrada sin que los Sitiadores lo puedan remediar. Pero à fin de poder salir de la Plaza, quando ocurra el que se rompan las cadenas, se dexa en el Contrapeso un postigo, como W, que solo se abre en caso seguro y necesario. Esta clase de Contrapeso, es la que se representa en la Figura 3. de la Lamina 13.

Adviertase, que para proporcionar el equilibrio con el Puente CB, es necesario sobrecargar el Contrapeso PM àcia el Cabezal MQ; lo qual no es facil de conseguir con la justificacion que se requiere, para que el movimiento del Puente levadizo no sea dificultoso. El unico modo de evitar este inconveniente, consiste en tener maderos, ò pesos à proposito, para ajustarlos y asegurarlos unos sobre otros àcia el Cabezal MQ, hasta lograr el preciso equilibrio del Tablero con el Contrapeso.

Tambien se levanta, y baxa el Puente levadizo, disponiendo el Contrapeso con flechas,

ò pescantes, del modo que se manifiesta en la Figura 4. Este Contrapeso se pone sobre la Puerta, de tal modo que los pescantes EB, FD queden de la parte exterior de la Fachada, y el ensamblage CE àcia la interior, moviendose el todo sobre sus muñones E, F. Las cadenas que suspenden el Tablero, están asidas à los extremos B, y D de los pescantes: à los extremos A, C del Contrapeso, se ponen otras dos cadenas de 9 pies de largo; con sus argollones para tirar y deprimir el ensamblage CE que levanta el Puente levadizo; y para que este baxe, se eleva aquel hasta la altura de 5, ò 6 pies à fuerza de brazo, y despues con Botadores se le dà la situacion horizontal, que tambien toma el Tablero, por su propia gravedad.

Quando està caído el Puente levadizo, se asegura al estable, con dos cerrojos ò pasadores que se le ponen à los lados; y para la seguridad del paso de las Gentes, se aplica una cadena, ò barra de hierro à cada parte del Tablero y à distancia de 4 pies sobre su piso, asegurandolas en el Muro y en los primeros postes de las barandillas del Puente estable.

Facilmente se concibe, que el ensamblage CE debe tener tal peso, que con poca fuerza se pueda elevar el Tablero; y à este fin se dà à los Largucros mayor grueso àcia el Cabezal AC, que àcia los pescantes, como se representa en la misma Figura; y aun sucede muchas

veces, que es necesario suspender Bombas, ò algun otro peso en los extremos A, C, para facilitar el movimiento del Puente.

Este modo de manejar los Puentes levadizos, se ha usado mucho mas tiempo que alguno otro; pero quando se aplica à los del Cuerpo de la Plaza, es preciso desfigurar los adornos de la Portada, con las caxas que en ella se cortan para recibir las flechas del Contrapeso; y à este defecto se agrega el daño que hacen à la misma Portada los grandes golpes de las flechas, siempre que se eleva el Puente. Atendiendo à esta circunstancia, se suelen poner solamente estos Contrapesos en las Obras exteriores, ò en el medio de los Puentes estables: En este caso se sostiene el Contrapeso AD por dos pies derechos de madera, que tengan 14 pies de altura, y sobre ellos se mueven los muñones E, y F. Es verdad, que estando elevado el Puente, ofrecen las flechas con su situacion vertical, demasado objeto à la Campaña, y por lo mismo procuran arruinarlas los Enemigos con el Cañon, para hacer caer el Puente y facilitar el paso; pero como no se ha descubierto otro metodo mejor, se sigue este por precision en toda clase de Obras, y Puentes exteriores.

*Mr. Belidor* propone un nuevo modo de levantar, y baxar los Puentes, que parece preferible à todos los demàs que se practican.

En lugar del ensamblage de maderos, que sirve de Contrapeso, suspende à las cadenas dos pesos cilindricos, los cuales se mueven en una curva (20) à cada lado de la entrada; y por este medio el movimiento del Puente se hace siempre uniforme, quando los cilindros tienen proporcionado peso con el del Tablero: de fuerte, que sin golpear el Edificio, y sin lastimar la Portada, son bastantes dos hombres solos, para manejar el Puente con mucha facilidad. Los Jovenes Ingenieros, que quieran saber la construccion de la curva, y la disposicion de los pesos, pueden consultar la *Science des Ingenieurs* Lib. 4. cap. 5. pag. 39.

#### *De los Puentes fixos, ò estables.*

Los Puentes estables, ò permanentes se hacen de mamposteria, ò de madera, y algunas veces de uno y otro: Su longitud depende de la anchura del Foso, ò del Rio que haya de atravesar: Tambien varian en su anchura; por que los que se establecen en los Fosos de una Fortaleza, rara vez se les dà mas de 16 pies de latitud, que es suficiente para que pasen dos Carruages, aunque nunca se permite que pasen juntos. Pero los Puentes que se construyen sobre

(20) A esta Curva, que muchos dicen de la equilibrio, la llama *Mr. Belidor* la *Sinufoide*.

bre grandes Rios, deben tener à lo menos de 24 à 42 pies de anchura: El de *Fulham* tiene 26, y el de *Westminster* 51, incluyendo las banquetas para la Gente de à pie, y los guardalados.

Si en un Foso seco se hubiere de construir un Puente de Piedra; el modo de establecer los fundamentos de las Cepas ò Pilares, no difiere del que se ha explicado para los Muros: solo se ha de advertir, que como es grande el peso que carga sobre las Cepas, es necesario extender à proporcion la base del Cimiento, el qual siempre se prepara con Pilotage, y Reja de madera, à menos que al tiempo de hacer la excavacion se encontrase un lecho de Piedra, ò otro Terreno de naturaleza muy firme.

Pero quando el Foso fuere de agua, será preciso clavar dos filas de Estacas engargoladas (21) que encerrando un espacio de 4, ò 6 pies de

(21) Por Estacas engargoladas se entiende aqui lo que los Franceses llaman *Palplanches*, y los Ingleses *Dove-tail piles, or planks*; y no son otra cosa que unos Tablones gruesos, que por uno de sus cantos tienen una canal, y por el opuesto una espiga, ò resalte corrido por toda su longitud: Estos Tablones están aguzados por un extremo, y se clavan unos junto à otros à fuerza de mazos, quedando tan unidos, y enlazados por medio de las canales y resaltos, que forman como una sola pie-

de latitud, circuyan todo el Cimientò à 6 pies distante de èl por todas partes : este espacio se rellena de Greda bien apisonada , para que el agua no penetre al Cimientò y se pueda hacer comodamente la excavacion. Tambien se suelen clavar para el mismo fin dos ordenes de Estacas comunes , en la misma forma que las antecedentes , clavandoles Tablas por la parte interior de la faxa que encierran , la qual se maciza con Greda bien apretada , para contener el agua.

Dispuesto este genero de encaxonado , se extrae el agua que incluye , y se profunda la excavacion para el Cimientò, segun queda explicado en la Seccion VII. Este metodo de establecer los fundamentos de un Puente, se sigue por lo regular , mientras el agua no sea muy profunda, ni su corriente muy rapida. Las dimensiones de los Pilares , respecto al claro de los Arcos , como tambien la longitud que corresponde à las Dovelas , se explicarán al fin de esta Obra.

Quando el Puente se hubiere de construir solo de madera , es necesario clavar filas de Estacas reforzadas à travès de la longitud del Puente , y à distancia de 12, ò 14 pies una fila de

---

pieza , muy à proposito para contener el agua. En la Seccion I. de la Parte IV. , se daràn varios Diseños de este genero de Estacas.

de otra : Despues de haber clavado las Estacas quanto haya permitido la naturaleza del Terreno , se deben cortar sobre un mismo nivel; y encima de las cabezas de cada una de las filas ( que constituyen como las Cepas del Puente ) se clava una Viga , ò Durmiente robusto , que las sujeta à todas con buenos pernos de hierro : Sobre estos Durmientes se asientan los Traveseros , que son unos Quartones de proporcionado grueso para resistir al peso que pueda imponerse al Puente ; y luego siguen los Tablones , que se clavan à los Traveseros , y sirven para recibir el empedrado , ò pavimento. Las Figuras 1, 2, 3 representan la Elevacion, *Lam. 15.* Plano , y Perfil de un Puente de la clase que se ha explicado.

Las Estacas A, tienen 14 pulgadas de grueso por uno , y otro lado : los Durmientes B, 16 pulgadas de latitud , y 19 de altura : los Traveseros C , 10 de ancho , y 14 de alto ; y à los Tablones se les dà 4 pulgadas de grueso. Las dimensiones de los maderos que forman la Barandilla , ò Guardalados del Puente , son : à los Postes E se les dà de grueso 4 pulgadas por el frente , y 6 de fondo , y à los Pasamanos *d* , tambien se les dà el mismo espesor ; pero los Traveseros *e* , y las Tornapuntas *f* , se hacen de menos robustez , por que no trabajan tanto.

A cada uno de los Durmientes B, que distan entre sí 12 pies, los sostienen 5 Estacas ò Pilotes, como A: pero quando la altura fuere mayor, será necesario aumentar el numero de Estacas, para que el Puente resulte de la debida robustez. Estos Pilotes conviene que estén mas abiertos en lo inferior, que junto à los Durmientes, segun se representan en el Perfil; pero como es mas facil clavarlos verticalmente, por lo comun se les dà esta posicion: No obstante, respecto que con la Machina nuevamente inventada por *Mr. Vaulvois's* (22), se clavan obliquamente las Estacas, con la misma facilidad que las verticales; es de preferir la situacion obliqua, por que dà al Puente mayor resistencia.

Si el Terreno fuere muy fuerte, ò cascajal, será preciso guarnecer las Estacas con puntas de hierro. Los Estribos de todos los Puentes, siem-  
se

---

(22) La Maquina que cita *Mr. Muller*, inventada por *Mr. Vaulvois's*, celebre Relogero de Londres, es la mas singular, y expeditiva que se ha discurrido para clavar con presteza, así las Estacas verticales, como las obliquas; à lo menos hasta el tiempo en que escribió el Doctor J. F. *De'agulier*; pues con esta recomendacion la explica en el Segundo Tomo de su *Phisica Experimental. Lec. 12. pag. 488*: Pero con mas claridad la trae *Mr. Belidor* en su *Architeçture Hydraulique. Tomo 3. L. 1. Cap. 8. pag. 183*, à cuya Obra puede acudir el Estudioso, si necesitare imponerse en su estructura particular.

se deben construir de mamposteria; por que depende de ellos, en la mayor parte, la firmeza y robustez de todo el Puente.

Quando este se ha de establecer sobre un Rio navegable, importa que las distancias entre Cepa y Cepa, sean mayores en el medio de la corriente que àcia las orillas, para dàr paso à las Embarcaciones; y para evitar que estas choquen contra las Cepas, se clavan sobre las Estacas dos ò tres Tablones, que se eleven algo mas que la superficie del agua. Si la corriente fuere muy rapida, será necesario guarnecer las Cepas con Taxamares de una y otra parte: Estos Taxamares se forman con dos ordenes de Estacas, clavadas en figura triangular, para que las aguas se dividan antes de llegar à las Cepas, y à este fin se aforran con Tablones los mismos Taxamares. De esta suerte està fabricado el Puente de *Fulham*; pero los que se constituyen en los Fosos de las Fortalezas, no necesitan de tantas precauciones.

En los Fosos donde el agua varia de altura, están sujetas las Estacas à podrirse en poco tiempo. Para evitar este inconveniente, importa establecer las Cepas de madera sobre fundamentos de mamposteria, que se eleven algo mas que la mayor altura del agua: Sobre estos Cimientos se asientan fuertes Durmientes, en quienes se espigan y empalman los pies derechos, que han de sostener el Puente. De

este modo , no solo se hará una Obrá de mucha duracion, sino tambien se evitaràn los continuos reparos , que sobre costosos , ocasionan detencion y perjuicios à los que deben pasar el Puente.

Para que los Carruages , y Caballerías no destruyan la tablazon del piso , se cubre con un pie de Arena ò de Cascajo , y aun se empiedra por lo comun , especialmente en las Plazas de Armas. El Cascajo ò el empedrado , se dispone con un lomo en el medio , para que las aguas llovedizas se difundan al Foso sin penetrar à las maderas. De esta suerte està representado el pavimento del Puente en las Figuras 1. 2. 3.

Algunos Archîtectos quieren, que las Estacas se claven , de suerte, que la parte que era cepa del Arbol quede àcia baxo , y la que estaba àcia las ramas constituya la cabeza de la Estaca; y otros opinan todo lo contrario. La razon que alegan los primeros para seguir esta pràctica, es: que las maderas se deben emplear en la misma disposicion que se crian , para que se conserven mas tiempo , respecto que sus fibras no variaràn de este modo su propria natural situacion. Los de dictamen opuesto sostienen , que siempre que se corten y claven en esta forma, hay bastante motivo para creer, que el agua se introducirà con mucha facilidad por aquellas partes de donde se cortaron

las

las ramas, y por consiguiente , que en poco tiempo quedaràn inutiles las Estacas: Pero que clavandolas en contraria posicion , despediràn naturalmente toda el agua , sin que pueda hacer daño à la madera.

Volviendo à los Puentes de comunicacion , que se construyen en las Plazas , se ha de tener presente : que los Sitiadores procuran siempre destruirlos con Fuegos Artificiales, Balas, y Bombas , para impedir que las Obras exteriores sean focorridas por la Guarnicion de la Fortaleza. Para evitar este daño , es preciso dàr à estos Puentes , la menor altura que se pueda ; esto es , si los Fosos fueren de agua, se debe establecer el piso del Puente inmediatamente sobre el nivel de las aguas , y algunas veces un pie mas baxo ; à cuyo fin , y para ahorrar gastos, se clavan filas de Pilotes robustos, de 12 en 12 pies, hasta atravesar la anchura del Foso , y en la forma que se ha explicado anteriormente : Las cabezas de las Estacas en cada una de las filas , se cubren con buenas Vigas , ò Durmientes clavados con pernos de hierro , y sobre estos Durmientes , se tienden unos Tableros hechos à proposito , los quales se conservan almacenados , mientras no hay necesidad de pasar el Puente.

Quando el agua fuere de bastante profundidad , se tiene à prevencion un competente numero de Lanchas , para atravesar desde la

Cor-

Cortina al Rebellin , en el caso que se inutilice el Puente. Los que conducen desde los Rebellines à las Contraguardias, Lunetas , ò Camino cubierto , se establecen siempre àcia los angulos de la espalda, quando no hay Flancos; y para su comunicacion con las Obras de donde salen , se abre en el Terraplen, y Parapeto de estas el correspondiente paso.

Como la pequeñez de esta Obra no permite incluir en ella un tratado completo sobre la construccion de los Puentes, sino solo quanto baste para la instruccion de un Joven Ingeniero , atendiendo à lo que ocurre con mas frecuencia en la pràctica ; no me detendré en explicar la Fabrica de varios generos de Puentes de madera , que se hacen con uno ò diferentes Arcos , y de los quales tratan diversos Autores ; ni tampoco hablarè de los Puentes volantes , ò movibles, por no estar en pràctica en este Pais (23).

#### A D I C I O N.

*De los Puentes de Madera que se establecen en los Rios.*

(23) **L** Os Puentes de Madera que se establecen sobre los Rios, pueden ser Movi-  
bles, Volantes, Provisionales, y Fixos. De la  
primera especie son los que se construyen so-  
bre

bre Barcas ò Pontones , que se elevan ò desprimen, segun la altura que toman las aguas, como el Puente de Sevilla sobre el Guadalquivir , y el de Tortosa sobre el Ebro. Los Puentes Volantes no son otra cosa, que unas Barcas chatas de proporcionada capacidad, para recibir à su bordo las Gentes , Caballerias, y Carruages que han de pasar el Rio; las quales à la ayuda de una maroma , asegurdas à las dos riberas , se transfieren de una à otra con los pasajeros : como las Barcas de Azeca sobre el Rio Tajo , y otras muchas que hay en España.

Los Puentes provisionales tienen su principal uso en la Guerra : sirven para el paso pronto de un Exercito , y luego se deshacen: su construccion es diversa, segun las ocasiones, y circunstancias que se presentan. Algunas veces se forman sobre pequeñas Barcas de Cobre, hoja de Lata , ò Cuero: Otras se establecen sobre Boyas hechas con Tonelles, Pellejos llenos de viento, grandes Maderos ahuecados y embreados , ò bien sobre Balsas compuestas de Tablones , ò faxos de cañas, ò otra materia ligera; y finalmente en algunas ocasiones conviene construirlos sobre filas de Estacas , clavadas en el fondo del Rio : De esta clase, dice *Palladio* (a),  
fue

(a) *Architettura de Palladio Part. III. Cap. 6.*

„ fuè el que mandò hacer *Julio Cesar* sobre el  
 „ *Rhin*, para estender sus Conquistas.

„ Los Puentes fixos ò permanentes, son  
 „ los de mayor consideracion: por que desti-  
 „ nados para el uso, y comodidad del Público,  
 „ deben subsistir todo el tiempo que sea posi-  
 „ ble. A este fin, es necesario construirlos con  
 „ mucha solidez, empalmando y trabando  
 „ las maderas de tal modo, que no solo pue-  
 „ dan resistir al continuo paso de las Gentes, y  
 „ Acemilas; sino tambien al peso que se les  
 „ imponga con toda clase de Carruages, y Ar-  
 „ tilleria. Estos Puentes se hacen de dos mane-  
 „ ras: ya sobre filàs de Estacas, que sostienen el  
 „ enmaderado Plano que forma el paso, co-  
 „ mo el que se expresa en la Seccion antece-  
 „ dente, ò redoblando las Estacas en cada Cepa,  
 „ segun tenemos uno en Fraga sobre el Rio  
 „ Cinca; y ya sobre Pilares de Piedra, que  
 „ habiendo de resistir solo al peso de las made-  
 „ ras, y al que ocasione el pasage, no necesi-  
 „ tan ser tan robustos como si hubiesen de  
 „ mantener Arcos de mamposteria. De esta  
 „ clase de Puentes se hallan muchos en *Italia*,  
 „ algunos en *Francia*, y no pocos en *Inglaterra*.

„ Aunque en España no estàn muy en uso  
 „ los Puentes de madera, singularmente los  
 „ que se construyen con Pilares de mamposte-  
 „ ria y ensamblages en forma de Arcos; aten-  
 „ dien-

„ diendo à lo util que pueden ser en muchas  
 „ ocasiones, se añaden aqui algunos Diseños,  
 „ acompañados de la explicacion necesaria  
 „ para hacer inteligible su estructura, y fabri-  
 „ ca, por si ocurriendo la precision de esta-  
 „ blecer alguno, no hubiere fondos suficientes  
 „ para hacerlo de mamposteria, ò lo impi-  
 „ diesen las circunstancias y naturaleza del  
 „ Rio.

„ En las Figuras 1. y 2. se manifiesta el *Lamina*  
 „ Plano y Elevacion de un Puente de madera, <sup>1. A</sup>  
 „ que se executò sobre el Rio *Cismone* entre *Fig. 1. 2.*  
 „ las Montañas que separan la *Italia* de la *Ale-*  
 „ *mania*. Este Puente lo describe *Palladio* (a)  
 „ con particular recomendacion, no solo por  
 „ su hermosura, comodidad, y robustez, sino  
 „ tambien por ser de invencion tan ingeniosa,  
 „ que sin Arcos, ni mas Pilares que los Estribos,  
 „ se abrazò con un tramo de ensamblage la  
 „ anchura de 100 pies *Vicentinos*, que hacen  
 „  $42 \frac{1}{3}$  varas de Castilla. A este recurso obli-  
 „ gò la mucha rapidez que llevan las aguas  
 „ de aquel Torrente; pues el choque de los  
 „ Arboles, y Piedras que acerrea en tiempo de  
 „ lluvias, arruinava continuamente los Pila-  
 „ res. Por las mismas circunstancias, y en algu-  
 „ nos casos, podrà tener en España muy util  
 „ aplicacion este genero de Puente, cuya dis-  
 „ posicion es como se sigue.

Tomo I.

Yy

„ La

(a) *Arch. de Palladio Cap. 3.*



„ La distancia AB, que hace la longitud  
 „ entre los Estribos X, X fabricados de mam-  
 „ posteria contra los ribazos del Rio, se dividió  
 „ en 6 partes iguales con 5 Maderos ò Cabe-  
 „ zales, como C, de 14 pulgadas de grueso, y  
 „ de proporcionada longitud à la anchura del  
 „ Puente: Sobre los extremos de estos Cabe-  
 „ zales se colocaron unas Vigas, como D,  
 „ bien ajustadas por sus cabezas para formar las  
 „ Soleras de los guardalados: Encima de los  
 „ empalmes de estas se pusieron los Postes E,  
 „ que se ligaron fuertemente con los Cabeza-  
 „ les y Soleras, por medio de barrotes, abra-  
 „ zaderas, y pernos de hierro: Al mismo tiem-  
 „ po se enlazaron cada tres Postes por sus ex-  
 „ tremos superiores con riostras como F, de  
 „ las quales las dos extremas, haciendo officio  
 „ de Tornapuntas y estribando en la parte  
 „ firme de las Soleras, enrallan à la interme-  
 „ dia con mucha fortaleza; y ademàs se traba-  
 „ ron con riostras, ò pequeñas Tornapuntas  
 „ G para la mejor union del todo. De manera,  
 „ que los Cabezales, Soleras, Postes, Riostras,  
 „ y Tornapuntas, forman un ensamblage tan  
 „ solido, que lexos de poder ceder con el ma-  
 „ yor peso que se le imponga, necesariamen-  
 „ te ha de aumentarfe su robustez y firmeza,  
 „ como lo persuade el exâmen del mismo Di-  
 „ seño. Despues se colocaron sobre los Cabeza-  
 „ les los Traveseros H, que recibieron la tabla-  
 „ zon,

„ zon, y empedrado del Puente, el qual re-  
 „ sultò con la ventaja de tener su piso casi en  
 „ el mismo nivel de los Caminos.

„ El mayor grueso de los Maderos que se  
 „ emplearon para este ensamblage no excedió,  
 „ segun dice el mismo Autor, de 14 pulgadas  
 „ de alto y 10 de ancho; pero à los Travesero-  
 „ ros aun se les diò menor robustez, por que  
 „ toda la firmeza depende del buen enlace de  
 „ los Guardalados, y Cabezales.

„ Entendida la trabazon, y enlace de  
 „ este Puente, serà facil concebir la disposicion  
 „ de los que representan los demàs Diseños de  
 „ la Lamina 1. A, pues todos se componen de  
 „ Cabezales, Soleras, Postes, y Riostras em-  
 „ palmados de la misma suerte para consti-  
 „ tuir la firmeza del enmaderado.

„ La Figura 3 manifiesta el ensamblage Fig. 3.  
 „ de un Puente de madera, que segun *Mr. Fa-*  
 „ *yolle*, citado por *Mr. Gautier (a)*, se ha exe-  
 „ cutado en Francia con mucho credito so-  
 „ bre diferentes Arroyos de muy rapida cor-  
 „ riente, dandoles 10 toesas ò bien  $23 \frac{1}{3}$  va-  
 „ ras de Castilla desde un Estribo à otro, que  
 „ se construyeron de mamposteria à los dos  
 „ margenes del agua.

„ El Puente que representa la Figura 4, Fig. 4.  
 „ que le trae *James Smith (b)*, se comprehen-  
 „ de

(a) *Traite des Ponts. Chap. 23.*

(b) *The Carpenters companion. pag. 31*

„ de en una porcion de Semicirculo: Las Riof-  
 „ tras ò Peynazos A , que encadenan los Pof-  
 „ tes B , deben fer paralelas à las Soleras C ,  
 „ trabando al mismo tiempo los Postes con  
 „ Rioftras en forma de Aspas , como D. Los  
 „ Postes han de fer en numero par , à fin que  
 „ los dos del medio con su Aspa, Solera , y  
 „ Rioftra , firvan como de clave que sujeta al  
 „ Arco ; pero los de los extremos, como E , y  
 „ F, es preciso apoyarlos contra un Muro fir-  
 „ me , ò contra otros Arcos , para que todo el  
 „ ensamblage permanezca seguro.

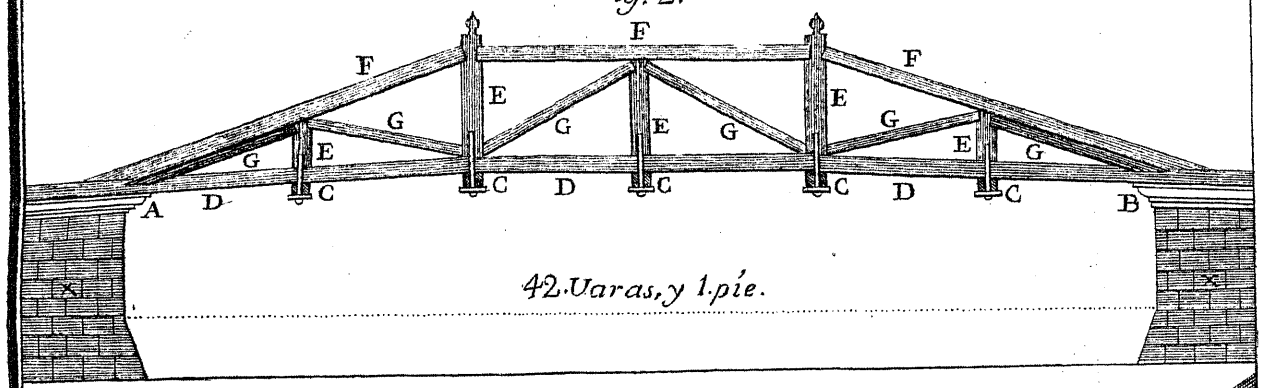
Fig. 5. „ *Palladio* (a) propone otro genero de  
 „ tejido de maderas para un Puente , que aun  
 „ es mas primoroso , y mas fuerte que el del  
 „ anterior Diseño , como se puede ver en la  
 „ Figura 5 ; pues dirigiendose los Postes A àcia  
 „ el Centro del Circulo , de quien es porcion  
 „ el mismo Arco, queda este dividido en Dove-  
 „ las , que contribuyen mejor à la firmeza y  
 „ seguridad del ensamblage: Pero en todo lo  
 „ demàs no difiere su disposicion de la idea an-  
 „ tecedente. La longitud de los Postes , quiere  
 „ *Palladio* que sea igual à una oncena parte  
 „ del claro CD ; y añade, que este genero de  
 „ Puentes ( Figuras 2, 4, 5, ) son aplicables à  
 „ qualquiera anchura que convenga , aumen-  
 „ tando ò disminuyendo à proporcion cada  
 „ una de sus partes.

„ Ade-

---

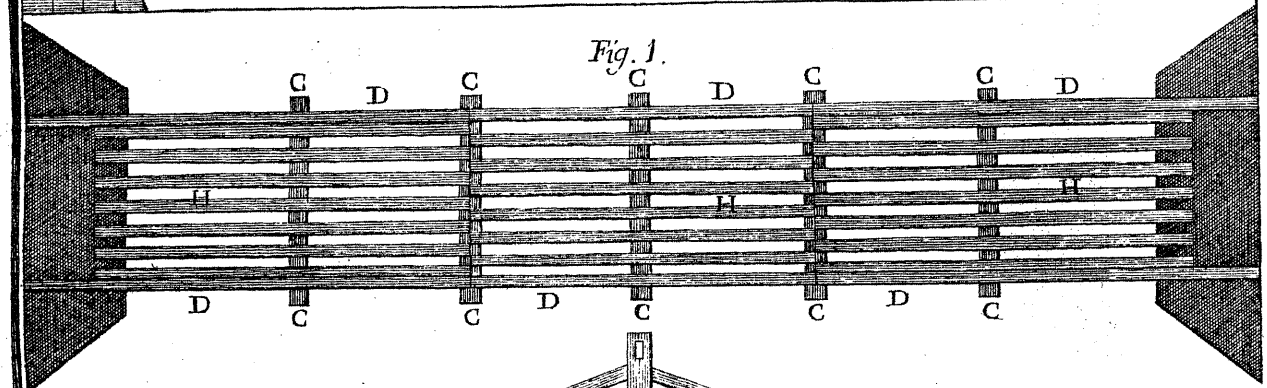
(a) *Arch. Part. III. Cap 9.*

Fig. 2.



42. Varas, y 1. pie.

Fig. 1.



23. Varas, y 1. pie.

Fig. 3.

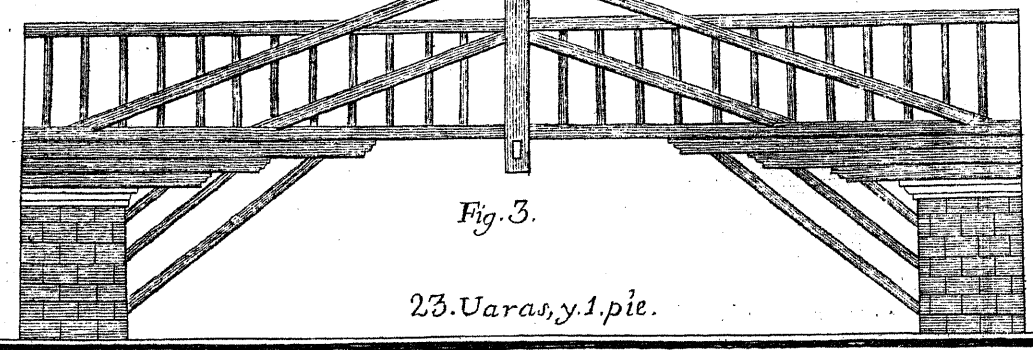


Fig. 4.

