

El Ma... 811

ESTUDIOS R 50127

DE

FORTIFICACION.

ATRINCHERAMIENTOS DE CAMPAÑA,

POR EL CORONEL

DON FRUTOS SAAVEDRA MENESES,

de la Real Academia de Ciencias.

Segunda edicion.

MADRID,

IMPRENTA Y ESTEREOPIA DE M. RIVADENEYRA,
calle de la Madera, núm. 8.

1864.



ADVERTENCIA.

Nombrado en 1849 profesor de la Escuela de Artillería, una de las clases puestas á mi cargo fué la de Fortificación. Careciendo de un texto á propósito para la enseñanza, me vi en la necesidad de suplir esta falta, primero con lecciones orales y poco despues con cuadernos litografiados, que contenian un resúmen de las mismas lecciones, escrito con la mayor concisión, pero que abrazaba todo lo verdaderamente esencial.

Siendo difíciles de retener en la memoria los datos numéricos, casi siempre arbitrarios, en que abundan los tratados de Fortificación, he procurado evitar este inconveniente, en cuanto me ha sido posible, presentando las diversas combinaciones defensivas como otras tantas consecuencias de un corto número de principios fundados en el manejo y propiedades de las armas de fuego. A fin de que los perfeccionamientos sucesivos y el mayor alcance de los proyectiles no alterasen las principales reglas que deben observarse al trazar los atrin-

cheramientos, me ha parecido ventajoso cifrar éstas en fórmulas algébricas, dándoles así toda la generalidad propia del análisis matemático, sin que por ello se dificulte su estudio, al ménos para los alumnos de una Escuela científica acostumbrados á ejercitarse en cálculos mucho más complicados. Lo mismo pudiera decir acerca de las construcciones de Geometría descriptiva á que me ha sido necesario hacer referencia, especialmente en los capítulos relativos á la desenfilada. Tanto para esta parte de mi trabajo como para las demas, he consultado los numerosos tratados de Fortificación que posee la Biblioteca de la Escuela; pero debo manifestar que me he separado bastante del método seguido en la generalidad de aquellas obras, presentando diversas materias bajo un punto de vista que creo ofrece alguna novedad, y enlazándolas todas de la manera que me ha parecido más natural y propia para la enseñanza.

Cediendo á las instancias de varios amigos, algunos de los cuales han sido mis discípulos, me resuelvo hoy á dar al público la primera parte de los mencionados cuadernos, no sin un vivo temor respecto del juicio que de ellos pueda formarse, temor harto justificado si se atiende á que el conocimiento detenido y completo de las construcciones defensivas, útil para todo militar, no es, sin embargo, objeto especial de los estudios propios de mi profesion de artillero.

F. Suavedra Meneses.

25 de Octubre de 1855.

ÍNDICE.

CAPITULO PRIMERO.

DEL RELIEVE DE LOS ATRINCHERAMIENTOS QUE SE CONSTRUYEN EN TERRENO HORIZONTAL.

	Págs.
§ 1. Objeto de la Fortificación.	1
2. Medios que pueden emplearse para cubrir rápidamente á los defensores de una po- sición.	id.
3. Atrincheramientos ordinarios.	3
4. Dominacion del parapeto.	id.
5. Espesor del mismo.	4
6. Cresta interior ó magistral, banquetta y al- tura de apoyo.	5
7. Declive de la banquetta.	id.
8. Declive interior del parapeto.	6
9. Declive superior.	id.
10. Declive exterior.	7
11. Berma.	id.
12. Escarpa, fondo del foso y contraescarpa. . .	8
13. Glácis y antefoso.	9
14. Parapeto formado con las tierras extraidas de dos fosos.	11
15. Espaldones ó traveses.	id.

CAPITULO II.**PRINCIPIOS GENERALES RELATIVOS AL MODO DE TRAZAR LOS
ATRINCHERAMIENTOS.**

§ 16.	Inconvenientes de los atrincheramientos que se extienden en línea recta, y necesidad de que las obras de fortificación presenten ángulos entrantes y salientes.	13
17.	Límites de la abertura de los ángulos entrantes. Espacio muerto que resulta en el foso.	14
18.	Sector sin fuegos. Límites de la abertura de los ángulos salientes.	15
19.	Modo de redondear las partes salientes de las obras.	16
20.	Límite menor de la longitud de una cara flanqueada por otra.	18
21.	Límite mayor de la longitud de una cara.	19
22.	Inconvenientes de las caras dispuestas en líneas curvas.	20
23.	Perfiles extremos.	21
24.	Salidas ó comunicaciones con el terreno exterior.	id.
25.	Traveses con que se cubren dichas comunicaciones.	22

CAPITULO III.**DEL MODO DE DISPONER LOS ATRINCHERAMIENTOS PARA QUE PUEDAN SER
DEFENDIDOS CON ARTILLERÍA.**

§ 26.	Diferente colocacion de las piezas segun hayan de tirar á barbata ó por cañoneras.	25
-------	--	----

INDICE.

	IX
	Págs.
§ 27. Altura de la rodillera.	26
28. Forma y magnitud de la parte superior de las plataformas.	id.
29. Declives laterales de las mismas.	27
30. Rampas para subir la artillería.	28
31. Plataformas aisladas.	29
32. Cañoneras directas y oblicuas.	30
33. Disposicion del fondo de una cañonera.	id.
34. Boca ó abertura interior de la misma.	31
35. Caras de las cañoneras.	id.
36. Cañonera abierta en un recodo del parapeto.	33
37. Separacion de las cañoneras.	id.
38. Cañonera para dos ó más piezas.	id.
39. Diferentes situaciones que pueden darse á las cañoneras.	34
40. Explanadas de madera.	id.
41. Traveses para preservar la artillería de los tiros de enfilada.	36
42. Repuestos para guardar las municiones.	37

CAPITULO IV.

DE LAS OBRAS ABIERTAS Y DE LAS LÍNEAS CONTINUAS.

§ 43. Atrincheramientos que presentan <i>una sola cara</i>	39
44. <i>Combinacion de dos caras que forman un ángulo entrante</i> . Tenazas.	id.
45. Línea de tenazas.	40
46. Límite menor de los frentes de tenazas.	id.
47. Límite mayor de los mismos frentes.	41

	Págs.
§ 48. Ventajas é inconvenientes de la línea de tenazas.	41
49. Cambios de direccion de que es susceptible esta línea.	42
50. Línea reforzada de tenazas.	id.
51. Tenazas de lados desiguales. Línea de llares.	45
52. Ventajas é inconvenientes de esta línea. . .	id.
53. Cambios de direccion de que es susceptible. Línea reforzada de llares.	44
54. Línea denominada de grandes tenazas. . .	id.
55. <i>Combinacion de dos caras que forman un ángulo saliente.</i> Redientes y flechas. . .	id.
56. <i>Combinacion de tres caras.</i> Línea de redientes.	45
57. Limite menor de una cortina	id.
58. Limite menor de los frentes de una línea de redientes.	46
59. Limite mayor de los mismos frentes. . .	id.
60. Límites de las caras y cortinas de esta línea.	47
61. Ventajas é inconvenientes de la misma. . .	id.
62. Cambio de direccion de que es susceptible.	48
63. <i>Combinacion de cuatro caras.</i> Lunetas. . .	id.
64. <i>Combinacion de cinco caras.</i> Línea de baluartes.	49
65. Relacion en que deben estar con la longitud del frente las diversas partes de la línea abaluartada.	50
66. Disposicion de los fosos delante de las cortinas.	id.
67. Limite menor de los frentes abaluartados. .	51
68. Limite mayor de los mismos frentes. . .	52
69. Ventajas é inconvenientes de la línea de baluartes.	id.
70. Cambios de direccion de que es susceptible.	

	Págs.
ble. Línea reforzada de baluartes.	53
§ 71. Combinaciones que pueden formarse con las diversas clases de obras.	id.
72. Frente poligonal ó de caponeras.	54
73. Variaciones de relieve que admite una línea de atrincheramientos.	id.
74. Bonetes, hornabeques y coronas.	55

CAPITULO V.

DE LAS OBRAS CERRADAS Y DE LAS LÍNEAS CON INTERVALOS.

§ 75. Reductos de campaña.	57
76. Condiciones que deben tener las obras cer- radas.	id.
77. Modo de determinar el límite menor del lado de un reducto de forma poligonal regular.	id.
78. Ventajas é inconvenientes de los reductos. .	60
79. Fuertes estrellas ó atenazados.	62
80. Límite menor del lado en esta clase de fuertes.	id.
81. Ventajas é inconvenientes de las obras at- nazadas.	65
82. Fuertes abaluartados.	64
83. Límite menor del lado de un fuerte con ba- luartes.	65
84. Redientes situados delante de las cortinas. .	id.
85. Aplicacion á las obras cerradas de la dispo- sicion poligonal ó de caponeras. Fuertes con semibaluartes.	66
86. Reductos y atrincheramientos interiores. .	id.
87. Líneas con intervalos.	67
88. Línea de reductos cuadrados.	68

	Págs.
§ 89. Líneas de redientes y lunetas.	68
90. Límites de los frentes de una línea con intervalos.	70
91. Diferencia de relieve que debe haber entre los diversos órdenes de obras. Modo de disponer en rampa las extremidades de los fosos.	74
92. Espaldones para cubrir á la caballería.	id.
93. Ventajas de las líneas con intervalos.	id.

CAPITULO VI.

DEL RELIEVE DE LOS ATRINCHERAMIENTOS QUE SE CONSTRUYEN EN TERRENO DESIGUAL.

§ 94. Objeto de la desenfílada.	73
95. Espacio exterior.	74
96. Espacio interior.	75
97. Límite de la altura de los parapetos.	76
98. Idea general del modo de desenfílar una obra de fortificación.	id.
99. Planos de desenfílada y de asiento artificial.	77
100. Planos de desenfílada de revés.	78
101. Diversos ejemplos del modo de desenfílar un rediente.	79
102. Primer caso : cuando es posible desenfílar la obra con uno ó más planos que dejen completamente debajo de sí tanto al espacio exterior como al interior.	80
103. Segundo caso : cuando se desenfíla con un solo plano, pero hay necesidad de excavar el terraplen.	id.
104. Tercer caso : cuando es indispensable esta-	

ÍNDICE.

	-XIII
	Págs.
blecer un través.	84
§ 105. Cuarto caso : cuando además del través hay necesidad de excavar los terraplenes.	84
106. Quinto caso : cuando es indispensable ele- var varios traveses.	85
107. Modo de desenfilarse una luneta.	86
108. Desenfilada de un frente abaluartado.	id.
109. Aplicación de la desenfilada á las líneas con- tinuas.	87
110. Diversas maneras de desenfilarse un reducto.	id.
111. Disposiciones que se emplean para cubrir á los defensores, cuando los traveses no se prolongan hasta los vértices de los ángu- los salientes de las obras.	88
112. Comunicaciones abiertas en los traveses, y medios de cubrirlas.	89
115. Modo de disponer las crestas interiores para que desde ellas se descubra el terreno inmediato al atrincheramiento.	90

CAPITULO VII.

DEL MODO DE TRAZAR LOS ATRINCHERAMIENTOS QUE HAN DE CONSTRUIRSE
EN TERRENO DESIGUAL.

§ 114. Modificaciones que se introducen en el modo de trazar las obras cuando el terreno es desigual.	95
115. Indicaciones generales acerca de la manera de adaptar la fortificación al terreno, fa- cilitando la desenfilada.	94
116. Disposición que conviene dar á las obras con objeto de defender el terreno inme- diato á las mismas.	95

	<u>Págs.</u>
§ 117. Modo de determinar todas las aristas y declives de un atrincheramiento, cuando se ha fijado ya la posición de su cresta interior.	97

CAPITULO VIII.

DEL MODO DE CALCULAR LAS DIMENSIONES DE LOS FOSOS.

§ 118. Aumento de volúmen que presentan las tierras extraídas de una excavación.	103
119. Modo de determinar el volúmen de un parapeto cuando el perfil es constante.	104
120. Determinación de dicho volúmen cuando el perfil es variable.	106
121. Cálculo de las dimensiones de un foso de perfil constante.	107
122. Simplificación del cálculo anterior.	111
123. Diferentes maneras de unir dos fosos de distinta latitud.	112
124. Modo de calcular el exceso de latitud que debe darse al foso, para que proporcione las tierras necesarias para formar un glácis.	113
125. Cálculo de las dimensiones de un antefoso.	115
126. Determinación de la latitud del foso de un frente abaluartado.	116
127. Modo de determinar las dimensiones de los fosos cuando su perfil es variable.	117

ESTADO NÚM. 1.—Penetración de los proyectiles esféricos en tierra ya sentada, compuesta de partes iguales de arena y arcilla.	119
---	-----

ÍNDICE.

XV

Págs.

ESTADO NÚM. 2.—Piezas de madera que se emplean en la construcción de una explanada ordinaria.	121
ESTADO NÚM. 3.—Longitud relativa de la magistral en las diversas clases de líneas.	125
ESTADO NÚM. 4.—Valores relativos de las diversas partes de un frente abaluartado.	125
ESTADO NÚM. 5.—Dimensiones mínimas de los re- ductos.	127

CAPITULO PRIMERO.

DEL RELIEVE DE LOS ATRINCHERAMIENTOS QUE SE
CONSTRUYEN EN TERRENO HORIZONTAL.

§ 1.º LA FORTIFICACION es el arte de construir *obras de defensa* capaces de poner á la tropa que ha de guarnecerlas en estado de resistir á un enemigo superior en fuerzas. *La Fortificacion pasajera ó provisional* trata únicamente de las obras defensivas que se construyen por tiempo limitado, con objeto de aumentar la resistencia de las diversas *posiciones* que ocupan las tropas en campaña.

§ 2.º Uno de los principales medios de aumentar la resistencia que pueden oponer los defensores de una posicion, consiste en cubrirlos en parte de los tiros del enemigo, conservándoles la facultad de hacer uso de sus armas. Para conseguirlo respecto á la infantería bastará, en un caso urgente, abrir una zanja ó *trinchera* *ibc g* (lámina 1.ª,

figura 4) *, empleando las tierras extraídas de ella en formar un pequeño *parapeto g d c***, que cubra hasta la mitad del pecho á los defensores colocados en *bc*, los cuales podrán apuntar sus fusiles por encima de la *cresta d*.

Siempre que sea posible, deberá darse mayor elevacion al parapeto, y profundizar la trinchera lo necesario para que los hombres situados en *ja* (figura 2) queden completamente á cubierto de los tiros directos del enemigo, descubriendo tan solo la parte superior del cuerpo cuando hayan de hacer fuego desde la *banqueta* ó *berma bc*. La subida á esta, así como la bajada ó *revés* de la trinchera, se establecen en declives suaves *ab, ij*, ó bien en gradas *anmb, ipo j* (figura 3), y en muchos casos conviene disponer de igual manera la parte *copaxsd* (figura 4) del parapeto, á fin de facilitar los movimientos ofensivos de las tropas que ocupan la posicion.

Los atrincheramientos de la forma y magnitud indicadas en las figuras 1, 2, 3 y 4, pueden construirse en una sola noche y al frente del enemigo, siendo por lo mismo de útil aplicacion en campa-

* Todas las figuras de la lámina 1.^a representan perfiles ó secciones transversales de diferentes obras de *fortificacion de campaña*.

** Siempre que las letras aparecen sin indicacion de figuras, éstas continúan siendo las mismas citadas en el último paréntesis.

ña. Su principal inconveniente consiste en no cubrir mas que á los hombres colocados en la trinchera, dejando expuestos á ser vistos y ofendidos á todos los que hayan de permanecer ó maniobrar en el terreno que se extiende detrás de la obra.

§ 3.º Cuando se dispone de mas tiempo, conviene elevar el parapeto hasta cubrir enteramente á los defensores, y de este modo la excavacion ó foso puede abrirse en la parte anterior, presentando así al enemigo un obstáculo que dificulte sus ataques. Se da el nombre de *atrincheramiento ordinario* á un parapeto de la forma *abcdef* (figuras 5, 6, 7 y 8), precedido de su correspondiente foso *ghij*.

§ 4.º Suponiendo que el terreno ó *plano de asiento natural* *tt'* (figuras 5, 6, 7 y 8) de la obra se prolongue horizontalmente en una extension ilimitada, para que los enemigos no puedan dañar con sus tiros directos á las tropas situadas detrás del atrincheramiento, bastará que la *dominacion* ó altura *dr* del parapeto sobre dicho plano *tt'* no baje de 2^m *, que es la elevacion máxima á que coloca su arma, en el acto de apuntar, un tira-

* Las iniciales *m*, *m.^s* y *m.^c* servirán para indicar respectivamente *metros lineales*, *metros superficiales* y *metros cúbicos*. Todas las dimensiones se referirán al *sistema métrico-decimal*, mandado adoptar en España.

dor de caballería. Con una dominacion mayor se conseguirá que el enemigo no pueda descubrir las maniobras que se ejecutan en el interior de la obra ; pero aunque se llenará tanto mejor este objeto quanto mas elevado sea el parapeto que cubra á los defensores , las dificultades de construccion obligan á considerar una altura de 3^m (figura 8) como la mayor que debe darse en terreno horizontal. La dominacion ordinaria es de 2^m,5 (figura 7), y se la puede emplear como suficiente, aun cuando en el interior de la obra haya de situarse caballería.

§ 5.º El *espesor ro ó pe* (figuras 5, 6, 7 y 8) del parapeto depende de la profundidad á que penetran los proyectiles en las diversas clases de tierra. El *Estado núm. 4* indica estas penetraciones, deducidas de numerosas experiencias ; pero, como es fácil que el parapeto no resulte igualmente apisonado por todas partes, debe procurarse que su espesor se halle con la penetracion máxima en la relacion de 3 : 2, y mejor de 2 : 1. Conviene observar, sin embargo, que si el tiempo no permite establecer la obra con toda la resistencia necesaria, no por eso dejará de ser útil á sus defensores , preservándolos de un número de tiros mas ó menos considerable. Ordinariamente se da

á los parapetos de 0^m,5 á 4^m de espesor (figura 5) cuando no pueden ser ofendidos sino por fusilería, y de 2^m (figura 6) á 4^m (figura 8) cuando han de resistir á la artillería de campaña.

§ 6.º La *cresta interior d* (figuras 5, 6, 7 y 8) del parapeto recibe en fortificacion pasajera el nombre de *magistral*, porque del modo de disponer esta línea dependen las demás partes del atrincheramiento. Para que los defensores puedan apuntar sus fusiles por encima de dicha cresta *d*, es necesario establecer una *banqueta bc*, cuya latitud varía segun haya de hacerse el fuego por una ó dos filas de soldados, debiendo ser en el primer caso de 0^m,7 (figura 5), y de 4^m,2 en el segundo (figuras 6, 7 y 8). La distancia vertical *dq* (figuras 5, 6, 7 y 8) entre la cresta interior y el plano de la banqueta se llama *altura de apoyo*, y atendiendo á la estatura mínima del soldado de infantería, se fija por lo comun en 4^m,3.

§ 7.º El *declive ab* (figuras 5, 7 y 8) de la *banqueta* sirve para subir á ella desde el terreno ó *terraplen at*, y con objeto de facilitar esta subida se le da la inclinacion de $\frac{1}{2}$ *. En las obras en que

* La inclinacion de cualquiera línea ó plano respecto del horizonte se indicará por medio de una de las fracciones $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{1}$, $\frac{3}{2}$ ú otras análogas, que expresan la relacion de la *altura* á la *base*, ó sea el valor de la *tangente trigonométrica* del ángulo que mide dicha inclinacion.

el terraplen es muy limitado conviene reducir la distancia ra , estableciendo gradas $axvb$ (figura 6), y sosteniendo las tierras en las partes ax , vb , con materiales á propósito.

§ 8.º El *declive interior* dc (figuras 5, 6, 7 y 8) del parapeto debe ser lo más inclinado posible, á fin de que resulten mejor cubiertos los hombres colocados en bc . En efecto, si la expresada inclinacion fuese tal como la dc' (figura 7), para que los defensores de menor estatura pudiesen apuntar sus armas en la direccion $v'e$ seria necesario elevar la banqueta, disminuyendo, de consiguiente, la altura de apoyo. Por lo comun se da á la base cq (figuras 5, 6, 7 y 8) de dicho declive $0^m,4$, que corresponde con corta diferencia á la tercera parte de dq ; y como las tierras, aun despues de bien apisonadas, no se sostienen generalmente por sí solas con la inclinacion de $\frac{3}{1}$, será casi siempre necesario *revestirlas* con los materiales que se tengan mas á mano.

§ 9.º El *declive superior* de (figuras 5, 6, 7 y 8) permite á los defensores apuntar al enemigo aun cuando este se halle próximo al foso, lo cual no podria conseguirse si de fuese horizontal. Dicha inclinacion disminuye el espesor del parapeto en la parte dpe , y debilita la cresta d , no debiendo

exceder por lo mismo de $\frac{1}{4}$ (figura 5). Ordinariamente es de $\frac{1}{6}$ (figura 7), y con frecuencia se la reduce á $\frac{1}{8}$ (figura 8).

§ 10. Al *declive exterior ef* (figuras 5, 6, 7 y 8) se le da por lo comun la inclinacion que toman naturalmente las tierras removidas, con objeto de que el choque de los proyectiles enemigos no cause desprendimientos capaces de ocasionar la pronta ruina del parapeto. Dicha inclinacion natural varía de $\frac{2}{5}$ á $\frac{3}{2}$ segun la calidad de las tierras, y en las de regular consistencia es de $\frac{1}{4}$. En algunos casos se reviste el declive exterior á fin de poder disminuir su base, y dificultar, de consiguiente, el asalto de la obra. La interseccion de los declives *de*, *ef*, forma la *cresta exterior e*.

§ 11. La parte *fg* (figuras 5, 6, 7 y 8) del terreno natural, denominada *berma*, retiene los pequeños desprendimientos del declive exterior, y separando algun tanto el foso del parapeto, disminuye la presion ó empuje de este último contra la superficie *gh*. Dicha parte horizontal *fg* facilita tambien la construccion y reparacion de la obra, pero presenta el inconveniente de ofrecer al enemigo que sube al asalto un lugar de descanso, donde puede formarse para atacar en buen orden

á los defensores, ó tal vez desfilár á cubierto con objeto de envolverlos. Esta consideracion obliga á reducir lo mas posible la berma, cuya latitud es cuando mas de 4^m, y por lo comun de 0^m, 5; debiendo desaparecer completamente siempre que la calidad de las tierras lo permita.