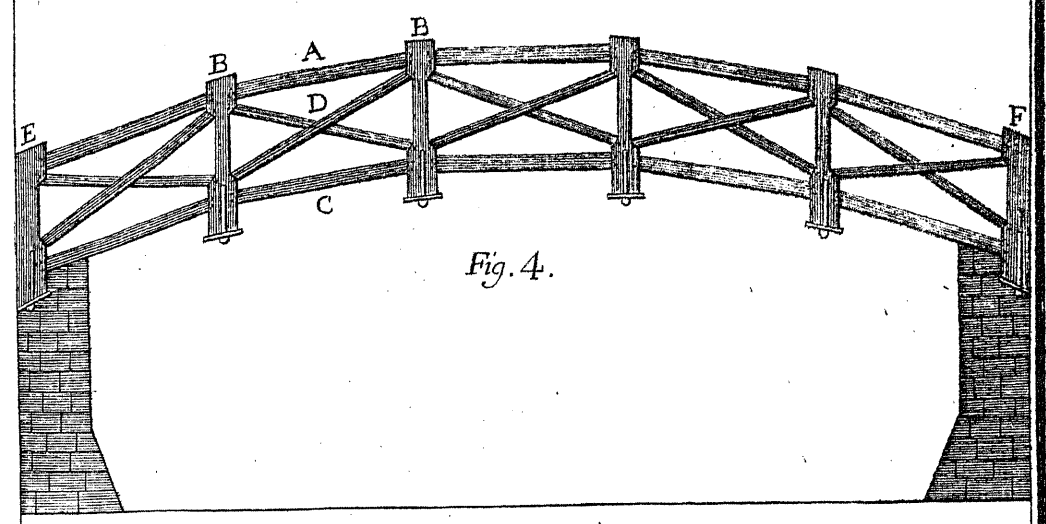
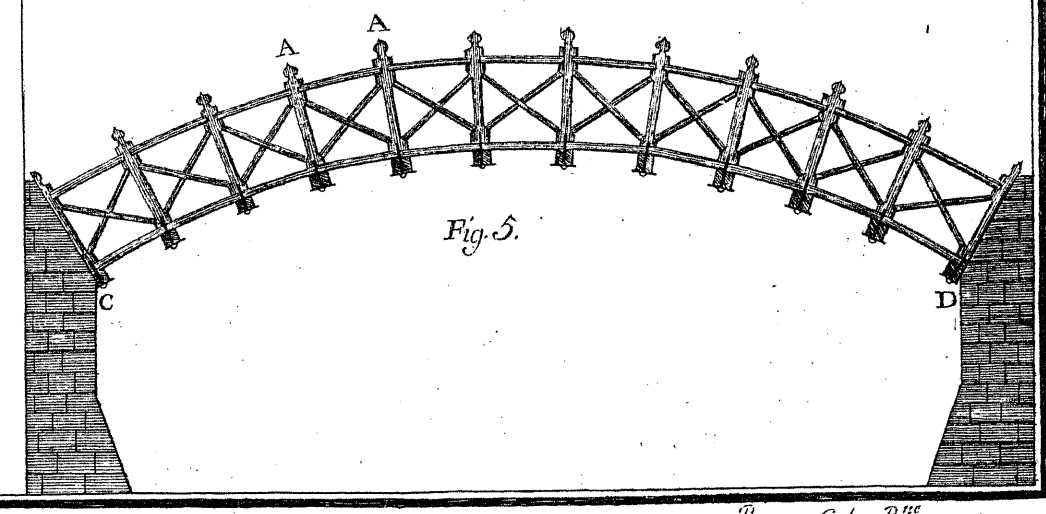


Fig. 5.



„ Ademàs de los Diseños que aqui se han  
 „ dado para algunos Puentes de madera , se  
 „ encuentran otros muchos , y de primorosa  
 „ inventiva , así en los tres Autores citados,  
 „ como en la *Science des Ingenieurs* de Mr. Be-  
 „ lidor , à cuyas Obras puede acudir el estudio-  
 „ so si necesitare mayor conocimiento sobre  
 „ este asunto.

## SECCION XVI.

*De los Rastrillos, Puertas, y Peynes.*

**E**N la Figura 5. se representa un Rastrillo de Lam. 15.  
 los que ordinariamente sirven para cerrar Fig. 5.  
 las Surtidas del Camino cubierto en las Forta-  
 lezas. Su latitud ò anchura es de 16, ò 18 pies,  
 y su altura de 10 , ò 12. Los dos Postes A , B,  
 que sirven de batientes para las Puertas, tienen  
 un pie de grueso ; pero la parte C que debe  
 entrar en el Terreno , se dexa sin labrar , y se  
 le dà 6 pies de largo para su mayor firmeza: El  
 Umbral D, se hace de la misma latitud que los  
 Postes , pero de 6 pulgadas de alto solamente.  
 Los Cercos, y Peynazos de esta Barrera, se ha-  
 cen de 6 à 7 pulgadas de grueso , y à las Estacas  
 ò Barras se les dà de 3 à 4, sujetandolas à todas  
 con una Riostra del proprio espesor puesta  
 en diagonal. Estos Rastrillos se aseguran con un  
 barrote de hierro , que se mueve sobre un per-  
 no,

no ò Exe, de tal modo que quando se eleva por un extremo se baxa por el otro, y entallado el uno en una Armella, se sujeta el opuesto con un pasador, cadena ò llave, en la forma que manifiesta la Figura.

Lam. 14.  
Fig. 4.

La Puerta principal de una Plaza se hace de dos hojas, para que se pueda abrir y cerrar comodamente: cada una se compone de Cercos y Peynazos, contra quienes se clavan gruesos Tablones, que por la parte exterior se guarnecen con chapas de hierro hasta la altura de 8, ò 9 pies, y diferentes barrotes con sus clavos à cabeza de diamante, para que sea dificil el arrancarlos. Estas hojas de Puerta tienen su movimiento por un fuerte quicio de hierro A, que estriba sobre un dado de la misma materia, y en la parte superior àcia B se le clavan bisagras muy robustas, enlazadas en sus machos que están de firme en el Muro. En una de las hojas se suele disponer un Postigo, como C, para la precisa comunicacion de las Tropas en tiempo de Sitio, y tambien para salir al romper del dia à hacer la descubierta y reconocer las avenidas de la Plaza.

Fig. 5.

El Peyne consiste en un Enrejado de gruesas Estacas verticales clavadas à otras horizontales, en la forma que se manifiesta por la Figura 5: El Peynazo inferior, como asimismo las Estacas verticales hasta la altura de 8 pies, se cubren con chapas de hierro, para que

que no sean destruidas facilmente. Esta Barrera se suspende por dos cadenas amarradas en A, y B, y envueltas en un Torno que se coloca sobre el paso de la Puerta, por cuyo medio se hace caer quando conviene, para detener al Enemigo en el caso que haya ganado la entrada. En mi opinion son mas ventajosos los Peynes que no los Organos; por que estando bien herradas sus Estacas, no podrá el Enemigo destruirlas aunque se acerque, y al favor de ellas tendrán buena ocasion los Sitiados para defender el paso; además que sobre este se dexa en la Boveda un Matacàn ò Abertura, para arrojar Piedra y Metralla con que se embarrasa mucho al Enemigo (24).

#### SEC-

(24) El uso del Peyne se inutiliza luego que se le ponga debaxo algun obstaculo, como lo hace ver Don Sebastian Fernandez de Medrano (a); y por la misma razon le repruba el Brigadier Don Pedro de Lucuze en su Diccionario de Fortificacion (b), manifestando que el Organo es mas provechoso, por la facilidad con que se cubre el defecto de una Estaca rompida, por que luego cae el restante trozo. El expresado Diccionario, le he leído manuscrito, y es lastima que una Obra como esta no se imprima pronto, para utilidad del Servicio de S. M., y facil instruccion de todo el Exercito: pues en un pequeño volumen se comprehenden las mejores, y mas importantes maximas de Fortificacion, y del Arte de la Guerra que deben saber todos los que siguen el noble Exercicio Militar.

(a) *El Architecto perfecto lib. 2 pag. 138.*

(b) *Diccionario de Fortificacion. numeros 175, 176.*

*De las Garitas, y Necesarias.*

**M**Ucho tiempo se ha seguido la práctica de construir de Piedra cortada las Garitas, colocandolas en los angulos salientes de los Baluartes y de las Obras exteriores; pero habiendo mostrado la experiencia, que en esta forma son provechosas à los Sitiadores para dirigir por ellas sus ataques con acierto, se hacen por lo comun de madera y portatiles, à fin de situarlas donde mejor convenga. Lo mas regular es ponerlas sobre el Parapeto en la mitad de las Caras, en cuyo parage se hacen unos escalones de Piedra, ò de Madera para que suba la Centinela à la Garita: De este modo se evita que el Enemigo se utilice de ellas en perjuicio de la Plaza, y sobre esta ventaja, se logra la de su menor coste y facil manejo.

La Figura que ordinariamente se dà à las *Fig. 6.7.* Garitas de madera, es la de planta quadrada, ò pentagona: De esta ultima especie serà la que explicaremos aqui; por que dirigiendo uno de sus angulos àcia la Campana, se descubren mejor por los lados adyacentes, todas las inmediaciones. Los lados AB de la base, se hacen de  $3\frac{1}{2}$  pies, ò 4: al cuerpo de la Garita se le dà 7 pies de altura, comprehendi da des-

desde C hasta D, y se cubre con una Montera, cuyos cinco Planos tengan proporcionada inclinacion para que no se detengan las aguas quando llueva. Los maderos que forman el ensamblage del Suelo, deben resaltar un pie por todas partes, à fin que aumentandose la base, pueda resistir mejor al impulso de un fuerte viento; y no siendo suficiente esta precaucion, convendrã asegurarla con Estacas, que se clavan en el mismo Parapeto. En cada frente de la Garita se dexa una aspillera, ò ventanilla de 4 pulgadas de ancho, y un pie de alto. El Plano y Elevacion del todo, es tan claro que no necesita de mas explicacion para entenderse.

Para la Casa del Gobernador, Almacenes, y Quarteles, se hacen las Garitas de forma *Fig. A.* quadrangular; por que solo tiene que invigilar la Centinela uno ò dos parages: A la base se le dà 4 pies de lado, y en lo demàs no se diferencia su Fabrica de la antecedente; pero se procuran hacer muy ligeras, para trasportarlas con facilidad de un lugar à otro (25).

Tomo I.

Zz

Las

(25) En tiempo de Sitio ya se sabe, que asi las Garitas de Piedra, como las de Madera que se presentan en los Frentes del ataque, son los objetos à quienes se dirigen los primeros tiros; y por lo mismo, que unas y otras padecen luego su ruina: Pero atendiendo à que no siempre estàn las Plazas en Guerra viva, y à la corta du-

Las Necesarias se deben situar sobre los Rios, para evitar en lo posible los efectos de su mal olor: pero en las Plazas donde no haya esta proporcion, se disponen en las Cortinas, abriendo un paso en el Parapeto, y sosteniendolas con Tornapuntas de hierro, para que se abancen en el Foso hasta quedar fuera de la Escarpa del Muro principal; cuidando al mismo tiempo de no acercarlas à las Poternas, para que no incomoden su uso. Mejor sería construir los Comunes en el declivio del Terraplen, y sobre los Husillos, ò Atarxeas principales; por que el agua de las lluvias las conservaría siempre limpias, y se evitaría el daño que puede ocasionar la corrupcion de las materias detenidas.

## SEC-

duracion de las Garitas de madera, se hacen preferibles las que se construyen de piedra, no solo por que dãn à las Fortalezas cierto àire de magestad y decoro, que no pueden las de madera; sino tambien por que resultan de menos costo, con motivo de su mayor permanencia. Por esta razon se añade en la Lamina 14. el Plano B, y la Elevacion C de una Garita exàgonal de piedra cortada, propia para situarla en un angulo saliente de los del Cuerpo de la Plaza: Y como todas sus dimensiones estàn arregladas con exàctitud à la escala que acompaña, se omite su explicacion en beneficio de la brevedad. Este mismo Diseño es suficiente para hacer las Garitas circulares, ò pentagonales de piedra; pues sin variar las alturas del todo y de sus partes, no hay mas que determinar su base, de tal fuerte que la Centinela tenga bastante capacidad para recogerse.

## SECCION XVIII.

*Distribucion de las Calles, y Casas de una Fortaleza.*

Antiguamente se fabricaban las Ciudades sin mas regularidad, ni simetria que la que à cada Artifice le dictaba su mismo capricho: pero en estos tiempos, siempre que se ha de fortificar algun parage que no està ocupado por Casas ò Edificios, se atiende con especial cuidado à disponer todas sus partes en la mejor forma posible. Para esto es necesario dár al Terreno un mismo nivel à iguales distancias del Centro de la Plaza, descendiendo gradualmente desde este punto con un declivio suave, hasta los Terraplenes, para que el agua de las lluvias tenga facil salida al Foso.

Algunos Ingenieros Alemanes, quieren que todas las Calles, saliendo del Centro de la Plaza, se dirijan al medio de los Baluartes, y Cortinas; pretendiendo, que de este modo las Tropas que se unen en la Parada, podrán transferirse con mayor brevedad à los puestos del Recinto, donde sea precisa su asistencia: Pero aunque esta idea pueda ser util en tiempo de Sitio, resultan las Casas, y Edificios con angulos tan agudos, que imposibilitando en mucha parte el uso que deben tener, ocasionan

graves inconvenientes; y por lo propio nunca se podrá seguir esta práctica.

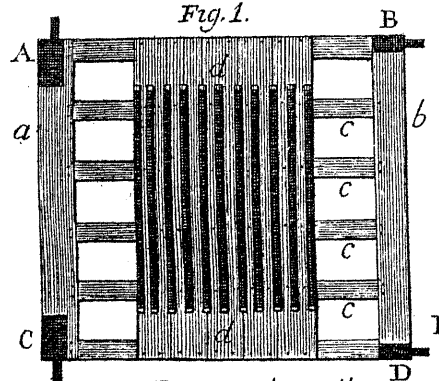
No solo se ha de atender à la regularidad de las Calles, sino tambien à la mejor situacion de los Edificios Militares: como la Casa del Gobernador, Cuarteles, Arsenales, y Almacenes para polvora y municiones. La Casa del Gobernador tiene su proprio lugar en medio de uno de los lados de la grande Plaza, en frente de la Iglesia principal, de tal suerte, que desde sus Ventanas, y Balcones pueda ver formadas las Tropas, y la Guarnicion sobre las Armas. En esta Plaza tambien debe haber un Cuerpo de Guardia para el sosiego del Pueblo, y para mantener las Centinelas de la Puerta del Gobernador, y de los Almacenes inmediatos. Los demàs Cuerpos de Guardia se distribuyen à las Puertas de la Fortaleza, y algunas veces se pone uno junto à los Cuarteles. Los Almacenes para municiones y pertrechos, deben situarse cerca del Terraplen, y los Repuestos de polvora en las Golas de los Baluartes, à fin de que en tiempo de Sitio se tengan à la mano estos efectos.

En las Plazas de Guerra situadas à los margenes de la Mar, ò de Rio navegable, conviene que los Arsenales de Marina estèn lo mas cerca que sea posible del Puerto donde anclen los Baxeles; pero los que se destinan para el servicio de tierra, deben colocarse àcia la parte de la Campaña.

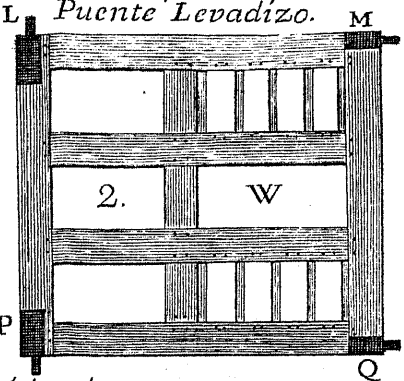
Quan-



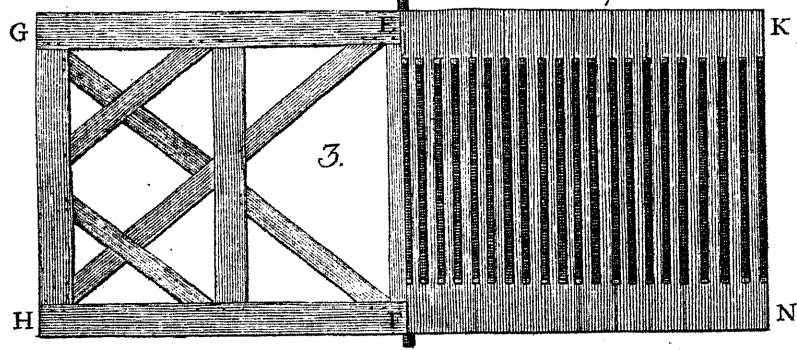
Puente Levadizo.  
Fig. 1.



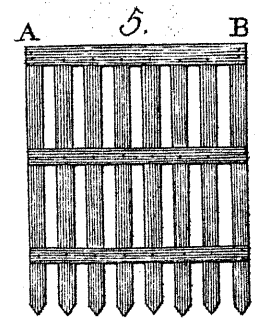
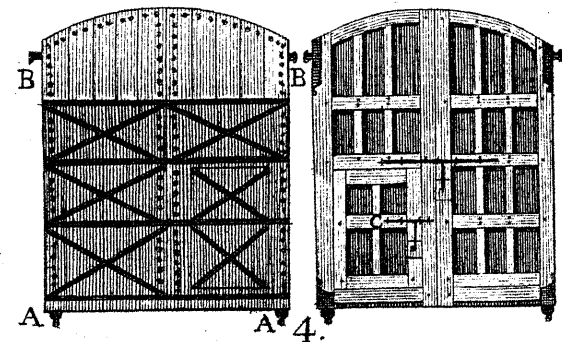
Contra peso de un  
Puente Levadizo.



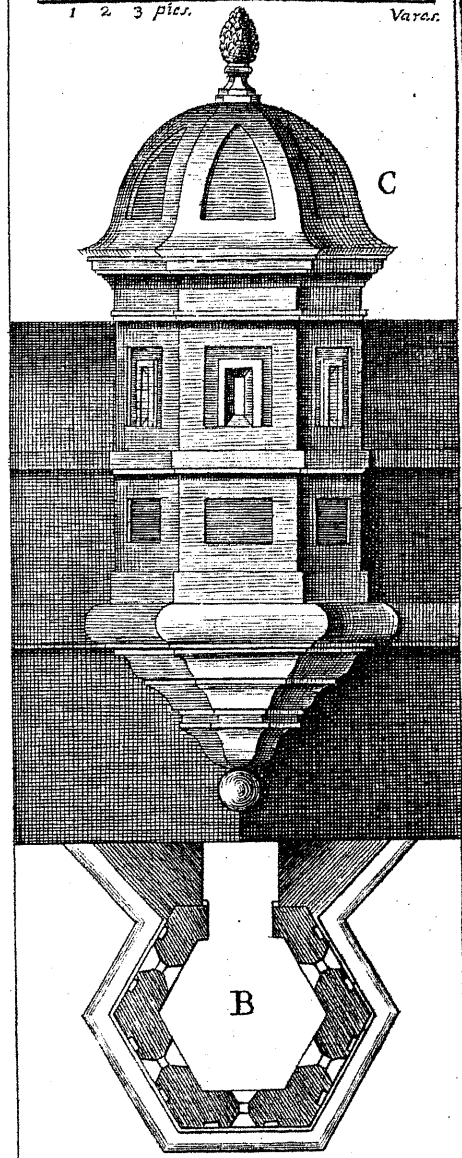
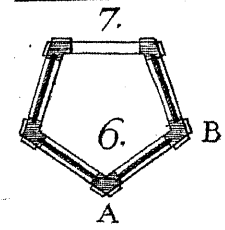
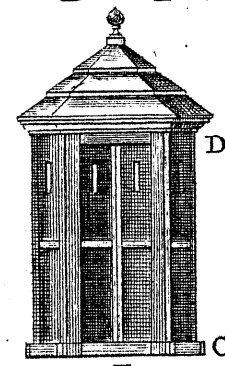
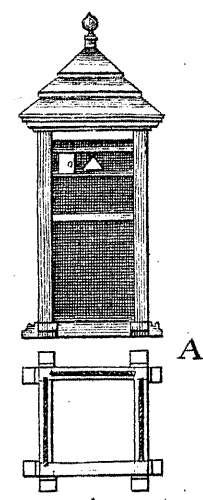
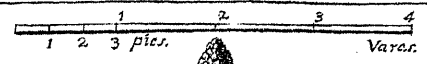
Puente levadizo unido al contrapeso.

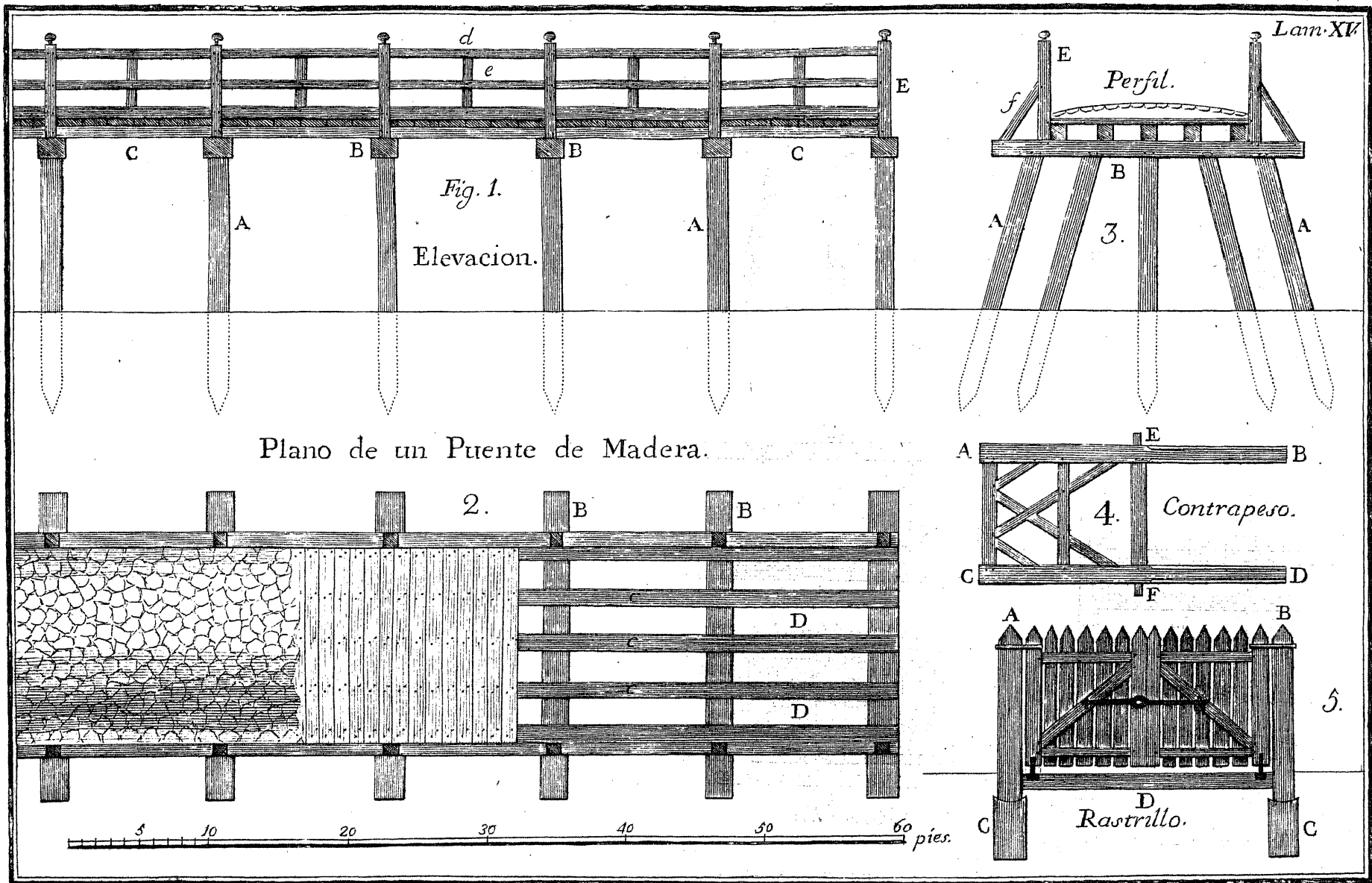


Puerta.



Lam. XIV.





Quando la Fortaleza es muy grande , y por consiguiente, que hay capacidad para construir los Edificios con desahogo , importa dexar al uso público diferentes Plazuelas: Pero si el Recinto ofrece corta extension, y es necesario aprovechar el Terreno , será preciso hacer una Plaza à lo menos en el Centro de la Fortaleza , proporcionando con la magnitud de esta la de aquella. El uso de estas Plazuelas , no solo es para que sirvan de mercados, sino tambien para congregarse , y formar la Tropa en la principal de ellas. *Mr. Belidor* es de dictamen, que à una Fortaleza de 6 Baluartes, cuyo Lado exterior sea de 420 varas , le corresponde una Plaza de 94 à 106 varas de lado: à la de 7 Baluartes , una de 128 à 140 varas de lado: à la de 8 Baluartes , una de 163 à 175 : à la de 9, ò 10 Baluartes , una de 186 à 198 ; y ultimamente, à la de 11, ò 12 Baluartes, una de 210 à 222 varas de lado: Pero añade que el Ingeniero empleado en estas Obras , podrá siempre determinar con mas precision la magnitud que convenga dár à estas Plazas.

En el paso cubierto de las Puertas de las Fortalezas , y àcia la parte interior, se dexan ordinariamente unos Porticos, en la forma que se ha explicado en la Seccion XIV. , no solo para desahogo de la Tropa y espacio en que se junte à defender la entrada ; sino tambien para que los pasajeros que entren no embarazen à los que falgan.

Por

Por lo que toca à las Calles principales, se ha de atender à dirigir las desde la Plaza del Centro, àcia las Puertas de la Fortaleza, à los Terraplenes, à la Ciudadela, y Puerto si lo hubiese, para que se puedan enfilear con la Artilleria y Tropas, en caso de temerse alguna sorpresa. Las Calles de travesia deben ser paralelas unas à otras, y perpendiculares à las principales, de forma, que todos los Edificios resulten sobre planta rectangular.

La anchura que ordinariamente se señala para las Calles principales, es la de 42 pies, à fin que permitan paso à tres Carruages juntos, y dexen lugar para la Gente de à pie y de à caballo: pero las demás Calles tienen bastante con la mitad de esta anchura ò poco mas, por que rara vez pasaràn por ellas dos Carruages à un mismo tiempo.

En orden à la distancia desde una Calle à su inmediata paralela, la determinan los Autores con mucha variedad: *Mr. Vanban* las apartò solamente lo que baitaban para tres Casas en el *Nuevo Brisac*; lo qual parece que no es suficiente, pues queda poco lugar para construir Almacenes, Tiendas, y Talleres detrás de las mismas Casas de los Artesanos, cuyas Oficinas son absolutamente necesarias: Y mucho menos resultará capacidad para Patios, ò Jardines que no solo son convenientes para facilitar buenas luces à los Edificios, sino tambien para que se ven-

ventilen bien, en beneficio de la salud de los Habitantes y conservacion de sus efectos.

Suponiendo, que cada una de las Casas Lam. 16. tiene 42 pies de frente; que el intervalo entre las Calles paralelas es igual à 4 Casas, ò bien à 168 pies; y que al mismo tiempo se les dà de fondo otros 42 pies; resultarán todas (menos las de los angulos), con la ventaja de quedarles en la parte interior un espacio igual à las mismas Casas. Este espacio lo podrán destinar para Jardines, Almacenes, ò Tiendas en que trabajar; pues à la parte exterior, solo se aplican las Tiendas que sirven para manifestar, ò vender los generos ò mercaderias.

En la distribucion de Casas, y Calles que manifiesta la Lamina 16. se figura solo una Plaza A en el Centro, cuyo lado es de 175 varas; pero si se considerase precisa alguna otra, no hay mas que suprimir una manzana de Casas en el parage mas à proposito, y quedará una Plazuela comoda para el mercado de Frutas, y Semillas.

La Iglesia mayor se supone en la Plaza principal, señalada con la letra C, y enfrente la Casa B para el Gobernador, ocupando el espacio de tres de las pequeñas y dos Jardines; de modo, que tiene 126 pies de frente, con 42 de fondo, y el Jardin 42 de latitud, con 84 de largo; pero se le puede dàr mayor extension siem-

siempre que convenga, agregandole alguna Casa ò Jardin de los contiguos.

En el Centro de la Plaza principal se construye una Fuente, siempre que hay proporcion para ello, adornandola con simplicidad, pero que sea magestuosa, y poniendola 4 caños, ò surtidores que hagan frente à las Calles principales. El agua es una de las cosas mas necesarias en toda Fortaleza, tanto para la Tropa y Vecindario, como para las Caballerías y Ganados, y por lo mismo ninguna diligencia està demàs para entretenerla en abundancia: A este fin se conduce de los Manantiales ò Rios inmediatos (quando falta en la Poblacion) por medio de Cañerías, ò Ingenios, que se hacen al mismo tiempo que la Fortaleza. Si esta es grande, conviene distribuir otras Fuentes en toda su extension, para que todos los Habitantes disfruten del agua comodamente.