§ 42. Las partes *gh*, *hi*, *ij* (figuras 5, 6, 7 y 8) se llaman respectivamente *escarpa*, *fondo del foso* y *contraescarpa*. Para que la excavacion *ghij* presente al enemigo un obstáculo algo considerable, su *profundidad gs'* debe ser cuando menos de 2^m (figura 5), no excediendo por lo comun de 4^m (figura 8) en las obras de campaña, á causa de la falta de tiempo y medios necesarios para extraer las tierras de un foso muy profundo. Las inclinaciones con que se sostienen las paredes laterales de una excavacion cuya profundidad está comprendida entre los límites indicados, varían desde $\frac{3}{2}$ hasta $\frac{3}{1}$, siendo de $\frac{2}{1}$ en los terrenos de regular consistencia. Con objeto de dificultar la bajada al foso se dan á la contraescarpa estas mismas inclinaciones; pero como la escarpa tiene que resistir al empuje del parapeto, se la inclina algo menos, dándole de $\frac{1}{1}$ á $\frac{2}{1}$, y por lo comun $\frac{3}{2}$. Cuando se dispone de materiales abundantes, pueden revestirse tanto la escarpa como

la contraescarpa, disminuyendo sus bases, y haciendo así mas difícil el asalto de la obra. Determinada la profundidad que haya de darse al foso, su latitud superior gj (figuras 5, 6, 7 y 8) se calcula del modo que se indicará mas adelante, debiendo ser tal, que las tierras extraidas basten para formar el parapeto.

§ 13. El enemigo debe hallarse expuesto á los tiros de los defensores en todo el terreno que precede inmediatamente al foso, para lo cual es necesario que la prolongacion ek (figuras 5, 6, 7 y 8) del declive superior de no pase á mas de $0^m,5$ de altura sobre el borde j de la contraescarpa, pues una elevacion mayor de $0^m,5$ ofreceria ya un abrigo de alguna importancia. Cuando el plano de dicho declive no satisface á la condicion expresada, conviene establecer en jk (figura 8) una explanada ó glácis jk . La altura mínima $v'u'$ de un glácis $j'v'k'$ deberá ser tal, que la distancia vertical $v'l'$ entre su cresta v' y la prolongacion ek del declive superior de no exceda de $0^m,5$. La explanada jk ofrece la ventaja de cubrir la parte inferior del parapeto y dificultar el paso del foso; pero exige para su construccion un gran aumento de trabajo, y disminuye la dominacion de la obra sobre la parte jk del terre-

no exterior. De este último inconveniente se deduce la altura máxima del glácis, cuya cresta debe hallarse siempre mas baja que la banqueta bc del atrincheramiento, á fin de que en ningun caso resulten los defensores dominados por el enemigo. Ordinariamente se da al declive interior ju del glácis la inclinacion con que se sostienen las tierras removidas, y el exterior vk se dispone de modo que los enemigos no puedan hallarse á cubierto, en ningun punto de él, de los tiros que partan de la cresta d del parapeto. Para conseguir esto en un glácis como el $ju''k$, bastará que la distancia vertical kx entre el pié k del declive exterior $v''k$ y la recta dv'' , prolongada hasta x , no exceda de $0^m,5$. Las tierras necesarias para formar el glácis se obtienen ensanchando el foso $ghij$, segun aparece en $ghi'j'$, ó abriendo un antefoso kyz , cuyo declive ky debe establecerse de manera que pueda ser defendido desde la cresta d , para lo cual se dispone, como el ky , en prolongacion de dvk , ó bien como el $k'y''$, de modo que la distancia vertical $y''x''$ del punto y'' á la recta $d v''k''$, prolongada hasta x'' , no exceda de $0^m,5$.

Las figuras 9 y 10 presentan dos disposiciones,

la una de contraescarpa y la otra de glácis, que permiten dirigir algunos fuegos rasantes, colocando tiradores en $b'c'$, jc' .

§ 14. En el atrincheramiento $i'dj$ (figura 44) el parapeto está formado con las tierras extraídas de dos fosos, uno anterior $ghij$, y otro posterior $i'j'a'a$, lo cual acelera bastante la construcción, y puede por lo mismo ser útil en algunas ocasiones, si bien hace de menor importancia el obstáculo que presenta al enemigo el primer foso $ghij$.

§ 15. Además de los parapetos cuyo relieve queda indicado, se construyen en el interior de los atrincheramientos, y aun fuera de ellos, *espaldone*s ó *traveses* de la forma $abcde$ (figura 42), con el solo objeto de interceptar los tiros del enemigo. El espesor bd depende, por consiguiente, de la penetración de los proyectiles, y á los declives ab , de se les da la inclinación natural de las tierras ó se revisten con materiales á propósito, especialmente en la parte que no esté expuesta á los disparos de la artillería enemiga. Para evitar que las aguas de lluvia se detengan en lo alto del espaldon ó través, conviene que este termine en una cresta c , formada por dos declives cb , cd , cuya inclinación es por lo comun

de $\frac{1}{6}$. Los parapetos de perfil ordinario reciben tambien el nombre de *traveses* cuando se hallan colocados en ciertas posiciones, que se indicarán mas adelante.

CAPITULO II.

PRINCIPIOS GENERALES RELATIVOS AL MODO DE TRAZAR LOS ATRINCHERAMIENTOS.

§ 16. Un atrincheramiento que se extendiese en línea recta delante de una posición podría ser atacado indistintamente por cualquiera parte, y esta incertidumbre acerca del punto de ataque obligaría á los defensores á distribuirse por igual en toda la longitud de dicha línea, no contribuyendo eficazmente á la defensa sino los que se hallasen situados frente al paraje por donde el enemigo marchase al asalto. En efecto, la dificultad con que la infantería colocada en la banqueta de una obra ejecuta los fuegos oblicuos, hace que no pueda contarse por lo comun con otros tiros que los dirigidos perpendicularmente á la magistral, ó formando con dicha dirección perpendicular un ángulo de 30° á lo mas. Por otra parte, si

el perfil del expresado atrincheramiento fuese de forma ordinaria (lámina 1.^a, figuras 5, 6, 7 y 8), la interposicion del parapeto haria que el foso presentase en su totalidad un *espacio muerto* ó indefenso, donde el enemigo podria prepararse para subir en buen órden á la obra.

Los atrincheramientos de alguna extension no se disponen, por lo tanto, en línea recta, sino formando ángulos *entrantes* y *salientes*, cuyos lados ó *caras* permiten cruzar los tiros sobre el terreno exterior, y *flanqueándose* mutuamente, evitan en gran parte los espacios muertos.

§ 47. Para que las dos caras *be*, *es* (lámina 2.^a, figura 3) de un *ángulo entrante bes* cumplan con la última de las condiciones expresadas, es preciso que dicho ángulo no exceda de 120° , pues de lo contrario los hombres situados en *me*, *en*, aun dando á sus fusiles la oblicuidad máxima de 30° , no podrian dirigir sus disparos á lo largo de los fosos *f*, *f'*. El indicado ángulo no puede tampoco ser menor de 90° , pues en este caso los tiros dirigidos perpendicularmente á una cara dañarían á los defensores de la otra. Aun dentro de los límites expresados no se consigue con la disposicion *bes* flanquear completamente los fosos *f*, *f'*, y resulta siempre delante de *e* un espacio

muerto $m'm'$, limitado por las prolongaciones de los declives superiores del parapeto correspondientes á las partes de magistral me y en . Las líneas cd , dg , gh , hi , ij , jk , kj' , $j'i'$, $i'l'$, $l'g'$, $g'd'$, $d'e$, que terminan dicho espacio muerto, se construyen fácilmente en la figura con el auxilio de las escalas de pendiente pp , $p'p'$.*

§ 48. Todo ángulo saliente esa (figura 3) presenta la desventaja de que los hombres colocados en las banquetas de las caras es , sa no pueden apuntar directamente al espacio rsr' , que por esta causa se denomina *sector privado de fuegos directos*, ó simplemente *sector sin fuegos*, el cual aumenta á medida que disminuye el ángulo esa de la obra, del que es suplemento el rsr' del sector. La desventaja expresada, unida á su mayor proximidad al enemigo, hacen del vértice del ángulo saliente un punto natural de ataque, y por lo mismo convendrá que los defensores puedan reunirse cerca de dicho vértice s en número suficiente para rechazar el asalto, lo cual no podría conseguirse si el ángulo fuese muy agudo. En este caso la extremidad slo del parapeto resultaría también demasiado débil, y el cañon enemigo la converti-

* Véase la *Geometría descriptiva con un solo plano de proyección y cotas numéricas*.

ría muy pronto en una rampa de fácil subida. Por todas estas consideraciones se fija comunmente en 60° el límite menor de los ángulos salientes, pero siempre que sea dable convendrá alejarse de dicho límite, á fin de reducir el sector sin fuegos y evitar que la artillería enemiga pueda situarse fácilmente en las prolongaciones de las caras y dirigir sus tiros á lo largo de ellas. El límite mayor de los ángulos salientes es naturalmente de 180° .

§ 19. Las contraescarpas de las caras *bs*, *sa* (figura 4) de un ángulo saliente *bsa*, no se prolongan por lo general hasta encontrarse en *cc'*, sino que se redondean de la manera que indica la figura; lo cual contribuye, según se dirá mas adelante, á simplificar la constracción del atrincheramiento. Como las aristas son siempre fáciles de destruir, conviene evitar la *o'o''* (figura 4) redondeando la parte saliente de la escarpa (figuras 3, 4 y 5), pues la falta de rigoroso flanqueo que resulta en la pequeña extensión *u'tu* (figura 4) del foso, es apenas perceptible. Por último, si la obra estuviese privada de tiros flanqueantes, no habria inconveniente en redondear del mismo modo la extremidad del parapeto (figura 2). Todas estas partes redondeadas se disponen en superficies cónicas tangentes á

los planos laterales respectivos, y su eje vertical debe corresponder al punto o' (figura 1) cuando se redondea solo la contrescarpa, al o (figuras 3, 4 y 5) en el caso mas comun de redondearse las dos paredes del foso, y finalmente al s (figura 2) cuando haya de hacerse lo mismo con el parapeto.

Si la obra está precedida de un glácis (figura 4), se redondea este de una manera análoga á la que se acaba de indicar; pero como semejante disposicion puede ocultarle en parte á la vista y á los tiros de los defensores, será ventajoso en muchos casos disponer tan solo en superficie cónica su declive interior, prolongando el exterior de uno y otro lado hasta formar la arista qc . La cresta mcn se elevará, por consiguiente, segun dos arcos elípticos mc , cn .

A fin de conservar algunos tiros directos hácia el sector rst' (figura 3), puede redondearse una pequeña parte ss' (figura 6) de la magistral del ángulo saliente, ó bien disponerla segun la línea ss' (figura 7); pero estos recursos son de poca utilidad cuando solo se emplea fusilería. Tampoco debe esperarse un grande efecto de la disposicion en *dientes de sierra* $mss'n$ (figura 8), la cual es ademas de una construccion embarazosa.

§ 20. La bisectriz qq' (figura 5) de un ángulo saliente recibe en fortificación el nombre de *capital*, y por las razones que quedan indicadas (§ 18) el enemigo marcha ordinariamente al ataque siguiendo la dirección de esta línea. Convendrá, por lo tanto, que al menos en la parte del foso correspondiente al sector rsr' no haya sitio alguno donde un hombre pueda ponerse á cubierto de los tiros flanqueantes de las caras colaterales, lo cual hace depender la longitud mínima de la cara es del espacio muerto m' , cuya extensión puede considerarse algo disminuida, suponiendo que no resulta inconveniente, como se dijo respecto al glácis, de que el enemigo colocado en el fondo del foso quede cubierto hasta la pequeña elevación de $0^m,5$. Llamando r á la altura vertical $d'd''$ (figura 5) *, que mide el relieve total de la obra, e á la distancia sh , dz ó $\omega'z'$, que separa dicha vertical $d'd''$ de la intersección z' de la escarpa con un plano horizontal situado á $0^m,5$ sobre el fondo del foso, $\frac{1}{2}$ á la inclinación del declive superior $d'v'p'$, y ω al ángulo entrante bes , los triángulos rectángulos hsh' , dpc

* A la figura 5 pertenece también el perfil colocado en la parte superior, el cual resulta de cortar la obra por un plano vertical dirigido según la recta tt . Dentro del contorno de líneas seguidas que parte de d' , aparece otro de puntos $d'v'z'$, correspondiente á una sección perpendicular á la magistral del atrincheramiento.

y $d\alpha'p'$ dan para el *límite menor* es ó c_m de una cara flanqueada por otra :

$$(A) \quad c_m = \frac{i(r-0^m, \delta) + e \cos. \omega}{\text{sen. } \omega}.$$

Con el perfil de la figura 5, y suponiendo recto el ángulo entrante, dicho límite menor resulta de 30^m .

§ 24. Los fosos de las obras de campaña, á causa de sus reducidas dimensiones y del corto número de tiros con que pueden ser flanqueados, no presentan generalmente un obstáculo capaz de detener por mucho tiempo al enemigo que lograrse llegar á la contraescarpa sin haber experimentado antes pérdidas de consideracion. El medio de producir un efecto eficaz sobre la columna que marche al ataque siguiendo la direccion de la capital, consiste principalmente en que los defensores de las caras colaterales crucen sus tiros sobre dicha capital, proporcionando así al sector rsr' (figura 9) algunas de las ventajas defensivas propias de las partes entrantes. Para conseguirlo es

* Como el ángulo entrante ω no puede bajar de 90° (§ 17), el factor $\cos. \omega$ que multiplica á $+e$ será siempre negativo. El pequeño valor $e \cos. \omega$ podrá generalmente considerarse como nulo, quedando así reducida la expresion (A) del límite menor de una cara á : $c_m = \frac{i(r-0^m, \delta)}{\text{sen. } \omega}$. Las notaciones $c_m, c_n; t_m, t_n$ y demas análogas servirán para indicar en las fórmulas los respectivos límites menores y mayores.

preciso que la línea de tiro $s'q$, que parte del extremo s' de la cara $s'e$, en dirección perpendicular á ella, no encuentre á la capital qq' á una distancia mas considerable que el alcance certero de las armas que se emplean en la defensa. Esta consideracion fija el *límite mayor* de la longitud de una cara flanqueada por otra. Llamando a á dicho alcance, c á la cara flanqueante es' , ω al ángulo entrante ses' , y λ al saliente esa , los triángulos esq , $es'q$ y el $es'p$, cuyo lado pe es paralelo á qq' , dan para el valor c_x de dicho límite :

$$(B) \quad c_x = \frac{a \cos. (\omega - \frac{1}{2}\lambda) - c \operatorname{sen.} (\omega - \frac{1}{2}\lambda)}{\operatorname{sen.} \frac{1}{2}\lambda}.$$

En los atrincheramientos de campaña el valor de a se refiere por lo comun al tiro del fusil ordinario de infantería, cuyo alcance certero se considera de 200^m.

§ 22. Las obras de fortificacion pasajera no se disponen por lo general en líneas curvas, tanto á causa del mayor detenimiento que exige su construccion, como por la dificultad del flanqueo de los fosos. En efecto, para que los tiros *normales* á una curva eb (figura 10) flanqueen los diferentes puntos de otra ea , se hace preciso que la primera sea *evolvente* de la segunda, y aun este flanqueo parcial é imperfecto es solo aplicable á una curva

convexa ea , hallándose privada de él la que presenta su concavidad hácia la parte del enemigo.

§ 23. En las extremidades de los atrinchamientos se hace que el parapeto termine en declives vav' (figura 3), vbv' (figura 4), cuya inclinacion varía con la calidad de las tierras, y puede aumentarse por medio de revestimientos. Conocida dicha inclinacion, el último punto a (figura 3) ó b (figura 4) de la magistral, y el ángulo sap'' (figura 3) ó sbp'' (figura 4) que deben formar con esta línea las horizontales del declive, son fáciles de construir en las figuras 3 y 4 los *perfiles extremos* vav' , vbv' , valiéndose de las escalas de pendientes $p''p''$, $p''p''$ *. Las extremidades de los fosos se disponen tambien en declives $zxx'z'$ (figuras 3 y 4) de una inclinacion proporcionada á la consistencia del terreno, ó bien se prolongan en rampa $xxt'x'$ (figura 3) con el objeto de que toda la excavacion f'' sea vista y defendida por las tropas establecidas á retaguardia. Los glácis terminan, por lo comun, en un declive $tl'z$ (figura 4), correspondiente al vbv' .

§ 24. Para que los defensores puedan comunicar con el terreno situado á su frente, se inter-

* Véase la *Geometría descriptiva con un solo plano de proyeccion y cotas numéricas*.

rumpe el parapeto en los parajes menos expuestos á los ataques del enemigo, formando unas aberturas ó *salidas* terminadas lateralmente del mismo modo que se acaba de indicar para los extremos del atrincheramiento. La magnitud de estas *comunicaciones* es á veces considerable; pero si se quiere tan solo formar un paso que permita desfilár á la infantería, bastará que la latitud inferior ll' (figura 11) sea de 4^m, y de 2^m á 3^m si han de pasar carruajes. El foso se deja sin excavar delante de la comunicacion (figuras 11 y 12), ó bien se establece un pequeño puente de madera (figura 13).

§ 25. A fin de evitar que el enemigo descubra por la abertura ba (figura 11) una gran parte del interior de la obra, suele levantarse en el terraplen de la misma un través tt' , separado del parapeto á una distancia dd , que puede reducirse á 4^m cuando la comunicacion tiene esta misma latitud, pero que si ha de servir para carruajes, deberá ser por lo menos de 4^m, sin lo cual no quedaria espacio suficiente para que diesen vuelta. Aunque con un través de la forma tt' (figura 11) no es posible que el interior de una obra resulte tan completamente cubierto como lo estaria si no existiese la abertura ba , se pueden, sin

embargo, interceptar los tiros directos de la artillería y aun de la infantería enemiga, dando á dicho través la longitud conveniente. Esta se determina marcando las intersecciones oo' , oo' , ii' , que produciría en los declives laterales de la comunicacion y en el exterior del través un plano horizontal elevado de $1^m,5$ á 2^m sobre el terreno: altura algo mayor que la máxima de donde pueden partir los disparos de las dos armas indicadas. Trazando las rectas oi , oi' , que marcan las direcciones de los tiros extremos no interceptados por el parapeto, la línea ii' fijará la longitud del través. A causa de la fácil destruccion de las aristas en o , o y o' , o' , convendrá darle de $0^m,5$ á 1^m mas por cada lado.

Con objeto de disminuir la extension de dicho través se pueden construir otros dos mas pequeños n,n (figura 42), ó bien disponerle en recodo, segun indica la figura 43. Esta última disposicion es particularmente ventajosa en los ángulos entrantes (figura 44), y si se prolonga la cresta et hasta la recta san , el interior de la obra queda completamente á cubierto.

Todos estos traveses pueden construirse segun el perfil $abcde$ (lámina 1.^a, figura 42); pero es preferible darles, en todo ó en parte, la forma de

un parapeto ordinario, para que algunos hombres colocados en la banqueta defiendan con sus tiros la entrada de la comunicacion. A fin de no aumentar la distancia *dd* (lámina 2.^a, figura 11), dichos traveses no están por lo comun precedidos de fosos, y las tierras necesarias para su construccion se extraen del principal de la obra, ó de una excavacion hecha en el interior de la misma.

CAPÍTULO III.

DEL MODO DE DISPONER LOS ATRINCHERAMIENTOS PARA QUE
PUEDAN SER DEFENDIDOS CON ARTILLERÍA.

§ 26. La artillería destinada á la defensa de las obras de campaña se coloca en ellas de dos maneras diferentes. La primera consiste en situar las piezas sobre unas *plataformas* de tierra, que tienen la altura suficiente para que los disparos puedan hacerse por encima del declive superior del parapeto, lo cual se denomina *tirar á barbata*. La segunda disposicion se reduce á cortar el parapeto con unas aberturas, llamadas *cañoneras* ó *troneras*, en las cuales se introducen las bocas de los cañones ú obuses.

Las plataformas para tirar á barbata se establecen á lo largo de las caras y en los ángulos salientes de las obras, siendo esta última situacion la mas comun y ventajosa, pues en ella tienen las

piezas un campo de tiro mas extenso y pueden disparar con metralla hácia los sectores privados de fuegos directos de fusilería.

§ 27. La parte $o'd'$ del parapeto (lámina 3.^a, figura 1) * que se eleva sobre el plano $r'o'$ de una plataforma, recibe el nombre de *rodillera*, y su altura $d'i'$ varia de 0^m,8 á 1^m,2, segun las dimensiones de los montajes y la inclinacion del declive $d'e'$.

§ 28. Al plano superior an (figura 1) de una plataforma establecida á lo largo de una cara, se le da ordinariamente la figura de un rectángulo $amne$, cuya latitud or en sentido perpendicular á la magistral, depende del retroceso de las piezas, y se fija por lo comun en 7^m. Una longitud ae de 6^m se considera como suficiente para el servicio de una sola pieza. y si han de colocarse dos ó mas en la misma plataforma (figura 3), bastará darle 5^m por cada una. A fin de disminuir lo menos posible las banquetas para fusilería, será ventajoso en algunos casos emplear con preferencia á la forma rectangular, la de un trapecio $amne$ (figura 2).

El plano superior ae (figura 4) de una plataforma construida para una sola pieza en el ángulo saliente de una obra, tiene por lo general la figura de un

* La figura 1 comprende el perfil situado en la parte inferior, el cual corresponde á la línea tt del plano.

polígono *aorenm* circunscrito á un círculo de 7^m de diámetro, pues de este modo, cualquiera que sea la direccion del tiro, queda espacio suficiente para el retroceso. La parte *osr* de la rodillera se modifica por lo comun disponiéndola segun *dp* perpendicularmente á la capital *qq*, y el declive superior correspondiente se establece en la forma *dlp*, ó bien en la *dilup* (figura 5), que ofrece la ventaja de conservar al plano *du* la misma inclinacion de los dos colaterales, pero tiene el inconveniente de rebajar la cresta exterior *ilu*. El lado *mn* de la plataforma (figura 4) opuesto al *or*, es casi siempre perpendicular á la capital, y los otros dos *ma*, *ne*, se dirigen paralela ó perpendicularmente á las caras de la obra, segun el ángulo saliente es agudo (figura 4) ú obtuso (figura 6).