Quando se hubiere de fortificar un Recinto que incluye alguna Poblacion antigua, solo se deben enfanchar y alinear las Calles principales, en quanto lo permitan las circunstancias de los Edificios existentes, demoliendo los que fueren viejos, para reedificarlos segun convenga; ò bien se espera à que arruinandolos el tiempo, se pueda obligar à los Proprietarios para que con menos gravamen, los construyan con rectitud. Esta es la práctica comua que

que se sigue en *Francia*, quando se fortifica algun Recinto antiguo, como yo proprio he visto en *Doway*, y otras Plazas. Es verdad que esta Regla es contraria à las Leyes de *Inglatera*; pero qualquiera providencia, que en general ceda al beneficio comun, debe preferirse à las que correspondan al particular.

En las nuevas Plazas que se construyen ultramarinas, en las Poblaciones de nuevos establecimientos que tienen suficiente extension, y donde las Fortalezas se edifican solo con un Muro y su Foso, deben hacerse las Isletas de Casas, y las Calles de travesía, mayores de lo que se ha señalado anteriormente: por que nada contribuye tanto à la sanidad de los Habitantes, como hacer anchas las Calles, y las Casas desahogadas, con grandes Patios que las ventilen, y aun adornados con Arboles, especialmente en los Climas que son muy calidos. Fuera de esto sería conveniente obligar à los Vecinos Artesanos, para que todos los Talleres en que deban trabajar los hiciesen àcia lo interior de las Casas, no permitiendoles al frente de ellas mas Tiendas, ni Almacenes que los precisos para el surtimiento de los generos que hayan de vender.

Me parece, que en la construccion de *Halifax* en la *Nueva Escocia*, se ha cometido un grande error, disponiendo sus Calles muy cerca unas de otras, y formando las Casas de 42

pies de frente con 84 de fondo, pero sin Patio ni desahogo interior. Este defecto no puede tener otro principio, que el de haberse sujetado nimiamente en aquella Fabrica al metodo que se sigue en las Plazas de Europa, en donde varían enteramente las circunstancias; por que en estas Regiones se ocupa mucha extension con las Obras exteriores de las Fortalezas, siguiendo la necesidad de acercar quanto se puede unos Edificios à otros, para que tengan lugar, y comodidad la Guarnicion y Vecindario. Pero en las Plazas ultramarinas, donde las Fortificaciones son muy sencillas, se debe atender en lo posible à las conveniencias y desahogo de los Habitadores.

Se ha dicho, que la poca Gente que sale à los nuevos Establecimientos, no bastaba para abrir y desembarazar una extension de Terreno suficiente para edificar las Plazas; pero se responde, que no es necesario abrir al principio mas Terreno que el preciso para establecer los Fundamentos del Recinto, dexando lo demàs para otra ocasion: De esta suerte la madera que se comprehenda en el circuito, se puede ir aprovechando en la construccion de las Casas, destinando al mismo tiempo el ramage para quemar en los Hornos y Habitaciones; y las Gentes, que habian de emplearse en cortar y conducir de lexos la Leña, no quedarán expuestas à ser insultadas por los Indios bravos.

Los

Los Almacenes, y Arsenales de Artilleria, son Edificios que requieren mucha extension y capacidad, y por lo mismo no es facil determinar sus precisas situaciones, las cuales solo pueden discernirse conuinando las circunstancias de la Fortaleza, y del Terreno. Pero debe observarse en general, que su colocacion sea de fuerte que estèn separados unos de otros y de los demàs Edificios, para evitar en lo posible todos los accidentes que podrian ocurrir, si por casualidad, ò malicia se prendiese fuego en alguna Casa. Quando pasa algun Canal, ò Rio por la Ciudad, importa al bien del servicio, disponer en sus margenes los Almacenes, à fin de conducir por agua, así las municiones y efectos, como los demàs materiales que sean necesarios.

Estas Oficinas se han distribuido en la Lamina 16, inmediatas à las Cortinas que no tienen Puerta principal de la Plaza, como se manifiesta por la letra D; respecto de quedar proporcionadas, para conducir desde ellas al Terraplen las municiones que se necesiten en la defensa de un Sitio; y tambien cerca de los Cuarteles, para emplear la Tropa en remover y apilar de nuevo todos los efectos, en beneficio de su conservacion, y exercicio de los Soldados.

Los Cuarteles se construyen ordinariamente junto à los Terraplenes de las Cortinas,

Aaa 2

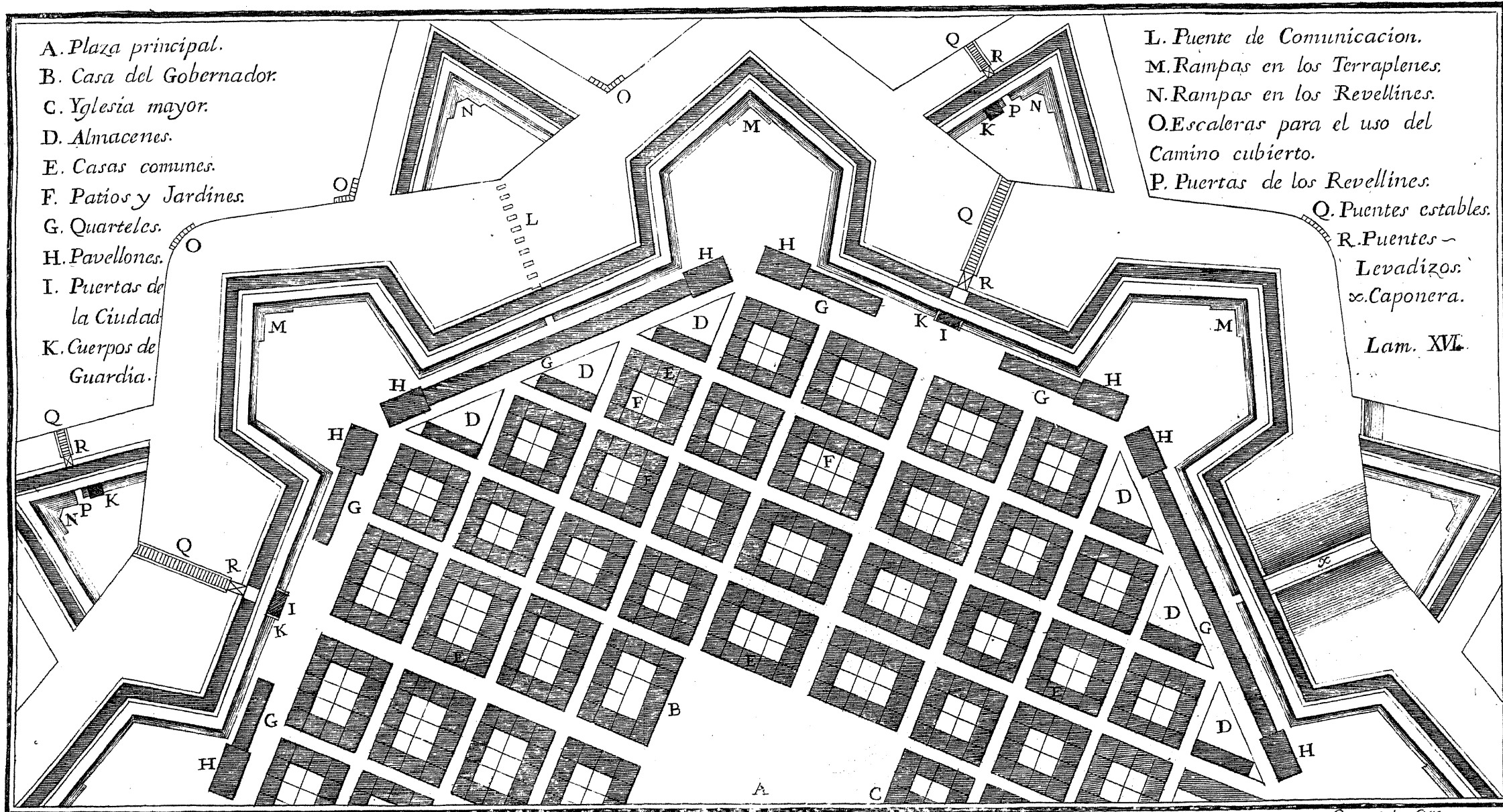
y

y segun demuestra la letra G, con sus Pavellones H à los extremos, para Alojamientos de los Oficiales. Este es el lugar mas apropiado para los Cuarteles; por que ofrece disposicion para dexar un Espacio ò Plazuela à su frente, que sirva para disciplinar la Tropa en tiempo de Paz; y en el de Guerra se pueden juntar y hacer salir los Destacamentos sin ser vistos, ni sentidos; lograndose al mismo tiempo, que la Tropa se mantenga separada del Paisanage, con quien no siempre se aviene.

Tambien es necesario construir cerca de los Cuarteles, los Bodegones, Tabernas, y Panaderías que deben servir, y son indispensables para la subsistencia de la Tropa: y à fin de evitar los desordenes y alborotos que suelen ocurrir en estas Oficinas, conviene disponer un Cuerpo de Guardia inmediato à ellas.

El Hospital, todos saben que debe situarse en algun parage apartado del Vecindario y del ruido de los Carruages, para el reposo y sosiego de los Enfermos; y que siempre se ha de preferir el margen de algun Rio, ò Canal que pase por la Ciudad, para que con la abundancia de sus aguas se facilite el asco, y limpieza que necesita este Edificio.

Con esto queda explicada por mayor la distribucion de las Calles, y Edificios principales que comprehende una Plaza considerable: pero en las muy pequeñas, no son neces-



- A. Plaza principal.
- B. Casa del Gobernador.
- C. Yglesia mayor.
- D. Almacenes.
- E. Casas comunes.
- F. Patios y Jardines.
- G. Cuarteles.
- H. Pavellones.
- I. Puertas de la Ciudad.
- K. Cuerpos de Guardia.

- L. Puente de Comunicacion.
- M. Rampas en los Terraplenes.
- N. Rampas en los Revellines.
- O. Escaleras para el uso del Camino cubierto.
- P. Puertas de los Revellines.
- Q. Puentes estables.
- R. Puentes ~ Levadizos ~ Caponera.

Lam. XVI.

Paucor sculp. B 20



farios tantos Almacenes, los quales siempre se colocan cerca del Terraplen. En las Fortalezas donde haya Rada, ò Ciudadela, es necesario tenerlas presente para situar los Arsenales: Y siendo facil discernir el parage mas ventajoso, con una mediana capacidad y experiencia, sería superfluo detenerse en mayor explicacion. Mas no es lo mismo en orden à la particular construccion, y repartimiento interior de estos y otros Edificios Militares; pues se requiere en el que los ha de dirigir, mucho conocimiento y práctica, para que resulten utiles, y con la debida solidez. A este fin se tratarà de cada uno de ellos en particular, para manifestar las circunstancias que se deben tener presentes al tiempo de su Proyecto, y Fabrica.

Otras diferentes cosas se han omitido por ser bastante obvias, de las quales pueden verse algunas en la misma Lamina 16, que sirve para ilustrar quanto se ha dicho; y las demás son tan faciles de argüir, que no hay necesidad de hacer mas difusa explicacion.

## SECCION XIX.

*De los Almacenes de Polvora.*

**L**Os Almacenes de Polvora se construyen por los Modernos de un modo muy diferente del que siguieron los Antiguos. Estos  
en-

encerraban la Polvora en las Torres que añadian à los Muros del Recinto , dexandola expuesta à varios accidentes perjudiciales para la conservacion de la Plaza; pues si la casualidad, ò la malicia de los Hombres , hallaba la desgraciada coyuntura de prender fuego à la Polvora , facilitaba su prodigioso efecto la abertura de la Brecha , por donde el Enemigo se introducía en la Ciudad: como sucedió en *Aire*, segun *Mr. Belidor* , quando esta Plaza era de la España. Los Franceses que la Sitiaron , hallaron modo ( con acuerdo de algunos Habitantes ) para inflamar la Polvora , que estaba almacenada en uno de los Baluartes ; y el efecto que produjo fuè tan grande, que luego que los Sitiadores se dispusieron para dár el asalto , se viò precisada la Guarnicion à rendirse : En lugar que si no hubiera ocurrido este accidente , se habria prolongado la defensa por mucho mas tiempo.

Habiendo mostrado la experiencia , que los Almacenes que se fabricaban en el Terraplen ocasionaban lastimosas conseqüencias, se colocan al presente en diferentes parages de la Plaza , dandoles varias formas y figuras : pero antes que los Autores conviniesen en la que es mas ventajosa , se pasaron muchos años, haciendolos cada uno segun su idea. La mas comun era cubrirlos con varios Cañones de boveda apoyados en el medio sobre Pilares: pe-

ro como estas Bovedas se cargaban extraordinariamente de mamposteria , para disponer las vertientes del Texado , se convino en hacerlos de un solo Cañon de boveda , cuya especie era la Gotica ; y à fin de tener mas capacidad para apilar Barriles de polvora , se hacia un piso de madera al arranque de la misma Boveda.

Pero habiendo observado *Mr. Vauban* en diferentes Sitios , que este genero de Bovedas era muy debil , y que el mencionado piso sobrecargaba mucho à los Pilares sin ventaja alguna ( pues la prudencia dicta , que no se acopie toda la Polvora en un mismo parage, siendo mas acertado distribuirla en varios Almacenes), despreciò enteramente los metodos seguidos hasta aquel tiempo , y propuso otro mucho mas perfecto; el qual es como se representa por las Figuras 1, y 2 , y ès el unico que hasta ahora se ha executado con mas felicidad , aunque podria mejorarse alguna cosa, segun se verà despues.

Si se ha de dar credito à lo que se dice de un Almacen de esta especie, construido en *Landau*, se asegura, que resistió al impulso de mas de 80 Bombas que le cayeron encima, sin ocasionarle la menor ruina en la Boveda. Lo mismo parece que sucedió en *Ath*, y en otras diversas Plazas. *Mr. Demus* Director de Fortificaciones , y Persona de buena reputacion , ase-

gura, que en el Sitio de *Tournay* mandado por el Duque de *Malborough*, baxo cuyas ordenes servia, se arrojaron en la Ciudadela pasadas de 45000 Bombas, y la mayor parte de ellas cayeron sobre dos Almacenes construidos segun el metodo de *Mr. Vauban*, sin que recibiesen el menor daño: mientras que algunos de la especie Gotica, que habia en la misma Plaza, se arruinaron con 3, ò 4 Bombas que les cayeron encima, sin embargo de haber tomado anticipadamente la precaucion de cubrirlos con 5, ò 6 pies de tierra.

Las dimensiones que señala *Mr. Vauban* para los Almacenes de polvora, son como se sigue. El Plano tiene 70 pies de longitud, y 28 de latitud por la parte interior: Los Cimientos de los Muros laterales que sostienen la Boveda, son de 11 à 12 pies de espesor; y los Muros de 10 à 11, segun la calidad de los Materiales. La altura de los mismos Muros desde el Cimiento hasta el arranque de la Boveda, es de 9 pies; de forma, que haciendo el entarimado de 2 pies de altura, para preservar la Polvora contra la humedad, quedan 7 pies para la altura interior de los Muros.

El espesor de la Boveda es de 3 pies en los riñones, y se forma de 3 roscas de Ladrillo entero la una sobre la otra; y tangentes à la superficie exterior, se disponen las dos vertientes del Texado, cuyas direcciones se deter-

ter-

terminan, dando 9 pies de espesor desde la Clave hasta el Caballete, que de esta forma resultará algo mayor que 90.<sup>o</sup>

A los Muros que cierran el Almacen por los Testeros, se les dà 5 pies de espesor, y 6 à sus Cimientos, cuya profundidad, como tambien la de los demàs Muros, se proporciona con la naturaleza del Terreno.

Por la parte exterior de los Muros laterales, se aplican quatro Estribos de cada lado, dandoles 7 pies de grueso, 5 de largo, y 13 de intervalo. Entre estos Estribos se dexan respiraderos, para que el Almacen se ventile y conserve enjuta la Polvora: Los dados que se ponen en el medio de los respiraderos deben tener 3 pies de lado, y el espacio vacío que los circuye, es ordinariamente de 3 pulgadas de latitud. El fin de cortar con estos dados la comunicacion directa de los respiraderos, es para dificultar la introduccion de fuego en el Almacen; y para impedirlo mejor, conviene guarnecer los mismos respiraderos con diferentes rejillas espesas de alambre, ò con chapas de hierro ò cobre agujeradas en forma de Rallos. Esta precaucion es muy importante, para embarazar que los Enemigos introduzcan algun fuego atado à la cola de un Gato, Perro, ò otro Animal, que obligasen à entrar en el Almacen por los mismos respiraderos; lo qual no sería muy difícil, visto que en al-

Tomo I.

Bbb

gu-

gunos Almacenes, se han hallado cascarras de huevo, introducidas sin duda por alguna Rata, Comadreja, ò otra Sabandija capaz de pasar por los respiraderos.

Para evitar la humedad en los Almacenes, se cubre el suelo con un entarimado de madera, dispuesto de esta forma: Sobre unos pequeños Pilares de mamposteria, se asientan cinco Durmientes por toda la longitud del piso, à quienes se dà un pie de alto y 10 pulgadas de grueso, llenando al mismo tiempo sus intervalos con Carbòn, Arena gruesa, ò Cascajo: Encima de los Durmientes se ponen los Traveseros, que son unos Quartones de 6 pulgadas de alto con 4 de ancho, y se cubre con Tablas de 2 pulgadas de grueso, al tope unas con otras, para formar el pavimento del Almacen.

En uno de los Testeros se hace una Ventana lo mas alto que sea posible, para dàr luz al Almacen y evitar todo accidente por la parte exterior; y en el Testero opuesto se dexa una Puerta de proporcionada capacidad para el uso del Almacen. Así la Ventana, como la Puerta, se deben cerrar con dobles Portones de fuertes Tablas, guarnecidas con chapas de hierro, y aseguradas con sus Cerrojos y Llaves, de las quales tiene el Gobernador la que corresponda à la Puerta interior, y el Guarda-Almacen la de la Puerta exterior. Algunas veces se circuyen los Almacenes con un Muro

conf-

construido à 14 pies de distancia, para impedir que nadie se acerque à los Muros principales.

Aquí en Inglaterra no se toman tantas precauciones para construir los Almacenes, pues nunca he visto que se cierren con dobles Puertas de madera, y aun ordinariamente se hacen tan ligeros y sencillos, que no ofrecen resistencia alguna.

Un Almacen arreglado à las dimensiones que se han señalado anteriormente, es capaz de contener 200000 libras de polvora, dispuesta en seis ordenes de Barriles, en la forma que manifiesta el Plano y Perfil: pero esta *Fig. 1.2.* práctica solo se observa en un caso de urgente necesidad; pues quando se acopian muchos Barriles en cada fila, es muy embarazoso removerlos para alterar su positura; lo qual debe hacerse una vez à lo menos en cada año, para evitar que precipitandose el Salitre, como ingrediente mas pesado de los que componen la polvora, no se inutilice esta en donde le falte aquel. Para que los Barriles no rueden unos sobre otros, quando se saquen algunos, se contienen de 10 en 10 con dos pies derechos de madera, dandoles 5 pulgadas de grueso: De esta suerte se podrán apilar, y remover quando convenga sin embarazo, ni dificultad.

*Mr. Belidor*, propone que en lugar de los Durmientes que reciben el entarimado, se

Bbb 2

pue-

pueden hacer unas Azitaras ò pequeños Muros, para recibir los Quartones y Traveseros, aforrando ò cubriendo estos al propio tiempo con doble Tablazon: pero no me parecen tan util este metodo, como el que se ha explicado anteriormente. No obstante, el Lector podrá preferir el que mejor le parezca, con arreglo à las circunstancias del Terreno.

En lugar de dár. 10 pies de espesor à los Muros laterales, como señala *Mr. Vauban*, se pueden hacer solo de 8, cambiando la posición de los Estribos, esto es, haciendolos de 5 pies de grueso y 7 de largo; lo qual dará al Muro mayor robustez, como se deduce del Calculo, y lo prueba una larga experiencia que se ha tenido en varios Almacenes construidos de esta forma.

Tambien se ha de notar, que es mucho mejor hacer la Boveda de una sola rosca de 3 pies de grueso, trabando bien los Ladrillos, que no formarla de 3 cascós diferentes; por que de este modo resultará una Obra de mayor robustez, y resistencia, como es facil de inferir por lo que se ha explicado en la Seccion II. de la Parte I.

En la Theoria de los Arcos, no se ha considerado el ludimento, sino el peso solo de la Piedra ò mamposteria: en lugar que en la de los Muros que sostienen tierras, se rebaxò

xò

xò un tercio de la presión \* por este respeto, sin que por ello resulten los Muros menos robustos que los de *Mr. Vauban*: Y aunque acaso pueda parecer contradictorio el no haber hecho la misma rebaxa en el empujo de las Bovedas, y Arcos; con todo, si se atiende à que ni el Ladrillo, ni la Piedra se unen de forma que constituyan un solo Muro continuado (como lo supone la Theoria), y que al contrario, dexando huecos y senocidades, que de ordinario se macizan con mala mezcla, resulta un compuesto de desigual consistencia; se verá que es preciso mucho tiempo, para que los Muros adquieran la debida tenacidad y fortaleza: Ademàs, que siendo indispensable atender en este genero de Edificios al esfuerzo de las Bombas que puedan caer sobre ellos, no deben debilitarse sus Muros; y por una, y otra razon importa no hacer disminucion en la Potencia que los impele ò empuja.

Para lograr la buena construccion que requieren los Almacenes de Polvora, es forzoso zelar continuamente el trabajo que hagan los Obreros, à fin de que los Muros tengan la debida union y trabazon que constituye la buena solidez; cuidando que la Piedra, ò Ladrillo se asiente de modo que no resulten huecos, ni senocidades, que macizandolas con mezcla sola, impidan la necesaria robustez del

---

\* Part. I. Secc. I. Prop. I. Corol. I.

del Edificio, empleando al mismo tiempo los mejores Materiales que se encuentren. Por ultimo, es provechoso dexar puestas las Cimbrias sobre que se construyan las Bovedas por espacio de seis meses à lo menos, para que la Obra tenga lugar de enxugarse y endurecerse sin sufrir empujo; pues de otro modo sería preciso hacer los Muros mas robustos, para que la Boveda no se hundiese quitandole pronto las Cimbrias (26).

Fig. 3,  
y 4.

En las Figuras 3, y 4, se representa el Plano, y Perfil de un Almacén para encerrar gran cantidad de polvora: La longitud interior es de 84 pies, y su anchura de 35: Los Muros laterales tienen 12 pies de grueso, y 28 de alto, desde el Cimiento hasta el

(26) La experiencia diaria manifiesta, que les Bovedas, y Arcos que se dexan enxugar sobre las Cimbrias, se rompen por los Riñones, luego que se les quitan. La razon es clara: Por que sosteniendo los Cerchones la parte intermedia de las mismas Bovedas ò Arcos, les impide que hagan su asiento con igualdad, al proprio tiempo que se endurece la mezcla: de donde resulta, que quitando las Cimbrias, necesariamente se ha de baxar la Obra que mantenian; y por consiguiente se estallaràn, ò abriràn las Bovedas, ò Arcos por sus Riñones, donde son mas debiles. Para evitar esta imperfeccion, conviene quitar las Cimbrias, ò aflojarlas à lo menos, luego que se cierre el Arco, ò Boveda, à fin de dár lugar à la Obra para que se asiente con libertad al mismo tiempo que se enxugue.

el arranque del Cañon de boveda. Los Pilares intermedios sirven para sustentarse con Arcos el segundo pavimento, y tienen 2 pies de grueso, con 9 de alto. El espesor de la grande Boveda es de 4 pies: pero los Contrafuertes, Muros de los Testeros, Puerta, Ventanas, y Respiraderos, tienen las proprias dimensiones que en el Diseño antecedente.

Los grandes Almacenes de Polvora no se deben construir dentro de las Plazas con ningun motivo; por que si por alguna desgracia se volasen, se veria la Guarnicion en la indispensable necesidad de rendirse. Pero en lo interior del Reyno, donde no es facil que penetre el Enemigo, pueden ser muy utiles, como Almacenes generales que sirvan para distribuir la polvora à los Particulares de las Fortalezas donde sea precisa; y aun siempre será mucho mejor fabricar dos Almacenes medianos, y à competente distancia uno de otro, à fin que se reservase el uno, quando por algun accidente se volase el otro.

El angulo del Caballete que forman las vertientes del Texado, conviene que sea recto, para que resista mejor al impulso de las Bombas, y facilite el desague de las lluvias. Tambien es necesario advertir, que à proporcion de la elevacion del Muro y profundidad del Cimiento, importa aumentar la base de este: pues aunque se hace así comunmente, no se ha

ef-

establecido hasta ahora alguna Regla cierta à que sujetar la pràctica : No obstante suponiendo que por la parte interior del Edificio resalte 6 pulgadas el Cimiento ( lo qual es bastante, si se considera que el Muro no puede caer àcia dentro ), parece que serà proporcionado aumento el de 6 pulgadas en la parte exterior, por cada 18 que tenga de profundidad el mismo Cimiento ; de forma , que si este hubiese de tener 6 pies de profundidad , serìa preciso aumentarle 2 pies de espesor , distribuïdos en quatro bermas , ò escalones de 6 pulgadas de ancho, y 18 de alto. Aunque esta Regla no està fundada en demonstracion geometrica, con todo , la misma experiencia la acredita por suficientemente exàcta y util para aplicarla en todos los casos que ocurran; y por este medio serà facil determinar el grueso que corresponda à un Cimiento, cuya profundidad se dà conocida.

*Nota 27.*

„ La pràctica de aplicar los Estribos à la  
 „ parte exterior de los Almacenes de Polvora,  
 „ desaprovecha el Terreno, que se comprehen-  
 „ de entre ellos , y por lo mismo es muy util  
 „ hacerlos de la parte interior de los Muros,  
 „ cubriendo con Arcos ò Lunetos los espacios  
 „ que incluyen, y apoyando el Cañon de bo-  
 „ veda en su propria anchura sobre los Lune-  
 „ tos,

Fig. 1.

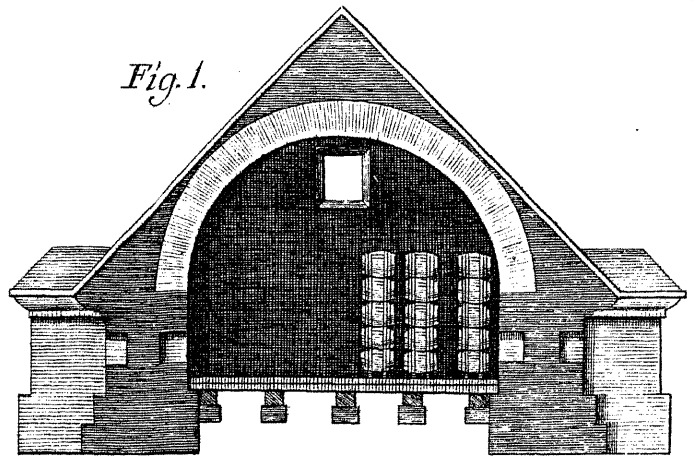


Fig. 2.

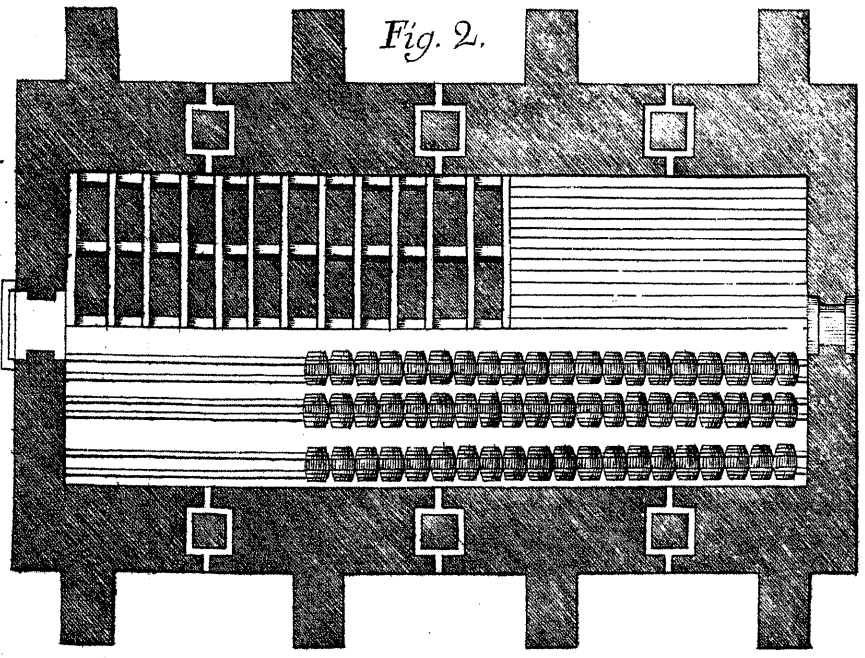
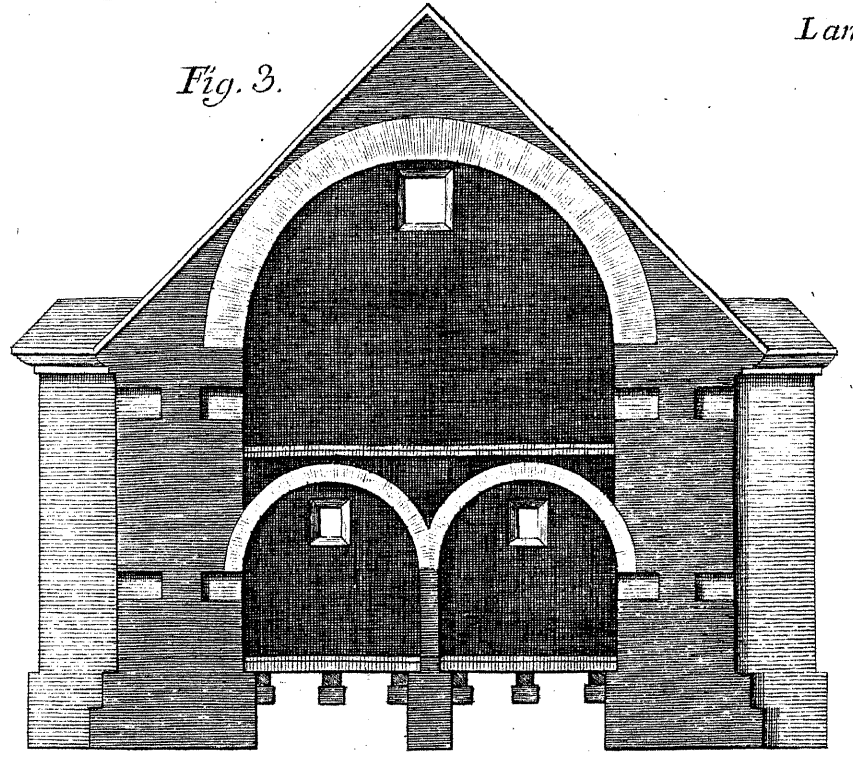
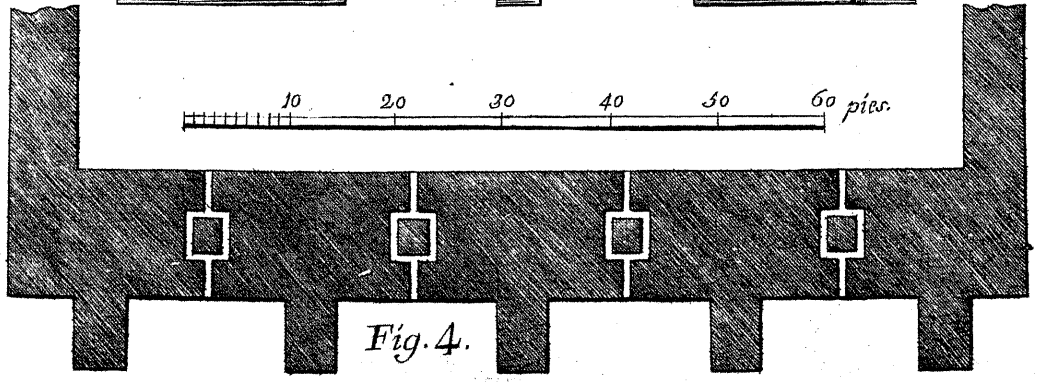


Fig. 3.



10 20 30 40 50 60 pies.

Fig. 4.





„ tos y Estribos , como se representa en el *Lamina*  
 „ Plano, y Perfiles de la Lamina 2. A : De ma- <sup>2. A</sup>  
 „ nera , que en la misma extension se logra la  
 „ ventaja de darles mayor capacidad, sin au-  
 „ mento de gasto, ni disminucion de robustez.  
 „ En esta forma se han construido en la Plaza  
 „ de San Fernando muy provechosos Almace-  
 „ nes , cubiertos de Bovedas Goticas ò Apun-  
 „ tadas , sin rezelo de que las Bombas les pue-  
 „ dan ocasionar daño alguno ; pues aunque  
 „ las objeciones que opone el Autor à este  
 „ genero de Bovedas , no las recomiende en  
 „ ciertos casos , como son los que se citan ; sin  
 „ embargo, en el presente varian las circunstan-  
 „ cias que en otros las hace flacas. La debili-  
 „ dad de los Arcos Goticos consiste , en que el  
 „ demasiado pendiente de cada mitad, impide  
 „ que la clave quede bien entallada , siendo  
 „ necesario cargarla mucho para sujetarla y  
 „ evitar la ruina del Arco ; la qual se seguiria,  
 „ siempre que una fuerte presion, estrechando-  
 „ le en los Riñones , hiciese saltar la clave.  
 „ Pero en el Diseño que manifiesta el Plano,  
 „ y Perfiles de la citada Lamina , se reconoce  
 „ con facilidad , no solo que la clave està su-  
 „ ficientemente cubierta de mamposteria, pues  
 „ ademàs de los 3 pies del espesor de la rosca,  
 „ tiene otros 6 pies que la abrigan ; sino tam-  
 „ bien que los Riñones se hallan fortalecidos  
 „ con los macizos que resultan en los fenos de

„ los Lunetos : de forma, que exâminando la  
 „ disposicion y Fabrica de estos Almacenes,  
 „ se hallarà, que es casi imposible que se ar-  
 „ ruïnen, ni aun cedan, con la mayor presion  
 „ que la industria humana les imponga.

## SECCION XX.

### *De los Cuarteles, Hospitales, y Arsenales.*

**E**N todas las Plazas fortificadas, conviene que haya Cuarteles en que se recoja la Tropa, para conservar la disciplina, y buen orden que importa en las Guarniciones. Estos Cuarteles se han hallado tan utiles, que sin ellos, ninguna Plaza se edifica en estos tiempos; pues la misma experiencia ha manifestado, que las Guarniciones que los tienen, logran mayor quietud y reposo que las demàs, respecto que diariamente, y sin particular encargo de Oficiales comisionados, se vè la Tropa congregada, y recogida en un lugar determinado: lo qual no se puede conseguir, quando està distribuïda, y alojada en las Casas de los Moradores del Pueblo, donde tiene la libertad de salir siempre que quiera. Ademàs, si el Gobernador intenta destacar una partida, no puede hacerlo sin el conocimiento de todos los Habitadores: Si ocurre alguna novedad, no es facil juntar la Tropa sin grande

con-

confusion, y pèrdida de tiempo; en lugar que con los Cuarteles, se evitan estos y otros inconvenientes, proporcionando al mismo tiempo las mejores ventajas para la regularidad del servicio.

La disposicion y construccion de los Cuarteles, depende de la situacion que se les dè. Quando hay suficiente extension para hacerlos con un grande Patio en el medio, son muy convenientes, y deben executarse asì; por que la Tropa se puede recoger con facilidad à sus respectivas Estancias, que por estar unidas conducen tambien para la pronta execucion de qualquiera orden reservada, y al mismo tiempo se logra que los Soldados no tengan freqüente comunicacion con los Payfanos, lo qual evita en gran parte las pendencias, y alborotos que de ordinario ocurren entre unos y otros.

Esta clase de Cuarteles es muy importante para alojar la Tropa, y con especialidad la de Caballeria y Dragones, que necesita diariamente asear y manejar los Caballos: En este caso se ocupa con las Caballerizas casi todo el suelo inferior del Cuartel, y sobre ellas se establece en otro piso el Alojamiento para la Tropa, con un Corredor hecho de Pilares y Arcos, para la comunicacion de las Estancias, con sus escaleras en los angulos, y en donde sean convenientes para la comodidad y uso

Ccc 2

de

de la Tropa. Pero si el Quartel hubiere de tener dos ò tres pisos, ademàs del inferior, es menester proporcionar de tal modo la elevacion de cada uno, que no resulten obscuros con los techos de los Corredores.

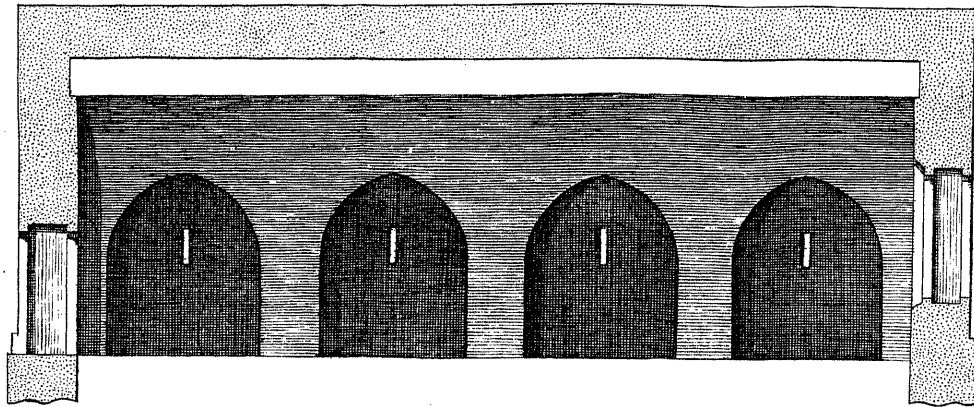
Si los Quarteles se hubieren de construir inmediatos al Terraplen de las Cortinas, como *Mr. Vauban* lo ha practicado en casi todas las Plazas que fortificò, se componen de una serie de Estancias ò Quadras en linea recta para la Tropa, con sus Pavellones à los extremos para los Oficiales: Estos Quarteles ordinariamente tienen dos ò tres pisos, ademàs del inferior.

Para cada dos Estancias, ò Quadras hay una entrada de 10 pies de ancho, con una escalera que conduce à los pisos superiores. La magnitud de estas Quadras la determina *Mr. Vauban* de 26 pies de largo, y 21 de ancho para acomodar quatro camas en cada una; pero algunas veces se han hecho bastante capaces para seis camas, con dos Chimeneas. En las Guarniciones de *Francia*, se regulan siempre tres Hombres por cama, pero solo la ocupan dos, pues el otro se considera que ordinariamente està empleado.

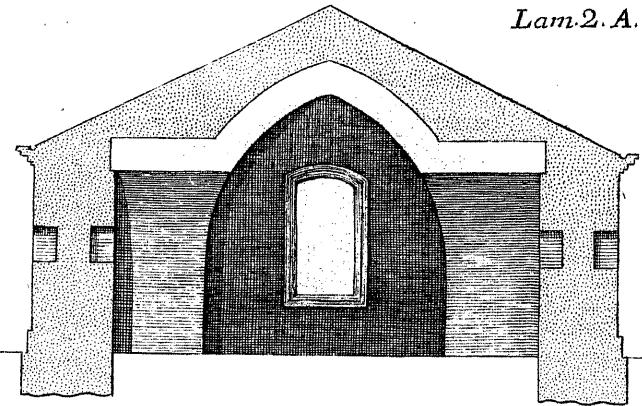
Las Estancias de los Quarteles que hay contruidos aqui en *Woolwich*, solo tienen 19 pies de cada lado, con tres camas para seis Soldados; cuyo numero es muy corto: por que segun esta disposicion, es necesario que el

Quar-

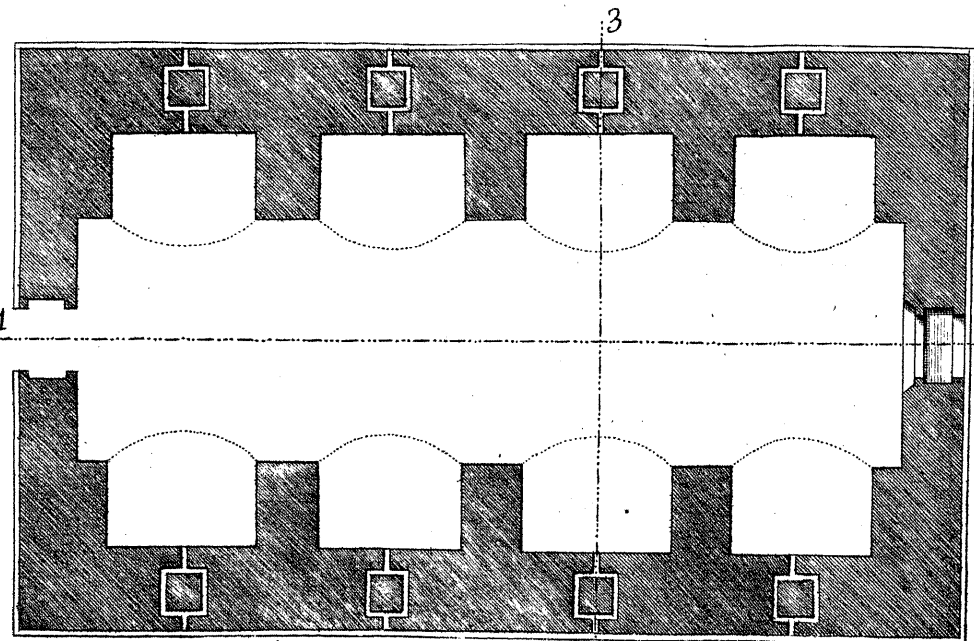
Perfil cortado por la linea. 12.



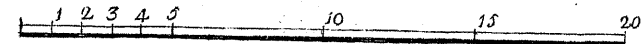
Perfil cortado por la linea. 34.



Lam. 2. A.



Escala de 2. Varas de Castilla.



Plano, y Perfil de un Almacén de Poluora con los Estribos acia la parte interior, segun se han Construido en la Plaza de S<sup>n</sup> Fernando de Figueras.

Quartel en que se haya de alojar un Regimiento, ocupe demasiada extension. En las Figuras 1, 2, se representa el expresado Quartel, con la diferencia de que en cada Estancia se señalan quatro camas, respecto que caben comodamente. Las Estancias tienen 19 pies por cada lado; pero sería mejor que se les diese 24 de largo, y 21 de ancho. El piso inferior tiene 13 pies de alto, el que le sigue 12, y el ultimo 10.

Lam. 18.  
Fig. 1,  
y 2.

A los Muros exteriores se les dà  $2\frac{1}{2}$  pies de grueso, y  $1\frac{1}{2}$  à los de division, por que si estos se hiciesen mas delgados, se oiría en unos Quartos lo que se hablase en los inmediatos. Las Puertas exteriores tienen 4 pies de ancho, y 8 de alto; las interiores  $3\frac{1}{2}$  de ancho, y 7 de alto: Las Ventanas se hacen de  $3\frac{1}{2}$  pies de ancho en todos los pisos, pero à proporcion de la altura de estos, varían las de aquellas; esto es, en el que està sobre el Terreno, deben tener 7 pies de alto, 6 en el que sigue, y 5 en el ultimo. Las Chimeneas se hacen de  $4\frac{1}{2}$  pies de ancho, y 18 pulgadas de fondo, tomando parte en el grueso de la pared, y completando lo demás con unos pequeños Muros que resaltan en el pavimento de las Quadras.

Los Quartos de los extremos del Quartel, se destinan para Alojamientos de Oficiales: Cada uno tiene su entrada de 7 pies de ancho, con su escalera, y un Retrete de 6 pies de ancho, y 7 de fondo: Debaxo de la escalera y ha-

bi-

bitacion de cada Alojamiento, se considera la correspondiente Cocina, y Despensa. Estas Oficinas, no son necesarias en las Quadras que ocupa la Tropa, como las tienen los Cuarteles de *Woolwich*; pues los Soldados ordinariamente fazonan fuera su alimento.

En la Figura 3. se manifiesta el Perfil del proprio Cuartel, y en él se advertirá, que la escalera no tiene mas que un tramo de un piso à otro: pero si esta disposicion no fuere conveniente, será facil hacerla con dos tramos, y su meseta, ò descanso à la mitad de la altura. El Texado se compone de dos Armaduras, y quatro vertientes, no solo por que esta es la práctica mas comun de *Inglaterra*, sino tambien, por que si se cubriese el Edificio con una sola Armadura, resultaria esta muy elevada, y serian muy costosas las maderas, pues necesariamente se habian de emplear de mucha mayor longitud, y robustez.

Algunas veces se construyen Porticos delante de los Cuarteles, como se ha practicado en los de *Dublin*, los quales son muy provechosos para formar la Tropa à cubierto en tiempo de lluvia, y no diferir con este motivo las Revistas de Ropa y Armas (28).

ADI-

## A D I C I O N.

*Sobre la construccion de los Cuarteles.*

(28) **A**unque *Mr. Muller*, siguiendo à *Bellidor*, hace preferibles los Cuarteles de Infanteria y Caballeria, que se construyen con un Patio grande en su medio, no trae Planos ni Perfiles que los representen, contentandose con los que solo pueden servir para las Fortalezas pequeñas, y tales como les tenemos en la Ciudadela de esta Capital, y en otras partes del Reyno. Esta disposicion de Cuarteles para la Infanteria, prevaleció en España algun tiempo como la mas adecuada para todas las Plazas de Guerra; pero en el dia es dificil que se siga: por que siendo aparentes las ventajas que ofrece para la Tropa, son ciertos los inconvenientes que nacen de ella para lograr el mejor Servicio del Rey. Los principales defectos consisten: 1. es necesario emplear la quarta parte de todo el Edificio para las escaleras solamente: 2. la multitud de Puertas para el uso de la Tropa, precisamente ha de impedir zelar su debido recogimiento: 3. para alojar una Compania, regulando à cama por Hombre, segun el Real Decreto de 4 de Octubre de 1766, son menes-

,, ter

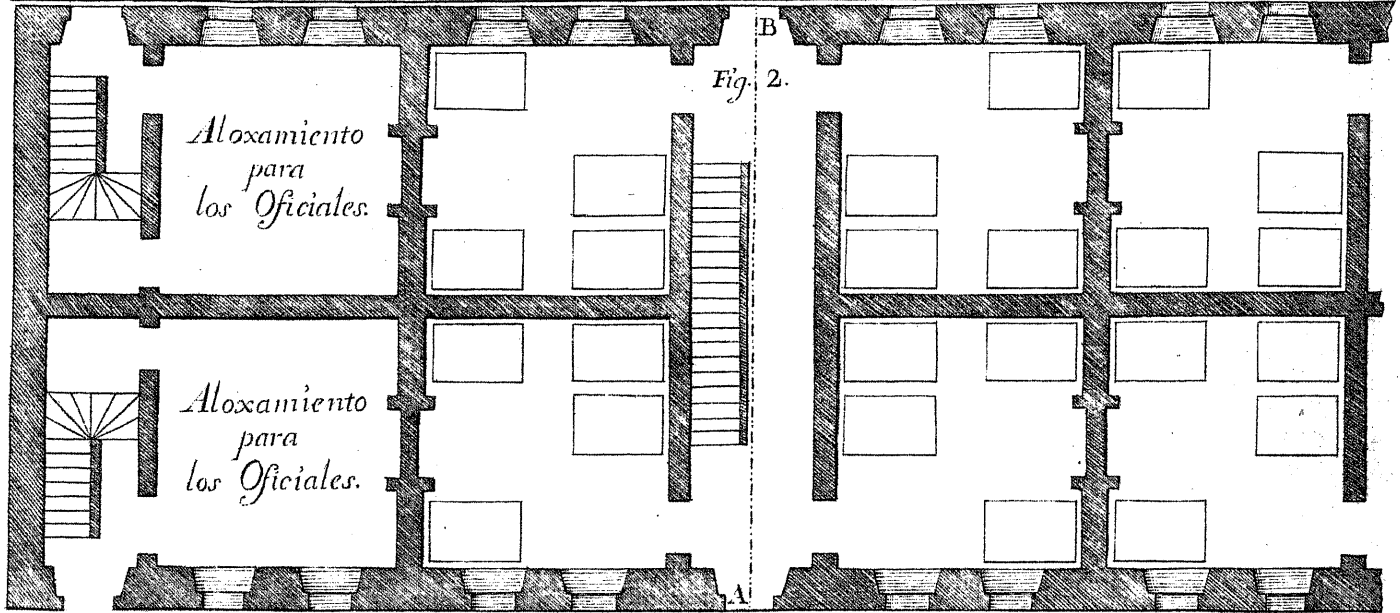
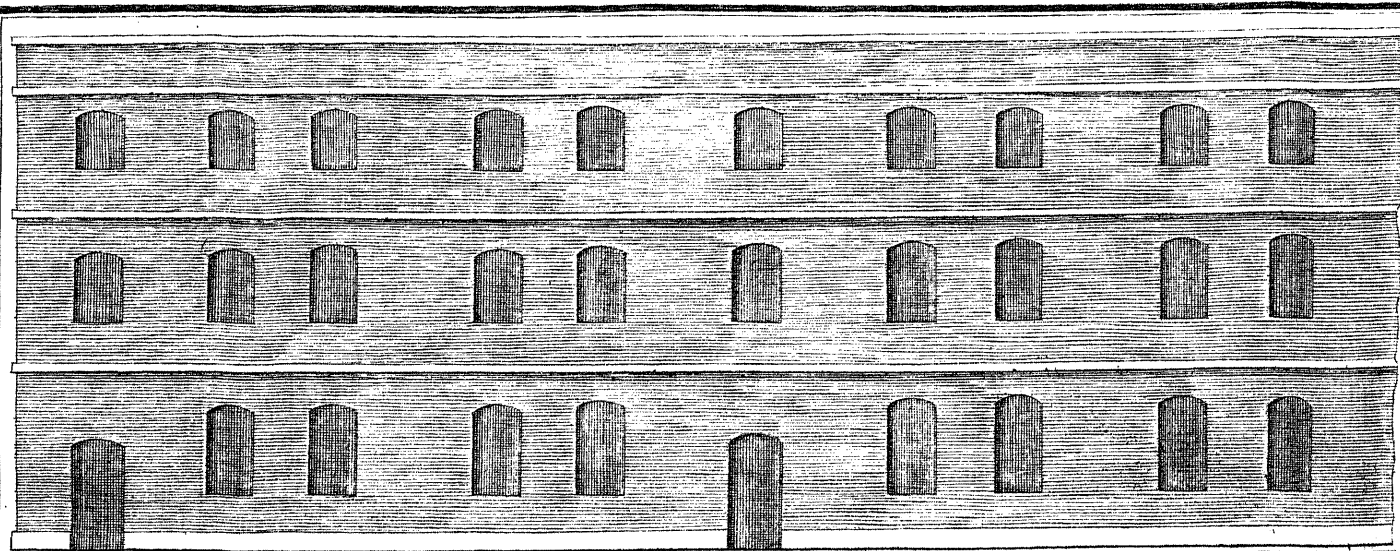
„ ter doce piezas à lo menos ; y por lo mismo,  
 „ no puede haber para cada una un Sargento,  
 „ ò Cabo primero que mantenga el buen orden  
 „ de los Soldados ; ni tampoco los Oficiales  
 „ podrán ver sus respectivas Compañias reuni-  
 „ das en una Quadra , en grave perjuicio de la  
 „ vigilancia que se debe tener en la conduc-  
 „ ta de todas : 4. ultimamente , es indispen-  
 „ sable construir las Cocinas , y Comunes  
 „ separados del Cuerpo de los Cuarteles ; lo  
 „ que es de grandísima penalidad para el Sol-  
 „ dado. De suerte, que este genero de Cuarte-  
 „ les son incomodos para la Tropa, improprios  
 „ para lograr la mejor disciplina , y costosos  
 „ sobremanera , por los muchos Muros de di-  
 „ vision , y piezas que se desperpician en inu-  
 „ til numero de escaleras , como se hace visi-  
 „ ble por las Figuras de la Lamina 18.

„ Todos estos defectos se hallan reme-  
 „ diados en los Cuarteles de Infanteria edifi-  
 „ cados nuevamente en el Arrabal de Barcelo-  
 „ neta , como tambien en los de Caballeria,  
 „ que hay en diferentes Villas de este Princi-  
 „ pado. Por esta razon confidero que será muy  
 „ util para el Servicio de S. M , y comodidad  
 „ de la Tropa , añadir en este lugar los Dise-  
 „ ños de unos y otros , con una menuda expli-  
 „ cacion de su disposicion y fabrica ; pues los  
 „ Oficiales , y Cadetes que se dediquen à con-  
 „ tinuar su merito en el Cuerpo de Ingenieros,

„ ha-

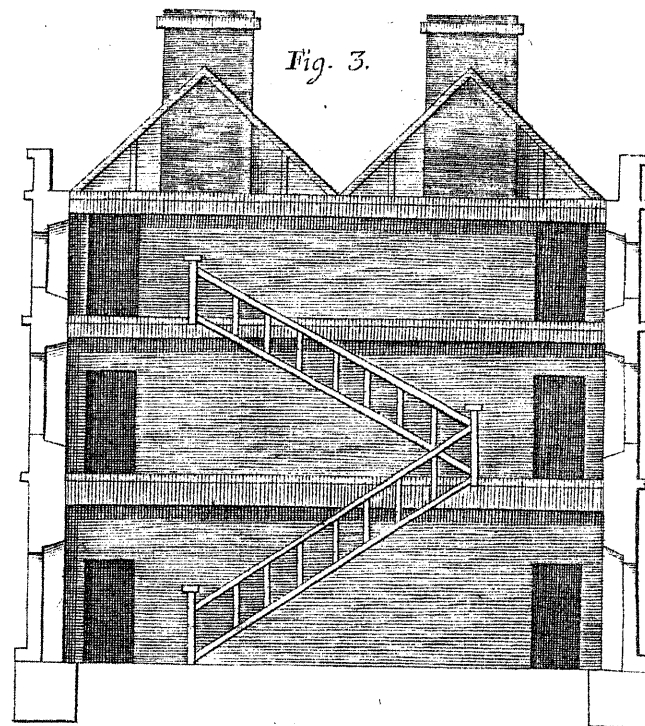
Plano Elevacion y Perfil de un  
Quartel segun se construyen ordi-  
nariamente en Inglaterra.

Fig. 1.



Perfil que pasa por AB.

Fig. 3.





„ hallaràn en la buena distribucion, y propor-  
 „ cionadas dimensiones de estos Edificios Mili-  
 „ tares, las mejores Reglas que pueden seguir  
 „ en semejantes casos, y que les alumbraràn  
 „ en otros, donde sea forzoso apartarse de  
 „ ellas, para variar con discrecion lo que mas  
 „ convenga, aumentando, disminuyendo, ò  
 „ alterando la figura, con arreglo à la natura-  
 „ leza del Terreno en que se hayan de execu-  
 „ tar, y al numero y calidad de Tropa que  
 „ deban contener.

„ En las Laminas 3, 4, 5. A, se manifiest- *Laminas*  
 „ tan los Planos baxo y alto, con el Perfil y *3, 4, y*  
 „ Elevacion de uno de los Cuarteles de Infan- *5. A.*  
 „ teria, construidos en Barceloneta para un Ba-  
 „ tallòn y sus respectivos Oficiales, segun  
 „ el pie antiguo de tres Hombres por cama;  
 „ pero que no cabe mas de medio, con arre-  
 „ glo al nuevo establecimiento que S. M. ha  
 „ mandado observar, por el Real Decreto ya  
 „ citado, para el mas comodo Alojamiento de *Lamina*  
 „ sus Tropas. La longitud de este Edificio *3. A.*  
 „ consta de 105 varas, y su latitud de 64 por  
 „ la parte exterior. El Patio es de  $75 \frac{2}{3}$  varas  
 „ de largo, y  $34 \frac{2}{3}$  de ancho; de suerte, que  
 „ desde el Muro exterior, hasta el interior  
 „ inclusive, tiene este Cuartel por todo su  
 „ circuito  $14 \frac{2}{3}$  varas; y quitando  $2 \frac{1}{2}$  pies  
 „ por cada uno de los mencionados Mu-  
 „ ros, resultan de 13 varas de ancho las Qua-

„ dras de uno y otro lado, como tambien las  
 „ Piezas, y Porticos que ocupan en el Patio  
 „ los Testeros. En estos ya manifiesta el Plano  
 „ baxo las Oficinas que contienen, y solo es  
 „ necesario decir, que los Muros de divi-  
 „ sion, igualmente que los demàs, tienen  
 „  $2 \frac{1}{2}$  pies de espesor. Los Corredores, ò  
 „ Porticos E, de una y otra parte, son de  $2 \frac{2}{3}$   
 „ varas de latitud en limpio: su destino es  
 „ para la comunicacion à cubierto de toda la  
 „ Tropa, como asimismo para defahogo de  
 „ la entrada A, y de las Oficinas adyacentes,  
 „ con el uso de las Cocinas Y, y del comun R:  
 „ Este se ha cubierto con una Boveda en figu-  
 „ ra de Piramide truncada, que fenece en un  
 „ Cañon quadrado descubierto, como una  
 „ grande Chimenea; cuya disposicion es muy  
 „ ventajosa para evitar en mucha parte el  
 „ mal olor, que tan dificil es de remediar to-  
 „ talmente en estas Oficinas.

„ Las Quadras laterales F, destinadas para  
 „ la Tropa, estàn divididas por medio, en toda  
 „ su longitud, con un orden de Pilares y Arcos  
 „ de  $2 \frac{1}{2}$  pies de grueso, sobre quien descansan  
 „ las Maderas, y Bovedillas del piso superior.  
 „ De un Pilar à otro se labrò una Azitara de 5  
 „ pies de alto, pero se dexaron abiertos quatro  
 „ Arcos, para el paso de los Soldados. Con  
 „ esta disposicion, resulta cada una de las Qua-  
 „ dras dividida en dos Dormitorios de  $6 \frac{1}{3}$  va-

„ ras

„ ras de ancho, en cada uno de los quales ca-  
 „ ben dos ordenes de camas con mucha co-  
 „ modidad, en los terminos que representa  
 „ el mismo Diseño; donde se puede ver, que  
 „ en la parte inferior estàn señaladas al pie an-  
 „ tigo, como en el superior con arreglo al  
 „ moderno; y que el lugar que necesitaban an-  
 „ tes seis Soldados, solo es bastante ahora pa-  
 „ ra tres.

„ A los extremos de los Dormitorios, se  
 „ han puesto los Quartos para los Sargentos,  
 „ que aunque estàn separados de la Tropa, no  
 „ les impide zelar desde ellos el buen orden, y  
 „ quietud que se requiere en estos Edificios.