La figura 7 presenta en *me* el plano superior de una plataforma construida para dos piezas colocadas simétricamente respecto á la capital, debiendo ser de 5^m la distancia *cc* entre los centros de los círculos respectivos. La disposicion *me* (figura 8) sirve para el caso de que haya de situarse en la cara *sc* una pieza inmediata á la del ángulo saliente.

§ 29. Los declives laterales de las plataformas se dejan con la inclinacion natural de las tierras,

pero si se dispone de materiales abundantes, podrá ser conveniente revestirlos, á fin de disminuir lo menos posible el terraplen de la obra. Cortando dichos declives en forma de gradas, se obtiene la ventaja de que los artilleros puedan ponerse rápidamente á cubierto en el momento que no sean necesarios para el servicio de las piezas.

§ 30. Con objeto de facilitar la subida de la artillería á las plataformas, se establecen *rampas*, *b, b, b, b...* (figuras 4 á 10), cuya inclinacion varia de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{4}$, siendo su latitud ordinaria de 3^m . Estas rampas se colocan en direccion de las capitales (figuras 4, 6 y 7), paralela ó perpendicularmente á las caras (figuras 4, 8 y 2), y aun oblicuamente (figuras 3 y 5) cuando la extension del declive de la banqueta impide hacerlas paralelas á la magistral y no se quiere obstruir el terraplen con disposiciones análogas á las *b, b, b, b* (figuras 2, 4, 6 y 7). Los declives laterales de las rampas se dejan por lo comun con la inclinacion natural de las tierras, y conocida esta, son fáciles de determinar gráficamente (figuras 1, 2, 3 y 4) las intersecciones con el terreno * y con los demás declives.

* Véase en la *Geometría descriptiva con un solo plano de proyeccion y cotas numéricas*, el problema de hacer pasar por una recta cualquiera un plano de inclinacion dada.

§ 34. Todas las plataformas cuya figura queda indicada están unidas al declive interior del parapeto, pero si se quiere reemplazar á voluntad el tiro de cañon por el de fusil, deberá dejarse libre la banqueta $c'b'$ (figura 9), y aun suelen construirse plataformas completamente aisladas (figura 10); pero en uno y otro caso será conveniente aumentar su elevacion á fin de descubrir el terreno exterior inmediato á la obra.

Tambien se tira á barbata por encima de una pequeña construccion de tierra $c'd'e'f'$ (figura 11) que solo se eleva á la altura ordinaria de la rodillera, siendo esta disposicion de alguna utilidad en campaña, particularmente si se abren á los costados de cada pieza unas excavaciones $b'q'g'e'$ donde los artilleros puedan ponerse á cubierto.

La principal ventaja de las plataformas elevadas consiste en proporcionar á las piezas un campo de tiro muy extenso, lo cual no puede conseguirse cuando se dispara por cañoneras. Estas, sin embargo, son preferibles siempre que se trata de apuntar á objetos fijos, ó en direcciones determinadas, pues el parapeto ofrece á los artilleros un abrigo de suma importancia, del cual se hallan privados en lo alto de las plataformas dispuestas para tirar á barbata.

§ 32. Se da el nombre de *directriz* de una cañonera *ed lo* (figura 12) á la *traza DD* del plano vertical que la divide por mitad, y ordinariamente se hace que dicho plano pase por el objeto principal que se trata de ofender. Las cañoneras son *directas* (figura 12) ú *oblicuas* (figura 13), segun forman ó no sus directrices ángulo recto con la magistral del parapeto.

§ 33. El *fondo eiuo* (figuras 12 y 13) de una cañonera directa ú oblicua se dispone en plano inclinado hácia la campaña, cuya interseccion *iu* con el declive interior es siempre horizontal. La inclinacion de dicho plano se determina por el punto mas próximo á que deben dirigirse los tiros, ó bien se le da la misma que al declive superior del parapeto, siempre que esta no exceda de $\frac{1}{6}$. El fondo de una tronera para obús suele inclinarse en sentido contrario (figura 14), pero esta disposicion es poco aplicable á la artillería de campaña, que no se dispara generalmente con grandes elevaciones.

La altura *ir'* de la rodillera (figura 15) varia, como en el tiro á barbata, de 0^m,8 á 4^m,2, y si el relieve del parapeto excede de 2^m,5, para que la cañonera no resulte demasiado profunda se eleva una pequeña plataforma en el paraje donde ha de colocarse la pieza.

§ 34. La boca ó abertura interior *diul* (figura 42) de una cañonera debe reducirse lo mas posible á fin de cubrir mejor á los artilleros, y con este objeto se le da ordinariamente la forma de un rectángulo cuyos lados *di*, *lu* resultan de cortar el declive interior por dos planos perpendiculares á la proyeccion de la magistral. La distancia entre estos planos depende de las dimensiones de la pieza, y para las de campaña se fija por lo comun en 0^m,5 cuando la cañonera es directa, aumentándola proporcionalmente en las oblicuas, segun indica la figura 43.

§ 35. Las caras *dcei*, *lqou* (figura 42) se construyen de modo que sus intersecciones *ei*, *ou*, con el fondo de la cañonera, formen próximamente un ángulo *evo* de 20°, con lo cual se da alguna amplitud al campo de tiro, sin debilitar demasiado el parapeto. Estas caras se revisten con materiales á propósito; pero como aun así, estando dispuestas verticalmente en toda su extension, no podrian resistir á la fuerza expansiva de los gases de la pólvora en los disparos de la pieza, se les da la forma de superficies alabeadas (*parabolóides hiperbólicos*), cuyas intersecciones *c*, *q* con la cresta exterior son las mismas que producirian dos planos dirigidos por las rectas *ei*, *ou* con la inclinacion de $\frac{5}{4}$. Las

figuras 12 y 13 indican la manera de determinar gráficamente dichas intersecciones *, y la 15 presenta los dos sistemas de generatrices rectilíneas del parabolóide hiperbólico $d'e'$, obtenidos por el método comun de dividir en partes proporcionales los lados opuestos del cuadrilátero alabeado $d'c'e'i'$. La forma de los materiales de revestimiento obliga con frecuencia á variar la disposición de dicha superficie y á adoptar uno de los medios de generación que aparecen en las figuras 16, 17, 18 y 19, el primero de los cuales (figuras 16 y 17) tiene por *plano director* ó *de paralelismo* el declive superior $d'c'$ del parapeto, y el segundo (figuras 18 y 19) el interior $d'i'$. En todas las figuras 15, 16, 17, 18 y 19, las intersecciones con los diferentes declives son líneas rectas, á excepcion de las $i'e'$ (figura 16), $c'e'$ (figura 18), que resultan hiperbólicas, y la $c'e'$ (figura 19) parabólica. Cuando, como sucede frecuentemente en campaña, se carece del tiempo y materiales necesarios para construir en superficies alabeadas las caras de las cañoneras, se disponen estas segun dos planos $dcei$, $lqou$ (figura 20), con la inclinacion de $\frac{3}{4}$, y aun de $\frac{1}{4}$ en el caso de no poder revestirlas.

* Véase el problema citado en la nota del § 50.

§ 36. Deberá evitarse que la directriz de una cañonera oblicua forme con la magistral un ángulo menor de 70° , á fin de no debilitar demasiado el parapeto en la parte inmediata á la arista *ul* (figura 43). Si las circunstancias exigen absolutamente una oblicuidad mayor, será preferible establecer un diente ó recodo *abh* (figura 24) y abrir en él una cañonera directa, cuidando de que el espesor *gh* sea suficiente para resistir á los proyectiles enemigos. La figura indica el modo de hallar gráficamente la interseccion inclinada del fondo de la cañonera con el declive exterior.

§ 37. Cuando hayan de abrirse varias cañoneras próximas unas á otras, y con sus directrices paralelas, la distancia entre estas no debe ser menor de 5^m , á fin de que quede espacio bastante para el servicio de las piezas, y no resulte demasiado débil la parte de parapeto que se eleva entre cada dos troneras. á la cual se da el nombre de *merlon*. Segun hayan de ser las directrices divergentes ó convergentes hácia la campaña, dicha extension de 5^m se toma en la línea *mn* (figura 22), trazada á 7^m de distancia de la magistral, ó en la *sr* interseccion del fondo de las cañoneras con el declive exterior.

§ 38. Convendrá tambien en algunos casos es-

tablecer una sola cañonera *cu* (figura 23) para dos ó mas piezas, cuya disposicion participa de las ventajas del tiro á barbata, pero descubre mucho el interior de la obra.

§ 39. Las cañoneras se abren en los ángulos entrantes (figura 23) á fin de flanquear los fosos con artillería, y se disponen en otras partes de las caras, con especialidad cuando se quiere tirar á puntos por los cuales haya de pasar precisamente el enemigo. En este caso puede emplearse tambien la disposicion de la figura 24, en la que el fondo *eiuo* de la cañonera está en el mismo plano del declive superior *mn*, *mn* de la obra, sirviendo para cubrir algun tanto á los artilleros una parte *hh* de parapeto mas elevada que lo restante. Una cañonera construida en un ángulo saliente es por lo general desventajosa, pues disminuye la altura de la obra en el sitio mas expuesto al asalto, y limitando el campo de tiro, no permite descubrir completamente el sector sin fuegos. Cuando por circunstancias particulares haya de colocarse alguna cañonera en esta situacion, es preciso disponer la cresta interior perpendicularmente á la capital en una longitud de 3^m á 4^m.

§ 40. Debe procurarse que el terreno sobre que

han de servirse las piezas sea lo mas consistente posible, apisonándole fuertemente en el caso de estar formado con tierras removidas, como sucede siempre en las plataformas. Si se dispone de tiempo y materiales á propósito, convendrá construir *explanadas* de madera (figuras 2, 3, 5, 6, 9, 15 y 22), que se componen ordinariamente de tres, cuatro ó cinco cuarterones enterrados ó *durmientes*, de otro llamado *batiente*, que descansa sobre las cabezas de los anteriores y en el cual tocan las ruedas de la cureña, y de un número de *tablones* que varia segun su anchura. Las explanadas para tirar á barbata se disponen horizontalmente (figura 9), y para las piezas de campaña su longitud puede ser igual y aun menor que la del montaje (figuras 2 y 3), pues no hay gran inconveniente en que parte del retroceso tenga lugar sobre el plano superior de la plataforma de tierra. En el tiro por cañoneras el batiente *bb* (figura 22) se coloca perpendicular á la directriz *DD*, y los tres durmientes paralelos á ella, debiendo procurarse que los dos laterales correspondan á las ruedas del montaje. A fin de disminuir el retroceso, la explanada suele tener una inclinacion hácia el parapeto de $\frac{1}{20}$. Para el tiro en una direccion determinada bastará con frecuencia colocar dos cuar-

tones r, r (figuras 20 y 24) debajo de las ruedas y otro z (figura 24) bajo la contera de la cureña; haciéndolos descansar, si fuese necesario, sobre durmientes transversales (figura 24). El *Estado núm. 2* indica las dimensiones de las diferentes piezas que entran en la composición de las explañadas ordinarias; pero estas dimensiones pueden reducirse notablemente en campaña, empleando también, en vez de cuartones, maderos labrados por un solo frente.

§ 41. Cuando se quiere preservar las piezas de los tiros de enfilada, se levanta un través como el tt (figura 22), y suele abrirse un pequeño foso al pié de su parte anterior uu , para que, cayendo en él los proyectiles huecos, revienten sin causar daño á los defensores. Un través de 3^m de altura basta para cubrir dos ó tres piezas, y ordinariamente se procura no reunir mayor número de estas en un mismo punto del atrincheramiento, á fin de no presentar al enemigo un blanco considerable, y también para no interrumpir en una gran extensión de la cara los tiros de fusilería. Estos traveses están generalmente unidos al declive interior del parapeto, y aun se prolongan á veces hasta el declive exterior; pero si se quiere que no disminuyan en nada la defensa de la obra, será necesario acor-

tarlos algun tanto, de modo que dejen libre la banquetta. Tambien suelen levantarse traveses en una situacion tal como la *tt* (figura 25), con objeto de interceptar los tiros que entren por las cañoneras.

§ 42. Para preservar las municiones de la explosion de los proyectiles huecos del enemigo, conviene siempre que es posible construir pequeños *repuestos* (figuras 26 y 27), los cuales se reducen ordinariamente á unas excavaciones rectangulares, cuyas paredes se consolidan con materiales de revestimiento. El techo, ya sea inclinado (figura 26) ú horizontal (figura 27), se forma con cuartones unidos, sobre los cuales se echa una gruesa capa de tierra. Para preservar de la humedad el piso del repuesto, se abre una pequeña zanja al pié de la rampa ó escalera que sirve para bajar á él. Esta entrada se sitúa en la parte menos expuesta á los tiros directos del enemigo, y se cierra con materiales de revestimiento ó con una puerta de madera. Los repuestos se establecen en el terraplen, debajo de las plataformas y traveses, ó unidos al mismo parapeto de la obra, y las figuras 26 y 27 * dan

* Todas las figuras, exceptuando las 9 y 10 de la lámina 2.^a; las 13, 16, 17 y 18 de la 3.^a; las 1, 2, 5, 4 y 5 de la 8.^a; y las 5, 4, 3, 6, 7 y 8 de la 9.^a, están construidas con sujecion á las *escalas gráficas* correspondientes.

á conocer las dimensiones ordinarias de su seccion transversal, variando su longitud segun la cantidad de municiones que debe guardarse en ellos.

CAPÍTULO IV.

DE LAS OBRAS ABIERTAS Y DE LAS LÍNEAS CONTÍNUAS.

§ 43. Aunque los atrincheramientos en línea recta presentan las desventajas anteriormente indicadas, se construyen, sin embargo, en campaña obras de una sola cara ab (lámina 4.^a, figura 4), cuando es posible apoyar sus extremidades en obstáculos muy difíciles de vencer por el enemigo, y aun suelen establecerse sin esta circunstancia, pero en tal caso se hace preciso elevar unos traveses at , bt' (figura 2), que intercepten los tiros laterales.

§ 44. Se da el nombre de *tenaza* á una obra de fortificación compuesta de dos caras se , es' (figuras 3, 4 y 5), que forman un ángulo entrante ses' . La abertura de este ángulo es á veces muy grande; pero si los fosos han de resultar flanqueados, de-

berá hallarse comprendida entre los límites correspondientes * (figuras 4 y 5). Las tenazas no pueden emplearse aisladas sino en el caso de tener sus extremos fuertemente asegurados de los ataques del enemigo.

§ 45. Varias obras de esta clase, situadas unas á continuacion de otras, forman una *línea de tenazas* (figuras 6, 7, 8 y 9), que se traza, despues de fijadas las posiciones de los vértices $s, s', s'' \dots$ de los ángulos salientes, levantando en los puntos medios $p, p' \dots$ de los *frentes* parciales $ss', s's'' \dots$ perpendiculares $pe, p'e' \dots$ cuyas longitudes deben hallarse con las $ss', s's'' \dots$ de los mismos frentes, en una relacion que varia entre 1 : 2 (figuras 6 y 9) y 2 : 7 (figura 8), á fin de que los ángulos $ses', s'e's'' \dots$ resulten comprendidos entre 90° y 120° .

§ 46. Suponiendo las dos caras se, es' (figura 6) en su extension mínima e_m (fórmula (A)), el triángulo isósceles ses' da para el límite menor t_m del frente ss' de una tenaza :

$$(C) \quad t_m = \frac{i(r-0^m, S) + e \cos. \omega}{\cos. \frac{1}{2} \omega}.$$

Con el perfil de la figura 7 (lámina 1.^a), y su-

* Véase el § 17.

poniendo recto el ángulo entrante, resulta t_m de $42^m,4$ (lámina 4.^a, figura 6).

§ 47. La longitud máxima del frente de una tenaza depende del alcance de las armas, y conservando las mismas notaciones de la fórmula (B), é igualando en ella c á c_x , el triángulo isósceles ses' (figuras 7, 8 y 9) da para la expresion de dicho límite mayor :

$$(D) \quad t_x = \frac{a \cos.(\omega - \frac{1}{2}\lambda)}{\cos.\frac{1}{2}(\omega - \lambda)}$$

Cuando los frentes ss' , $s's''$... de las tenazas se extienden en direccion de una misma recta ss'' , los ángulos salientes son iguales á los entrantes, y en este caso, suponiéndolos de 90° , así como a de 200^m , resulta t_x de $441^m,4$ y las caras se , es' de 400^m (figura 9).

§ 48. Las líneas de tenazas ofrecen la ventaja de proporcionar muchos tiros sobre las capitales; pero cuando los ángulos entrantes se aproximan á 90° la construccion del atrincheramiento exige un trabajo considerable, á causa del gran desarrollo de la magistral relativamente á la línea del frente*. En el foso de cada tenaza resulta, como queda dicho, un espacio muerto, tanto mas fácil

* Véase el Estado ním. 5.

de ocupar por el enemigo, cuanto menos retirado se halle el vértice del ángulo entrante, y por esta razon conviene que la longitud de las caras se aproxime á su límite máximo.

§ 49. El ángulo que formen dos frentes contiguos de una línea de tenazas, puede tener su abertura dirigida hácia el enemigo (figura 10), ó bien en sentido contrario (figura 11). En el primer caso su límite menor es de $43^{\circ} 5'$, pues de reducir mas el ángulo avb (figura 10), los defensores de las caras $se, e's'$ se ofenderian recíprocamente. En el segundo caso el límite menor es de 120° y corresponde á la disposicion avb (figura 11), en que los ángulos entrantes $sev, v'e's'$ tienen su valor máximo de 120° , y el saliente $ee'e'$ se ha disminuido hasta 60° .

§ 50. Disponiendo los frentes $ss', s's...$ (figura 12) de modo que formen ángulos alternativamente entrantes y salientes, resulta una línea de tenazas, que se denomina *reforzada*, porque proporciona el medio de retirar algun tanto los vértices s', s' , y hace que las capitales qs, qs , puedan ser defendidas á la vez por los tiros inmediatos de las caras $s'e, es'$, y por los mas lejanos de las se, es . En estas últimas convendrá colocar artillería cuando las distancias entre los puntos s, s, s sean considerables.

§ 51. De la reunion de varias tenazas de lados desiguales resulta la *línea de llares* (figuras 13, 14 y 15), en la que los lados mayores es' , $e's''$... conservan su denominacion de *caras*, pero los menores se , $s'e'$... reciben el nombre de *flancos*. Conocida la longitud que hayan de tener estos, y sustituyéndola por c en la fórmula (B), se obtiene el valor máximo de las caras, despues de lo cual el triángulo ses' proporciona el que corresponde al frente ss' . Con el perfil de la figura 7 (lámina 4.^a), suponiendo los flancos en su límite menor, a de 200^m y rectos los ángulos entrantes y salientes, resultan las caras es' , $e's''$... (lámina 4.^a, figura 14) de 170^m, y los frentes máximos ss' , $s's''$... de 172^m, 6. Las figuras 13 y 15 presentan dos líneas de llares, cuyos frentes están comprendidos entre dicho límite mayor y el menor de la línea de tenazas, que lo es tambien de la de llares.

§ 52. Cuando en esta clase de líneas los flancos son de corta longitud relativamente á las caras, se obtiene la ventaja de disminuir el desarrollo de la magistral*; pero lo reducido de estas partes flanqueantes hace que se crucen pocos tiros en las capitales, y acerca mucho á los ángulos salientes los

* Véase el *Estado ním.* 5.

espacios muertos que resultan en los entrantes. En algunos casos se da tan solo á dichos flancos la longitud precisa para la defensa de los fosos de las caras; pero siempre que sea posible deberán hacerse mayores.

§ 53. Las consideraciones expuestas respecto á los ángulos que pueden formar dos frentes contiguos de una línea de tenazas, son aplicables á los llares (figuras 16 y 17), y tambien se forman con ellos líneas reforzadas (figura 18).

§ 54. Reuniendo varias tenazas de lados desiguales, de la manera que aparece en las figuras 19, 20 y 24, resulta una línea llamada de *grandes tenazas*, en la cual es fácil determinar el límite mayor del frente, que corresponde al caso de ser de 60° el ángulo $es'e'$ (figura 20). Las figuras 22 y 23 manifiestan los cambios de dirección que admiten las grandes tenazas, y la 24 una de las líneas reforzadas que pueden formarse con ellas.

§ 55. Se da el nombre de *rediente* á una obra de fortificación compuesta de dos caras es , se' (lámina 5.^a, figuras 1 y 2), que forman un ángulo saliente ese' , cuya abertura debe hallarse comprendida entre los límites anteriormente indicados. La línea ee' que une los extremos mas retra-

dos de las caras se denomina *gola* de la obra. Cuando la longitud de dichas caras *es*, *se'* es menor de 30^m, el rediente recibe el nombre de *flecha*. Las flechas y redientes aislados sirven para cubrir pequeños puestos, y se emplean con ventaja cuando sus golas se hallan aseguradas, bien sea por obstáculos naturales ó por tropas convenientemente situadas.

§ 56. Varios redientes unidos por medio de caras rectas *ee*, *e'e'*... (figuras 3, 4 y 5) denominadas *cortinas*, forman una *línea de redientes*. Para trazarla se fijan las posiciones de los puntos salientes *s*, *s'*, *s''*.... se dirigen las caras *se*, *se'*, *se'*, *s'e''*... de modo que formen ángulos de 60° con las líneas *ss'*, *s's''*... de los frentes, y se establecen las cortinas *ee*, *e'e'*... paralelamente á estas líneas, y á una distancia que varia segun el mayor ó menor desarrollo que convenga dar á la magistral. Cada frente *ses'* presenta, por lo tanto, una combinacion de tres caras, de las cuales las dos extremas *es*, *es'* flanquean á la intermedia *ee*, y son á la vez flanqueadas por ella.

§ 57. Para que en el foso de la cortina *ee* (figura 20) no resulten espacios muertos, es preciso que los defensores de una de las dos caras flanqueantes, tal como la *se*, descubran toda la parte

de dicho foso que no puede ser ofendida desde es' , lo cual exige que la cortina ee tenga por lo menos una longitud doble de la mínima establecida para una cara flanqueada por otra. Conservando las notaciones de la fórmula (A), y designando ω los ángulos entrantes iguales see , ees' , la expresión del límite menor C_m de una cortina es :

$$(E) \quad C_m = 2 \frac{i(r-0^m, \delta) + e \cos. \omega}{\text{sen.} \omega}.$$

§ 58. Suponiendo también las caras se , $s'e$ en su límite menor, y á causa de ser ω de 120° en la línea de redientes, se obtiene para el frente mínimo ss' ó r_m de esta línea :

$$(F) \quad r_m = 5 \frac{i(r-0^m, \delta) - \frac{1}{2}e}{\text{sen.} 60^\circ}.$$

Con el perfil de la figura 7 (lámina 4.^a) resulta r_m de $94^m, 5$ (lámina 5.^a, figuras 3 y 20).

§ 59. El frente máximo se deduce de las consideraciones expuestas acerca de la línea de tenazas (fórmula (D)), y como el ángulo entrante que formarían las dos caras se , $s'e$ (figura 5) si se prolongasen hasta v , sería de 60° , la expresión de dicho frente máximo se convierte en :

$$(G) \quad r_s = \frac{a \cos.(60^\circ - \frac{1}{2}\lambda)}{\cos.\frac{1}{2}(60^\circ - \lambda)}$$

Cuando los diversos frentes ss' , $s's''$... siguen la dirección de una misma recta ss'' , los ángulos salientes tienen también 60° , y en este caso, que es el más común, suponiendo a de 200^m , resulta r_s de $173^m,2$ (figura 5).

§ 60. La mayor longitud que puede darse á las caras de un rediente se fija teniendo en cuenta la necesidad de evitar que los tiros perpendiculares á la magistral ofendan á los defensores de los otros redientes. La perpendicular se (figura 5), bajada desde s sobre $s'e$, determina por lo tanto la extensión máxima de la cara $s'e$, la cual resulta de $86^m,6$ suponiendo a de 200^m y el frente ss' en su límite mayor. Si permaneciendo invariable la distancia ss' , se reducen las caras á su extensión mínima de $30^m,5$, se obtiene para la longitud $e''e''$ de la cortina máxima : $442^m,7$; la menor ee (figuras 3 y 20) es de 64^m .

§ 61. Las líneas de redientes ofrecen la ventaja de reducir los espacios muertos á solo los oo , $o'o'$ (figura 20), y cuando las caras son grandes (figura 5), las capitales resultan bien defendidas; pero en este caso el desarrollo de la magistral es bastante considerable *. El flanqueo se verifica segun

* Véase el Estado núm. 5.

un ángulo que se ha fijado como el límite de la oblicuidad que puede darse á los tiros, y hallándose opuestas una á otra las caras *se*, *s'e*, los defensores colocados en ellas, al dirigir sus disparos hácia el foso de la cortina, tienen que hacerlo con sumo cuidado para no dañarse recíprocamente.

§ 62. Siempre que dos frentes contiguos de una línea de redientes deban formar ángulo, la abertura de este ha de hallarse dirigida hácia el enemigo (figura 6); pues de lo contrario los ángulos de la magistral saldrían de los límites establecidos, motivo por el que no se pueden aplicar á esta línea disposiciones reforzadas.

§ 63. Se da el nombre de *luneta* á una obra de fortificación compuesta de cuatro caras dispuestas del modo que indica la figura 7. El ángulo saliente *fsf'*, no debe ser menor de 60° , y á los *sfe*, *s'f'e'* se les da por lo comun una grande abertura. Las dos caras *sf*, *sf'* son generalmente mayores que las otras dos *fe*, *f'e'*, recibiendo estas últimas la denominacion de *flancos*. Las lunetas se emplean aisladas, en circunstancias análogas á las que se indicaron para los redientes, y deben preferirse á estos siempre que convenga dirigir fuegos paralelamente á las prolongaciones de su gola *ee'* (figura 7).

§ 64. Las lunetas reciben el nombre de *baluartes* cuando su magnitud es considerable y se hallan unidas por medio de cortinas. Para trazar una *línea de baluartes* (figuras 8 y 9), despues de fijar las posiciones de los vértices de los ángulos salientes $s, s', s'' \dots$ se dividen por mitad las distancias $s s', s' s'' \dots$ y en los puntos de division $p, p' \dots$ se levantan las perpendiculares $pt, p't' \dots$ cuyas longitudes deben hallarse con las $s s', s' s'' \dots$ en una relacion que varia entre 4 : 6 y 4 : 8. Uniendo los puntos salientes $s, s'; s', s'' \dots$ con los extremos $t, t' \dots$ de estas perpendiculares, las rectas $st, s't; s't', s''t' \dots$ marcan las direcciones de las caras $sf, s'f; s'f', s''f'' \dots$ cuya magnitud está por lo comun con la del frente respectivo en la relacion de 4 : 3 ó de 2 : 7. Los *flancos* $fe, f'e; f'e'', f''e'' \dots$ se dirigen perpendicularmente á las prolongaciones de dichas rectas $s't, st; s''t', s't' \dots$ y uniendo sus extremos $e, e'; e'', e'' \dots$ se completa el trazado de la línea. Cada frente de esta se compone por lo tanto de cinco caras $sf, fe, e'e', e'f', f's'$, ó de dos *semi-baluartes* $sfe, e'f's'$, y una *cortina* ee' . Los ángulos $dsf, f's'f''$ se denominan *flanqueados*, los $sfe, e'f's'$ de la *espalda*, los $fee', e'e'f'$ *flanqueantes*, y los $ts s', ts s'$, *diminutos*; las rectas $se', s'e$ se llaman *líneas de defensa*. Las relaciones indicadas entre la línea del frente, su per-

pendicular y la longitud de las caras son las que se consideran como más á propósito para que resulten los baluartes bastante capaces, y los flancos con la magnitud necesaria para la defensa de los fosos y del terreno inmediato á la contraescarpa.

§ 65. Designando en general b la distancia que separa los puntos salientes s, s' ; p la perpendicular del frente pt ; c las caras sf ó $s'f'$ de los baluartes; f los flancos fe ó $f'e'$; C la cortina ee' ; d las líneas de defensa se' ó $s'e$; δ los ángulos diminutos $s'se'$ ó $s'se$; y p', c', f', C', d' las relaciones $p:b, c:b, f:b, C:b, d:b$; los triángulos rectángulos spt, tef , y el ete' isósceles, dan $p' = \frac{1}{2} \text{tang. } \delta$, y :

$$(H) \quad p' = \left(\frac{1}{2 \cos. \delta} - c' \right) \text{sen. } 2\delta,$$

$$(J) \quad C' = \left(\frac{1}{2 \cos. \delta} - c' \right) 2 \cos. \delta \cos. 2\delta,$$

$$(K) \quad d' = \frac{1}{2 \cos. \delta} + \left(\frac{1}{2 \cos. \delta} - c' \right) \cos. 2\delta.$$

El *Estado núm. 4* presenta los valores de f', C', d' , correspondientes á los diversos de p' y c' .

§ 66. Las contraescarpas de las caras de los baluartes se prolongan hasta su interseccion ei (figura 19), y de este modo, suponiendo que la corti-

na tenga la longitud suficiente (fórmula (E)), se podrá defender cuando menos desde cada flanco la mitad del foso total del frente. Como la excavacion que resulta en oo' exige un trabajo considerable, convendrá en muchos casos disponer los fosos paralelamente á las diversas partes del parapeto; pero á fin de evitar los grandes espacios muertos que resultarían en m, m , deberá excavarse el terreno en bb (figura 24), según dos planos inclinados $ior'i'$, $i'o'r'i'$, que partiendo de las rectas $or, o'r'$, $0^m, \delta$ más elevadas que el fondo del foso, pasen por los extremos f, f' de las crestas interiores de los flancos opuestos, las cuales resultan así superiores á dichos planos. Las intersecciones de estos entre sí y con las contraescarpas se obtienen sin dificultad en la figura por medio de la escala de pendiente pp^* . En algunos casos se reduce la excavacion en cada lado á solo la parte iu , que corresponde al foso de la cara.

§ 67. El límite menor de un frente abaluartado se deduce del que corresponde á su cortina, y tiene por expresion :

$$(I) \quad b_m = 2 \frac{i(r - 0^m, \delta) + e \cos. \omega}{C \text{ sen. } \omega}$$

* Véase la *Geometría descriptiva con un solo plano de proyeccion y cotas numéricas*.

En esta fórmula representa ω el ángulo flanqueante $fe'e'$ (figura 8), que excede en 90° al diminuto δ . Con el perfil de la figura 7 (lámina 4.^a), suponiendo $p' = \frac{1}{8}$, y $c' = \frac{2}{7}$, resulta b_m de 148^m,2.

§ 68. El límite mayor del frente abaluartado depende del alcance de las armas, y se obtiene considerando en el trapecio $s'e'fq'$ (lámina 5.^a, figura 9), al flanco ef y á la línea de defensa $e's'$, como si formasen una tenaza fes' de lados desiguales. Representando por λ el ángulo flanqueado $f's'f''$, la fórmula (B) da para dicho límite mayor :

$$(M) \quad b_m = \frac{a}{d' + f' \cot. \frac{1}{2} \lambda}$$

Cuando los frentes ss' , $s's''$... se extienden en dirección de una misma recta ss'' , $\frac{1}{2}\lambda$ es complemento de δ , y en este caso, suponiendo a de 200^m, $p' = \frac{1}{8}$, y $c' = \frac{1}{5}$, resulta b_m de 286^m,7.

§ 69. Las líneas de baluartes ofrecen la ventaja de evitar los espacios muertos, pues teniendo suficiente longitud la cortina y estando dispuestos de la manera conveniente los fosos, no habrá parte alguna de estos que no pueda descubrirse desde los flancos. Los disparos tendrán, sin embargo, que hacerse con sumo cuidado, para evitar que los defensores se dañen recíprocamente. Cuando

en la expresada línea de baluartes los ángulos flanqueados son mayores de 120° , las capitales pueden ser ofendidas por los tiros oblicuos que parten de las caras y por los directos de los flancos, si bien estos últimos no empiezan á producir dicho efecto hasta que el enemigo se halla próximo á la contraescarpa. El desarrollo de la magistral no es tampoco excesivo*; pero el trabajo de construcción resulta muy considerable, á causa de la gran latitud de los fosos delante de las cortinas; inconveniente que se disminuye algun tanto adoptando la disposición anteriormente indicada y que aparece en la figura 24.

§ 70. El ángulo que pueden formar entre sí dos frentes contiguos de una línea de baluartes tiene por límite menor $164^\circ.34'$ cuando su abertura está dirigida hácia el enemigo (figura 40), y $88^\circ.4'$ en el caso contrario (figura 41). El primero de dichos límites corresponde á $p' = \frac{1}{6}$, y el segundo á $p' = \frac{1}{3}$. La figura 42 representa una línea reforzada de baluartes.

§ 71. Las diferentes obras y líneas que quedan indicadas pueden combinarse de gran número de maneras, cuyas ventajas é inconvenientes se de-

* Véase el *Estado* núm. 5.

ducirán sin dificultad de los principios expuestos acerca de los límites de las caras y ángulos de los atrincheramientos.

§ 72. La figura 13 presenta una de estas combinaciones, en la cual la gran cara recta ss' , que sigue la misma dirección del frente, se halla flanqueada por un pequeño baluarte $efcf'e'$, denominado *caponera*, cuya parte anterior fcf' recibe algunos disparos de flanco de los recodos entrantes t, t' . Esta disposición, á la que se da el nombre de *frente poligonal* ó de *caponeras*, se aplica también á un ángulo entrante (figura 14), y en uno y otro caso las prolongaciones $sc, s'c$ (figura 13), ó $sc', s'c'$ (figura 14) de las grandes caras as, bs' (figura 13), ó $a's, b's'$ (figura 14), de los frentes colaterales, marcan la mayor salida que debe darse á la caponera.

En la figura 14 el contorno de puntos y rayas interrumpidas $a'sc's'b'$, presenta la disposición que conviene adoptar cuando sobre una misma recta ss' prolongada hácia uno y otro lado hayan de trazarse varios frentes con *caponeras*.

§ 73. Convendrá en muchos casos que las diversas partes de una línea de fortificaciones no tengan el mismo relieve, pudiendo este ser menor en los sitios menos expuestos á los ataques del

enemigo. El atrincheramiento que presenta la figura 13, propio para cubrir una posición de 2000^m á 2500^m de frente, puede construirse en poco tiempo, si se da á los baluartes el perfil *adhj* (lámina 4.^a, figura 5); á las partes *c', c', c'*, que reemplazan á las cortinas mas avanzadas, el *i'a'dhj* (lámina 4.^a, figura 11); y á las *c, c, c, c, b, b*, el *ibde* (lámina 4.^a, figura 4) ó el *c'd'e'f'* (lámina 3.^a, figura 11) cuando haya de colocarse artillería. Las contraescarpas pueden disponerse segun *ib'c'j'* (lámina 4.^a, figura 9).

§ 74. Además de las obras abiertas ya mencionadas, se construyen otras varias que tienen nombres especiales, como sucede á las que se representan en las figuras 16, 17 y 18 (lámina 5.^a). La primera *ess'e'* (figura 16) se denomina *bonete*, la segunda *ess'e'* (figura 17) *hornabeque*, y la tercera *ess's'e'* (figura 18) *hornabeque doble* ó *corona*. Las caras laterales *se, s'e'* de todas ellas se llaman *alas*, y *golas* las rectas *ee', ee', ee'*, que unen los extremos mas retirados *e, e'*, de dichas alas.

CAPÍTULO V.

DE LAS ORRAS CERRADAS Y DE LAS LÍNEAS CON INTERVALOS.

§ 75. Se da el nombre de *reducto* (lámina 6.^a, figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6) á una obra cerrada cuya magistral no presenta ángulos entrantes. Los reductos pueden tener la forma de un polígono regular, de un círculo, ú otra cualquiera figura convexa, terminada por una línea curva ó poligonal.

§ 76. Como las obras cerradas se construyen generalmente en posiciones que el enemigo puede atacar por todas partes ó tener rodeadas durante algun tiempo, es necesario que la guarnicion sea de fuerza suficiente para cubrir todo el perímetro de la obra, y que en el interior de esta haya cuando menos el espacio preciso para que dicha fuerza pueda vivaquear, así como para la colocacion y servicio del material de guerra destinado á la defensa.

§ 77. Designando por l el lado ab (figura 5) de

un reducto de forma poligonal regular, por n el número de lados ó frentes de dicho reducto, por g la totalidad de la tropa de infantería que haya de guarnecer la obra, por m la extension de magistral correspondiente á cada hombre de los que han de disparar desde las banquetas, por s la parte ó partes de esta magistral no defendidas con tiros de fusil, como sucede en la entrada del atrincheramiento y en el punto ó puntos donde se coloca artillería ; y suponiendo, por último, que se quiere tener disponible una reserva de infantería que esté con la fuerza total g de esta arma en una relacion expresada por r' , será : $m(g-r'g)=nl-s$; y de consiguiente :

$$(N) \quad g = \frac{nl-s}{m(1-r')}$$

Llamando h á la extension superficial necesaria para el alojamiento de un hombre de infantería, S á la parte del terraplen ocupada por el material, personal y ganado de la artillería, y de la caballería si la hubiese, así como por el través ó trayeses que convenga elevar en el interior de la obra, resulta para la mínima superficie E_m , capaz de contener todos los medios de defensa :

$$(O) \quad E_m = h \frac{nl-s}{m(1-r')} + S.$$

Representando por d la distancia cc' entre la proyeccion de la magistral y el pié del declive de la banqueta, la superficie E del terraplen ó polígono regular, cuyo lado es $a'b'$, tiene por expresion :

$$(P) \quad E = \frac{1}{4} n \cot. \frac{180^\circ}{n} \left(l - 2d \operatorname{tang.} \frac{180^\circ}{n} \right)^2.$$

Cuando no haya espacio interior sobrante será $E = E_m$; igualando, por lo tanto, las dos fórmulas (O), (P), resolviendo la ecuacion de segundo grado que resulta, y tomando el radical con el signo positivo*, se obtiene para el límite menor l_m del lado de un reducto poligonal regular :

$$(Q) \quad \left\{ \begin{array}{l} l_m = 2 \operatorname{tang.} \frac{180^\circ}{n} \left(d + \frac{h}{m(1-r')} + \right. \\ \left. \sqrt{\frac{h}{m(1-r')} \left(2d + \frac{h}{m(1-r')} \right) + \left(s - s \frac{h}{m(1-r')} \right) \frac{1}{n} \cot. \frac{180^\circ}{n}} \right) \end{array} \right.$$

Para que la defensa de la obra sea algo respectable, deberá haber al menos en la banqueta un hombre por cada metro de magistral, en cuyo caso $m = 4^m$. Este valor de m será de 0^m , si el fuego ha de hacerse en dos filas, y aun podrá reducirse

* La otra raíz de la ecuacion satisface solo á las condiciones algébricas, pero no á las *materiales* del problema, segun puede verse resolviendo este numéricamente y construyendo la correspondiente figura.

hasta $0^m,35$, contando con que un frente de $0^m,7$ permite al soldado de infantería el manejo de su arma. La superficie h que necesita un hombre para vivaquear es cuando menos de $1^{m.s}$ y ordinariamente se la supone de $1^{m.s},5$. Tanto la extensión lineal de s , como la superficial de S se determinan en cada caso particular con arreglo al número de piezas de artillería y demás medios de defensa. Puede calcularse próximamente que á cada pieza colocada en un ángulo saliente le corresponden 14^m de cresta interior (lámina 3.^a, figuras 5 y 6), y 7^m en cualquiera otra posición, ocupando todo lo necesario para su servicio $80^{m.s}$ de terraplen en el primer caso, y $100^{m.s}$ en el segundo. Para cada soldado de caballería con su caballo son precisos $8^{m.s}$.

El *Estado núm. 5* presenta los límites menores de varios reductos defendidos solo por infantería, y sin traveses ni otros objetos que obstruyan el espacio interior. Como este espacio queda descubierto en parte por la abertura de la comunicacion, se cierra dicha abertura en el momento del ataque con materiales dispuestos al efecto. Las figuras 1, 2 y 3 (lámina 6.^a) representan los reductos segundo, tercero y cuarto de dicho *Estado núm. 5*.

§ 78. Siempre que sea posible deberá procurarse que las dimensiones de un reducto excedan

de su límite menor, á fin de que resulte espacio sobrante en el terraplen y dañen menos á los defensores las explosiones de los proyectiles huecos que el enemigo arroje á la obra. Para un mismo perímetro ó desarrollo de magistral, la extension de dicho terraplen aumenta con el número de lados, siendo máxima en el reducto circular; pero en este caso los tiros resultan divergentes, y no hay parte alguna del terreno exterior ofendida de un modo eficaz, lo cual, unido á las dificultades de construccion, hace que se prefieran generalmente los reductos poligonales de corto número de lados, y en particular los de forma cuadrada, no obstante los grandes sectores privados de fuegos que presentan en sus ángulos. Este inconveniente se atenúa en lo posible por los medios que se indicaron anteriormente (lámina 2.^a, figuras 6, 7, 8, y lámina 3.^a, figuras 5, 6) y dirigiendo las capitales, cuando las circunstancias lo permiten, hácia puntos que ofrezcan al enemigo algunos obstáculos naturales. Los reductos triangulares han de ser necesariamente equiláteros, y se emplean rara vez, á causa de lo muy limitados que resultan sus terraplenes.

El principal inconveniente de los reductos consiste en la falta absoluta de tiros flanqueantes, la

cual hace que los fosos presenten en su totalidad un espacio muerto, y que los defensores no puedan cruzar sus disparos sobre el terreno exterior. Por este motivo no se construyen ordinariamente reductos de mayores dimensiones que los representados en las figuras 4, 5 y 6 (lámina 6.^a), cuya magnitud permite ya disponer la magistral de modo que forme ángulos entrantes.

§ 79. Se da el nombre de *fuertes estrellas* ó *atenazados* (figuras 7, 8, 9 y 12) á las obras cerradas que presentan una tenaza en cada uno de sus frentes. En algunos casos suelen atenazarse los polígonos de cuatro y cinco lados; pero lo que se indicó anteriormente respecto al cambio de dirección de la línea de tenazas*, hace ver que solo desde el exágono regular pueden los ángulos entrantes y salientes hallarse comprendidos en los límites establecidos.

§ 80. Aun reduciendo á sus dimensiones mínimas el perfil de la obra, si se da á los frentes de las tenazas la longitud exigida por la fórmula (C), resulta en el interior del exágono atenazado espacio suficiente para alojar una guarnición proporcionada; y como esto sucederá con mayor razón en los polígonos superiores, dicha fórmula (C) es

* Véase el § 49.

la expresion del límite menor del lado de un fuerte estrella. Las figuras 7, 8 y 9 (lámina 6.^a) representan varias obras de esta clase, cuyos frentes tienen 53^m,8 (figura 7), 48^m,6 (figura 8), y 46^m,2 (figura 9), que son las longitudes mínimas respectivas, en el supuesto de emplear el perfil de la figura 7 (lámina 4.^a).

§ 81. Siempre que las circunstancias lo permitan, deberá procurarse que la magnitud de los frentes exceda de dicho límite menor, á fin de retirar mas los espacios muertos y que resulte flanqueada una parte mayor de los fosos. Esta consideracion hace que se prefieran ordinariamente las obras atenazadas de corto número de frentes. El fuerte estrella exagonal (lámina 6.^a, figura 7) se emplea sin embargo rara vez, á causa de que todos los ángulos entrantes y salientes están en sus límites respectivos, las capitales no pueden ser defendidas sino por tiros oblicuos, y la disposicion de las caras permite á la artillería enemiga enfilarias de dos en dos, lo cual hace necesarios los traveses *t*, *t*... El fuerte de *ocho puntas* (figuras 9 y 12) es el que se construye con mas frecuencia. Permaneciendo los ángulos salientes de 60°, la abertura de los entrantes disminuye á medida que aumenta el número de lados del polígono, lle-

gando á ser de 90° en el duodecágono regular; pero convendrá por lo comun no reducir tanto dicha abertura, á fin de que resulten mayores los ángulos salientes. Tambien se construyen fuertes estrellas con tenazas de lados desiguales, como se vé en las figuras 10 y 11.

En las obras atenazadas de forma ordinaria (figuras 9 y 12) el desarrollo de la magistral es considerable relativamente al perímetro del polígono sobre que se ejecuta el trazado, la poca abertura de los ángulos salientes permite al enemigo enfilear con facilidad las caras del atrincheramiento, y los fosos conservan siempre espacios muertos en las partes entrantes. Por todos estos motivos no se construyen generalmente fuertes estrellas de mayores dimensiones que el representado en la figura 12, cuya capacidad es ya suficiente para admitir una disposicion mas ventajosa.

§ 82. Se da el nombre de *fuertes abaluartados* (figuras 13, 14, 15 y 16) á las obras cerradas que presentan un frente de baluartes en cada uno de sus lados. Lo que se manifestó anteriormente * hace ver que un fuerte de esta clase puede construirse sobre el cuadrado, si se reduce á 1 : 8 la relacion p' entre la perpendicular y el frente (figuras 13 y

* Véase el § 70.