„ Las Escaleras M, no tienen comuni-  
 „ cacion con los Quarteles, por que unica-  
 „ mente sirven para el uso de los Pavellones,  
 „ destinados para los Oficiales; los quales ocu-  
 „ pan el piso superior, que se representa en  
 „ la Lamina 4. A. En este Plano es facil adver-  
 „ tir, que continuando hasta el techo del Edi-  
 „ ficio todos los Muros del piso inferior, se li-  
 „ gan y atan contra ellos en el superior los Ta-  
 „ biques, que forman el Corredor 4, y los  
 „ Alojamientos 2, y 3. En el Testero opuesto  
 „ à la entrada, està el que corresponde al Co-  
 „ mandante ò Gefe principal, y en los otros  
 „ tres se han distribuido los que pertenecen à  
 „ los demàs Oficiales, regulando uno para  
 „ cada Capitan, ò dos Subalternos. Las pie-

Ddd 2

„ zas,

Lamina  
4. A.

„ zas de cada Alojamiento, como tambien las  
 „ dimensiones de todas las Puertas, Ventanas,  
 „ Porticos, y Balcones, no me detengo en ex-  
 „ plicarlas, por que son bastante inteligibles  
 „ por los Diseños, y están arregladas à las ef-  
 „ calas que los acompaña.

Lamina  
 5. A.

„ En la Lamina 5. A. se demuestra el  
 „ Perfil, y Elevacion del mismo Quartel, en  
 „ quien la altura, hasta la Cornisa, es de  $8 \frac{1}{2}$   
 „ varas, esto es, las  $4 \frac{1}{2}$  del piso inferior, y  
 „ lo restante del superior, incluyendo sus res-  
 „ pectivos techos. El Texado se dispuso sobre  
 „ una Armadura sencilla y robusta, que por ser  
 „ bastante comprehensible por la figura mis-  
 „ ma, no hay necesidad de mayor explicacion:  
 „ Se le dieron dos vertientes, la una àcia afue-  
 „ ra, y la otra à la parte del Patio; lo qual es  
 „ mucho mejor que las quatro que aconseja  
 „ *Mr. Muller*; por que en esta disposicion, es  
 „ necesario establecer en el medio una Canal  
 „ maestra ( vease la Figura 3. Lamina 18. ),  
 „ que siempre ocasiona reparos, y malogra  
 „ la duracion de las Maderas, por la mucha  
 „ humedad que las penetra.

„ La situacion en que està construido este  
 „ Quartel, no permitiò darle mayor eleva-  
 „ cion, pues fue preciso arreglarla à la del  
 „ nuevo Arrabal, para guardar con èl la mis-  
 „ ma simetria y adorno exterior: Sin embar-  
 „ go, la disposicion y numero de sus Venta-

„ nas,

„ nas, manifiesta claramente que no le hace  
 „ falta, para la mas libre y desahogada venti-  
 „ lacion, que es lo mas esencial para que  
 „ estos Edificios sean saludables, y à cuyo  
 „ punto se debe atender con particular cuyda-  
 „ do en los Proyectos de esta naturaleza.

„ Pero siempre que se haya de aplicar es-  
 „ te genero de Quarteles en algun parage  
 „ donde se les pueda dar mayor elevacion, se  
 „ hará hasta la de  $10 \frac{1}{2}$  varas, esto es,  $5 \frac{1}{2}$  pa-  
 „ ra el piso inferior, y 5 para el superior, sin  
 „ que haya necesidad de aumentar el grueso de  
 „ los Muros; pues tambien en este caso es  
 „ suficiente el de  $2 \frac{1}{2}$  pies, con tal que  
 „ se liguen los exteriores à los interiores,  
 „ de distancia en distancia, por medio de  
 „ algunos Arcos de traves, que arrancando de  
 „ sus Pilares fabricados contra los mismos  
 „ Muros, se apoyen en los que están en el  
 „ medio.

„ Esta disposicion de Quarteles, ofrece  
 „ desde luego la idea de poder hacer otro, que  
 „ sea capaz para alojar en èl un Regimiento  
 „ entero: pues con separar los Pavellones de  
 „ los Oficiales, ensanchar 25 varas el Edifi-  
 „ cio, y aumentar un piso, se logra en po-  
 „ co mayor extension de Terreno, el propues-  
 „ to fin. Pero en este caso serà conveniente,  
 „ que la altura del piso inferior sea de  $5 \frac{1}{2}$  va-  
 „ ras, la del intermedio de 5, y la del superior

„ de

„de 4, dando à sus Muros el grueso de 3 pies,  
 „ $2\frac{1}{2}$ , y 2 respectivamente, sin alterar cosa  
 „alguna en todo lo demás.

„ Con esto quedan explicados los Dise-  
 „ños de los Cuarteles de Infanteria, edificados  
 „ en Barceloneta, cuyo exemplar es muy ade-  
 „quado para seguirlo, ò imitarlo en todas  
 „ partes; pues es facil reconocer su utilidad  
 „ para el mejor Servicio del Rey, así en la co-  
 „modidad con que se puede alojar, y disci-  
 „plinar la Tropa, como en lo poco costo-  
 „so de su fabrica, donde no hay Pieza, ni  
 „ Muro alguno, que no sea de util y preciso  
 „ destino. Ahora pasare à manifestar la disposi-  
 „cion de los Cuarteles de Caballeria, que exis-  
 „ten en varias partes de este Principado, to-  
 „mando por modelo el que se ha construido.  
 „ en Reus à expensas de la misma Villa, para  
 „ alojar con toda conveniencia un Esquadron  
 „ de Caballeria, ò de Dragones.

Lamina  
6. A

„ Este Quartel consiste en un Edificio rec-  
 „tangular de 102 varas de longitud, y 84 de  
 „ latitud exteriormente, con un grande Patio  
 „ en el mediò, de 62 varas de largo y 44 de  
 „ ancho, circuido con un Corredor de 3 varas  
 „ de latitud en limpio; y como los Pilares de  
 „ estos, del mismo modo que los dos Muros  
 „ Principales, tienen una vara de espesor, se  
 „ se sigue, que todas las Piezas de este Edifi-  
 „cio, incluso sus dos Muros exterior, è inte-  
 „rior,

„ rio r, comprehenden el espacio de 16 varas  
 „ de latitud. A los extremos de los dos Fren-  
 „tes mayores, están colocadas las Caballerizas  
 „ para las quatro Compañias del Esquadron:  
 „ cada una consta de 14 varas de latitud, y 35  
 „ de longitud, sin los Muros; de los cuales los  
 „ que sirven de Testeros por la parte exterior,  
 „ tienen 2 varas de grueso, para que mutua-  
 „mente resistan el empujo de todas las Bove-  
 „das con que están cubiertas, así las Piezas  
 „ inferiores, como las superiores, y à quienes  
 „ sirven de Estribos. Las expresadas Caballeri-  
 „zas estan divididas por su longitud, con tres  
 „ Naves, fundadas sobre seis Pilares de una va-  
 „ra en quadro de grueso: Las de los lados  
 „ tienen  $4\frac{1}{2}$  varas de ancho, y en ellas están  
 „ los Pesebres para 54 Caballos, como ma-  
 „nifiesta el mismo Diseño: La anchura de  
 „ las intermedias es de 3 varas, y sirven para  
 „ desahogo de las mismas Caballerizas, y para  
 „ que los Soldados repartan comodamente el  
 „ pienso à los Caballos.

„ Entre las Caballerizas del Frente CD  
 „ está la entrada principal A, con el Cuerpo  
 „ de Guardia B, el Quarto C para el Oficial  
 „ de Piquete, y la Prision D; y en correspon-  
 „dencia de estas Oficinas, se han destinado en  
 „ el Frente opuesto las Bovedas I, K, para el  
 „ Albeytar, y el Vivandero, con la salida Q pa-  
 „ra que con mas libertad se saquen los Caba-  
 „llos al fresco.

„ A

„ A los otros dos lados del Patio, se ha-  
 „ llan las Escaleras M, para que suba la Tro-  
 „ pa à sus respectivos Dormitorios, como tam-  
 „ bien las Cocinas L, los Almacenes H para  
 „ la Paja, y las Caballerizas G, F, para los Ca-  
 „ ballos del uso de los Oficiales, y para los  
 „ que estèn enfermos. Todas estas Bovedas, y  
 „ las antecedentes, tienen 14 varas de fondo,  
 „ sobre 8 de latitud, y sus Muros de divisiòn  
 „ una de grueso.

„ El piso superior no se diferencia sensi-  
 „ blemente del inferior, y por lo mismo no se  
 „ añade su repartimiento; pues solo basta ad-  
 „ vertir que los Dormitorios para la Tropa,  
 „ ocupan los dos Frentes mayores, à excepcion  
 „ de las Bovedas extremas; en donde estàn los  
 „ Quartos para los Sargentos, y los que corres-  
 „ ponde para recoger las Armas, como Pisto-  
 „ las, y Carabinas de los Soldados que no  
 „ estàn de Servicio. Las ocho Bovedas que re-  
 „ sultan à los lados de las Escaleras, tienen su  
 „ destino para los Musicos, Trompetas, Solda-  
 „ dos caçados, &c.

Lamina  
7. A.

„ La altura de este Quartel es de 14 va-  
 „ ras, esto es, 7 del piso inferior, 6 del supe-  
 „ rior, y 1 de la Cornisa; y añadiendo 6, que  
 „ tiene la Armadura, resulta de 20 la total del  
 „ Edificio, como se puede exâminar por su  
 „ Perfil. En este se manifiesta con claridad la  
 „ estructura interior del Edificio, la natura-

„ le-

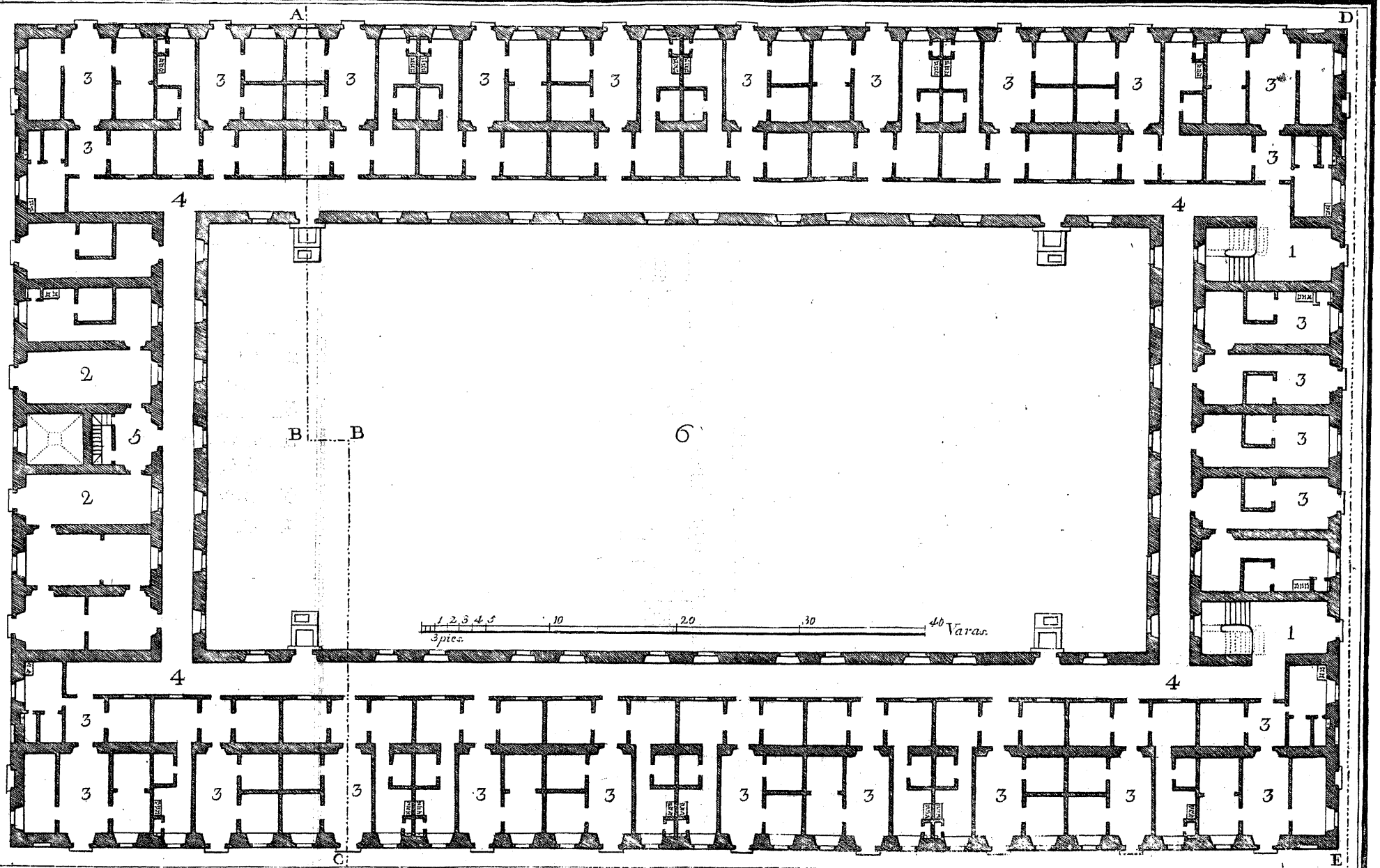


Plano superior de uno de los Cuarteles de Barcelona en el qual se manifiesta la distribucion y orden de los Pavellones que sirven para alojamiento de los Oficiales.

**EXPLICACION.**

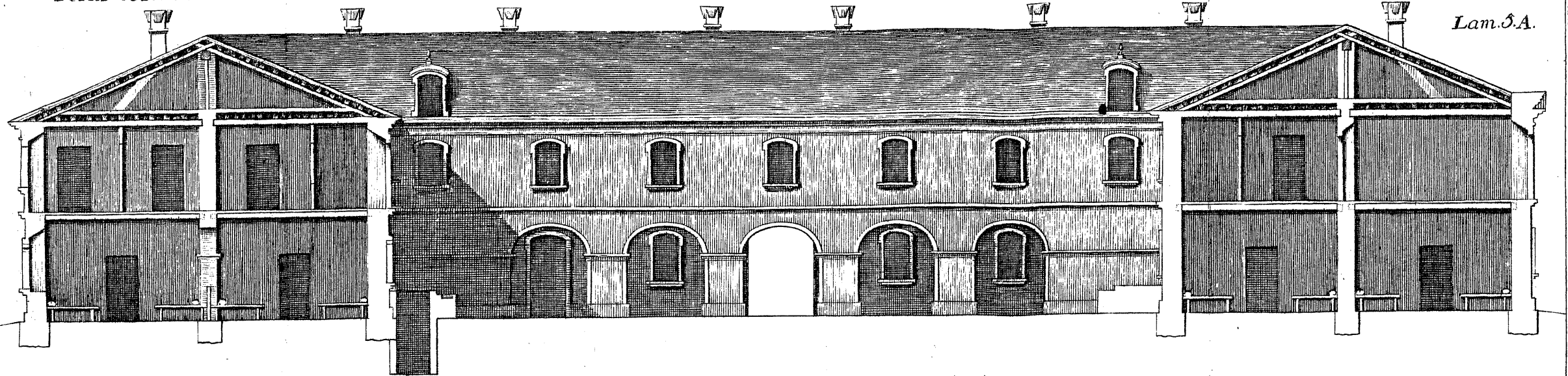
- 1. Escaleras.
- 2. Pavellon para el Comandante.
- 3. Pavellones para Oficiales.
- 5. Escalera, que conduce à los desbanes.
- 6. Patio.
- 4. Corredores.

Lam. 4.A.

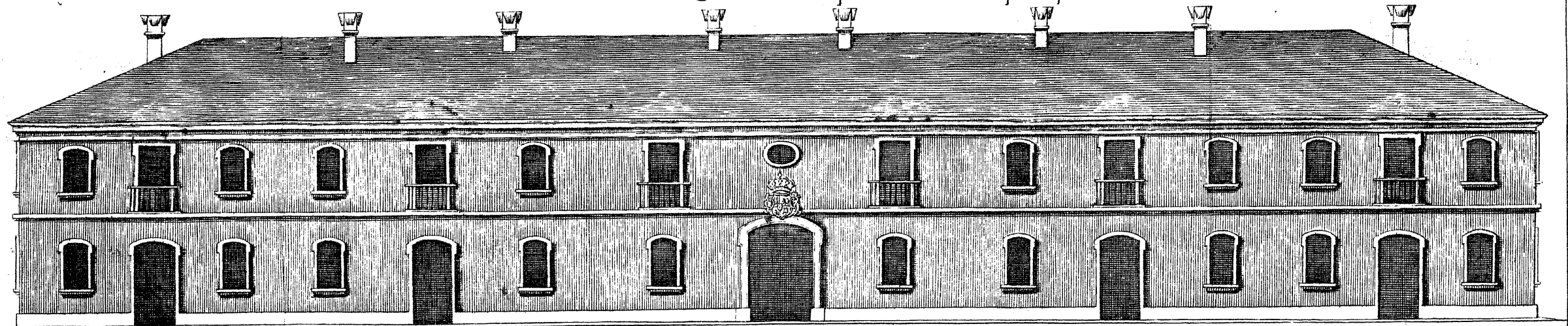


Perfil cortado sobre las lineas A.B.C. de los Planos anteriores relativos à uno de los Cuarteles de Ynfanteria construydos en Barceloneta.

Lam. 5.A.



Elevacion del mismo Cuartel visto por la Fachada principal. E.D.



1 2 3 4 5 10 15 20 25 30 Varas.

Tanner sculp. B<sup>no</sup>



„ leza de sus Bovedas ( que son de Tabique, y  
 „ construidas por Arista), la disposicion de las  
 „ Escaleras, la magnitud y numero de los  
 „ Arcos y Pilares de los Corredores, la for-  
 „ macion de la Armadura, y colocacion de  
 „ las Claraboyas para su ventilacion, con el  
 „ adorno y decoracion del Patio: La que  
 „ corresponde à lo exterior, se demuestra en  
 „ la Fachada del mismo Quartel, siendo uno  
 „ y otro muy proprio para Edificios Milita-  
 „ res, donde se requiere una Arquitectura ma-  
 „ gestuosa, sencilla, y robusta.

„ Para no hacer mas difusa la explica-  
 „ cion de los Diseños de este Quartel, omito  
 „ la enumeracion particular de las dimensio-  
 „ nes de sus Puertas, Ventanas, Arcos, y Pila-  
 „ res del Patio; singularmente quando es facil  
 „ descubrir las, por medio de las Escalas, à  
 „ que estàn arreglados con la mayor exâctitud  
 „ posible los mismos Diseños.

„ Estos dos exemplares de la disposicion  
 „ que deben tener los Quarteles de Infanteria,  
 „ ò Caballeria, y que reciprocamente pueden  
 „ servir entrambos para uno ò otro, son sufi-  
 „ cientes para dâr à los Estudiosos una idea  
 „ de las circunstancias mas principales, que  
 „ han de tener presentes al tiempo de su  
 „ Proyecto ò edificacion, ya se dispongan  
 „ sus techos de Maderas, ò ya de Bovedas;  
 „ quedando solo à su cuydado, y discer-

„ nimiento el ajustarlas à la calidad de los Ma-  
 „ teriales , à la capacidad y naturaleza del  
 „ Terreno , que debe dictar las dimensiones de  
 „ los Cimientos , y al numero y calidad de la  
 „ Tropa para quien se destinan.

### *De los Hospitales.*

Uno de los Edificios mas necesarios en las Plazas de Armas , son los Hospitales para Enfermos, y Heridos: Su capacidad debe regularse por el numero de Soldados que se consideren precisos para la defensa de un Sitio, atendiendo à que ordinariamente suele haber un Hombre enfermo por cada 25 de los que componen la Guarnicion, segun se ha observado , y enseña la experiencia. Pero esta Regla no se ha de aplicar en las Plazas , que se edificuen en Terrenos baxos y pantanosos; por que en este caso , el numero de Enfermos serà mayor que si estubiesen situadas en parages elevados , donde el àire circule con libertad y sea saludable.

Hecho el computo de los Enfermos, que à corta diferencia pueda haber, se sabrà el numero de camas que deben emplearse , y por consiguiente la extension que ha de darse al Hospital. Este Edificio se compone de dos Quadras , ò Salas espaciosas , una sobre otra, las quales han de ser de magnitud proporciona-

da

da para quatro ordenes de camas , y à este fin les dàn los Franceses 49 pies de ancho: Por esta cuenta , si solo hubieren de ponerse dos ordenes de camas , bastarà que las Salas tengan  $24 \frac{1}{2}$  pies de latitud. A cada cama se le han de dàr 4 pies de ancho , y lo mismo de intervalo de una a otra ; de forma , que sabiendo el numero de camas que se hayan de establecer, serà facil determinar la longitud de las Salas, por que para cada dos ò quatro, tomadas en la anchura de la Quadra, se deben dàr à esta 8 pies de longitud. Las camas, ordinariamente se hacen de 7.5 pies de largo.

Ademàs de las Quadras para los Enfermos , ha de haber Alojamientos competentes para un Medico, un Cirujano, sus Practicantes, Boticario , Enfermeros , y Domèsticos; como tambien Cocinas, Panaderia , Lavaderos, Terrados para enjugar la ropa , y las demàs Oficinas, que sean precisas para la asistencia , comodidad , y aseo de los Enfermos.

En la Seccion XVIII. se ha explicado la situacion que mas conviene à los Hospitales: pero aqui se aña de , que si no fuere posible construirlos cerca de algun Rio , importa à lo menos introducirles una Azequia ; por que la abundancia de agua , es absolutamente necesaria , para lavar la ropa y vendage de los Enfermos y Heridos; pues el aseo, el primor , y la limpieza son los unicos medios de evitar el

Eee 2

mal

mal olor, que ofende à los Enfermos, y hace ingrata la indispensable asistencia en estos Edificios.

No exhibo Plano de algun Hospital determinado, por que se construyen de varios modos, segun su magnitud y situacion: pero antes de hacer el Proyecto de este genero de Edificios, conviene exâminar y reconocer todas las circunstancias del Terrèno, y aun consultar à los Medicos y Cirujanos sobre las varias comodidades que se deben tener presentes, para que su disposicion resulte ventajosa al mas pronto restablecimiento de los Enfermos.

Para que estos logren el beneficio de asistir diariamente à los Oficios Divinos, se coloca una Capilla ò Altar en uno de los extremos de la gran Sala; y si encima hubiere otra, se dispone en esta un Balcon ò Tribuna, por donde los Enfermos puedan oir Misa, sin precision de baxar las Escaleras.

### *De los Arsenales.*

Ninguna Plaza de Armas se debe edificar sin los correspondientes Arsenales para todo genero de Municiones, Pertrechos, y Artilleria: y si la situacion de la Fortaleza fuere cerca de la Mar, ò de Rio navegable, serà preciso construir alguno para Maderas, Cordage, Ancoras, y otras cosas necesarias al surtimiento y reparo de las Embarcaciones.

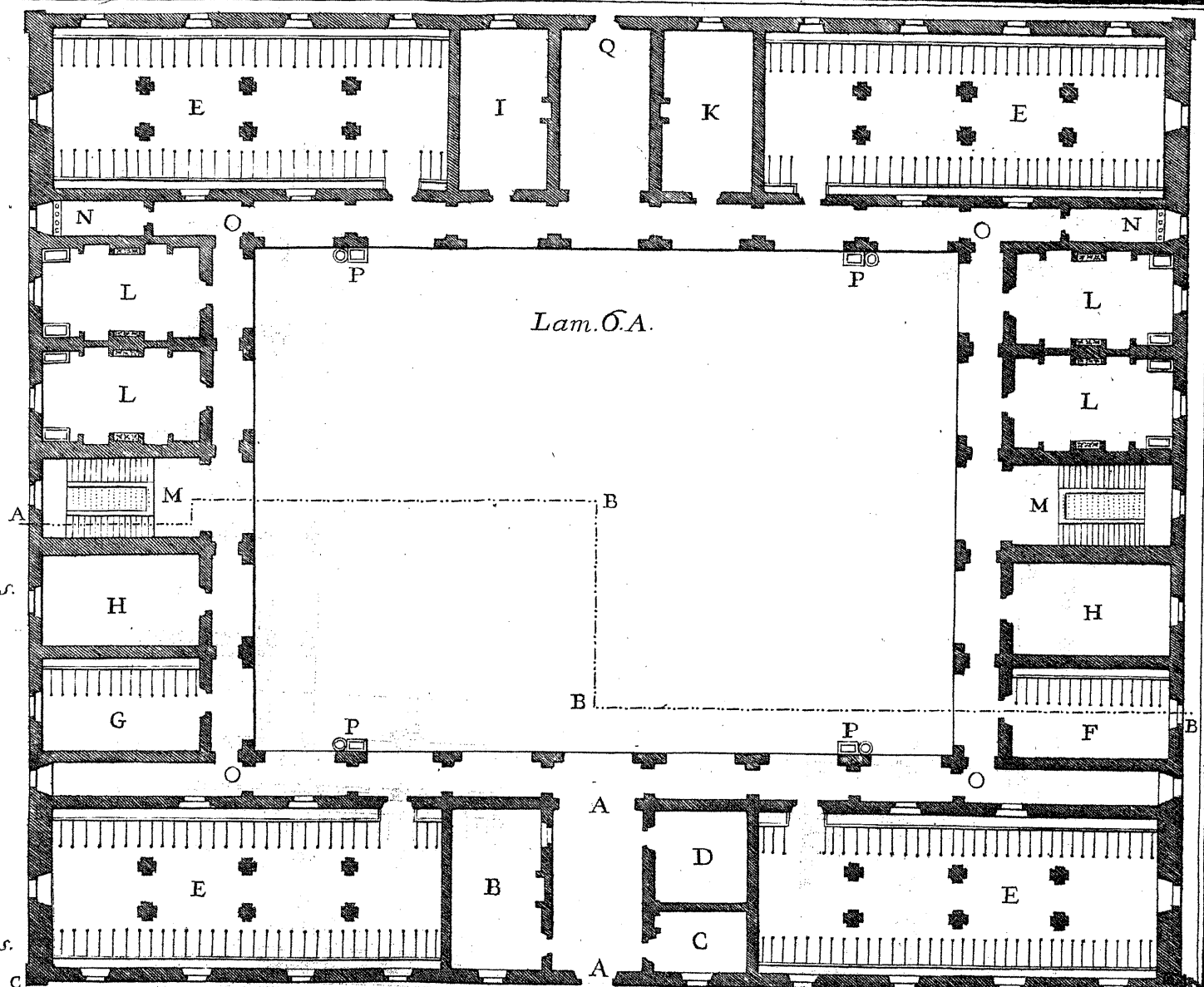
En

Plano inferior de un Quartel para  
Alojar comodamente un Esquadron  
de Cavalleria, ò Dragones, segun se  
halla construydo en la Villa de  
Reus en este Principado  
de Cathaluña

*EXPLICACION.*

- A. Puerta, y Entrada principal.
- B. Cuerpo de Guardia para la Tropa.
- C. Quarto para el Oficial de Piquete.
- D. Prision.
- E. Cavallerizas para las quatro Companias del Esquadron.
- F. Idem. para los Cavallos del uso de los Oficiales.
- G. Idem. para los Enfermos.
- H. Almacenes para Paja.
- I. Ofisina para el Albeytan, y Herrador.
- J. Boveda para Vibanderos.
- K. Cocinas.
- L. Escaleras para que suba la Tropa à sus respectivas Quadras, ò Dormitorios.
- M. Comunes.
- N. Corredores.
- O. Pozos, y Piloner para dar de beber à los Cavallos.

5 10 20 30 40 Varas.

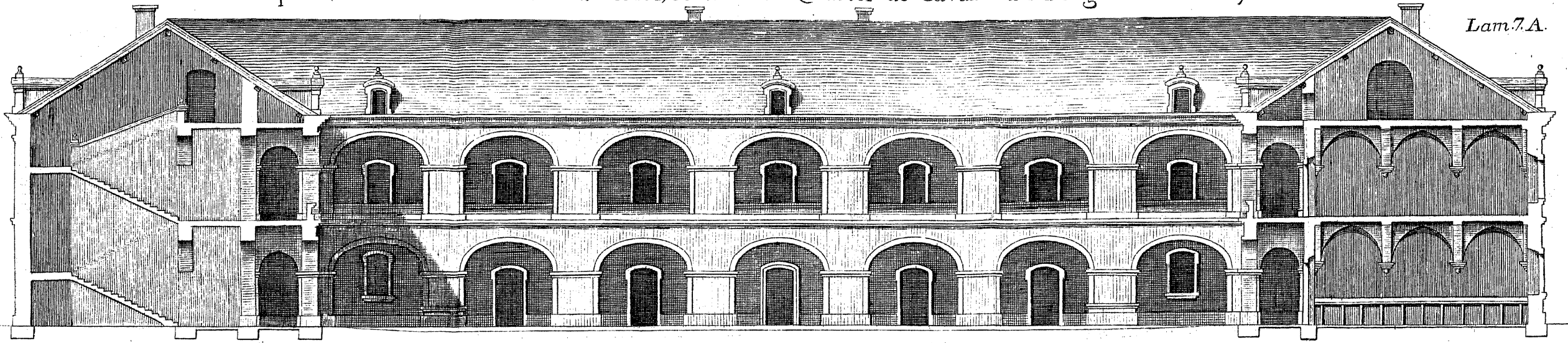


Pauner sculp Bne

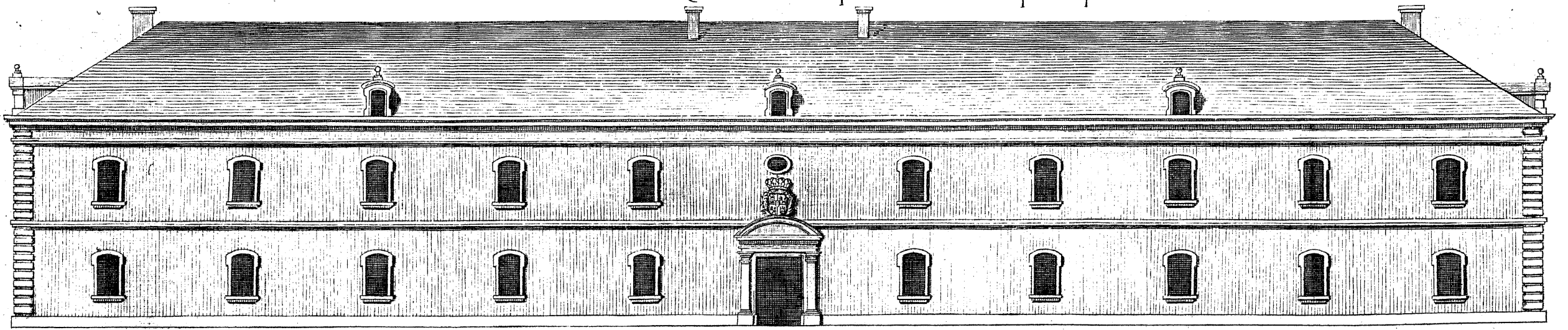
1012

Perfil cortado por la linea AB. del Plano anterior, relativo al Quartel de Cavalleria o Dragones, construydo en la Villa de Reus.

Lam. 7.A.



Elevacion del mismo Quartel, visto por la Fachada principal. CD.



1 2 3 4 5 10 15 20 30 40 Varas.

Paumer Sculp. B<sup>ne</sup>

En los pequeños Fuertes, como una Ciudadela , ò Castillo, será suficiente hacer un Arsenal de moderada extensión, para las Municiones, y efectos conducentes à su defensa: Pero en una grande Plaza situada en la Frontera del Estado, es indispensable, que haya un Arsenal espacioso, y capaz de contener todo lo necesario al Tren de Campaña.

Los Arsenales de esta naturaleza, se deben establecer, siempre que sea posible, à los margenes de un Rio, en quien à lo menos puedan navegar pequeñas Embarcaciones: En este caso conviene construir una Darsena, para que à un mismo tiempo puedan cargar, y descargar diferentes Barcos. Esta disposicion es muy importante, para evitar los grandes gastos que ocasiona el transporte, y acarreo de los efectos de Artillería por tierra, y con especialidad quando las distancias sean considerables. Y como ordinariamente se edifican las Fortalezas à la orilla de la Mar, ò de Rio navegable, se sigue, que siempre tendrá arbitrio el Ingeniero, para dar al Arsenal la situacion mas ventajosa que sea posible, supliendo con el arte lo que falte à la natural disposicion del Terreno.

El suelo, ò piso inferior de un Arsenal, consiste en una, ò diferentes Atarazanas, donde se colocan los Cañones y Morteros, con sus Cureñas y Afustes, los Carros, Balería, Bom-

Bombas, y demás efectos, que por muy pesados no se pueden almacenar en el piso superior. Asimismo debe haber Fraguas para Herreros, Talleres para Cerrageros, Maestros de Carros, Carpinteros de Obra Blanca y de Ribera, con las demás Oficinas que sean necesarias para las maniobras, y trabajos que ocurran en estos Edificios.

En el piso principal se ha de establecer la Sala que se destine para Armería, guarneciéndola con sus correspondientes Estantes, Perchas, y Escaparates donde se coloquen con orden, y primor todo genero de Armas largas, y cortas, así de fuego, como blancas, à saber: Fusiles, Caravinas, Mosquetes, Pistolas, Espadas, Chuzos, Bayonetas, &c. En el mismo piso se disponen diversos Almacenes pequeños, para Útiles, Herramientas, Cordage, Pontones ò Barcas pequeñas para Puentes, con otros efectos, y pertrechos, que por ser ligeros se pueden transportar facilmente. Un Ingeniero, que no esté bien instruido de todo lo que pertenece à la Artillería, no podrá formar una justa idea de la distribución, y magnitud que conviene dár à los Arsenales. Entre las Facultades de los Oficiales de Ingenieros, y Artillería hay una conexión tan estrecha, que ninguno podrá desempeñar bien sus encargos, sin estar medianamente instruido en los que al otro corresponden. Conozco que esta proposición

cion parecerà ridicula à algunos Prácticos de *Inglaterra*; pero como la intencion con que yo escribo esta Obra, es solamente la de instruir à los Jóvenes Ingenieros, no me embaraza lo que puedan decir aquellos que están persuadidos, que la práctica sola es suficiente para desempeñar con acierto los encargos de su Empleo.

Para dár alguna luz sobre este genero de Edificios, se representa en la Lamina 19. una quarta parte del Plano del Arsenal que se ha executado aquí en *Woolwich*, con la vista de una porcion de las Fachadas interiores. La Atarazana que lo circuye tiene  $38 \frac{1}{2}$  pies de latitud interior, 329 de longitud por la una parte, y 182 por la otra: La altura de los Muros es de 19 pies, el espesor de 2, con sus Pilas tras de 2 pies de ancho, 18 de intervalo, y 9 pulgadas de resalte. Las Puertas, que en todas son ocho, tienen 11 pies de ancho, y 16 de alto: Los Arcos que se manifiestan de la parte interior, son de 9 pies de ancho, y  $13 \frac{1}{2}$  de alto hasta la clave.

En la Lamina 20. se demuestran las Fachadas exteriores, junto con un Perfil que pasa por medio de la mayor Atarazana, y corta la Armadura que la cubre. Respecto, que este Diseño no ofrece dificultad alguna para entenderlo, no me detendré en mas difusa explicacion.

Sir-

Sirve este Edificio para almacenar las Cárreñas del servicio de Mar y Tierra, Morteros à placa, Barcas sobre ruedas, y Carros cubiertos, con los demás que se emplean en Campaña. Como las Maderas se conservan mas tiempo sin podrirse quando están ventiladas por todas partes, es conveniente hacer diferentes Arcos en el Muro interior, para que el áire circule y pase con libertad por las Atarazanas, segun se ha practicado en el Arsenal que se representa en las dos Laminas citadas.

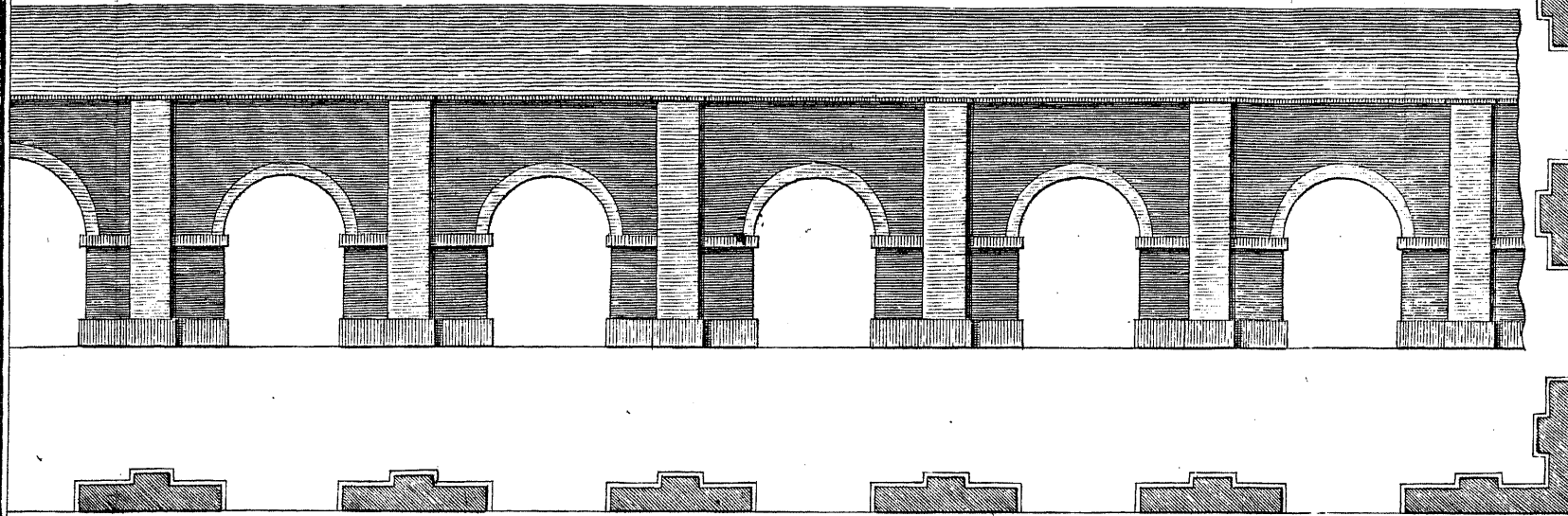
En las Plazas de considerable extension, se construyen además del grande Arsenal, diferentes Almacenes inmediatos al Terraplen, para que en tiempo de Sitio sirvan de repuestos en quienes se tenga à la mano Municiones, y pertrechos, cuyos efectos se sacan del Arsenal, quando lo permite la ocasion. Pero como la construccion de estos Almacenes, no encierra la menor dificultad, sería inutil detenerse mas en su explicacion.

Los Arsenales, que se edifican en las Plazas maritimas, no solo han de tener capacidad para la Artillería, municiones, y pertrechos; sino tambien para Cables, Ancoras, Cordage, Arboladura, y todo lo demás que sea necesario para la construccion, ò reparacion de los Baxeles que de ordinario frecuentan el Puerto. Estos Arsenales deben tener dos



LamXIX.

Elevacion del Frente. DE.



Plano de una quarta parte del Arsenal de Artilleria de Woolwich. 1751.

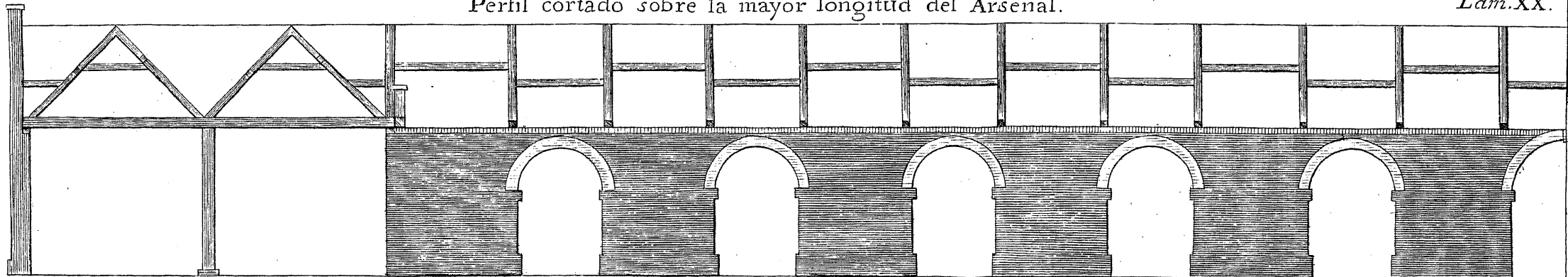


10 20 30 40 50 60 Pies.

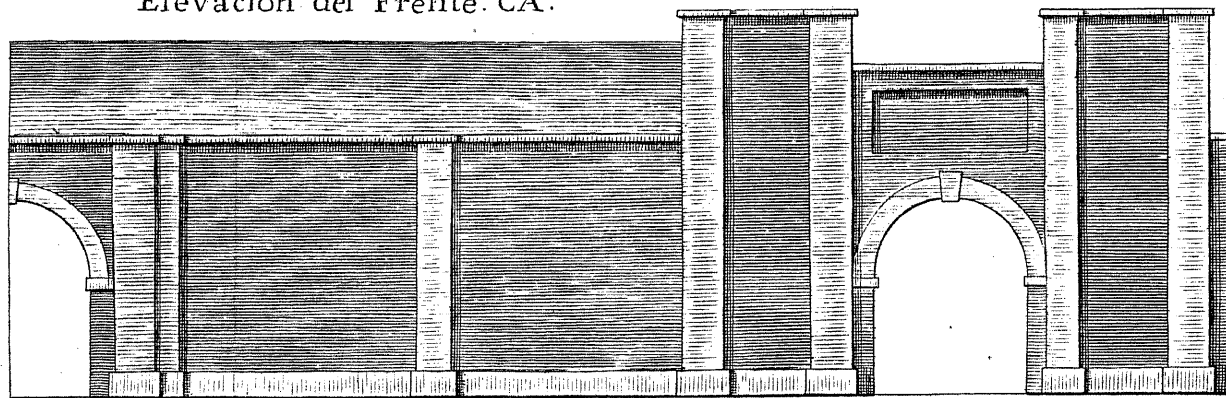
Paumer sculp. B<sup>no</sup>

Perfil cortado sobre la mayor longitud del Arsenal.

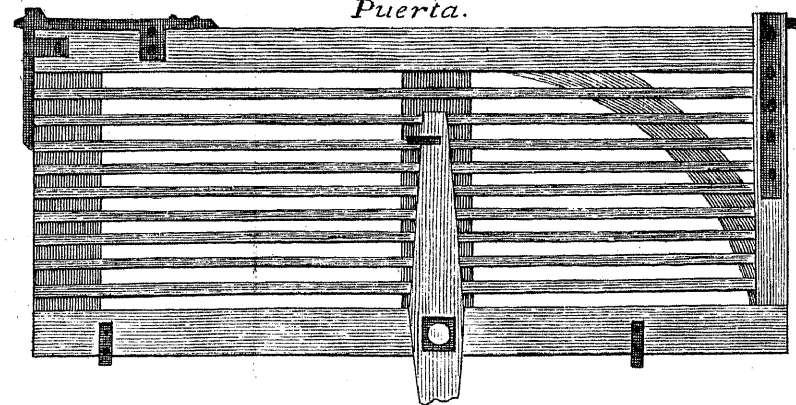
Lam. XX.



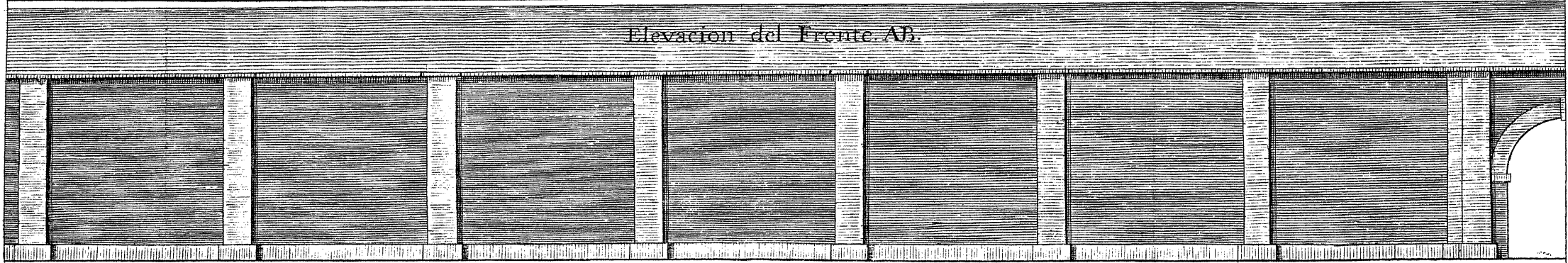
Elevacion del Frente. CA.



Puerta.



Elevacion del Frente. AB.



Pauner sculp. B<sup>na</sup>

pisos, el inferior para los efectos muy pesados y embarazosos, y el superior para los mas ligeros y manejables. Su situacion, siempre debe ser inmediata al Muelle ò Puerto, à fin que las Embarcaciones se puedan acercar, y se eviten los transportes de los efectos que lleven pertenecientes al Arsenal.

## SECCION XXI.

*De la Trabazon, y Enlace de las Maderas, para Muros de Division.*

EN la construccion de los Edificios ocurre muchas veces la necesidad de empalmar, y trabar las Maderas, disponiendo con ellas varios ensamblages muy utiles para fabricar à poco coste algunos Muros de Division: Y como las Reglas, que ordinariamente siguen los Carpinteros, están fundadas en su propia práctica, y por lo mismo llenas de defectos, como se verá mas adelante, no será improprio explicar aqui el mejor modo de enlazar, y sujetar con firmeza estos enmaderamientos.

Los cinco Diseños, que se representan en la Lamina 21. son diferentes entre sí, y sirven para varios destinos, segun las circunstancias de los Muros donde se apliquen. Los Diseños 1, 2, y 4, son de la invencion de *Mr. Smith*, y los otros dos de *Mr. Price*, que son

Fig. 1.

los unicos Autores que han escrito sobre este asunto. El ensamblage que demuestra la Figura 1, es el que ordinariamente se practica: pero sus muchas Espigas y Cotanas, le hacen de poca resistencia y duracion. Para remediar este defecto, serà mas conveniente, que en lugar de espigar las Riostras A en los Pies derechos B, como aqui se representa, se apoyen solo contra unas pequeñas mortajas de media pulgada de fondo, donde se clavan al mismo tiempo con pernos de hierro; pues de esta forma se consigue el proprio servicio, con las ventajas de no enflaquecer las Maderas, y poderlas labrar en menos tiempo. Tampoco es necesario espigar en las Soleras D, ni en las Riostras A, las barras ò atravesaños C; por que no debiendo sostener mas que el aforro de madera, y el enlucido de hiefo que los cubre (respecto que el peso de la Armadura, y Texado estriba sobre los Pies derechos, y Tirantes), es trabajo inutil, que no dà mas robustez y consume mucho tiempo.

Fig. 2.

En la Figura 2. se manifiesta la disposicion de un ensamblage de Madera, adecuado para un Muro de Division en Almacenes, Fabricas, ò Edificios en quienes algun grande peso, como una Muela, Maquina, ò Ingenio, ha de estribar sobre el Poste principal ò Pie derecho E. Pero se ha de advertir, que si este ensamblage hubiere de sostener grandes pesos en dos

pa-

parages distintos, serà preciso invertir su posicion, de tal modo que los pesos descansen sobre los Pies derechos A, A; por que en el primer caso, las Tornapuntas que apoyan al Pie derecho E, aumentan mucho su resistencia; y en el segundo ganan esta ventaja los Pies derechos A, A, con las Tornapuntas que los fortalece. No obstante, en donde el peso se haya de distribuir con igualdad sobre la Plancha ò Solera superior, no hay necesidad de apoyar con Tornapuntas los Pies derechos, respecto de que con el mismo peso quedaràn bien entallados y sujetos. En esta disposicion de ensamblage, se advierte luego que se vè, lo mucho que se debilitan los Pies derechos; pues es necesario adelgazarlos considerablemente, para que los extremos de las Tornapuntas se espiguen, y apoyen de quadrado contra los cortes de Cartabon, que se manifiestàn en A, E, A; y por lo mismo debe reprobarse este metodo, mayormente si se considera que despues del consumo inutil de madera y tiempo, no sirve este maderamen à otro fin que el del primer Diseño, que es de mayor robustez y mas barato.

Se propone el ensamblage que manifiesta la Figura 4, para que comprehenda la altura de dos pisos, ò habitaciones; la inferior de 15 pies, y la superior de 14: ò bien para la Fachada exterior de una Casa, ò Muros de

Fig. 4.

Fff 2

una

una grande Sala. Pero destinandola para lo primero, se ha de notar, que si las Vigas descansan sobre la Solera intermedia, necesariamente ha de fiarse mucho peso à las Espigas con que la misma Solera està empalmada à los Pies derechos extremos y al Poste Real EE, respecto que las Tornapuntas solo apoyan las partes inmediatas à los Pilares F, que no lo necesitan; y por consiguiente se deben poner al contrario las proprias Tornapuntas, para que alivien los extremos de la Solera intermedia, que es lo que ha de fortalecerse con mas cuidado, por ser la parte mas debil. De esta forma se logrará, que el maderamen resulte bien enlazado, y distribuida con igualdad su resistencia.

La disposicion y labor del Poste Real EE se debe reprobear, por la misma razon que en el segundo Diseño, pues se inutiliza sin provecho mucha madera. Mas acertado sería dár à esta clase de Pies derechos alguna mas robustez de la que tienen en el medio, y abrirles unas pequeñas mortajas sesgadas, para recibir los extremos de las Tornapuntas; con lo qual se lograrían las ventajas de hacer mas firme, y menos costoso el enmaderamiento.

Fig. 3.

En la Figura 3. se manifiesta otra especie de ensamblage, que propone *Mr. Price* para un Muro que divide dos Estancias, y en el qual se quieren dos Puertas àcia los extremos, como A, A. Para este efecto, coloca en el medio un Poste Real

Real, y entre este y las Puertas, aplica un Pie derecho de cada parte. La Solera intermedia, que hace oficio de Rioftra, està empalmada à media madera, no solo con los Pies derechos, sino tambien con el Poste Real, cuya práctica enflaquece mucho à las Maderas. Además, si la altura del ensamblage hubiere de ser la de un piso solamente, no hay necesidad de la Rioftra: pero su puesto que se le quiera añadir, será mejor espigarla ligeramente en el Poste Real, apoyandola al mismo tiempo con Tornapuntas, colocadas en contraria posicion de la que tienen en este Diseño; pues de este modo no se debilitará el Poste Real, y se conseguirá mayor firmeza y robustez en el ensamblage. Es verdad, que la práctica comun autoriza el enpalme à medias maderas; pero jamás se debe hacer sin mucha necesidad, procurando evitarlo siempre en las Tornapuntas y Rioftras.

El mismo Autor propone el enmaderamiento que representa la Figura 5, para un Muro que ha de comprehender tres Puertas, una à cada extremo, y otra en el medio; en el qual se vé, que la Solera intermedia ò Rioftra està empalmada tambien con los dos Postes Reales, y por consiguiente, que este Diseño padece los proprios vicios que el anterior, tanto en la Rioftra, como en los Pies derechos: y como las Tornapuntas no pueden tener aqui otra utilidad,

dad , que la de hacer mas cortas las barras ò atravessaños, se sigue, ò que no hay necesidad de espigar estas, ò que se pueden excusar aquellas.

Quiere *Mr. Price*, que en todos los ensamblages para Muros de División, se aten los Postes Reales à la Solera inferior con buenas abrazaderas de hierro, segun se demuestra en F: pero respecto que la misma trabazon y enpalmes de las Maderas, las une y asegura con firmeza, parece que es inutil el gasto de las abrazaderas, que no conducen à provecho alguno.

Muchos son los Diseños, que han dado estos Autores, para enlazar las Maderas de los Muros de División, segun las varias aplicaciones que à estos se les dà; pero todo el Arte consiste, en disponer de tal modo los enpalmes y trabazon, que resulte el ensamblage igualmente firme y robusto en todas sus partes; atendiendo asimismo à no emplear mas tiempo, ni madera, que la que sea necesaria para sacar una Obra solida, y con el menor gasto que sea posible. Estas dos utilidades, no es facil conseguir las sin un regular conocimiento de las Reglas que se deducen de los principios de la Mechànica, y de una pràctica razonable; cuyas dos circunstancias rara vez se encuentran en un mismo sujeto, y por eso ha recibido tan poco adelantamiento el Arte de la construccion.

SEC-

SECCION XXII.

*De los Suelos, y Techos.*

**A**Ntes de asentarse las Vigas que han de sostener un Suelo, importa formar el Plano exàcto del Edificio, à fin de poder hacer concepto de la situacion mas ventajosa que debe darse à las Vigas maestras; cuyo exàmen, y determinacion se ha de disponer antes de elevar los Muros hasta la altura en que las han de recibir, para que no solo à los Dinteles que se ponen sobre las Puertas y Ventanas, sino tambien à las Planchas ò Soleras, que se tienden por la longitud del Muro para recibir las cabezas de las mismas Vigas, se les pueda dar la situacion mas conveniente. Si los Maderos que sirven de Soleras, se enpalman bien unos con otros, distribuiràn con igualdad sobre el Muro todo el peso del Suelo. Esta pràctica contribuye mucho à la firmeza, y buena union del Edificio, por que las Soleras le ligan, y sujetan en gran manera, y por lo proprio se llaman *Maderas de Ligadura*, ò *Cadenas*. Pero à fin de evitar equivocaciones, es necesario advertir, que las Ligaduras ò Cadenas, propriamente son los Maderos que se tienden por toda la longitud de los Muros en quienes no estriban los extremos de las Vigas, como sucede

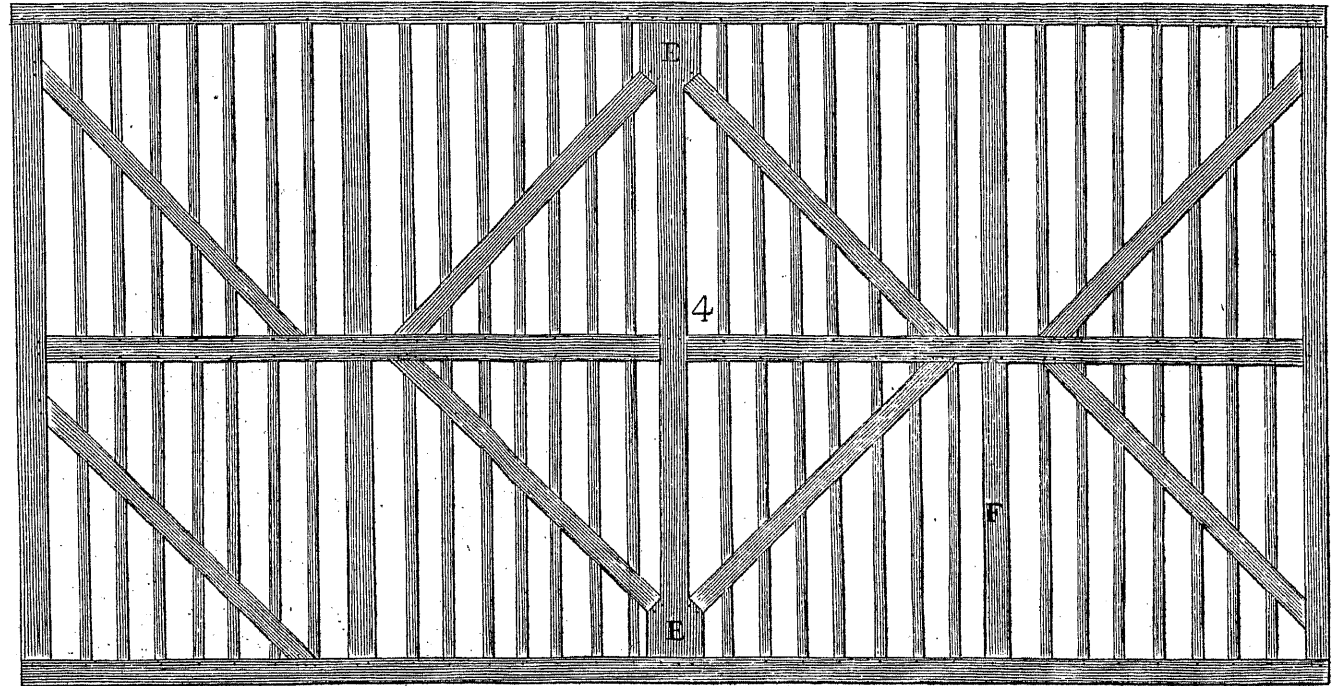
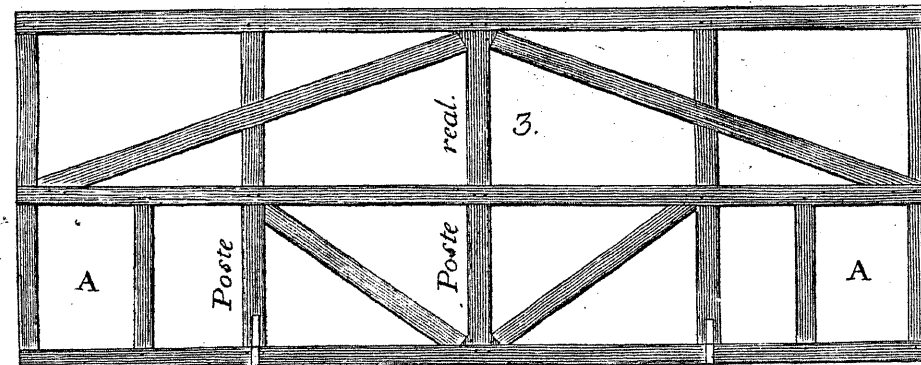
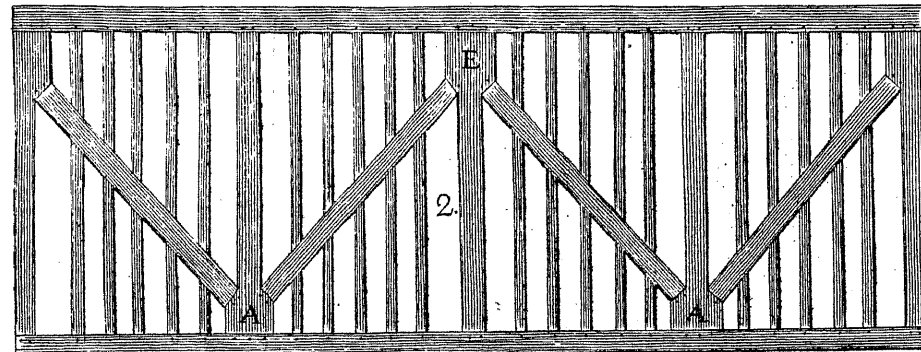
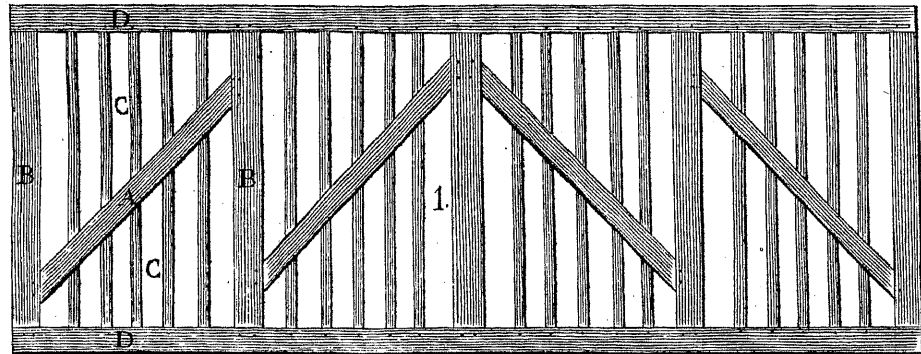
de en los Testeros de las Piezas , y en los Muros de Division , en los quales se ponen estas Cadenas à cada 6, ò 7 pies de altura , enpalmandolas à cola de golondrina en los angulos exteriores del Edificio , segun se manifiesta en la Figura 2, ò como se demuestra en las Figuras 3, y 4 para los Muros de Division. Por este medio se consigue que el todo quede tan enlazado y firme , que aun siendo debil el Terreno en que se haya fundado el Edificio , su propria trabazon le obligarà à que se asiente por igual , sin abrir grietas, ni roturas.