44). El pentágono admite ya la relacion de 4 : 6 ; pero ordinariamente se prefiere la de 4 : 7 (figura 45), reservando la de 4 : 6 para el exágono (figura 46) y los poligonos superiores.

§ 83. Dando á los frentes de las obras abaluartadas la magnitud exigida por la fórmula (L), resulta siempre mas espacio interior del que necesita la guarnicion para su alojamiento, y por lo tanto dicha fórmula (L) expresa el límite menor del lado de un fuerte con baluartes. Las figuras 43 y 45 representan dos obras de esta clase, cuyos frentes tienen 448^m,2 (figura 43) y 452^m,4 (figura 45), que son las longitudes mínimas que corresponden á $c' = \frac{2}{7}$, y al perfil de la figura 7 (lámina 4.^a). Con este mismo perfil y $c' = \frac{1}{5}$ resulta el frente mínimo del cuadrado de 486^m,8 (lámina 6.^a, figura 44).

§ 84. Las capitales de los fuertes abaluartados solo se hallan defendidas á muy corta distancia de los vértices de los ángulos salientes, y por lo mismo, cuando se dispone de los medios necesarios, conviene construir delante de las cortinas redientes (figura 46) que cubran á estas y á los flancos, y proporcionen medios de disparar sobre dichas capitales. Estas obras *exteriores* se trazan de modo que las prolongaciones de sus magistrales pasen por los vértices de los ángulos de la espalda, ó

corten á las caras de los baluartes, y sus fosos deben comunicar con el que circunda al fuerte, á fin de que puedan ser flanqueados. Reduciendo á su límite menor el ángulo de los redientes, resultan estos mas avanzados, y se dificulta el ataque de las partes salientes del atrincheramiento principal.

§ 85. Las figuras 47 y 48 manifiestan el modo de aplicar á los fuertes de campaña la disposicion poligonal ó de caponeras *. La figura 49 presenta uno de los *fuertes con semi-baluartes*, que se solian construir antiguamente y cuyos defectos son fáciles de conocer, atendiendo á la situacion relativa de las caras que deben flanquearse.

§ 86. En el terraplen de las obras cerradas se construyen á veces *reductos interiores* *r, r* (figuras 42 y 46), con objeto de prolongar la defensa despues que la guarnicion se haya visto precisada á abandonar el parapeto principal. Las caras de estos reductos pueden trazarse de varios modos, pero disponiéndolas perpendicularmente á las capitales del fuerte, se consigue ofender mejor al enemigo apoderado de las partes salientes. Para hacerlo con mas ventaja conviene que el reducto tenga su cresta interior á una altura que exceda

* Véase el § 72.

por lo menos en 0^m,5 á la del parapeto de la obra que le rodea. La capacidad de dicho reducto debe ser suficiente para recibir toda la guarnicion del fuerte; pero como despues de acogerse los defensores al atrincheramiento interior, no podrán hacer por lo comun una resistencia de larga duracion, bastará contar para cada hombre con el espacio que ocupa en formacion, y no con el necesario para vivaquear. Aun así, dichos reductos obstruyen los terraplenes de los fuertes y dificultan los movimientos de los defensores, no siendo por lo tanto ventajosos sino en obras de bastante extension. Cuando esta es muy considerable suelen construirse, en vez de reductos, *atrincheramientos interiores*, cuyas diversas caras se flanquean recíprocamente. Si una parte de la obra principal estuviese menos expuesta que lo restante á los ataques del encmigo, bastaria separar dicha parte por medio de un través en forma de parapeto ordinario.

§ 87. Una *línea con intervalos* (lámina 7.^a, figuras 1, 2, 3 y 4) resulta de elevar en varios puntos de la posicion que se trata de defender, obras situadas de modo, que desde sus parapetos se puedan dirigir los disparos hácia el terreno que media entre ellas. Si en cualquiera de las disposiciones ordinarias de redientes ó baluartes (lámina 5.^a, fi-

guras 3, 4, 5, 8 y 9) se suprimen las cortinas ee , $e'e'$, $e''e''$, ó ee' , $e'e'''$, queda formada una línea con intervalos; pero estableciendo dos filas ú órdenes de atrincheramientos, se podrá conseguir que la defensa sea sucesiva, y que las caras del primer orden resulten flanqueadas por las del segundo.

§ 88. La figura 1 (lámina 7.^a) presenta una línea de reductos cuadrados dispuestos del modo mas favorable para el flaqueo. La aplicacion de las obras cerradas á las líneas con intervalos ofrece el inconveniente de que, si el enemigo logra apoderarse de una de estas obras, no será fácil recuperarla, á causa de los parapetos que la circundan. Por este motivo suelen preferirse para el objeto expresado los atrincheramientos abiertos por la gola, sobre cuyo interior se pueden concentrar los disparos de las tropas situadas á retaguardia.

§ 89. Las figuras 2, 3 y 4 representan varias líneas con intervalos, compuestas de redientes y lunetas, para cuyo trazado, despues de fijar los puntos $s, s, s...$ se levantan en medio de los frentes $ss, ss...$ las perpendiculares $pt', pt'...$ y tiradas las rectas $st', st'...$ las caras $se, se...$ siguen la direccion de estas rectas, y las $s'e', s'e'...$ forman ordinariamente con ellas ángulos de 90° . La longitud de las perpendiculares $pt', pt'...$ se halla

por lo comun con la de los frentes ss , $ss...$ en una relacion que varia desde $1:2$ hasta $5:8$, y las caras se , $s'e'$... suelen estar con dichos frentes en la de $1:7$. Con este valor relativo de $s'e'$, $s'e'...$ y el de $5:8$ (figura 4) para la perpendicular, se obtiene la ventaja de que la artilleria enemiga no pueda enfilarse desde lejos dichas caras $s'e'$, $s'e'...$ á causa de que sus prolongaciones pasan casi exactamente por los puntos mas avanzados de la magistral de las obras fsf , $fsf...$ La magnitud de los flancos ef , $ef...$ $e'f'$, $e'f'...$ de las lunetas (figuras 3 y 4) es ordinariamente mitad de la que tienen las caras se , $se...$ $s'e'$, $s'e'...$ y en cada uno de ellos conviene establecer una ó mas piezas destinadas á tirar hácia los sectores privados de fuegos que presentan las obras del primer orden. Con este objeto se dirigen los flancos ef , $ef...$ y $e'f'$, $e'f'...$ perpendicularmente á las rectas fs , $fs...$ y $f's$, $f's...$ que pasan por los puntos salientes s , s , $s...$ Las figuras 3 y 4 indican la construccion gráfica por medio de la cual se determina la situacion de cada flanco, dada su longitud *. Cuando se emplea un tercer orden de obras,

* Las tangentes á los arcos circulares, en vez de estar dirigidas desde los vértices s , $s...$ (figuras 3 y 4), pueden partir de otros puntos de las capitales, 8 ó 10 metros mas avanzados, con lo cual se tendrá mayor seguridad de que los tiros de los flancos no dañen á los defensores de las partes salientes de las obras del primer orden.

suelen reducirse estas á unos redientes, cuyas caras $s''e''$, $s''e''$... son perpendiculares á las $s'e'$, $s'e'$... (figura 3), ó se dirigen á los puntos s' , s' ... (figura 4), con objeto de evitar la enfilada. En muy raro caso convendrá establecer mas de tres órdenes ó filas de atrincheramientos.

§ 90. El límite menor de los frentes ss , ss ... dependerá únicamente de la extension mínima que se quiera dar tanto á las obras como á los intervalos que las separan. El límite mayor se determina por la consideracion de que las líneas de tiro $s'q$, $s'q$... (figuras 1, 2, 3 y 4) encuentren á las capitales sq , sq ... á una distancia que no exceda del alcance de las armas. Llamando c' á la relacion entre las caras $s'e'$, $s'e'$ y el frente ss , y λ , λ' á los ángulos salientes ese , $e's'e'$; los triángulos rectángulos $sp't'$, $t'e's'$, y qcs (figuras 3 y 4) ó qcb (figura 5) dan para el límite mayor f_s del frente de una línea con intervalos :

$$(R) \quad f_s = \frac{a}{1 + c'(\cot. \frac{1}{2}\lambda - \tan. \frac{1}{2}\lambda')}$$

Los valores de λ y λ' se deducen de la relacion entre la perpendicular $p't'$ y el frente ss , dependiendo además λ del ángulo abe (figura 5) en caso

de que se establezcan las obras sobre una línea poligonal. Cuando los frentes ss , $ss\dots$ (figuras 1, 2, 3 y 4) siguen la dirección de una misma recta, λ y λ' son suplementarios, y suponiéndolos iguales, así como a de 200^m, resulta f_x de 282^m,8 (figura 1).

§ 91. Para la defensa sucesiva de las diferentes obras, conviene que estas tengan mayor dominación á medida que se hallen mas retiradas, siendo ordinariamente de 0^m,5 la diferencia de altura entre cada dos órdenes. Las figuras 6 y 7 manifiestan el modo de disponer en rampa las extremidades de los fosos, á fin de que resulten bien flanqueados desde los atrincheramientos establecidos á retaguardia.

§ 92. En la defensa de las líneas con intervalos se emplea con ventaja la caballería, y para cubrirla deberán construirse espaldones dispuestos como el *tabt'* (lámina 4.^a, figura 2), y cuyo perfil puede ser el *ace* (lámina 1.^a, figura 12), ó bien el de un parapeto ordinario.

§ 93. El establecimiento de una línea con intervalos no exige un trabajo considerable, pues relativamente al frente de la posición, el desarrollo de las obras es bastante reducido *. Estas no nece-

* Véase el *Estado núm. 5*.

sitan , por lo mismo, guarniciones muy numerosas, y la masa principal de las tropas defensoras queda disponible para ocupar los intervalos y tomar la ofensiva en el momento favorable en que el enemigo se halle desordenado por efecto de los disparos de fusilería y artillería que parten de los atrincheramientos. Las líneas con intervalos se consideran , por lo tanto, como preferibles á las continuas, en particular cuando se dispone de tropas aguerridas y poco inferiores en número á las que puedan atacarlas.

CAPITULO VI.

DEL RELIEVE DE LOS ATRINCHERAMIENTOS QUE SE CONSTRUYEN EN TERRENO DESIGUAL.

§ 94. La superficie del terreno presenta por lo comun alturas y profundidades que obligan á modificar en parte las reglas anteriormente establecidas tanto para el relieve de los atrincheramientos como para el modo de trazarlos. Estas modificaciones pueden tener dos objetos esenciales : cubrir á los defensores de los tiros directos del enemigo, y hacer que el terreno inmediato á la obra quede expuesto á los disparos que parten de la misma.

Los medios que se emplean para conseguir el primero de los objetos indicados constituyen la *des-enfilada*, en la cual hay que considerar el *espacio exterior*, de donde pueden partir los tiros, el *espacio interior*, que debe hallarse á cubierto, y el *parapeto ó través*, que ha de interceptar dichos tiros.

§ 95. El *espacio exterior* se considera limitado en proyeccion horizontal por una línea ll'' ... (lámina 8.^a, figuras 1, 2 y 3) situada á la distancia de 2000^m del atrincheramiento, á la cual empiezan á ser certeros los disparos de la moderna artillería de campaña. Si el enemigo no pudiese emplear esta arma contra la obra, la distancia indicada será tan solo relativa al tiro de fusil ó carabina rayada. En uno y otro caso dicha línea ll'' ... se traza describiendo arcos de círculo ll , ll' , ll'' ... (figuras 1 y 3) desde los vértices de los ángulos salientes de las obras, con radios iguales á los alcances de la artillería ó fusilería, y tirando á estas mismas distancias rectas ll' , ll'' ... paralelas á las caras as , $s'a'$ (figura 1), ab , bc ... (figura 3). Los arcos ll' , ll'' , ll''' ... (figura 2) marcan por sí solos el límite indicado, cuando se cortan antes de encontrar á las rectas correspondientes. En las obras abiertas (figura 1) las prolongaciones al , $a'l'$ de la gola, determinan con las líneas ll , ll' , ll'' ... dicho límite $all' ll''l'a'$. El espacio exterior se considera limitado en su parte superior por una superficie que tiene todos sus puntos situados sobre los correspondientes del terreno á una distancia vertical de 2^m, ó mejor de 2^m,5, que es la mayor á que se elevan los soldados enemigos, aun suponiéndolos á caballo. Fuera

del alcance de la fusilería, esta distancia vertical deberá reducirse á 4^m,5, en razon á la corta altura de los montajes de la artillería de campaña. La indicada superficie que limita el espacio desde donde el enemigo puede dirigir sus tiros, recibe el nombre de *superficie exterior*. Tanto la figura 4 como la 5 presentan en *r'd'e'e''d''r''* el perfil por un plano vertical de la parte de espacio exterior inmediata al atrincheramiento *óme'*.

§ 96. En las obras cerradas el *espacio interior* comprende todo el terraplen, y en los demás atrincheramientos está limitado en proyeccion horizontal por la línea de gola *a a'* (figura 1), ó por una recta *i i'* (figura 2) paralela al frente, y trazada á 25^m ó 30^m á la espalda de las partes mas retiradas de la magistral. Esta distancia de 25^m á 30^m es la necesaria para que las tropas encargadas de la defensa de una línea de atrincheramientos puedan trasladarse, formadas en columna, de un punto á otro de dicha línea. El espacio interior se considera limitado en su parte superior por una superficie que tiene todos sus puntos situados sobre los correspondientes del terreno ó terraplen de la obra, á una distancia vertical que varia de 2^m,5 á 2^m, segun haya ó no de situarse en el atrincheramiento tropa de caballería. La indicada superficie que limita el

espacio ocupado por los defensores se denomina *superficie interior*. Las figuras 4 y 5 presentan en *o'í'í'í'í'í'o'* el perfil por un plano vertical del espacio interior correspondiente á la obra *í'm'e'*.

§ 97. Con los medios de construcción de que se dispone ordinariamente en campaña no es posible dar á los *parapetos* una altura mayor de 4^m, y aun esta elevación máxima no debe pasar de 3^m,5 cuando haya de extenderse á toda una cara ó á gran parte de ella.

§ 98. Para que los defensores situados en el terraplen de una obra de fortificación construida en terreno desigual resultasen á cubierto de los tiros directos del enemigo, bastaría que las crestas interiores de los parapetos se hallasen contenidas en una *superficie reglada*, que envolviese á la vez á las dos, *exterior é interior*, que limitan los espacios respectivos, lo cual podría conseguirse elevando los parapetos todo lo necesario (figura 4), ó construyéndolos de la altura ordinaria y excavando los terraplenes á fin de rebajar la *superficie interior* correspondiente (figura 5). La referida superficie reglada se podría denominar *de desenfilada*, y su curva de contacto con la *superficie exterior* sería la *línea dominante* de esta última superficie respecto de la *interior*. A dicha *línea dominante* correspon-

deria verticalmente en el terreno exterior otra idéntica á ella, la cual se podría tambien considerar como la curva de contacto con dicho terreno de una nueva superficie reglada, idéntica á la *de desenfilada*, y que tuviese todos sus puntos situados bajo de esta á la misma distancia vertical que separase las dos curvas. La parte superior de los parapetos se elevaria sobre esta nueva superficie reglada, del mismo modo que lo haria sobre el plano de asiento natural si el terreno se extendiese horizontalmente, y por lo mismo dicha superficie se podría denominar *de asiento artificial*. Las rectas $t''d''$, $t'd'$ (figuras 4 y 5) representan las intersecciones que produciria un plano vertical en las dos superficies *de desenfilada* y *de asiento artificial*, siendo d'' , d' los puntos en que dicho plano cortaria á la *línea dominante* y á su correspondiente del terreno.

§ 99. Como no es posible en campaña disponer en líneas curvas las crestas de los parapetos, la primera de las dos superficies regladas se convierte en uno ó mas *planos de desenfilada*, *tangentes* ó simplemente *rasantes* á las superficies exterior é interior, y la curva dominante se reduce, por lo tanto, á uno ó mas *puntos dominantes*. A los planos de desenfilada corresponden otros de *asiento artificial* que les son paralelos y que reemplazan á la

segunda de las dos superficies regladas. Todo plano de desenfilada debe dejar completamente debajo de sí á los dos espacios exterior é interior, ó al menos á la parte de dichos espacios respecto de la cual se establece el plano. Esta circunstancia es indispensable, pero no sucede lo mismo con la de tocar ó apoyarse á la vez en las dos superficies exterior é interior, disposicion que tiene solo por objeto disminuir la altura de los parapetos ó la profundidad de las excavaciones que hayan de hacerse en los terraplenes.

§ 400. En toda clase de atrincheramientos los hombres colocados en las banquetas tienen expuesta á los tiros del enemigo la parte superior del cuerpo, pero es muy conveniente que conserven cubierto todo lo restante, y por lo mismo, siempre que desde el espacio exterior se puedan descubrir los declives interiores de los parapetos, será necesario elevar *traveses* que intercepten los tiros dirigidos contra los defensores situados en las banquetas respectivas. Las alturas de estos traveses se determinan por medio de nuevos planos de desenfilada, denominados *de revés*, los cuales deben dejar debajo de sí las partes de espacio exterior desde donde se descubran los declives interiores, pasando además por las crestas de dichos declives, y

mejor á 0^m,5 de altura sobre ellas; pues de este modo los hombres colocados en las banquetas quedan completamente á cubierto de los tiros de revés. Los traveses dividen el espacio interior, y pueden contribuir por consiguiente á facilitar la desenfilada; pero exigen para su construcción un trabajo considerable, disminuyen la capacidad de los atrincheramientos y dificultan las maniobras de los defensores, por lo cual se establecen únicamente en el caso de ser indispensables.

§ 404. Las figuras 6 y 7 (lámina 8.^a), 4 y 2 (lámina 9.^a) presentan diversas aplicaciones de los principios expuestos. En todas ellas el terreno está representado por *secciones horizontales* ó *curvas de nivel*, cuya *equidistancia* es de 4^m, y la obra que se trata de desenfilar es un rediente, en el cual se supone conocida la proyección *asa'* de la magistral. El espacio interior está proyectado en *aa'* y el exterior delante de *lasa'l'*, pudiendo servir las mismas curvas horizontales del terreno para representar las respectivas superficies interior y exterior, con solo aumentar convenientemente las cotas numéricas. Estas se hallan escritas á los costados de cada figura, hácia la izquierda las que corresponden al terreno, y hácia la derecha las pertenecientes á las indicadas superficies.

§ 402. Para desenfilar el rediente $as a'$ (lámina 8.^a, figura 6), bastará establecer las crestas interiores de sus dos caras as , $a's$ en un plano de desenfilada, pero como la condicion de dejar completamente debajo de sí á los espacios interior y exterior, y aun la de tocar á las dos superficies respectivas, no bastan para fijar la posicion de dicho plano, convendrá ensayar varios, eligiendo de entre ellos el que reduzca mas la altura de los parapetos. En la figura el plano de desenfilada PP^* se apoya en los dos extremos a ($5^m, 8$)^{**}, a' ($5^m, 8$) de la superficie interior, y toca á la exterior en el punto dominante d ($16^m, 5$). La cota ($8^m, 8$) del vértice s del ángulo saliente, y la de cualquier otro punto de las crestas interiores, se determinan con suma facilidad por medio de la escala de pendiente PP .

§ 403. Cuando todos los planos que cumplen con la condicion de dejar completamente debajo de sí tanto al espacio exterior como al interior dan

* PP es la escala de pendiente del plano de que se trata. Acerca del modo de determinar las posiciones de los planos PP ; PP , $P'P'$ (lámina 8.^a, figuras 6 y 7), RR , $R'R'$; PP , $P'P'$, RR , $R'R'$ (lámina 9.^a, figuras 1 y 2), véase en la *Geometría descriptiva con un solo plano de proyeccion y cotas numéricas*, el problema de dirigir por una recta cualquiera un plano tangente á una superficie dada.

** Los números comprendidos en los paréntesis son las *cotas* correspondientes á los puntos que se citan.

para los parapetos alturas que exceden del límite establecido, se verá si es posible, sin salir de dicho límite, situar las crestas interiores de las dos caras as , $a's$ (figura 7) en un plano tal como el $p''p''$, que corte tan solo á la superficie exterior en la parte de esta superficie comprendida en el ángulo $d'''su$, formado por las prolongaciones de las caras $a's$, as , pues en este caso se podrá completar la desfilada con solo rebajar convenientemente la superficie interior. Para ello deberá excavarse el terraplen segun dos planos de asiento artificial, correspondientes á otros dos de desfilada PP , $P'P'$, que pasando por las crestas interiores prolongadas $a'd'''$ ($3^m, 9.. 17^m, 5$), au ($5^m, 7.. 18^m, 5$), tocan en d'' ($17^m, 5$), d' ($16^m, 5$), á la parte $efghy$ $o'y'h'g'f'e'$ de superficie exterior que se eleva sobre el plano $p''p''$ de dichas crestas. Los dos planos de asiento artificial penetran en el terreno segun las líneas $cc'c''c'''...$, $bb'b''b'''...$ *, y se prolongan formando la excavacion $iaia'$ hasta cortarse en ii' .