Lam. 22.  
Fig. 2, 3,  
y 4.

De todos los generos de enpalmes que se acostumbra , el que se llama à cola de golondrina ( Fig. 4. ) es el mejor ; por que trabando y sujetando las Maderas con la mayor seguridad , tiene la excelencia de ser muy simple , y de facil construccion.

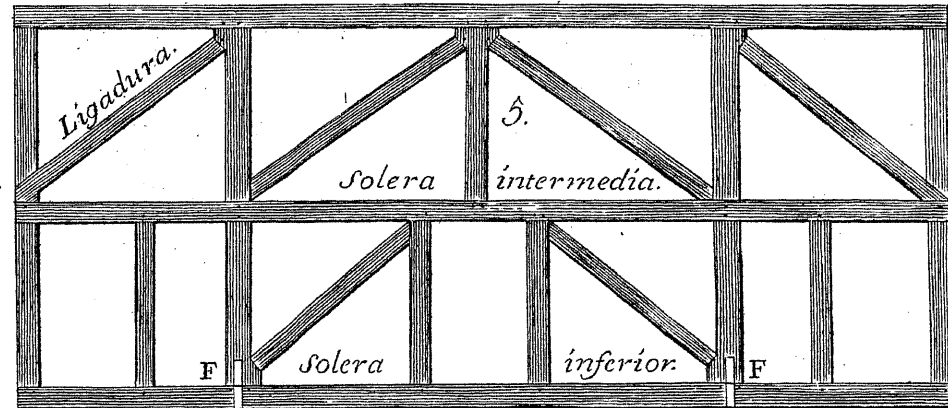
Las Vigas de un Edificio se deben colocar àcia una misma parte , à fin de que toda la Tablazon de los pisos resulte al hilo ; pues si las juntas de las Tablas de una Estancia, no tienen la misma direccion que las de otra contigua , producirà la union muy mala vista.

Determinada la situacion mas ventajosa , que se ha de dár à las Vigas maestras ( la qual se procura , que siempre sea sobre la menor anchura del Edificio ) , serà facil saber sus dimensiones y numero, suponiendo que la distancia de una à otra inmediata nunca debe ex-



Plancha ò solera superior.

Varios  
Ensamblages  
ò  
Entramados  
para  
Muros de  
division.



Lam. XXI.



ceder de 14 pies, respecto que la mayor longitud de las Vigas ordinarias tampoco debe pasar de los mismos 14 pies. Las cabezas de las Vigas maestras han de entrar en los Muros 14 pulgadas à lo menos quando el Edificio es grande, y 10 si fuere pequeño.

No teniendo la Madera mayor enemigo que la Cal, importa asentir las cabezas de las Vigas, los Dinteles, Planchas, &c. sobre Greda, ò Arcilla: pero el Pino aun se conserva mejor, quando se cubre con un derretido de quatro partes de Pez, y una de Sebo.

Respecto, que en la Seccion III. de la Parte primera se ha explicado el modo de determinar los gruesos de las Maderas que se emplean en los Edificios, y que se han añadido varias Tablas de sus dimensiones, no hay necesidad de detenernos mas sobre este asunto. Así, entendida la situacion, que conviene dar à las Vigas maestras, pasaremos à exponer la que corresponde à las Viguetas, Asnillas ò Morillos, Puentes ò Vigas comunes, Alfargias, y Latas.

Las Viguetas son unos Maderos, ò Cuartones que se enpalman sobre la superficie superior de las Vigas maestras, y que ordinariamente se hacen de menor altura que las proprias Maestras; por lo qual la superficie inferior de estas, queda mas baxa que el Cielo Raso que se aplica à las Viguetas. Esta práctica produce en los Techos muy mala vista; y para

remediarla sin mucho coste, se procura que cada tercera ò quarta Vigueta tenga la propia altura que las Maestras, y se clavan contra ellas los Listones, ò Cañizos que deben recibir el Cielo Raso, lograndose por este medio el que las Vigas queden ocultas, y el Techo parezca mas hermoso.

Las Anillas, Morillos ò Cabezales, son los Maderos que se empalman de traves en dos Viguetas, y se destinan para recibir las cabezas ò extremos de otras Viguetas intermedias, que se cortan de menor longitud que las demás, para que dexen el hueco correspondiente al Cañon de una Chimenea, ò la abertura de una Escalera, como se representan en la Figura 1. por la letra *a*. Respecto que estos Cabezales se debilitan mucho en sus empalmes con las Viguetas, y que por otra parte deben resistir mas peso que las mismas Viguetas; es necesario darles mayor robustez, para que el enmaderamiento resulte firme con igualdad en todo el Suelo.

Las Puentes, ò Vigas comunes sirven para asentar de traves sobre ellas las Alfargias, que reciben la Tablazon del piso, ò bien en quienes se empalman las Latas para el mismo fin. Estas Puentes se espigan en las Maestras, de tal forma, que por la superficie inferior queden al tope con ellas, pero 3, ò 4 pulgadas mas baxas por la superficie superior, para

Lam. 22.  
Fig. 1.

dàr lugar à que las Alfargias llenen el hueco, y que las Tablas puedan ajustarse sobre unas y otras. En caso de servirse de Latas en lugar de Alfargias, conviene que los Puentes tengan la propia altura que las Maestras, para que el Techo sea vistoso, y la Tablazon se asiente por igual. La distancia entre Puente y Puente, puede ser desde 3 hasta 12 pies, proporcionando con su longitud el grueso que le corresponda, segun se ha explicado en la Parte primera de esta Obra.

El corte de las Espigas se representa en las Figuras 8, 9, y 10, como tambien las Cortanas en que deben encajarse, segun la idea de *Mr. Price*, cuya práctica es la que ordinariamente siguen por mejor los Carpinteros. Pero los que tengan algun conocimiento de los principios de Mechànica, advertiràn facilmente, que ninguno de estos Diseños ofrece ventaja para enlazar las Maderas, y que al contrario, enflaquecen mucho la resistencia que deben tener las ensambladuras.

Para determinar el modo mas ventajoso de cortar las Espigas, importa considerar, que apoyando un grande peso en el medio de qualquier Madero, sostenido por Espigas en sus extremos, necesariamente le ha de combar un poco àcia abaxo; y en esta disposicion es evidente, que el punto *x* (Fig. 8.) servirà de apoyo, ò de Hypomochlio, y por lo mismo, quando

Ggg 2      la

Fig. 8, 9,  
y 10.

la Espiga está situada en el medio, como sucede en este caso, la distancia desde la línea de dirección de la fuerza que procura romper la Viga ò Madero, hasta el punto de apoyo  $x$ , es igual à la mitad de la altura  $xv$ : pero esta distancia se aumenta siempre que la Espiga se coloque mas arriba de la mitad del grueso del Madero: luego tambien se aumentará su resistencia proporcionalmente; y por consecuencia, quanto mas se acerque la Espiga à la superficie superior, tanto mayor será su fuerza y resistencia. Pero como la Escopleadura, no se puede hacer muy alta, por razon de que la Espiga la destruiría con facilidad, será lo mas acertado dividir la altura  $xr$  en quatro partes iguales, de las quales se tomará una para el grueso de la Espiga, dexando dos en la parte inferior de ella, y una en la superior.

Se ha de advertir, que todas las Vigas, ò Puentes, deben tener el doble espesor que las Viguetas, no solo por que han de sufrir mayor peso, sino tambien por lo mucho que se debilitan con las mortajas, y Escopleaduras que se les abre.

Fig. 1. y  
5.

En la Figura 1. se representan las Alfargias  $f, f, f$ , situadas sobre las Vigas comunes  $d$ , y su Perfil  $ee$  se vé en la Figura 6, donde  $n, n$ , manifiesta el de las Vigas, que las reciben, y  $g$ , el de las Latas, con el modo de enpalmarlas en las Puentes. La Figura 5. es un Perfil, que demue-

muestra el modo de espigar en las Vigas  $b, b$ , ( de mayor altura que las intermedias  $a, a, a$  ) los Listones  $c$  que reciben los Cielos Rasos, segun se dixo antecedentemente.

La distancia entre las Alfargias, y Latas, no debe exceder de 12 pulgadas, incluyendo la latitud de una; y sus respectivos gruesos se proporcionan con su longitud. En la Figura 7. se indican las Cotanas, que se abren en las Vigas, maestras y en las comunes, para enpalmar los extremos de estas, ò de las Latas:  $n$  representa una Escopleadura simple, y  $r, s$  dos Escopleaduras à doble mortajas, con rebaxo, y sin él.

Estos son los varios modos con que en este País de *Inglaterra* se traban, y enlazan las Maderas, que sirviendo de Techo en una Pieza, reciben el suelo ò pavimento de otra. Pasémos ahora à manifestar el modo de disponer los mismos Suelos.

La hermosura de estos depende de la bondad de las Tablas, y del modo de trabajarlas. Para lo primero se deben escoger sin nudos, de buena fibra, fazonadas, y de color agradable; y para lo segundo importa, que los Carpinteros las desbasten algun tiempo antes de emplearlas, labrandolas despues en limpio con mucho primor y rectitud, para que las juntas queden bien unidas, y no se estallen, ni abran grietas. Como no es facil encontrar un com-

petente numero de Tablas de las circunstancias explicadas para todos los Suelos de un Edificio, conviene apartar las de mejor calidad para las Piezas principales, destinando las demás para los Quartos, y Oficinas de menos lucimiento. La experiencia ha manifestado siempre, que si despues de haber labrado las Tablas, y ajustadolas para su destino, se vuelven à recorrer sus cantos pasado algun tiempo, se alabearàn y estallaràn de nuevo; y por lo mismo conviene no retocarlas, ni trabajarlas en limpio sino la primera vez: Pero seria muy util asentarlas sobre las Vigas un año antes de clavarlas; por que de esta forma se enjugarian, y amoldarian al proprio tiempo, y las juntas podrian quedar perfectamente unidas.

La mejor Madera que se emplea en este País para entablar los pavimentos, es la de Pino bien sazonado, y de color amarillo algo claro, por que se conserva mucho tiempo sin alterar sus calidades; en lugar, que el de color blanco se obscurece, y se mancha con la repeticion de lavarlo y fregarlo à menudo, y produce muy mala vista. Para las Solerías de los Edificios de conseqüencia, se desprecia y se separa de los Arboles toda la madera, que està àcia la corteza, y solo se sacan las Tablas de la que forma el corazon de los Pinos: Pero en los Edificios ordinarios, y en los que se labran por asiento, no solo se de-

fa-

fatiende esta precaucion, sino que rara vez se emplea madera enxuta; lo qual es causa de la corta duracion de las Obras.

Ordinariamente se asientan las Tablas al tope unas con otras por sus cantos; pero si no està bien secas, se desunen facilmente, y por las aberturas que dexan, se introduce el agua al tiempo de lavar los Suelos, en perjuicio del Techo, ò Cielo Raso inferior, que todo se mancha y se desluce. Para evitar este inconveniente, se suelen traslapar las Tablas de los pisos de mayor primor; y algunas veces se unen y sujetan con grapas, que se hacen de madera mas fuerte y solida, embutiendo cada mitad en su correspondiente caja abierta en la Tabla. Pero en las Piezas, ò Quartos de mayor atencion, se engargolan las Tablas por sus cantos, esto es, se abre una Canal por todo el canto de un lado, y por el otro se dexa su competente resalte, ò espiga corrida; y en esta forma se enpalman unas contra otras, lograndose la mejor union que se puede apetecer. En este caso se asienta la primera Tabla con su Caja ò Canal, y se clava el labio inferior contra las Vigas, ò Alfargias: despues se introduce en la Canal el resalte de otra Tabla, que igualmente se clava por el labio inferior de la Caja que tiene en el canto, ò grueso opuesto; y se continua de este modo hasta concluir el pavimento, el qual resulta con la ven-

taja de no descubrir la clavazon; y por lo mismo está libre de mancharse con el moho, que la humedad ocasiona en las cabezas de los clavos, los quales producen entonces muy mala vista.

El modo de medir los Suelos, es por Cuadrados de 10 pies de lado: Así, tomando la longitud, y anchura de la Estancia, en pies, y multiplicando un numero por otro, se tendrá un producto, de quien separando las dos cifras de la derecha como decimales, expresarán las demás los Cuadrados que se contienen en el Suelo: De manera, que si este tubiere 18 pies de largo, y 16 de ancho, será igual à 288 pies cuadrados, ò bien 2.88 cuadrados de 10 pies de lado, ò 100 de Area: y por consiguiente, sabiendo el precio de uno de estos Cuadrados, se tendrá el importe de todo el piso.

Antiguamente se hacian los Suelos con Tablazon de Encina; pero ya no está en uso esta práctica, y solo suele servir para algun Gabinete, ò otra Pieza de gusto y primor, donde se quiere un pavimento compuesto de tableros y lazos, como se labran las Puertas, y se lustran con Cera; cuyo pulimento los preserva de humedad, y los hace parecer muy bien. Sin embargo, como este genero de pavimentos, sobre ser muy costosos, tienen la incomodidad de resbalarse los pies en ellos quando no se camina con cuidado, es muy rara la ocasion en que se hacen. SEC-

## SECCION XXIII.

*De las Armaduras, y modo de cubrirlas.*

**P**ARA formar las Armaduras con que se cubren los Edificios, es necesario disponer con firmeza los enpalmes de las ultimas Soleras, que encadenan y sujetan à los Muros, fortificando sus angulos, con Cuadrates, y Aguilones, del modo que se representa en la Figura 2. Lam. 22. Fig. 2. Despues se ha de exâminar la distancia mas conveniente que deben tener los Tirantes entre si; para cuyo efecto se han de tener presentes estas condiciones: 1. No colocarlos sobre los enpalmes de las Soleras: 2. Que la distancia de uno à otro no sea muy grande, para que las Alfargias que hayan de recibir, y las Riostras de la Armadura no resulten de mucha longitud, y graven demasiado con su peso al Edificio; y por lo mismo nunca se han de apartar mas de 10 pies: 3. Que en los Edificios de madera, se pongan sobre los Postes Reales ò inmediatos à ellos, y en los de mamposteria sobre los Muros ò Pilares.

Determinada la situacion, y longitud de los Tirantes, se han de enpalmar por sus extremos sobre las Soleras, abriendo en estas sus correspondientes mortajas de dos pulgadas de profundidad, y en la forma que se representa en la Fi-

gura 4; para lo qual se les dà à las Espigas de los Tirantes todo el ancho de la madera en la cola, y solo un tercio en la gargante. Quando los Tirantes estàn empalmados, y clavados con las Soleras, se les pueden aplicar los Pares, y las Viguetas ò Alfargias que han de formar el Techo horizontal.

Antes de aplicar, y enlazar los principales Pares, es preciso determinar su longitud, con arreglo à la altura que haya de tener la Armadura, cuyo Perfil depende de la materia con que se medite cubrirla. En *Inglaterra* se emplea para este fin, Plomo, Pizarra, ò Texa. Distinguenfe las Armaduras con varios nombres, segun la inclinacion de los Pares: Las mas comunes son, la de Fronton, la Ordinaria, y la Gotica.

Se dice Armadura de Fronton, quando la altura de su Perfil es los dos novenos de la longitud de los Tirantes; por que esta es la proporcion que guardan entre si la base, y la altura de los Frontones; y por lo comun se emplea en los Edificios que se han de cubrir con chapas, ò hojas de Plomo.

La Armadura ordinaria es aquella, cuyos Pares tienen de longitud los tres cuartos de la anchura del Edificio, y que la abraza toda en dos vertientes: pero aqui en *Inglaterra*, regularmente se divide en dos Armaduras iguales, siempre que se haya de cubrir con Texa.

Ul-

Ultimamente, se llama Armadura Gotica en quien la longitud de los Pares es igual à la de los Tirantes, ò bien aquella cuyo Perfil es un Triangulo equilatero, y es propria para cubrirla con Pizarra.

Algunos Architectos dividen la anchura del Edificio en siete partes iguales, y de ellas dàn quatro à la longitud de los Pares, resultando casi de dos la altura desde el Caballere al Tirante, y se puede cubrir con Texa, ò Plomo: Otros al contrario quieren, que las Armaduras que se hayan de cubrir con Plomo, tengan de altura la quarta parte de su anchura, esto es, algo mas de lo que se determinò antecedentemente para el mismo fin.

Muchos siguen tambien la idea, de que en las Armaduras que se han de cubrir con Texa, se les ha de dàr de altura los tres octavos de su anchura, ò bien que se determine describiendo Arcos desde la extremidad de un Tirante con los dos tercios de su longitud; y en uno y otro caso resulta la Armadura de mayor elevacion que la señalada antecedentemente. Por ultimo, otros son de opinion, que habiendose de servir de Texa para cubrir las Armaduras, debe hacerse el angulo del Caballere igual à  $90^\circ$ , ò bien que la anchura sea dupla de la altura: y estos mismos mantienen, que en las Armaduras que se han de cubrir con Pizarra, se les debe dàr de longitud à los Pares los cinco septimos de la de

Hhh 2

los

los Tirantes; cuyas dimensiones, ò proporciones son bastante diferentes de las que se indicaron al principio.

Estas son las varias clases de Armaduras, que ordinariamente se emplean para cubrir los Edificios en este Pais: de donde resulta, que los Architectos no se han guiado por otra Regla, que la que les ha dictado su propio gusto. Pero habiendo probado en mis *Elementos de Mathematica*, art. 566, que si la altura desde el Caballete hasta el Tirante, es de  $\frac{6}{17}$  avos de la anchura del Edificio, ò bien de un tercio próximamente, se tendrá la Armadura mas ventajosa y robusta, que puede hacerse en igual anchura, y con Maderos de un propio grueso: luego si las dimensiones de los Maderos se proporcionan con el peso del Texado que hayan de sostener, es manifesto que esta clase de Armadura puede usarse en todas ocasiones con mucha utilidad.

Aunque los Pares principales se hacen ordinariamente de un mismo espesor por toda su longitud; con todo, algunos son de opinion, de que si en la patilla se les dà el mismo grueso de los Tirantes, y se disminuyen progresivamente, hasta reducirlos à los cinco sextos del propio espesor en el copete, se logrará que sean de mayor resistencia: lo qual no tiene genero de duda; por que en esta disposicion, sus Centros de gravedad se acercan

mas

mas al punto de apoyo, y por lo mismo es digno de seguirse este metodo, mayormente quando del propio palo que se cortan dos Pares comunes, se pueden aferrar dos tambien de la propuesta especie.

Los Postes Reales han de tener el propio grueso que los Pares principales, así para que los reciban de lleno, como por que en ellos se puedan enpalmar las Tornapuntas, que se les aplican para sostener los mismos Pares. Algunos quieren, que estas Tornapuntas se disminuyan àcia la parte superior, como los Pares: pero esto sería adelantar la prolixidad hasta donde no es necesaria. Las Riostras, los Xabalcones, y las Tornapuntas, se deben colocar algo mas arriba de la mitad de los principales Pares, siempre que estos tengan mayor grueso en la parte inferior que no en la superior, à fin de proporcionar con el peso del Texado y del Maderage la resistencia de la Armadura.

El grueso de las Riostras, depende del que tengan los Pares en los parages donde se les enpalmen; y ordinariamente se hacen de modo que los lados de su Perfil sean como 4 à 3, esto es, que si la anchura hubiere de ser de 8 pulgadas, le corresponderàn 6 de altura. Esta es la práctica que siguen los Carpinteros; pero lo mas seguro es arreglarse à lo que determine la Theoria, que se ha explicado en la Seccion III. de la Parte primera.

Sin

Sin embargo de que las Riostras se enpalman por lo comun en los Pares, sería mucho mejor clavarlas contra los Xabalcones; pues de esta forma, no solo se evitaria el enflaquecer los Pares con las Coranas, sino tambien el que se fie la resistencia de las Riostras à la de sus Efigas: A que se agrega, que empalmando las Riostras en los Pares, es menester sujetar la longitud de aquellas à la distancia de estas; en lugar que clavandolas en los Xabalcones, se pueden hacer de toda la longitud que permita la Madera que se tenga.

Lam. 22.  
Fig. 1. El espesor de los Pares pequeños se proporciona con su longitud, la qual nunca debe exceder de 8 pies en las Armaduras que se sujetan con Riostras. Quando los Pares principales son demasiado largos, conviene trabarlos con dos Riostras, del modo que se representa en la Figura 1. por las letras A, A, donde se vè en Plano la trabazon, y enlace de las Maderas que componen una Armadura; pero la pràctica de enpalmar las Riostras en linea recta unas contra otras, es perjudicial à la resistencia que deben tener los Pares; por que se debilitan mucho con las Escopleaduras que se les hace de uno y otro lado, y por lo mismo se deben enpalmar las Riostras, segun se manifiesta por las letras F, F.

Representa este Diseño el modo de distribuir y determinar, sobre el Plano de una  
Ar-

Armadura, el numero de los Pares principales y pequeños, como tambien el de las Pendolas principales y pequeñas, con las Limas donde se terminan. Los Pares principales se manifiestan por la letra D, y cada dos opuestos se enpalman en el Caballete, en la forma que se vè en G: Los Pares pequeños *f*, se aplican entre los principales, y su longitud depende de las distancias que determinan las Riostras A, A, ò bien B, entre el Caballete, y la Solera. Las Limas son unos Maderos, como C, que sirven para formar las Aristas de un Texado, y contra quien se clavan las Pendolas de dos vertientes. Estas Pendolas no son otra cosa que los Pares que no alcanzan al Caballete, con motivo del encuentro de los Planos que forman la Armadura: Entre las Pendolas, las mas robustas, y que desde la Solera llegan hasta la Lima, se llaman principales, como E, y todas las demàs que se terminan por las Riostras F, ò que son mas endebles, se dicen pequeñas. Las Riostras que encadenan los Pares principales, se representan por las letras A, B, F. Los demàs Maderos de una Armadura, no se pueden ver en el Plano, pero se manifiestan en el Perfil siguiente.

En la Figura 2, se demuestra el Perfil de una grande Armadura, con su Poste Real, y dos Tornapuntas, que sostienen los Pares principales; pero en este caso es necesario, que el  
Ti-



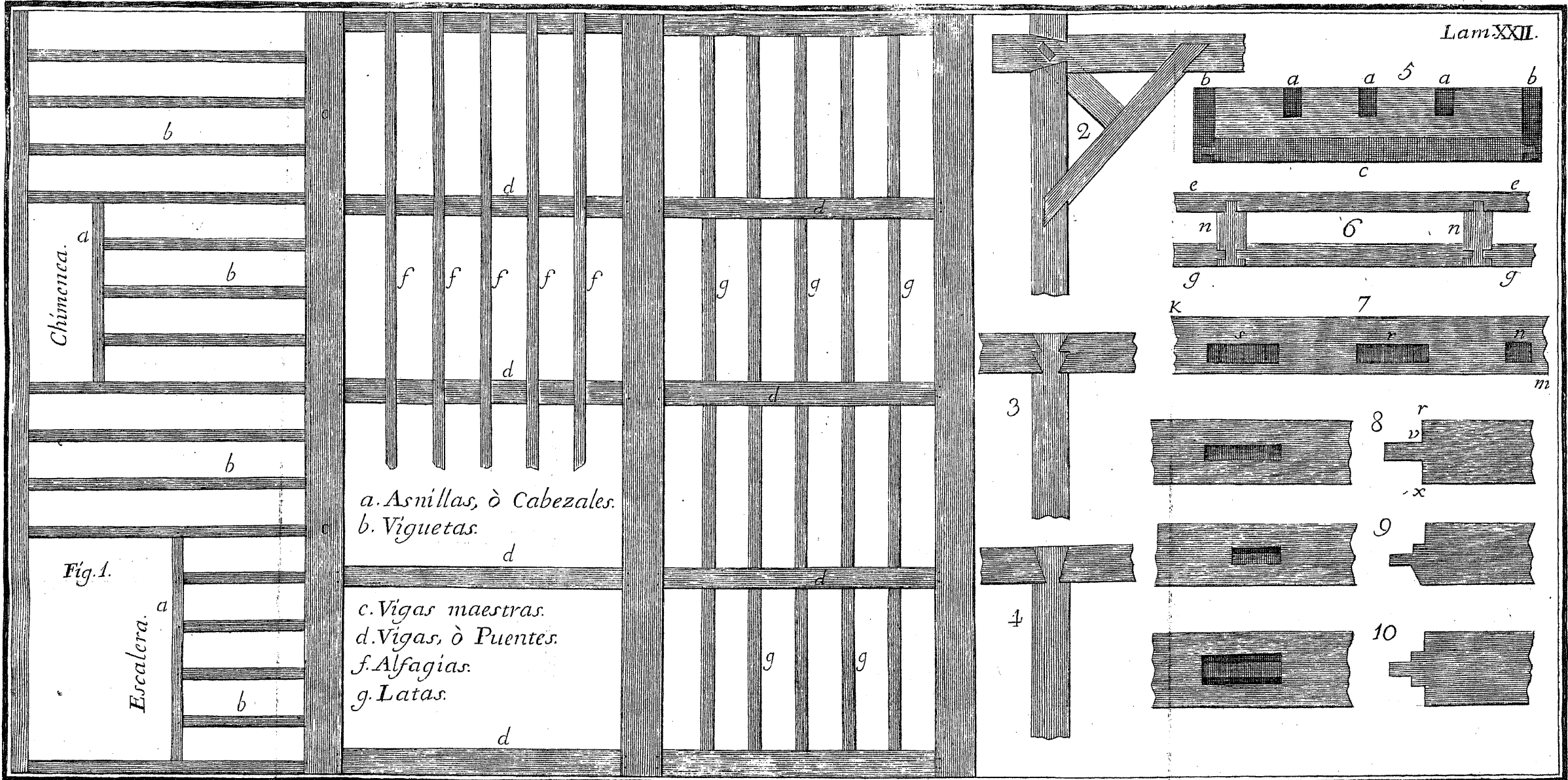
Tirante se apoye en su mitad sobre algun Muro de Division, por que de otra suerte no podría resistir al peso de la Armadura, y Texado con que lo grava el Poste en el parage mas debil.

*Fig. 3.* La Figura 3. representa el Perfil de una Armadura, propia para cubrirla con Texa Canal, y Redoblon: La longitud de los Pares es los dos tercios de la del Tirante, y resulta en el medio un Desvan habitable, como se manifiesta por la disposicion del enmaderamiento. Esta Armadura es de mucha robustez y fortaleza, y se puede aplicar à todo genero de Edificios, singularmente quando el Tirante se apoya en su medio sobre algun Muro de Division.

*Fig. 4.* En la Figura 4, se representa otro Perfil de una Armadura, cuyos Pares tienen de longitud los cinco octavos de la de los Tirantes. Este ensamblage tambien es muy fuerte, pero aplicandole en Edificios pequeños, se puede omitir el Poste Real con sus dos Tornapuntas, sin rezelo de que le hagan falta, pues las dos Manguetas, ò Pies derechos laterales con sus Tornapuntas, seràn suficientes para sostener los Pares.