§ 104. Cuando las partes mas dominantes de la

* Véase en la *Geometría descriptiva con un solo plano de proyeccion y cotas numéricas*, el modo de encontrar la interseccion de un plano con una superficie cualquiera. En la figura 7 están marcadas con líneas de puntos las horizontales que determinan las intersecciones $efghy$ $o'y'h'g'f'e'$, $cc'c''c'''...$ y $bb'b''b'''...$, así como todas las construcciones necesarias para fijar la posición del plano $P'P'$.

superficie exterior se extienden fuera del ángulo $e'se$ (lámina 9.^a, figura 1), y los planos que las dejan todas debajo de sí, dan para los parapetos alturas excesivas, en tal caso es indispensable elevar un través so y desenfilas separadamente cada una de las caras as , $a's$. Respecto á la as , el espacio interior se reduce de este modo al aos , y la parte correspondiente de espacio exterior es la comprendida en el ángulo eal formado por las prolongaciones de la cara as y de la gola $a'a$. Del mismo modo, los espacios interior y exterior pertenecientes á $a's$ son el $a'os$ y el comprendido en el ángulo $e'a'l'$. El plano de desenfilada correspondiente á cada cara debe establecerse de manera, que dejando debajo de sí los espacios respectivos, reduzca lo mas posible la altura del parapeto. En la figura los dos planos de desenfilada PP , $P'P'$ se apoyan en el punto o ($6^m, 5$), comun á las dos superficies interiores aos , $a'os$, y el primero PP toca á la exterior de la izquierda en d ($15^m, 5$) y el segundo $P'P'$ á la de la derecha en los dos puntos d' ($13^m, 5$), d'' ($14^m, 5$)^{*}. Estos planos darán en

* Véase en la *Geometría descriptiva*, anteriormente mencionada, el problema de dirigir por un punto dado un plano tangente á una superficie, bien sea tocándola en dos puntos, ó bien en uno solo, pero con la circunstancia de que dicho plano tenga, como el PP , una inclinación *mínima*.

el vértice s diferentes alturas para las dos caras as , $a's$, lo cual no ofrece inconveniente siempre que el través os llegue hasta dicho vértice, pero en caso contrario se elevará el extremo de la cresta interior que resulte mas baja hasta concurrir con la otra en s . Determinada ya la posición de las crestas interiores as ($7^m.. 9^m, 6$), $a's$ ($6^m, 7.. 9^m, 7$), por una recta ae ($7^m, 5.. 47^m$) paralela á la as ($7^m.. 9^m, 6$) y situada sobre ella á la distancia vertical de $0^m, 5$, se dirigirá un plano que deje debajo de sí á la parte de superficie exterior comprendida en el ángulo $ea'l$. En la figura este plano es el RR y toca á dicha superficie en el punto r ($14^m, 5$). Del mismo modo, por la recta $a'e'$ ($7^m, 2.. 48^m$), situada de igual manera respecto á la cresta $a's$ ($6^m, 7.. 9^m, 7$), se dirigirá otro plano que deje debajo de sí á la parte de superficie exterior comprendida en el ángulo $e'a'l$. En la figura este segundo plano es el $R'R'$ y toca en r' ($16^m, 5$) á dicha superficie. Los dos planos de desenfilada de revés RR , $R'R'$, cortarán al vertical que pasa por so segun dos rectas, y la cresta superior del través deberá confundirse con la mas elevada de ellas, ó dejarlas ambas debajo de sí, con lo cual se conseguirá que los defensores colocados en las banquetas de una y otra cara que-

den completamente á cubierto de los tiros de revés. Se lograría por lo comun disminuir la altura del través situándole en la interseccion de los planos RR , $R'R'$, pero como variando la parte de espacio interior correspondiente á cada cara, varían tambien los planos PP , $P'P'$, y de consiguiente los RR , $R'R'$, la situacion mas ventajosa para el través no puede determinarse de un modo directo, y será preciso recurrir á algunos ensayos, aunque por lo comun se prescinde de ellos y se le coloca segun la capital *s* o.

§ 105. Si el método que se acaba de exponer da para los parapetos alturas que exceden del límite conveniente, se verá si es posible, sin salir de dicho límite, situar las crestas interiores de las caras as , $a's$ (figura 2), con una inclinacion tal que sus prolongaciones no penetren en parte alguna del espacio exterior, pues en este caso se podrá completar la desenfilada excavando el terraplen, sin necesidad de construir mas que un solo través oo' . En la figura las dos crestas as ($6^m, 7.. 9^m, 5$), $a's$ ($6^m, 2.. 9^m, 5$), están dispuestos del modo indicado y se cortan además en s ($9^m, 5$), hallándose contenidas por lo tanto en un mismo plano $p''p''$. Las excavaciones del terraplen deberán hacerse segun dos planos de asiento artificial correspon-

dientes á otros dos de desenfilada $PP, P'P'$, que pasando por las crestas interiores prolongadas $ae(6^m, 7.. 17^m)$, $a'e'(6^m, 2.. 18^m)$, tocan en $d(15^m, 5)$, $d'(14^m, 5)$ á las partes de superficie exterior comprendidas en los ángulos $eal, e'a'l'$. Dichos planos de asiento artificial penetran en el terreno segun las líneas $ijk\alpha, i'j'k'x'$, y se prolongan formando las excavaciones $gjkco', g'j'k'c'o'$, hasta encontrar al través en $c'o'$. La altura de este se determina, como queda indicado, por medio de los planos de revés $RR, R'R'$, dirigidos por las rectas $ae(7^m, 2.. 17^m, 5)$, $a'e'(6^m, 7.. 18^m, 5)$, los cuales tocan en $r(15^m, 5)$, $r'(16^m, 5)$ á las partes de superficie exterior comprendidas en los ángulos $eal', e'a'l'$. La direccion de dicho través corresponde en la figura á la interseccion $o'o''(7^m, 6.. 15^m, 5)$ de estos planos $RR, R'R'$.

§ 106. Si la necesidad de evitar que las crestas interiores prolongadas penetren en el espacio exterior, exigiese parapetos de alturas excesivas, será necesario establecer nuevos traveses, tales como los $co, c'o'$ (figura 4), que dividan dichas crestas $as, a's$, y permitan dar mayor inclinacion á cada una de sus partes $sc, ca; s'c', c'a'$. La desenfilada del espacio interior se haria en este caso por *resaltos* ó *planos sucesivos*, combinando la po-

sicion y magnitud de los traveses so'' , lt' , co , $c'o'$, de modo que los tiros no interceptados por los primeros, lo fuesen por los siguientes. En muy raro caso será conveniente construir obras de fortificación de campaña en situaciones que exijan una disposición tan complicada.

§ 407. Una luneta $efs f'e'$ (figura 6) se desenfila de un modo análogo al que se ha indicado para los redientes, empleando al efecto un solo plano de desenfilada, que deje debajo de sí todo el espacio interior hasta la línea de gola ee' , ó dos planos diferentes, uno para la parte $efso$ y otro para la $e'f'so$. También podrá ser necesario desenfilear primero el espacio $ff's$, y establecer nuevos planos para los flancos fe , $f'e'$, lo cual exigirá un gran través en la dirección ff' , ó al menos dos más reducidos, situados en posiciones tales como las ft , $f't'$.

§ 408. Para desenfilear un frente abaluartado $sfe'e'f's'$ (figura 5) se emplea, si es posible, un solo plano que deje debajo de sí la superficie interior hasta la recta ll' , y con más frecuencia uno distinto para cada baluarte y otro para la cortina ee' . En muchos casos será indispensable construir traveses en dirección de las capitales sl , $s'l'$, y desenfilear separadamente cada semibaluarte.

§ 409. Las líneas continuas se desenfilan por frentes ó por caras, siguiendo los principios expuestos.

§ 410. Una obra cerrada, tal como el reducto $abcd$ (figura 7), se desenfilará sin necesidad de traveses, cuando sea posible situar sus crestas interiores en un plano que deje debajo de sí, tanto al espacio interior como á todo el exterior que rodea el atrincheramiento. Igual resultado se obtendrá colocando las crestas en diversos planos de desenfilada, siempre que cada uno de ellos cumpla con la condicion que se acaba de indicar. En todos los demás casos será necesario construir por lo menos un través, tal como el tt , y desenfilarse separadamente cada una de las partes acb , acd . El plano de desenfilada de las caras ab , cb se establecerá de modo que dejen debajo de sí el espacio interior proyectado en acb , y toda la parte del exterior no comprendida en el ángulo $a''bc'$, debiendo suceder lo mismo con el plano de las otras caras ad , cd , respecto de los espacios proyectados en acd y fuera del ángulo $a'dc''$. Suponiendo las crestas interiores ab , cb elevadas á $0^m,5$ sobre su verdadera posicion, si se dirigen por ellas dos planos de desenfilada de revés, que dejen debajo de sí á la parte de superficie exterior

comprendida en el ángulo $a''bc'$, estos dos planos cortarían al vertical que pasa por ac según dos rectas, y para que los defensores de las caras ab , cb quedasen á cubierto, bastaría elevar la cresta del través según dichas dos rectas hasta el punto en que estas se cortan. De igual manera se determinarían las dos líneas, hasta las cuales sería necesario elevar el través para cubrir á las otras caras ad , cd . La cresta del expresado través tt deberá dejar debajo de sí á dichas cuatro rectas, ó confundirse con las dos más elevadas hasta el punto de concurso de estas. Si procediendo del modo indicado resultasen para los parapetos alturas excesivas, y no se pudiera tampoco evitar este inconveniente excavando los terraplenes acb , acd , sería indispensable construir un nuevo través según $t't'$, y desenfilar separadamente las cuatro partes aob , boc , aod , doc . La situación más ventajosa de los traveses en un reducto cuadrado es por lo común la de las diagonales ac , bd , pero también pueden establecerse paralelamente á las caras, como el tt ó $t't'$ (figura 8), cuando los planos de desenfilada corten tan solo al espacio exterior en las partes no comprendidas en los ángulos $a'a''$, $b'bb''$, $c'cc''$ y $d'dd''$.

§ 441. Como es muy importante que haya ti-

radores en los puntos mas avanzados de las obras, no se extienden por lo general los traveses hasta los vértices de los ángulos salientes, sino que se interrumpen á alguna distancia de dichos vértices, lo cual deja á descubierto una extension mayor ó menor de los declives interiores. Para disminuir este inconveniente se puede disponer el través como aparece en la figura 9, dirigiendo la parte oo' perpendicularmente á la cara mas expuesta á los tiros de enfilada, y aun en caso de ser necesario, se podrá colocar un nuevo través en la direccion oo'' . Con igual objeto, suele aumentarse la altura del parapeto en la parte saliente, formando un bonete $be'b'$ (figura 10), cuyas crestas interiores deben elevarse cuando menos hasta los respectivos planos de revés de las caras as , $a''s$. La magnitud del bonete se determina por medio de las dos tangentes $ob'n$, obn' (figura 2), tiradas desde el extremo o del través á las intersecciones $mnht$, $m'n'h't'$ de la superficie exterior con el plano $p''p''$ en que se hallan las crestas interiores. Tambien se construyen bonetes en los ángulos salientes de las obras con el solo objeto de hacer mas difícil á la artillería enemiga el tiro de rebote á lo largo de las caras del atrincheramiento.

§ 112. Cuando se quiere establecer una comu-

nicacion como la uu' (figura 2), se interrumpe el través, cubriendo la abertura con otro mas pequeño qq' , cuya longitud se determina por medio de las tangentes $ut, u't'$. La figura 4 presenta en q una comunicacion en doble recodo, y la figura 3 un paso en galería cubierta, que es el medio que deberá preferirse cuando se disponga de materiales á propósito.

§ 443. Es muy conveniente para la buena defensa de una obra de fortificacion que por lo menos el terreno que se extienda hasta el alcance certero del fusil sea visto por los defensores. Si en cada una de las profundidades comprendidas dentro de dicha distancia se suponen todos los puntos situados á 0^m,5 sobre su verdadera posicion, y tanto á la superficie así formada, como á la del terreno interpuesto entre ella y el atrincheramiento, se las envuelve con otra reglada que las deje hácia distinto lado, bastará elevar hasta esta última la cresta interior del parapeto correspondiente, para que no haya en dicha profundidad sitio alguno donde un hombre pueda quedar á cubierto. A esta superficie reglada se la podrá sustituir con uno ó mas planos que le sean tangentes, ó al menos establecidos de modo que cumplan con las dos condiciones, de dejar encima de sí á todos los

puntos situados á 0^m,5 sobre la profundidad correspondiente, y de no cortar el terreno interpuesto entre ella y el parapeto. Si no fuese posible situar la respectiva cresta interior en uno de estos planos, convendrá por lo menos que se eleve sobre él una parte de dicha cresta, desde la cual se puedan dirigir algunos tiros hácia los parajes indicados.

Los planos de desenfilada y los establecidos con objeto de descubrir el terreno inmediato al atrincheramiento, darán para la posición de cada cresta interior dos rectas diferentes, y dicha cresta deberá confundirse con la mas elevada de ellas, ó dejarlas ambas debajo de sí.

CAPITULO VII.

DEL MODO DE TRAZAR LOS ATRINCHERAMIENTOS QUE HAN
DE CONSTRUIRSE EN TERRENO DESIGUAL.

§ 114. Los atrincheramientos que convenga establecer en terreno desigual deben sujetarse á los límites anteriormente fijados tanto para la abertura de los ángulos entrantes y salientes, como respecto á la magnitud de las caras que hayan de flanquearse. La forma de las obras se modifica, sin embargo, notablemente, perdiendo su regularidad para adaptarse á la configuración del terreno. La disposición preferible en cada caso particular será la que facilite mas la desenfilada y permita descubrir mejor el terreno inmediato. Para esto convendrá en general que las obras se alejen lo mas posible de las alturas dominantes, acercándose, por el contrario, á las profundidades que puedan cubrir al enemigo.

§ 113. Respecto á lo primero, siendo el terreno en que se haya de construir una línea de fortificaciones sensiblemente plano y dominado por una sola altura, y estando ya determinado uno de los puntos por donde ha de pasar el atrincheramiento, la direccion mas ventajosa de la línea de obras corresponde á la perpendicular levantada en dicho punto á la recta que va desde él á la altura dominante. Otra direccion cualquiera pasaría á menor distancia de esta altura, bien fuese por uno ó bien por otro de sus lados, y exigiendo mayor inclinacion en el plano general de desenfilada, obligaría á aumentar el relieve.

Quando, con las circunstancias anteriores, y dado tambien un punto de partida, son dos las alturas que dominan la posicion, convendrá que la línea de atrincheramientos, suponiéndola contenida en un plano 2^o,5 mas elevado que el del terreno en que hayan de establecerse las obras, vaya á pasar por la interseccion con dicho plano de la recta que une los dos puntos dominantes de las referidas alturas. Cualquiera otra direccion de la línea de fortificaciones se acercaría necesariamente mas, á uno ú otro de estos puntos dominantes, y exigiria por lo mismo un plano general de desenfilada de mayor inclinacion que el deter-

minado por las dos rectas que se cortan en la interseccion indicada *. En el caso de que el plano del terreno fuese paralelo á la recta que une los dos puntos dominantes, deberá ser tambien paralela á esta recta la línea de las obras. Cuando son varias las alturas bastará considerar tan solo las dos de mayor dominacion.

Las indicaciones que preceden deben tenerse presentes tanto para la disposicion general de los atrincheramientos como para la particular de sus diferentes caras, y aplicándolas á las diversas partes sensiblemente planas en que puede considerarse dividido el terreno donde hayan de establecerse las fortificaciones, se logrará facilitar notablemente la desenfilada. De dichas indicaciones se deduce que los atrincheramientos deben avanzar en las partes salientes y elevadas del terreno, y retirarse en las entrantes, siendo esto último indispensable cuando la línea de obras atraviesa un valle profundo.

§ 446. La disposicion mas favorable para defender una superficie inclinada sensiblemente plana corresponde á la interseccion de esta superficie, suficientemente prolongada, con otra que

* Una sencilla construccion gráfica hará ver con toda claridad lo que se indica en este §.

tenga todos sus puntos elevados 2^m,5 sobre los correspondientes del terreno en que hayan de establecerse las fortificaciones, pues de este modo, sin necesidad de aumentar el relieve, resultará defendida dicha superficie por disparos rasantes. La consideracion que precede es aplicable á cada una de las superficies diversamente inclinadas inmediatas al atrincheramiento, y deberá tenerse presente en la disposicion particular de las diferentes caras. Un terreno muy inclinado no puede ser ventajosamente defendido desde su extremidad superior, en particular con artilleria, cuyos tiros no admiten una gran depresion. Las obras que hayan de defender un terreno de esta clase deberán estar situadas lateralmente, y si esto no fuese posible, convendrá retirar las fortificaciones, estableciéndolas á bastante distancia de dicha extremidad superior, á fin de que el enemigo que marche al ataque se halle expuesto durante algun tiempo á los disparos de los defensores.

Como la disposicion mas ventajosa para descubrir el terreno inmediato al atrincheramiento no es por lo comun la mas favorable á la desenfilada, deberá adoptarse una intermedia, que cumpliendo lo mejor posible con las diversas condiciones que exige una buena defensa, no dé, sin embargo,

para los parapetos alturas excesivas. Cuando no se puede evitar que una línea de fortificaciones resulte desventajosamente situada, bien sea respecto de una altura dominante ó de una profundidad inmediata, convendrá ocupar dicha altura ó descubrir la profundidad, construyendo al efecto una *obra avanzada*.

§ 117. Conocida la posición de las crestas interiores as , $a's$ (figura 9) de un atrincheramiento que haya de elevarse en terreno desigual, es ya fácil determinar la situación de las diversas partes del parapeto. Las banquetas cg'' , $c'g''$, se establecen por lo comun paralelamente al plano ó planos de desenfilada, y á $1^m,3$ de distancia vertical. Sus intersecciones cc'' , $c'c''$ con los planos mm , nn dirigidos por as , $a's$, con la inclinación de $\frac{3}{4}$, limitan los declives interiores ac'' , $a'c''$, y las paralelas gg'' , $g'g''$, tiradas á una distancia de $1^m,2$ ó $0^m,7$, determinan la latitud de dichas banquetas. Los declives superiores ar , $a'r'$ se disponen segun dos planos $s's'$, $s''s''$, dirigidos por as , $a's$, con la inclinación conveniente, y sus intersecciones con otros planos verticales paralelos á las rectas as , $a's$, y separados de ellas á una distancia igual al espesor que haya de tener el parapeto, determinan las posiciones de las crestas exteriores er , $e'r'$. Haciendo

pasar por cada una de estas líneas, así como por las gg'' , $g'g''$, planos $f'f''$ $f''f''$; $h'h'$, $h''h''$, debidamente inclinados y que se prolonguen hasta el terreno, quedarán determinados los declives exteriores ef , $e'f$, y los gh , $g'h$ de las banquetas. Si la extension de estos últimos es considerable, convendrá reducirla disponiendo la subida en forma de gradas. Cuando se da á los declives ar , $a'r'$ la misma inclinacion, teniéndola diferente las crestas interiores as , $a's$, las exteriores er , $e'r'$ prolongadas, no concurren, y por lo tanto es necesario terminar el parapeto en sj por un plano pp , cuyas intersecciones sr , $s'r'$, rj , $r'j$, con los declives superiores y exteriores son fáciles de construir. Para los ángulos entrantes del atrincheramiento será tambien necesario adoptar una disposicion análoga.

En las obras de corta extension se prefiere disponer el parapeto de manera que todas las líneas principales de sus diversas caras vengan á concurrir en las bisectrices de los ángulos entrantes y salientes. Para ello se dirige un plano vertical tt (figura 10), perpendicular á la proyeccion de la cresta interior $a's$, y suponiendo construido en él un perfil dispuesto del mismo modo que si la expresada cresta interior fuese una horizontal cor-

respondiente al punto n , se tiran por los respectivos vértices g, c, e de dicho perfil, rectas gg', cc', ee' , paralelas á la $a''s$, y por los puntos g', c', e' , en que estas líneas encuentran al plano vertical de la capital $f'h'$ se dirigen otras rectas $g'g''', c'c''', e'e'''$, paralelas á la cresta interior sa , quedando así limitadas las banquetas $c'g'', g'c'''$, los declives interiores sc'', sc''' , y los superiores se'', se''' . El exterior $e'f''$ de la cara sa'' se establece haciendo pasar un plano por la línea inclinada ef del perfil, y por la ee' , ejecutando lo mismo respecto al $g'h''$, por las rectas gh y gg' . Los declives $e'f''', g'h'''$ de la otra cara sa se dirigen por las líneas $e'e''', g'g'''$, y por las intersecciones $e'f', g'h'$ de los $f'e', h'g'$ con el plano vertical de la capital $f'h'$. Del mismo modo se continuaria disponiendo las demás caras que tuviese la obra, ya formasen estas ángulos salientes ó entrantes. Siguiendo el método que se acaba de indicar, los declives van variando de inclinacion en cada cara del atrincheramiento, y á fin de tener seguridad de que esta inclinacion no llegará á exceder de los límites establecidos, convendrá que el perfil hf , de donde parte toda la construccion, corresponda á la cresta interior mas inclinada. En las indicaciones que preceden se ha prescindido del bonete $be'b'$, cuyas diversas líneas

se determinarian de una manera análoga á la que queda expuesta, partiendo de un nuevo perfil correspondiente á una línea tal como la *rr*.

Aun cuando el terreno sea desigual, se acostumbra excavarle lo necesario para que las bermas resulten planas y de latitud constante. La excavacion del foso deberá tambien conservar lo mas posible la forma prismática, y su magnitud será la suficiente para que las tierras extraidas basten para construir el parapeto. Si el borde de la contraescarpa queda á mas de 0^m,5 de distancia vertical de la prolongacion del declive superior, se elevará un glácis cuya parte exterior pueda ser defendida por los tiradores situados en las banquetas.

Los traveses que se construyen en las obras desenfiladas tienen un perfil análogo al que aparece en la figura 12 (lámina 4.^a); pero en ciertas posiciones, tales como la *tt'* (lámina 9.^a, figura 4), podrá ser conveniente darles la forma de parapetos. Determinada la situacion de la cresta *to o'* (figura 9) de un través, sus diversas líneas se establecen con arreglo al espesor que haya de tener y á la inclinacion de sus declives. Las intersecciones de estos con los diferentes planos del parapeto son fáciles de hallar en la figura por medio de las respectivas escalas de pendiente. Las tierras

necesarias para formar los traveses se sacan de las excavaciones hechas en el terraplen ó del foso general de la obra, y tambien se suelen abrir otros de reducidas dimensiones al pié de los declives laterales de dichos traveses, con objeto de que vayan á caer y reventar en su fondo los proyectiles huecos del enemigo.



CAPÍTULO VIII.

DEL MODO DE CALCULAR LAS DIMENSIONES DE LOS FOSOS.

§ 118. Se ha indicado ya que los fosos de los atrincheramientos deben satisfacer á la condicion de proporcionar tierras suficientes para formar los parapetos. Con el tiempo y los medios de construccion de que se dispone ordinariamente en campaña, no es posible que un parapeto resulte tan compacto como el terreno mismo, y por lo tanto, deberá contarse con que las tierras, aun despues de apisonadas, presentarán un volúmen mayor del que ocupaban en el foso. Este aumento de volúmen está con la capacidad de la excavacion correspondiente, en una relacion que varia segun la calidad de las tierras, siendo de 4½: 8 para las muy consistentes, de 4 : 10 para las ordinarias, y casi nula para las areniscas. Dicha relacion debe determinarse por experiencia en cada caso particular, y uno de los

medios mas sencillos de conseguirlo consiste en abrir en el mismo terreno donde haya de establecerse la obra una excavacion $aceb$ (lámina 40, figura 5) de paredes verticales y fondo horizontal, volviendo á introducir y apisonar en ella, del mismo modo que se haria en el parapeto, toda la tierra que haya provenido de una parte de dicha excavacion, tal como la $occp$, comprendida entre dos planos horizontales. Despues de nivelar la superficie superior mn , la relacion buscada será la que tengan entre sí las alturas mo y oc .

§ 449. Cuando todas las caras de la obra son de tal forma que el parapeto se pueda considerar engendrado por el movimiento de un perfil vertical constante $abcdef$ (figura 3), si se designa por A el área de este perfil, por G la proyeccion horizontal $abcdefg$ (figura 4) del camino recorrido por su *centro de gravedad* C (figura 3), y por V el volúmen del parapeto, se verificará :

$$(S) \quad V = AG.$$

Representando por v la distancia sC (figura 3) ó sc' (figura 4) á que se halla dicho centro de gravedad C de la vertical dn (figura 3) correspondiente á la cresta interior, por M la proyeccion horizontal $a'zs's'z''a''$ (figura 4) de esta cresta,

por λ' , λ'' ... los ángulos salientes $z s z'$, $z' s' z''$..., y por ω' , ω'' ... los entrantes $a' z s$, $s z' s'$..., será :

$$(T) \quad G = M + 2v \left(\cot. \frac{1}{3} \lambda' + \cot. \frac{1}{3} \lambda'' + \dots - (\cot. \frac{1}{3} \omega' + \cot. \frac{1}{3} \omega'' + \dots) \right)$$

Esta expresion deberá sustituirse por G en la fórmula (S) para obtener la que corresponde al volúmen V del parapeto. La figura 4 representa parte de un fuerte atenazado de ocho puntas, cuyo frente $s s'$ es de 70^m , los ángulos salientes de 60° y los entrantes de 105° , hallándose construido segun el perfil $abcdef$ (figura 3), en el cual $dn = 2^m, 5$; $ne' = 3^m$; $ee' = e'f = 2^m$; $db' = 4^m, 3$; $cb' = 0^m, 4$; $bc = 4^m, 2$; y $an = 4^m$. Con estos datos, y considerando para mayor sencillez una sola de las 16 caras iguales que componen el fuerte, resulta en ella : $M = 44^m, 42$; $A = 12^m, 37$; $v = 0^m, 975$; $G = 45^m, 06$; y por último $V = 557^m, 363$.

En los atrincheramientos que se extienden en línea recta, ó en las tenazas y llares $s e s'$, $s' e' e''$ (lámina 4.^a, figuras 6, 7, 8, 9, 13 y 14), que se desarrollan sobre un frente recto $s s''$, es nulo el factor que multiplica á $2v$ en la fórmula (T), y de consiguiente la (S) se convierte en :

$$(U) \quad V = AM.$$

Esta expresion podrá emplearse tambien, como bastante aproximada, en las demás líneas cuyos ángulos salientes no difieran mucho de los entrantes. El volúmen de la cara $z's$ (lámina 10, figura 1), calculado de este modo, resultaria menor que el verdadero, siendo la diferencia de $14^{\text{m.c.}},6$.

§ 120. Cuando los perfiles varian de magnitud en los diferentes puntos del atrincheramiento, pero el terreno en que se ha de elevar cada una de las caras presenta una superficie plana, bastará suponer dirigidos planos verticales segun las líneas uv , se' , nf , cg (figura 2) y las diagonales uk , sv , ne' , cf , bg , resultando así dividido el parapeto en tetraedros juk , bgd , y prismas triangulares truncados kvu , usv , $ve's$, sne' , $e'fn$, ncf , fgc , cbg , cuyo volúmen será fácil de calcular. Esta division en prismas triangulares terminados lateralmente por planos verticales, es tambien aplicable cuando la superficie del terreno sobre que se ha de construir el parapeto sea curva é irregular; pero en tal caso cada uno de dichos prismas no comprenderá toda la longitud de la cara, sino una pequeña parte de ella, y su número deberá ser tanto mas crecido cuanta mayor exactitud se desee obtener. Tambien puede emplearse con igual objeto la fórmula aproximada de *cuadraturas* :

$$(V) \quad v = \frac{e}{3} (A_1 + 4(A_2 + A_4 + \dots + A_{2n}) + 2(A_3 + A_5 + \dots + A_{2n-1}) + A_{2n+1})$$

En esta expresion $A_1, A_2, A_3 \dots A_{2n+1}$ representan las áreas de un número impar $2n+1$ de secciones planas paralelas y equidistantes, expresando e esta equidistancia, y V el volúmen total comprendido entre las dos secciones extremas. La falta de tiempo obliga con frecuencia á no considerar mas que tres secciones en cada cara, y aun para mayor brevedad se suelen calcular tan solo las áreas de los dos perfiles $t't', t''t''$, (figura 2) correspondientes á los extremos e, s de la cresta interior, multiplicando en seguida su semisuma por la longitud de la proyeccion es de dicha cresta.

Los métodos que preceden se aplican igualmente á la determinacion de los volúmenes de los traveses, plataformas y demás construcciones de tierra que convenga elevar en el interior de las obras.

§ 124. Conocido el volúmen de las diversas partes del atrincheramiento que deben construirse con las tierras extraidas del foso, las dimensiones de este se podrán determinar rigurosamente siempre que la forma que haya de tener permita suponerle engendrado por el movimiento de un perfil constante, como sucede en las figuras 1 y 2.

Representando por V el volúmen del parapeto y demás construcciones, por $1:a'$ la relacion correspondiente al aumento de volúmen de las tierras*, por ω la latitud superior gj (figuras 3 y 4) del foso, por y su profundidad gp , por i/y la inclinacion de la escarpa gh , por i'/y' la de la contra-escarpa ij , y por G' la longitud de la proyeccion horizontal $opq'q'q''r'u'u''v\omega\dots$ (figura 1), ú $opq'q'q''r\omega\dots$ (figura 2) del camino recorrido por el centro de gravedad C' (figuras 3 y 4) del trapecio $ghij$, será :

$$(X) \quad V = \frac{a'+1}{a'} \left(xy - \frac{i'+i''}{2} y^2 \right) G'.$$

La longitud de la línea $hijklmn\dots$ (figura 1), ó $hijkl\dots$ (figura 2), interseccion de la berma con el declive exterior, y los diversos ángulos hij , ijk , $jkl\dots$, se podrán determinar cualquiera que sea la forma del parapeto. Designando por P dicha línea $hijkl\dots$, por u la distancia $s'C'$ (figuras 3 y 4) entre el centro de gravedad C' del trapecio $ghij$ y la vertical $y'y'$ correspondiente al pié f de dicho declive exterior, por $\omega_1, \omega_2\dots$ los ángulos hij , $jkl\dots$ (figuras 1 y 2), y por $\alpha', \alpha''\dots$ las longitudes desarrolladas de los arcos de radio igual á la uni-

* Véase el § 118.

dad, pertenecientes á los ángulos $q'j'q''$, $u'l'u''$..., suplementos de los ijk , klm ..., se verificará :

$$(Z) \quad G' = P + u \left(\alpha' + \alpha'' + \dots - 2(\cot. \frac{1}{2} \omega_1 + \cot. \frac{1}{2} \omega_2 + \dots) \right)$$

Tirada la recta jh (figuras 3 y 4), y designando por b la latitud fg de la berma, si se determinan las expresiones correspondientes tanto á las áreas de los triángulos ghj , jhi , como á las distancias $r'c'$, $r''c''$ de sus centros de gravedad c' , c'' á la vertical $y'y'$, la ecuacion de momentos respecto de dicha línea $y'y'$, será :

$$(A) \quad \left(xy - \frac{i' + i''}{2} y^2 \right) u = \frac{1}{2} xy \left(b + \frac{1}{3} x + \frac{i'}{5} y \right) + \\ \left(\frac{1}{2} xy - \frac{i' + i''}{2} y^2 \right) \left(b + \frac{2}{3} x + \frac{i' - i''}{5} y \right).$$

Y de consiguiente :

$$(B') \quad u = \frac{x^2 + 2bx - i''xy - b(i' + i'')y - \frac{1}{3}(i'^2 - i''^2)y^2}{2x - (i' + i'')y}.$$

Representando, en la fórmula (Z), por una sola letra t todo el factor que multiplica á u , cuyos diversos términos pueden conocerse fácilmente, y combinando las tres expresiones (X), (Z), (B'), resulta por último :

$$(C') \quad x^2y + 2\left(\frac{P}{t} + b\right)xy - i''xy^2 - \left(\frac{P}{t} + b\right)(i' + i'')y^2 - \frac{1}{2}(i'^2 - i''^2)y^3 = \frac{2a'V}{(a' + 1)t}.$$

Dada en esta fórmula una de las dimensiones y ó x del perfil $ghij$, se puede hallar el valor de la otra. Si la profundidad del foso es conocida, su latitud superior se obtiene resolviendo la ecuación de segundo grado que resulta, cuyo radical deberá tomarse con el signo positivo * :

Considerando solo la cara $z's$ (figura 4) del fuerte atenazado, en la cual $V=557^{m.c}, 363$; $P=48^m, 94$, $t=0,28$; y siendo $b=0^m, 5$; $\frac{1}{i'}=\frac{5}{2}$; $\frac{1}{i''}=\frac{2}{1}$; y $\frac{1}{a'}=0,4$; la fórmula (C') da :

$$x^2y + 550,57xy - 0,5xy^2 - 204,5y^2 - 0,064y^3 = 5619,24.$$

Si en esta ecuación se hace $y=3^m$, resulta $x=5^m, 44$. Como comprobación pueden hallarse los valores correspondientes de u , de G' , del área del perfil $ghij$ (figura 3), y del volumen del foso de la cara, los cuales son respectivamente de $3^m, 473$; $49^m, 83$; $40^{m.s}, 17$; y $506^{m.c}, 7$. Este último, aumentado en una décima parte, resulta en efecto igual al de V .

* Véase la nota del § 77.

§ 422. La disposición de los ángulos entrantes y salientes de una línea de fortificaciones puede ser tal, que en la fórmula (Z) se anule el factor que multiplica á u , en cuyo caso la expresion (X) se transforma en :

$$(D') \quad xy - \frac{i' + i''}{2} y^2 = \frac{\alpha' V}{(\alpha' + 1)P}.$$

A fin de evitar los cálculos que exige la fórmula (C') se puede tomar la (D') como suficientemente aproximada, aun cuando no se verifique la condicion de anularse el factor t , pues el error cometido no será por lo comun muy considerable, en particular si se tiene cuidado de variar algun tanto el valor de P , segun el que se calcule aproximadamente podrá resultar para el producto ut .

Despejando á y en dicha fórmula (D') se obtiene :

$$(E') \quad y = \frac{1}{i' + i''} \left(x - \sqrt{x^2 - \frac{2\alpha'(i' + i'')V}{(\alpha' + 1)P}} \right).$$

Esta expresion de y tendrá su valor máximo cuando sean iguales los dos términos que se hallan debajo del radical, en cuyo caso el perfil del foso resulta triangular. Segun se indicó anteriormente, la profundidad y ha de ser cuando menos de 2^m .

Despejando á x en la misma ecuacion (D'), se halla :

$$(F') \quad x = \frac{a'V}{(a'+1)yP} + \frac{i'+i''}{2}y.$$

Esta fórmula es la de mas frecuente aplicacion, pues en las obras de campaña las circunstancias locales y los cortos medios de que se dispone para la extraccion de las tierras fijan casi siempre la profundidad del foso. La latitud superior x debe ser cuando menos de 4^m, á fin de que un hombre no pueda saltarla fácilmente.

Aplicando la fórmula (F') al foso de la cara $z's$ (figura 1), y suponiendo como anteriormente $y=3^m$, resulta $x=5,2$. El volúmen del foso que corresponde á este valor de x es de 515^{m.c}, 8, excediendo tan solo en 9^{m.c}, 1 al que se determinó empleando la fórmula (C').

§ 123. Con objeto de facilitar la construccion de los atrincheramientos, evitando trasportar tierras á mucha distancia, se procura que las extraidas del foso de cada cara basten para formar el parapeto de la misma cara, lo cual puede ser causa de que el perfil de la excavacion varie en las diversas partes de la obra. Por lo comun se hace que la profundidad permanezca constante, y que

las variaciones de latitud correspondan á los ángulos entrantes y salientes. En los primeros las contraescarpas se prolongan hasta cortarse segun hc (figura 6), y en los segundos se dirigen desde i las perpendiculares im ó in' , y el eje vertical de la parte redondeada nm ó $n'm'$ debe corresponder á uno de los puntos o ú o' , en que dichas perpendiculares im ó in' cortan á la bisectriz ro' del ángulo hrp . Prescindiendo de estas modificaciones, la latitud correspondiente al foso de cada una de las diversas caras se obtendrá con suficiente aproximacion por medio de la fórmula (F').

§ 124. Si la obra que se trata de construir ha de estar precedida de un glácis dispuesto de modo que se le pueda considerar engendrado por el movimiento de un perfil vertical constante, el aumento de latitud que debe darse al foso se calculará de una manera análoga á la que queda indicada. Representando por z la altura lm (figura 3) de este glácis, por $\frac{1}{i_1}$ la inclinacion de su declive interior lj' , por $\frac{1}{i_2}$ la del exterior lk , por y la profundidad jq del foso, por x' dicho aumento de latitud jj' , y por g, g' las longitudes respectivas de las proyecciones $k'k'$ kk' ... (figura 4), $i'i'i'i'$... de los caminos recorridos por los centros de gravedad o, o' (figura 3) del triángulo $j'lk$ y del paralelógramo $ji'i'j'$, se verificará :

$$(G') \quad \frac{i_1+i_2}{2} z^2 g = \frac{a'+1}{a'} y x' g'.$$

Tambien se podrian determinar como anteriormente las expresiones correspondientes á g y g' , las cuales sustituidas en la (G'), permitirian determinar rigurosamente x' ó z , segun se diese conocida una ú otra. Siendo en el glácis de la cara z' s (figura 1), $\frac{1}{i_1} = \frac{1}{4}$; $\frac{1}{i_2} = \frac{1}{6}$; y $z = 0^m, 57$, resultaria de este modo $x' = 0^m, 35$. Por lo comun bastará suponer $g = g'$, en cuyo caso la fórmula (G') se reduce á :

$$(H') \quad x' = \frac{a'(i_1+i_2)}{2(a'+1)} z^2.$$

Empleando esta expresion aproximada, y con los mismos datos que anteriormente (figuras 1 y 3), se halla $x' = 0^m, 34$.

Ocurre con frecuencia que, en vez de fijar previamente la altura del glácis, se le quiere situar de modo que su declive exterior sea prolongacion del superior *de* (figura 3) del parapeto, ó se ajuste á otro plano cualquiera. Como en este caso la distancia jk será conocida, designándola por b' y conservando las anotaciones anteriores, se verificará :

$$(J') \quad x' = b' - (i_1 + i_2) z.$$

Combinando esta ecuacion con la (H'), se obtiene :

$$(K') \quad z = \frac{(a'+1)y}{a'} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2a'b'}{(a'+1)(i_1+i_2)y}} \right).$$

La expresion que antecede sirve para hallar la altura lm , conocida la cual, es fácil deducir la longitud correspondiente de jj' . En vez de esta fórmula aproximada (K'), podria encontrarse la verdadera combinando las expresiones (J'), (G'), despues de haber determinado las correspondientes á g, g' , pero esta exactitud no será casi nunca necesaria. En la figura 3 el declive exterior lk está dispuesto de modo que resulte en prolongacion del superior de .

§ 425. Cuando el glácis deba formarse con las tierras extraidas de un antefoso cuyo perfil constante sea tal como el klj' (figura 7), las dimensiones de la excavacion podrán obtenerse aun con mas facilidad. Representando por V' el volúmen del glácis, por y' la profundidad $m'l'$ del antefoso, por i_1, i_2 las inclinaciones de sus declives $kl', j'l'$, y por g'' la longitud, en proyeccion horizontal, del camino recorrido por su centro de gravedad o , será :

$$(L') \quad V' = \frac{a'+1}{2a'} (i_1+i_2) y'^2 g''.$$

Por un método análogo al que queda indicado se podría determinar g'' , pero casi siempre bastará tomar como equivalente una longitud aproximada, tal como la de la línea que corresponde en proyeccion horizontal al pié k del declive exterior del glácis. Designando por P' esta longitud, la expresion (L') da :

$$(M') \quad y' = \sqrt{\frac{2a'V'}{(a'+1)(i_1+i_2)P'}}$$

Esta ecuacion sirve para determinar la profundidad $m'l'$, de la cual se deduce fácilmente la latitud superior kj' .

§ 426. Las fórmulas que preceden se han hallado en el supuesto de que la totalidad de los fosos ó antefosos estuviesen engendrados por un perfil constante, pero en algunos casos podrán ser aplicables dichas fórmulas aun cuando no se verifique la expresada condicion. Así sucede en un frente abaluartado dispuesto segun aparece en la figura 19 (lámina 5.^a), pues suponiendo prolongadas las escarpas de las caras de los baluartes hasta que se corten, la excavacion quedará dividida en dos partes, una limitada lateralmente por los dos flancos, y cuyo volúmen será conocido siéndolo su profundidad, y otra de perfil constan-

te, dispuesta del mismo modo que el foso de una tenaza. Si la latitud superior correspondiente á esta segunda parte resultase demasiado reducida, seria indispensable aumentarla estableciendo un gláciis de las dimensiones necesarias.

§ 127. Cuando la superficie del terreno en que haya de abrirse el foso sea curva é irregular, se deberán atribuir valores arbitrarios á las dimensiones de la excavacion, y el cálculo de su volúmen, hecho con arreglo á la fórmula (V), ó siguiendo otro cualquiera de los métodos expuestos, dará á conocer el error cometido, el cual se podrá disminuir cuanto se quiera, haciendo nuevas suposiciones. Del mismo modo se procederá respecto á la excavacion necesaria para formar el gláciis. Aun en estos casos los valores de y ó x , x' ó z , deducidos de las expresiones (E'), (F'), (H'), (K'), podrán ser útiles para disminuir el número de tanteos, haciendo que las primeras suposiciones no sean enteramente arbitrarias, y no den, por consiguiente, errores demasiado grandes.

Conviene observar, por último, que las pequeñas inexactitudes que se cometan en la determinacion aproximativa de los volúmenes de los parapetos y fosos, se podrán remediar con facilidad al tiempo de construir la obra, aumentando lige-

ramente la latitud ó la profundidad de la excavacion en caso de que falten tierras, y empleando, por el contrario, las que resulten sobrantes en formar un pequeño glácis ó en dar mayores dimensiones al que deba establecerse delante de la contraescarpa.

ESTADO NUM. 1.

**PENETRACION DE LOS PROYECTILES ESFÉRICOS EN TIERRA YA SENTADA
 COMPUESTA DE PARTES IGUALES DE ARENA Y ARCILLA.**

Balas Cargas		Penetraciones á las distancias de									
de á	en kgs.	25 ^m .	50 ^m .	100 ^m .	200 ^m .	300 ^m .	400 ^m .	600 ^m .	800 ^m .	1000 ^m	
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
24...	6,00	2,75	2,67	2,52	2,51	2,44	2,02	1,84	1,68	1,54	
	4,00	2,53	2,48	2,55	2,18	2,06	1,96	1,78	1,62	1,48	
	5,00	2,55	2,29	2,20	2,07	1,97	1,88	1,71	1,57	1,45	
	2,00	2,12	2,09	2,05	1,92	1,85	1,73	1,59	1,45	1,53	
	1,50	1,94	1,90	1,84	1,75	1,67	1,60	1,46	1,52	1,20	
16...	4,00	2,40	2,51	2,18	1,97	1,85	1,72	1,56	1,42	1,28	
	2,67	2,20	2,12	2,02	1,87	1,76	1,67	1,52	1,58	1,25	
	2,00	2,05	1,99	1,91	1,77	1,69	1,61	1,47	1,55	1,20	
	1,55	1,85	1,80	1,75	1,65	1,57	1,50	1,56	1,24	1,15	
	1,00	1,69	1,66	1,62	1,54	1,47	1,40	1,28	1,16	1,05	
12...	2,00	1,65	1,61	1,52	1,59	1,29	1,22	1,09	0,98	0,89	
	1,50	1,54	1,50	1,42	1,52	1,24	1,17	1,05	0,95	0,86	
	1,00	1,59	1,56	1,29	1,22	1,13	1,09	0,98	0,89	0,82	
	0,75	1,27	1,24	1,20	1,15	1,06	1,01	0,92	0,84	0,78	
	S.....	1,25	1,45	1,59	1,52	1,19	1,10	1,02	0,90	0,81	0,75
Granadas											
de á	2,00	1,25	1,20	1,15	1,06	0,98	0,90	0,77	0,66	0,59	
9.....	1,50	1,09	1,06	1,02	0,94	0,86	0,79	0,69	0,61	0,55	
	1,00	0,88	0,86	0,82	0,75	0,70	0,63	0,58	0,53	0,49	
	0,50	0,58	0,57	0,53	0,55	0,51	0,49	0,45	0,42	0,40	
	1,50	1,54	1,50	1,24	1,14	1,04	0,95	0,78	0,64	0,56	
7.....	1,00	1,15	1,12	1,08	0,98	0,89	0,81	0,67	0,57	0,50	
	0,75	1,01	0,98	0,94	0,85	0,78	0,71	0,60	0,52	0,46	
	6 $\frac{f}{2}$	1,00	1,15	1,09	1,04	0,95	0,85	0,74	0,59	0,48	0,41
5.....	0,50	0,85	0,82	0,78	0,70	0,63	0,57	0,46	0,59	0,54	
	0,27	0,69	0,67	0,65	0,55	0,49	0,44	0,57	0,51	0,26	
Bala de fusil.	0,04	0,29	0,27	0,22	0,15	0,11	0,08	0,04			

Las penetraciones en otras clases de tierra se obtienen multiplicando las de esta tabla por

0,65 para una mezcla de arena y piedra menuda,

0,87 para una mezcla de tierra arena y piedra menuda.

1,44 para la arcilla húmeda.

1,50 para la tierra ligera.

En general, la arena y las tierras areniscas ó con mezcla de piedra menuda, se dejan penetrar ménos por los proyectiles que las tierras fuertes, arcillosas, húmedas ó susceptibles de impregnarse de agua.

ESTADO NUM. 2.