*Fig. 5.* El Perfil, que se demuestra en la Figura 5, que es el de la Armadura de Fronton, se le corta el Caballete con dos vertientes pequeñas, que forman una Canal en el medio; por que no haciendolo así, sería disforme esta Arma-

ma-

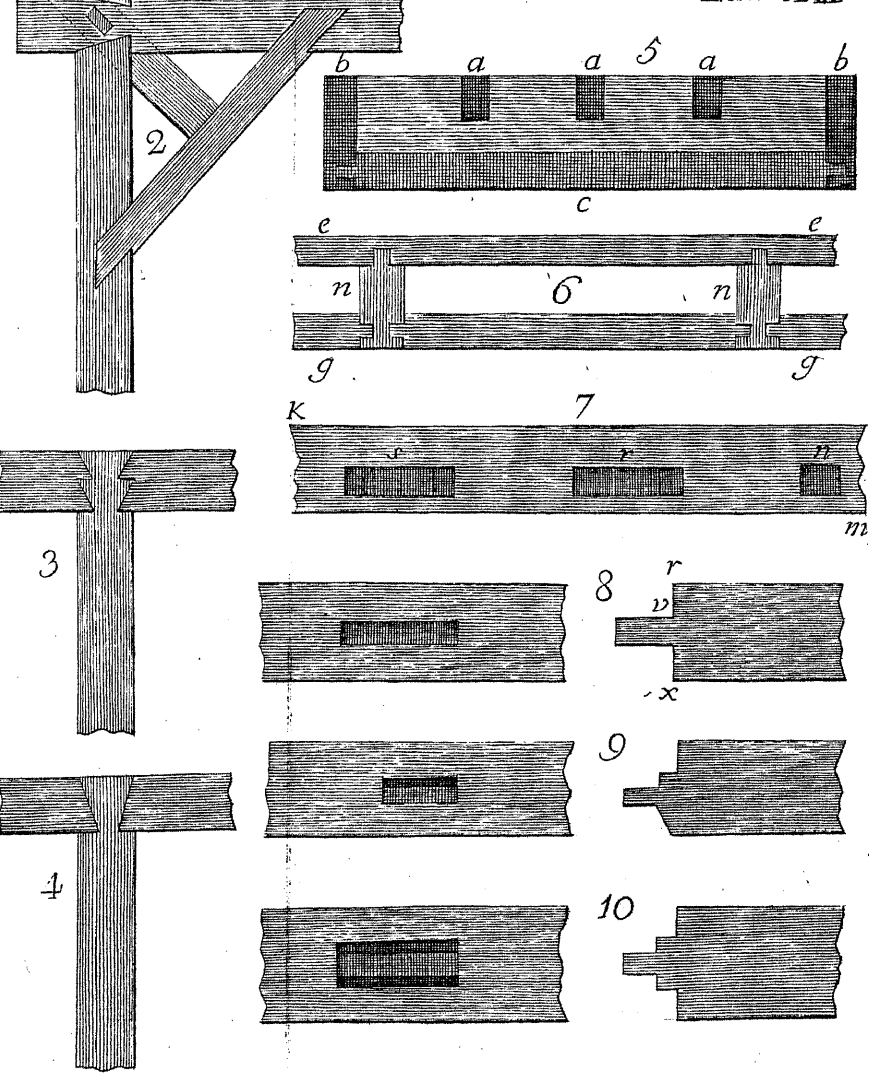


Chimenea.

Fig. 1.

Escalera.

a. Asnillas, ò Cabezales.  
 b. Viguetas.  
 c. Vigas maestras.  
 d. Vigas, ò Puentes.  
 f. Alfagias.  
 g. Latas.



madura, y solo podria aplicarse para cubrir algun Pajar, ò Granero. Con esta disposicion resultan sobre un mismo piso dos ordenes de Desvanes, que son comodoss para habitarlos, y se comprehenden entre los dos entramados de los Tirantes y los Xabalcones, haciendo de Muros las dos filas laterales de Manguetas que sostienen à los Pares, y la intermedia de los Postes Reales; pero estos, es necesario que estriben sobre el macizo de un Muro de division, respecto que no podrian los Tirantes resistir el peso del Texado sin este auxilio.

Se ha de advertir, que los Postes de las Figuras 2, 3, y 4, estàn reprobados, con motivo de los cortes de Cartabon que tienen en los extremos; pues en estos se inutiliza mucha Madera y tiempo, del mismo modo que se ha dicho antecedentemente, hablando de los enmaderamientos para Muros de Division. Por lo proprio, serà mucho mejor hacer algo mas robustos estos Postes ò Pies derechos, à fin de poderles abrir en su macizo las correspondientes mortajas ò escopleaduras para los empalmes, y se conseguirà mucho ahorro de Madera; por que bastarà cortarlas de mayor grueso del que señalan en el medio, y mucho menos del que tienen en sus extremos. Tambien parece, que pueden escusarse las abrazaderas y ligaduras de hierro, que se representan en estas Armaduras; pues estando el todo bien

empalmado y ajustado, no sirven de mayor fortaleza, y añaden mucho gasto.

La grande variedad de metodos, que se siguen en la construccion de las Armaduras, no permite dár Reglas para todos los casos que pueden ofrecerse: pero lo que se ha explicado en esta Seccion, junto con la Theoria que se ha dado en la Parte primera, sobre la fuerza y resistencia de las Maderas, será suficiente para disponer con ventaja todo genero de Armaduras ordinarias en las ocasiones que se presenten, y del modo mas robusto, y menos costoso, que es el principal objeto que he tenido en esta Obra. Por lo que toca à las Armaduras llamadas à la *Mansarda*, como tambien las que sirven para los Cimborios, y Châpiteles, las hemos omitido, por que su conocimiento corresponde antes à un Archiêto que no à un buen Ingeniero.

Pero antes de concluir esta Seccion, será muy del caso manifestar el modo de hallar la longitud, y posicion que corresponde à las Limas C (Fig. 1.); para lo qual se ha de advertir, que en todas las Armaduras la distancia PQ, desde uno de los angulos hasta el proximo Par principal, siempre es igual à la mitad de la anchura PS del Edificio. Etto supuesto, y conocida la longitud de los Pares principales, sumese el Quadrado de QR, con el de la distancia  $PQ = \frac{1}{2} PS$ , y sacando la Raiz quadra-

da

da del agregado, se tendrá la longitud de la Lima C: por que en el Triangulo Rectangulo PQR, se tiene  $PR = \sqrt{PQ^2 + QR^2}$ .

Determinada la longitud de la Lima, y conociendo la perpendicular que cae desde el punto R hasta el Tirante, será facil descubrir el angulo que se busca, con la Regla y el Compas, ò bien por trigonometria, de este modo: La longitud de la Lima PR, es à la perpendicular baxada desde el punto R hasta el Tirante, como el Radio, al seno del angulo de inclinacion que forma la Lima con el Plano de la Armadura.

#### *Del modo de cubrir las Armaduras.*

Son varias las materias con que se cubren las Armaduras, segun la calidad de los Edificios, temperamento de los Países, y gusto, ò posibles de los que costean las Obras. En unas partes se sirven de chapas de Cobre, hoja de Lata, ò Plomo: en otras, de Pizarras, ò Losas de Marmol; y en casi todas està en pràctica el uso de las Texas, por ser el material mas comun, y mas barato. Lo principal à que se debe atender en todo genero de Edificios, consiste en disponer de tal modo el material con que se cubran, que no puedan penetrarlo las aguas, para evitar la humedad en las habitaciones, y para que las Maderas de la Armadura permanez-

Iii 2

nez-

nezcan sin destruirse todo el tiempo que sea posible.

Para cubrir las Armaduras con Pizarra, Plomo, ù hoja de Lata, es necesario asegurar cada pieza clavandola contra las Maderas inferiores, pero de suerte, que los clavos queden cubiertos en los traslapos, para que se conserven mejor, y no se introduzca el agua por los barrenos, ò agujeros por donde entraron los mismos clavos.

La Texa es un material tan conocido, que no hay necesidad de entretenerse en explicar sus circunstancias, ni modo de fabricarla, y solo basta decir, que su magnitud, y mas ò menos convexidad, se proporciona con la especie del Texado donde se ha de aplicar. Tambien es diversa su colocacion: por que para los Edificios humildes, solo se asientan las Canales sobre la Ripia, asegurandolas con algun Casco-te en los huecos, y cobijandolas con los Redoblones, sin mezcla, ni barro que afirme unos y otros. Pero fuera de este caso, importa asentar las Canales sobre una Tonga de Greda, ù otra materia que las ligue y sujete, no sirviendose nunca de mezcla de Cal para este fin, por que destruiria en poco tiempo las Maderas. Despues de haber macizado los huecos entre los ordenes de Canales, se han de cubrir sus juntas con Barro, ò Mortero, para asentar la Texa cobija, ò redoblon; y el todo resulta tan firme que

que no solo se evita la filtracion de las aguas, sino tambien el que se rompan las Texas quando se hayan de recorrer. Los Caballetes, y las Limas tefas, ò Aristas salientes del Texado, se deben siempre cubrir con Redoblones, asentados y rebocados con buena mezcla de Cal y Arena, y lo mismo se ha de entender de las Canales maestras, que sirven para las Limas hoyas, ò Aristas entrantes del Texado. Quando este fuere muy pendiente, importa asegurar cada una de las Canales con un clavo en el extremo superior, cuidando de que se cubra bien con el traslapo de la Canal que se sigue.

Algunos Edificios se suelen cubrir con Texa vidriada de varios colores: pero atendiendo al mucho costo de estos Texados, es mas usual hacerlos de Texa comun, aplicando la vidriada solamente en las Canales maestras, Caballetes, y Limas; lo qual es bastante lucido, util, y barato.

Los Texados se miden como las Solerias por Cuadrados de 10 pies de lado, y el numero de Texas necesarias para llenar este Cuadrado, depende de la magnitud de las mismas Texas, con cuyo conocimiento serà facil en todas ocasiones descubrir, sobre poco mas ò menos, el coste que producirà la fabrica de qualquier Texado.

Por

Por lo que toca à otras particularidades del adorno interior de los Edificios, como son los Cielos rasos, enlucidos, y alicatados de los Muros, con la pintura de unos y otros, nadie ignora su disposicion, y fabrica; pero se ha de advertir, que la pasta con que se hacen los Cielos rasos, y algunos enlucidos, se debe trabar con pelo de Baca ò Cabra, no solo para evitar que se abran Grietas, sino tambien para que se puedan bruñir mejor, y adquirieran el lustre que se apetece en estas Obras.

#### SECCION XXIV.

##### *De la construccion de los Pozos, y Cisternas.*

„ EL asunto de esta Seccion, no se com-  
 „ prehende en el Original Inglès: pero  
 „ considerando que serà util su inteligencia,  
 „ se añade en la traduccion con arreglo à los  
 „ metodos que se siguen en este País, y à lo  
 „ que explica *Mr. Belidor* en su *Science des In-*  
 „ *genieurs*, por ser de donde el Autor ha to-  
 „ mado mucha parte de las materias que com-  
 „ ponen esta *Obra*.

„ Una de las cosas que mas importa cons-  
 „ truir en las Plazas fortificadas, es un compe-  
 „ tente numero de Pozos publicos, que abas-  
 „ tezcan de buen agua à todos sus Moradores,  
 „ sin-

„ singularmente quando no disfrutan el bene-  
 „ ficio de algun Rio, que pase por lo interior  
 „ de las Fortificaciones. Y aun que la fabrica  
 „ de estos Pozos, ni la eleccion de los parages  
 „ mas ventajosos de su colocacion, no ofrecen  
 „ mayor dificultad; sin embargo, atendiendo  
 „ à que no siempre se encuentran Terrenos  
 „ bastante firmes, para abrir comodamente  
 „ las Caxas, y que por lo regular ocurre ha-  
 „ berlos de hacer en Suelos Areniscos, ò de  
 „ calidad tan inferior que obligan a grandes  
 „ y costosas excavaciones; se explicará la pràc-  
 „ tica, que en uno y otro caso se observa en  
 „ esta Capital, por ser digna de seguirse en to-  
 „ das partes.

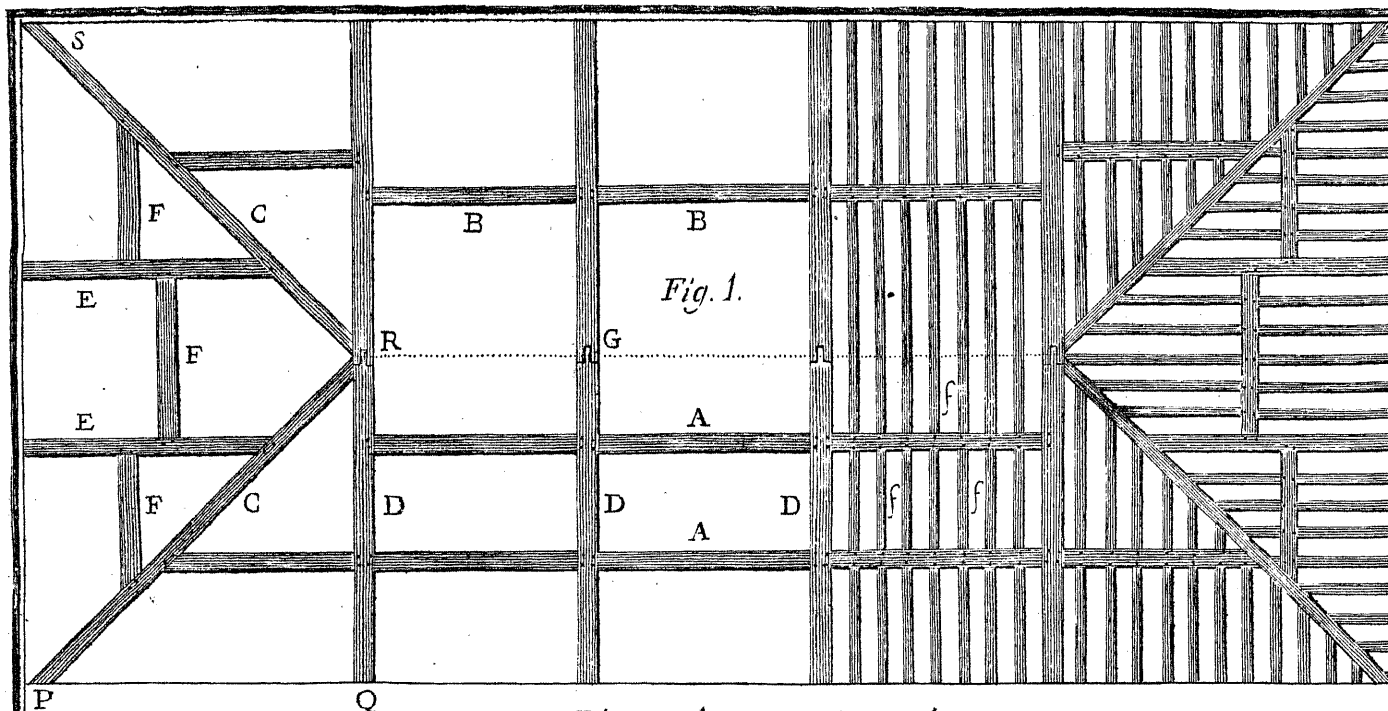
„ Quando el Terreno es muy unido, y de  
 „ buena consistencia, no ocurre particular  
 „ circunstancia en la construccion de los Po-  
 „ zos; pues se pueden profundar hasta ganar  
 „ la altura de agua viva que convenga, sin te-  
 „ mor de que se arruine la Caja mientras se  
 „ hace la excavacion, y se trabajan los Muros.

„ Pero habiendolos de fabricar en Suelos  
 „ de Arena muerta ò movediza, recurren  
 „ en este País à un arbitrio, no menos simple,  
 „ que ingenioso y util. Determinada la ca-  
 „ pacidad del Pozo, disponen con arreglo à  
 „ su figura un Cerco ò Rueda de Tablones  
 „ gruesos, que en Castilla vulgarmente llaman  
 „ *Marrano*: Contra este Cerco, y por la parte

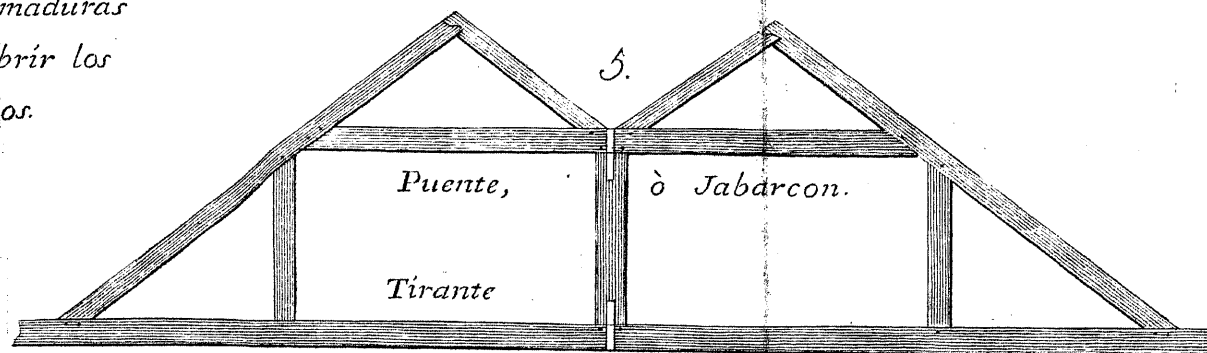
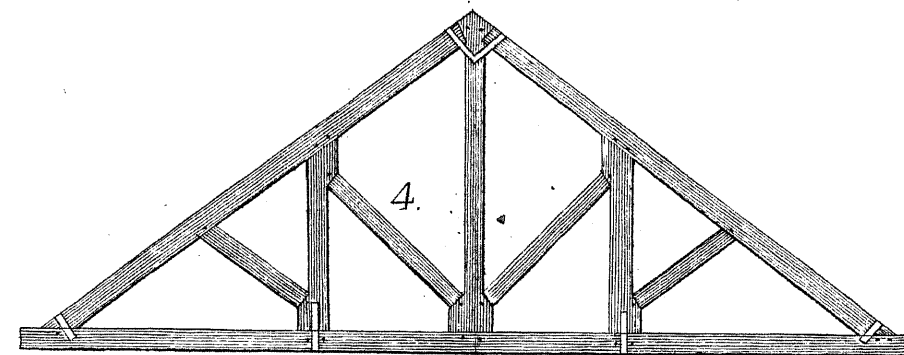
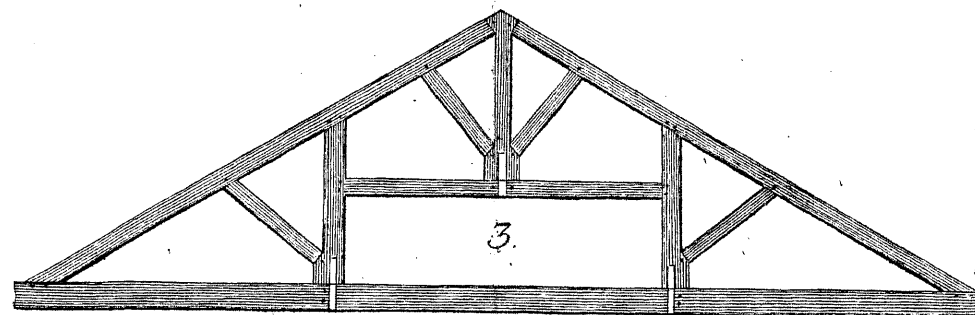
„ exterior, clavan unas Tablas delgadas, como  
 „ de tres varas de largo, formando con ellas  
 „ una porcion de la Caja del mismo Pozo,  
 „ pero algo mas estrecha en la parte superior.  
 „ Esta Caja la establecen sobre una pequeña  
 „ excavacion, y empiezan los Muros sobre  
 „ las Maderas que forman el Cerco, elevando-  
 „ los hasta la altura, que mas acomoda. De-  
 „ xando la Obra en esta disposicion, conti-  
 „ nuan en sacar la Arena por su centro, y à  
 „ proporcion que se adelanta la excavacion, se  
 „ deprimen los Muros por su propria grave-  
 „ dad, y por la que les aumenta la Arena supe-  
 „ rior, que empuja contra las tablas; de fuerte,  
 „ que toda la Obra baxa con igualdad, hasta  
 „ la profundidad que conviene. Y como alter-  
 „ nativamente van creciendo los Muros, y  
 „ continuando la excavacion, concluyen el  
 „ Pozo sin haber sacado mas Arena que la ne-  
 „ cesario para construirlo. De este modo se han  
 „ fabricado todos los Pozos, que hay en el  
 „ nuevo Arrabal de esta Ciudad, llamado *Bar-*  
 „ *celoneta*, que està fundado sobre la Arena  
 „ que la Mar continuamente resaca.

„ Si el Terreno donde se hà de hacer el  
 „ Pozo, no es tan movedizo como la Are-  
 „ na muerta, pero que no se pueden mante-  
 „ ner por si mismos los cortes de la excava-  
 „ cion, se sigue una pràctica distinta: Abren  
 „ una excavacion de dos varas de profundidad,

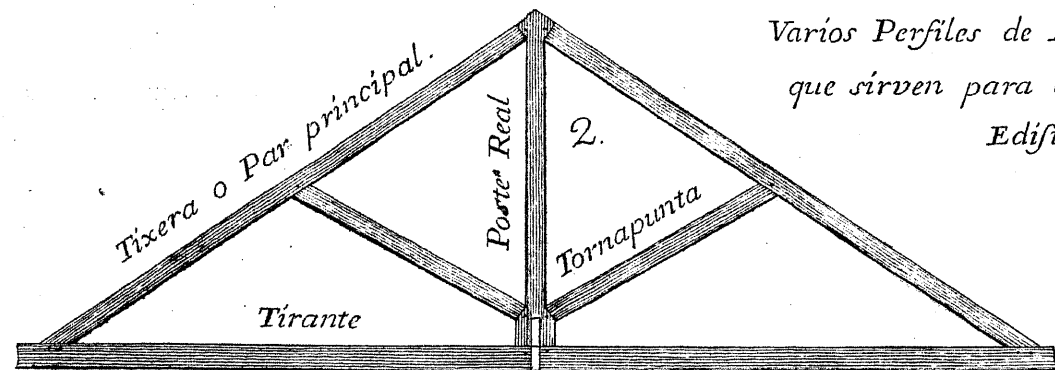
„ po-



Vista en Plano de una Armadura.



Varios Perfiles de Armaduras que sirven para cubrir los Edificios.





„ poco mas ò menos, y de la extencion que  
 „ conviene para la capacidad del Pozo: Segui-  
 „ damente labran los Muros, que los estrechan  
 „ y sujetan contra las Tierras, por medio de  
 „ Tablas, y Codales: Despues continuan la  
 „ excavacion hasta otra tanta profundidad, y le  
 „ aplican sus correspondientes Muros, cre-  
 „ ciendolos hasta recibir los superiores, que  
 „ quedaron como en el áire. De este modo  
 „ llevan el Pozo à la profundidad que convie-  
 „ ne, sin haber hecho mas excavacion de la  
 „ que es indispensable para lograr el fin.

„ Debe advertirse, que así como en los Po-  
 „ zos que se construyen en la Arena muerta,  
 „ es conveniente que los Muros tengan su de-  
 „ clivio exterior, para facilitar la depresion de  
 „ la Obra, por su propio peso y el de la Are-  
 „ na que gravita contra las Tablas y Muros;  
 „ en los que se trabajan en Terrenos floxôs, ò  
 „ de mala consistencia, es preciso todo lo con-  
 „ trario, esto es, conviene dexar el declivio en  
 „ las mismas Tierras, para que (teniendo el  
 „ del Muro su base en la parte superior) con-  
 „ tribuyan à sostener la Obra acodalada.

„ Mr. Belidor (a) explica la construccion  
 „ de otra clase de Pozos, que les llama *Puits*  
 „ *Fores* (Pozos Taladrados), que son muy  
 „ utiles en todos los parages donde se pueden  
 „ hacer; por que sube el agua por si misma

Tomo I.

Kkk

haf-

(a) *La Science des Ingenieurs lib. 4. chap. 12.*

„ hasta poderla tomar à mano. Su fabrica con-  
 „ siste en clavar en el Terreno à golpes de  
 „ maza una Viga ò Madero grueso, taladra-  
 „ do por su Exe con un barreno de 3 pulga-  
 „ das de diametro: por este agujero se intro-  
 „ duce otra barrena adecuada para penetrar  
 „ las diferentes materias que medien, hasta  
 „ encontrar el agua con abundancia; lo qual  
 „ se conoce quando brota, y fluye por la  
 „ cerbatana con mucha velocidad: y en este  
 „ caso importa suspender el barreno, para no  
 „ romper el lecho de Grega, ò Piedra que la  
 „ detiene en aquel parage, por que sería po-  
 „ sible se difundiese por las entrañas de la  
 „ Tierra, y se malograse todo el trabajo. A este  
 „ agua le dan el uso que conviene, distribuyen-  
 „ dola, desde un Reservatorio donde se acopia,  
 „ à las Fuentes publicas y particulares.

„ De esta forma, dice el proprio Autor,  
 „ se practican muchos Pozos en *Flandes*, en  
 „ *Alemania*, y en *Italia*: en los quales suele as-  
 „ cender el agua hasta la altura de 18 pies so-  
 „ bre el nivel de la Campaña. Seria muy pro-  
 „ vechoso, que en todas partes se pudiese ha-  
 „ cer este genero de Pozos: pero es verosimil,  
 „ que no tendràn lugar en los parages que no  
 „ estèn dominados inmediatamente por Mon-  
 „ tañas ò Terrenos elevados, que encierran  
 „ gran copia de aguas ò que contengan algun  
 „ Estañò ò Lago; pues naturalmente no pue-

„ de

„ de ascender el agua por el barreno vertical,  
 „ sin que la obligue el mayor peso ò altura  
 „ que tenga en otra parte.

„ En las situaciones de mucha elevacion,  
 „ no solamente son impracticables los Pozos  
 „ de esta naturaleza, sino tambien los ordina-  
 „ rios, à menos que se llevasen à una excesiva  
 „ profundidad; y aun en este caso, siempre se  
 „ aventura el no hallar agua de buenas calida-  
 „ des para beberla. Este accidente impediria  
 „ la edificacion de muchas Fortalezas ventajo-  
 „ sas, si no se hubieran discurrido las Cister-  
 „ nas, que son unas Estancias subterranas don-  
 „ de se recoge, conserva, y purifica el agua  
 „ de las lluvias.

„ La capacidad de estas Cisternas, se pro-  
 „ porciona con la cantidad de agua necesaria  
 „ para el consumo de la Plaza à lo menos en  
 „ la duracion de un Sitio. Su disposicion con-  
 „ siste en una ò mas Bovedas cilindricas,  
 „ construidas à prueba de Bomba, y comuni-  
 „ cables entre si: Inmediato à ellas se hace  
 „ un Expurgador, esto es, otra Boveda peque-  
 „ ña, que recibiendo primero el agua de las  
 „ lluvias, y deteniendo las Tierras que suele  
 „ acarrear, la fluye limpia à la Cisterna por un  
 „ Conducto, practicado à menor profundidad  
 „ que el fuelo del mismo expurgador, y guar-  
 „ necido con una ò dos rejillas espesas, para  
 „ que no se introduzcan pajas, ni broza algu-

Kkk 2

„ na.

na. Para usar y sacar el agua de la Cisterna, se construye un Pozo seco à su lado, à quien se le dà todos los dias el agua necesaria para el consumo de la Guarnicion por medio de un Conducto, que comunicando el fondo de la Cisterna con el Pozo, se abre y cierra con su Grifo de bronce. Esta precaucion es muy importante para conservar limpia y con primor el agua de las Cisternas, especialmente en tiempo de Sitio; por que la introduccion de una Bomba en el Algibe, inutilizaria toda su agua. Asimismo, conviene hacer una Escalera por donde se pueda baxar à reconocer, limpiar, y reparar la Cisterna, quando sea necesario; y al proprio intento se dexa en el fondo, siempre que lo permita su situacion, una Atarxea ò Canal, por donde se difundan las aguas à otro parage mas baxo.

„ Determinada la disposicion, y circunstancias que haya de tener la Cisterna, y despues de haber hecho las correspondientes excavaciones, se ha de cubrir toda su extension con un macizo de mamposteria de 3 pies de grueso, bien trabajado y unido, para que sirva, no solo de Cimiento à los Muros principales y de division, sino tambien para base y firmeza de su pavimento, el qual conviene hacerlo de tres Solerias de Ladrillo asentado en mezcla fina.

„ Con-

„ Concluido el Suelo de la Cisterna, se elevan sus Muros principales y de division, hasta el arranque de las Bovedas, dandoles los gruesos que correspondan al peso que deben sostener, y construyendolos, ya sean de Piedra ò ya de Ladrillo, con el mayor cuydado imaginable, sirviendose de buen Mortero de Cal y Arena, para que el todo resulte tan unido y solido como sea posible. Los Muros principales se deben labrar sin agujeros, ni mechinales para andamios; pues estos se han de disponer sobre Borriquetes, à fin de que no quede hueco alguno por macizar, ni por donde el agua pueda abrirse camino, haciendo inutil la fabrica; y aun al mismo intento seria muy provechoso cubrir los paramentos interiores de los Muros con dos Alicatados de Ladrillos, bien trabados y pegados en mezcla fina; pero se pueden escusar, siempre que los Materiales, y trabajo sean de satisfaccion.

„ Las Bovedas se construyen y se cubren con las mismas precauciones, que se han explicado en la Seccion IX, hablando de los subterraneos. El Suelo de las Cisternas, como tambien los paramentos de los Muros principales, hasta la mayor altura que tome el agua, se deben jaharrar, y enlucir con alguno de los betunes ò argamasas que se prefaron en la citada Seccion IX.

„ Quan-

„ Quando estas Obras se construyen en  
„ Terrenos humedos , ò que abundan de ma-  
„ nantiales , serà bueno aplicarles entre los  
„ Muros y las Tierras una capa de Greda, bien  
„ amafada y apisonada , para impedir mejor  
„ que las aguas exteriores no se insinuen en el  
„ Muro ; pues con el tiempo podrian filtrarse  
„ dentro de las Cisternas , y comunicar à sus  
„ aguas algunas malas calidades.

„ Ademàs de las Cisternas , se suelen ha-  
„ cer en las Fortalezas unas Balsas , ò Estan-  
„ ques descubiertos , donde se acopian las  
„ aguas que no caben en las Cisternas , ò que  
„ teniendo sus derrames àcia otra parte , se  
„ pueden aprovechar para otros usos que el de  
„ beber , como se ha executado una muy util  
„ en el Castillo de Monjuich de esta Plaza.  
„ Estas Balsas se construyen con una baxa-  
„ da ò pendiente suave , por un lado à lo me-  
„ nos , para facilitar el servicio del agua que  
„ contienen, la qual de ordinario se destina pa-  
„ ra lavar la ropa ; y en todo lo demàs se ob-  
„ servan las Reglas dadas para la fabrica de  
„ los Suelos , y Muros de las Cisternas.

FIN DEL TOMO PRIMERO.