PIEZAS DE MADERA QUE SE EMPLEAN EN LA CONSTRUCCION DE UNA
EXPLANADA ORDINARIA.

	Largo.	Ancho.	Grueso.	Peso medio.
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>k</u>
1 Batiante.....	2,600	0,220	0,220	108
5 Durmientes.....	4,550	0,140	0,140	229
14 Tablones.....	5,250	0,525	0,055	685
5 Píquetes.....	1,000	0,090	0,090	35

ESTADO NUM. 5.

LONGITUD RELATIVA DE LA MAGISTRAL EN LAS DIVERSAS CLASES DE LÍNEAS.

		Relacion entre una cara y el frente.	Relacion entre un flanco y el frente.	Relacion entre la cornisa y el frente.	Relacion entre toda la magistral y el frente.
Líneas de tenazas... {	Lám. 4. ^a , figura 7.	$\frac{1}{3}$ 0,6008	»	»	1,2016
	» figuras 6 y 9.	$\frac{1}{2}$ 0,7071	»	»	1,4142
Líneas de flares..... {	» figura 14.	» 0,9849	0,1738	»	1,1587
	» figura 15.	» 0,9191	0,5940	»	1,5131
Líneas de rientes {	Lám. 5. ^a , fig. 5(s e'' e''s').	» 0,1761	»	0,8259	1,1761
	»	» 0,5555	»	0,6666	1,5555
Líneas de baluartes {	» figuras 8 y 9.	$\frac{1}{6}$ 0,5555	0,1162	0,2940	1,1950
	»	$\frac{1}{6}$ 0,2837	0,4448	0,5665	1,2275
Líneas con intervalos {	Lám. 7. ^a , figura 2.	» 0,1429	»	»	0,5716
	» figuras 3 y 4.	» 0,1429	0,0714	»	1,1429

ESTADO NUM. 4.

**VALORES RELATIVOS DE LAS DIVERSAS PARTES DE UN FRENTE
ADALUARTADO.**

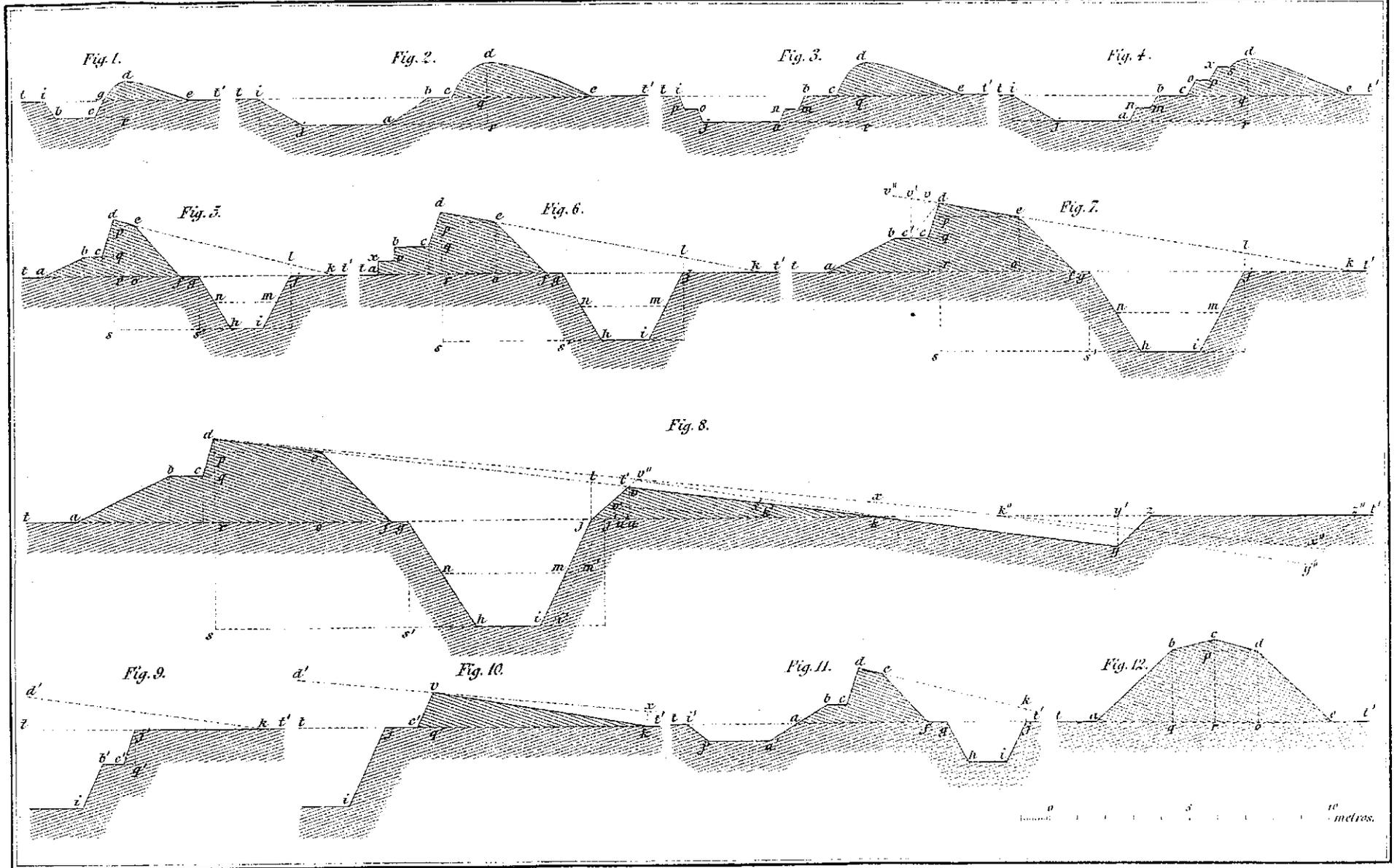
Valor de θ' , ó relacion entre la línea de de- fensa y el frente.....	Valor de p' , ó relacion entre la perpendicu- lar y el frente.....	Valor de c' , ó relacion entre la cara y el frente.....	Valor de p'' , ó relacion entre el flanco y el frente.....	Valor de G' , ó relacion entre la corcha y el frente.....	Valor de θ'' , ó relacion entre la línea de de- fensa y el frente.....
14°..02'..10"...	$\frac{1}{8}$	} $\frac{2}{7}$	0,1081	0,5932	0,7181
			0,0837	0,5118	0,6761
15°..56'..45"...	$\frac{1}{7}$	} $\frac{2}{7}$	0,1258	0,5826	0,7189
			0,0986	0,5048	0,6783
18°..28'..06"...	$\frac{1}{6}$	} $\frac{2}{7}$	0,1448	0,5663	0,7200
			0,1162	0,3940	0,6820

ESTADO NUM. 5.

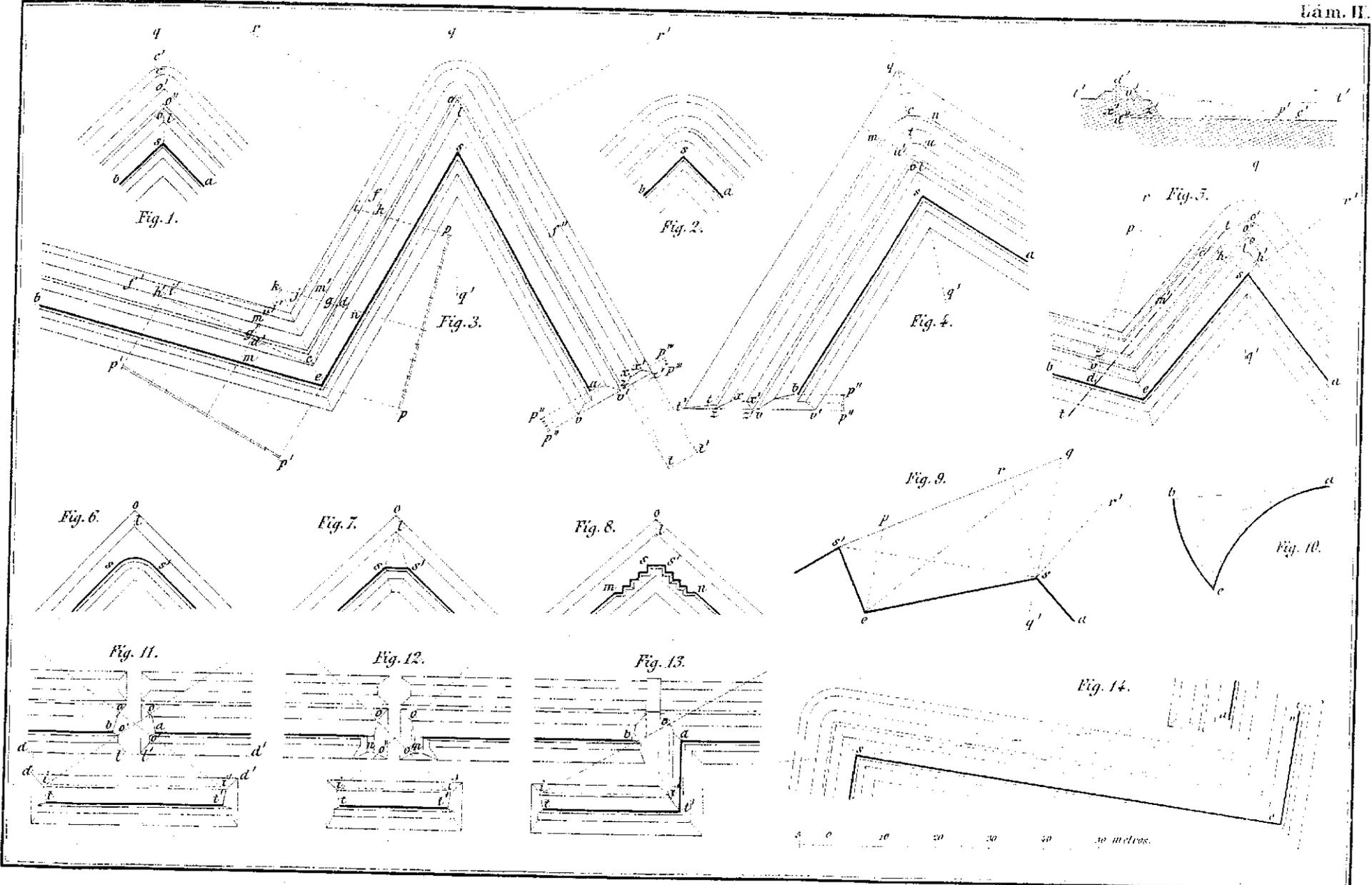
DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS REDUCTOS EN EL SUPUESTO DE SER :

$$d=2,5. \quad h=1,5. \quad m=1,5. \quad r'=1/3. \quad S=0. \quad s=0.$$

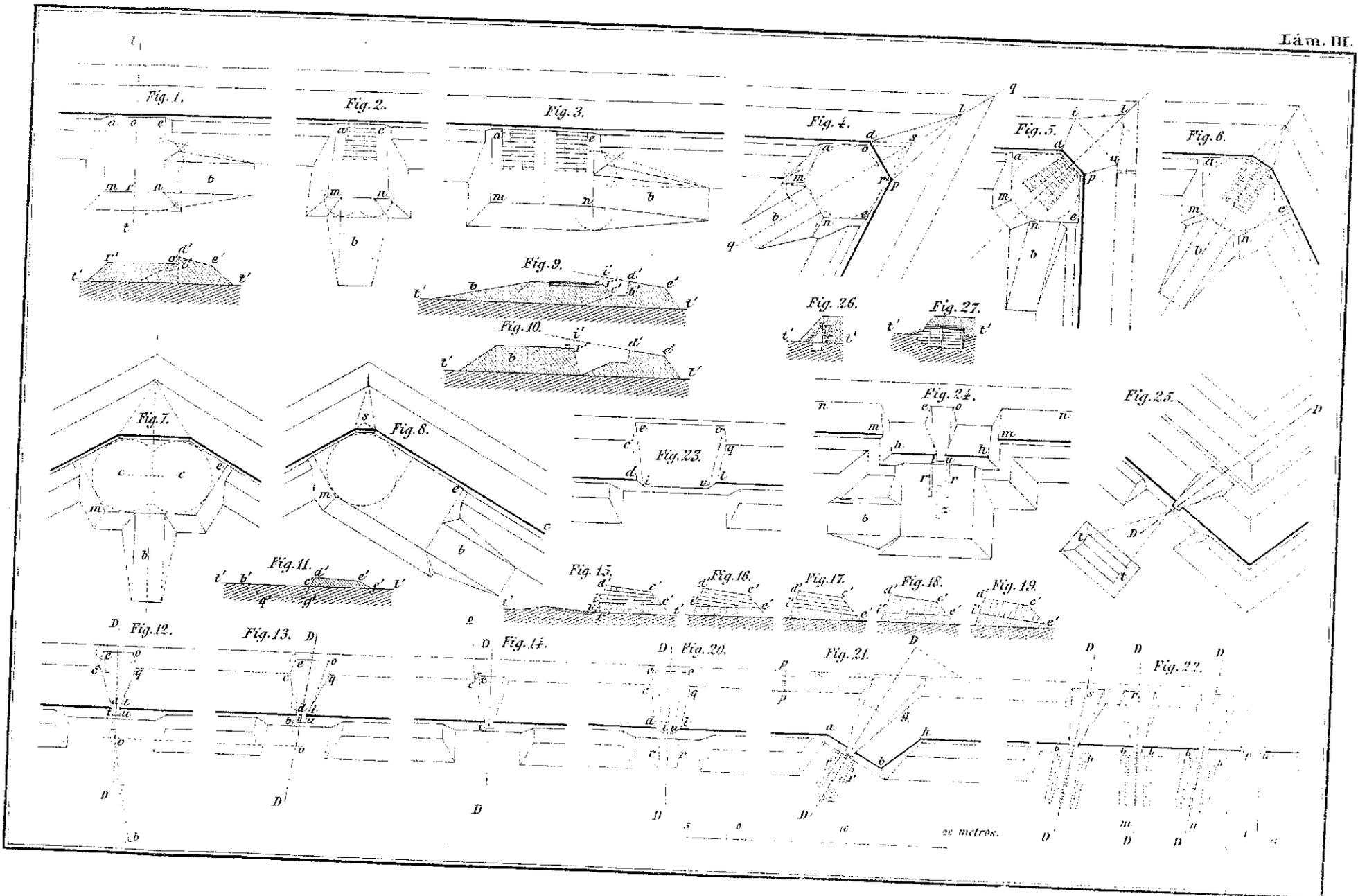
Número de lados del reducto.....	Longitud en metros de cada lado.....	Número de hombres situados en las banquetas.....	Número de hombres que forman la reserva	Total de hombres que componen la guarnición.....
5	24,7	74	57	111
4	14,2	57	28	85
3	10,3	52	26	78
6	8,2	49	25	74
7	6,9	48	24	72
8	5,9	47	24	71
9	5,2	47	23	70
10	4,6	46	23	69
Círculo con radio de...	7,1	44	22	66



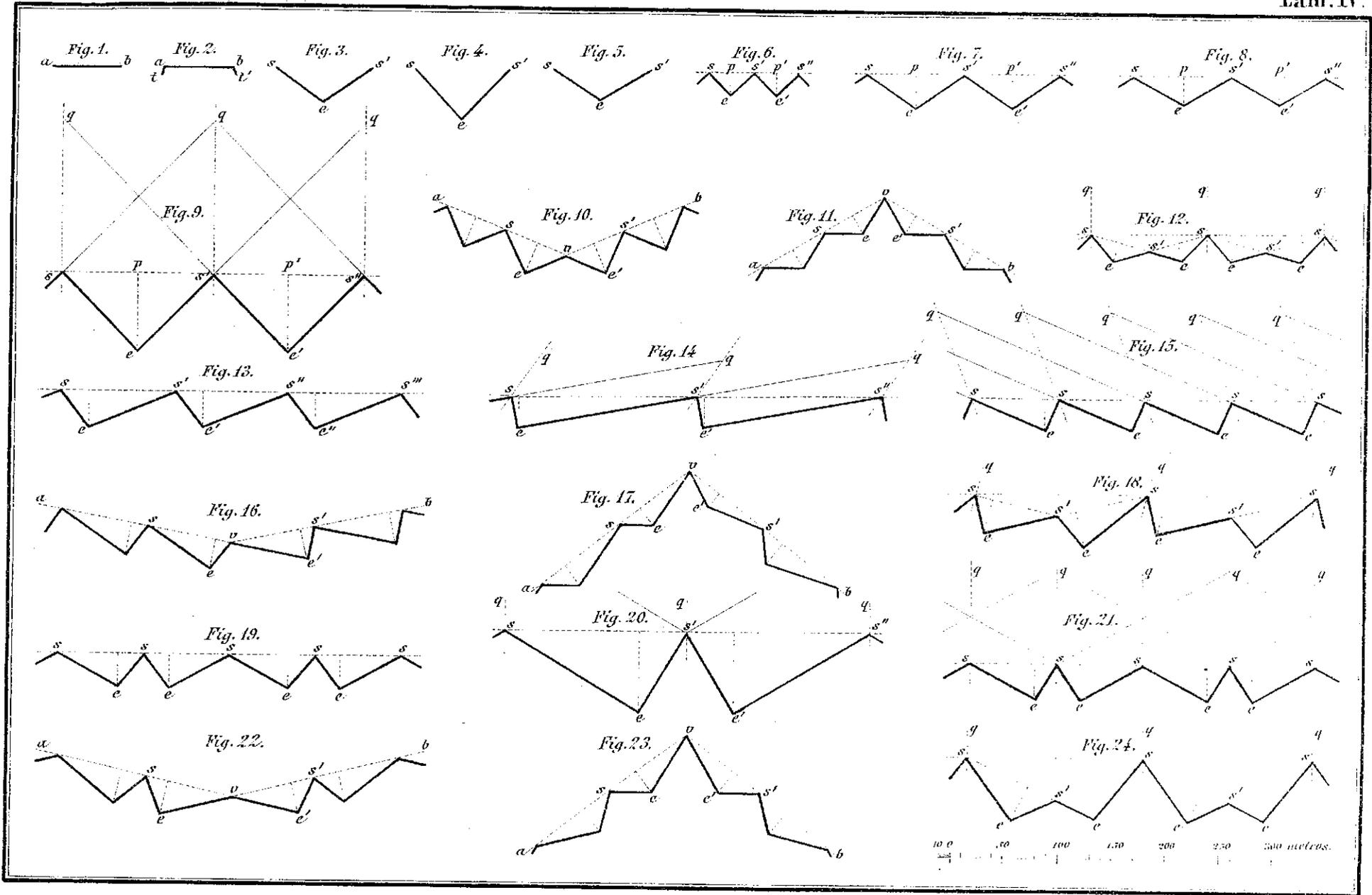






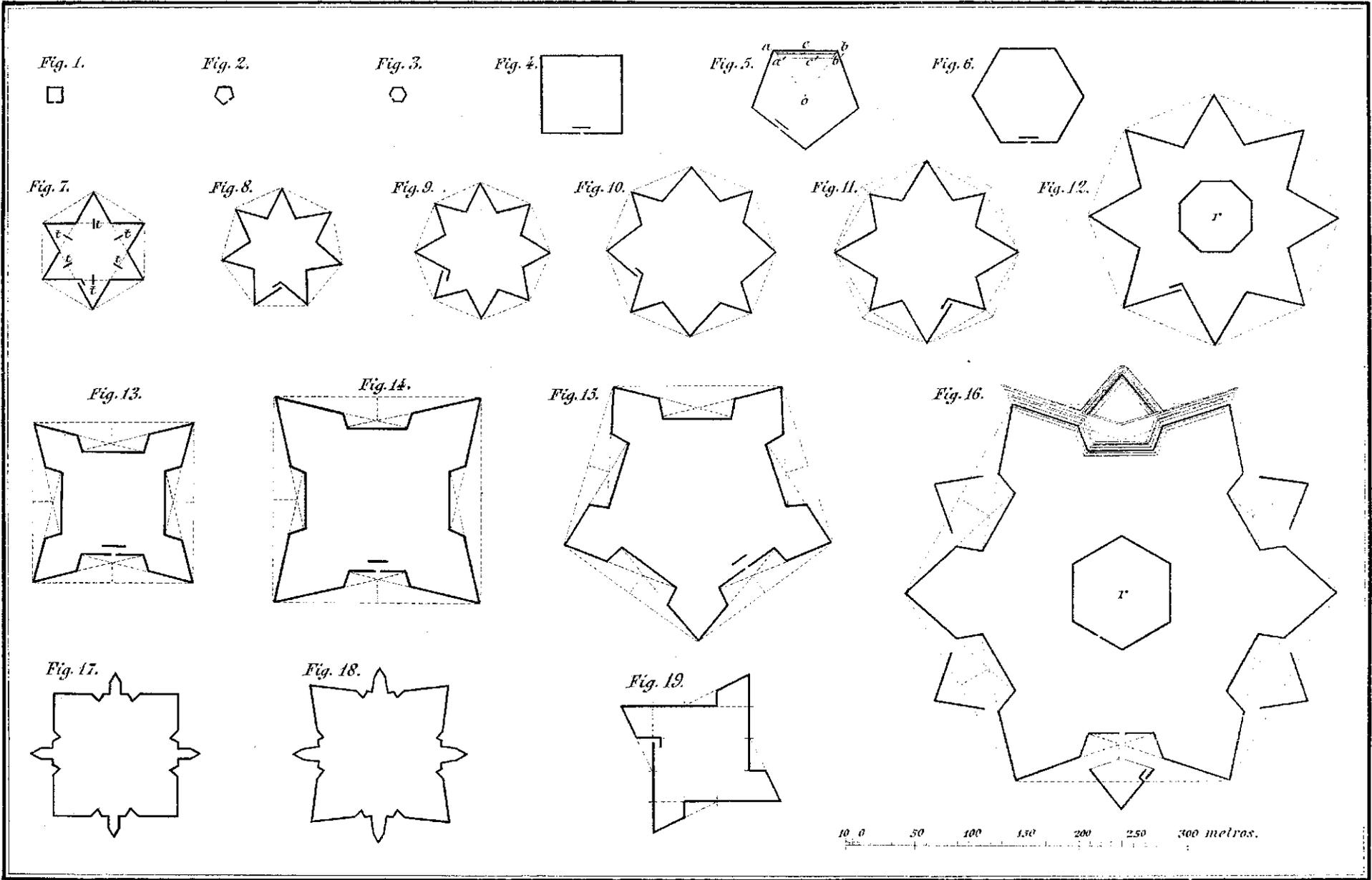




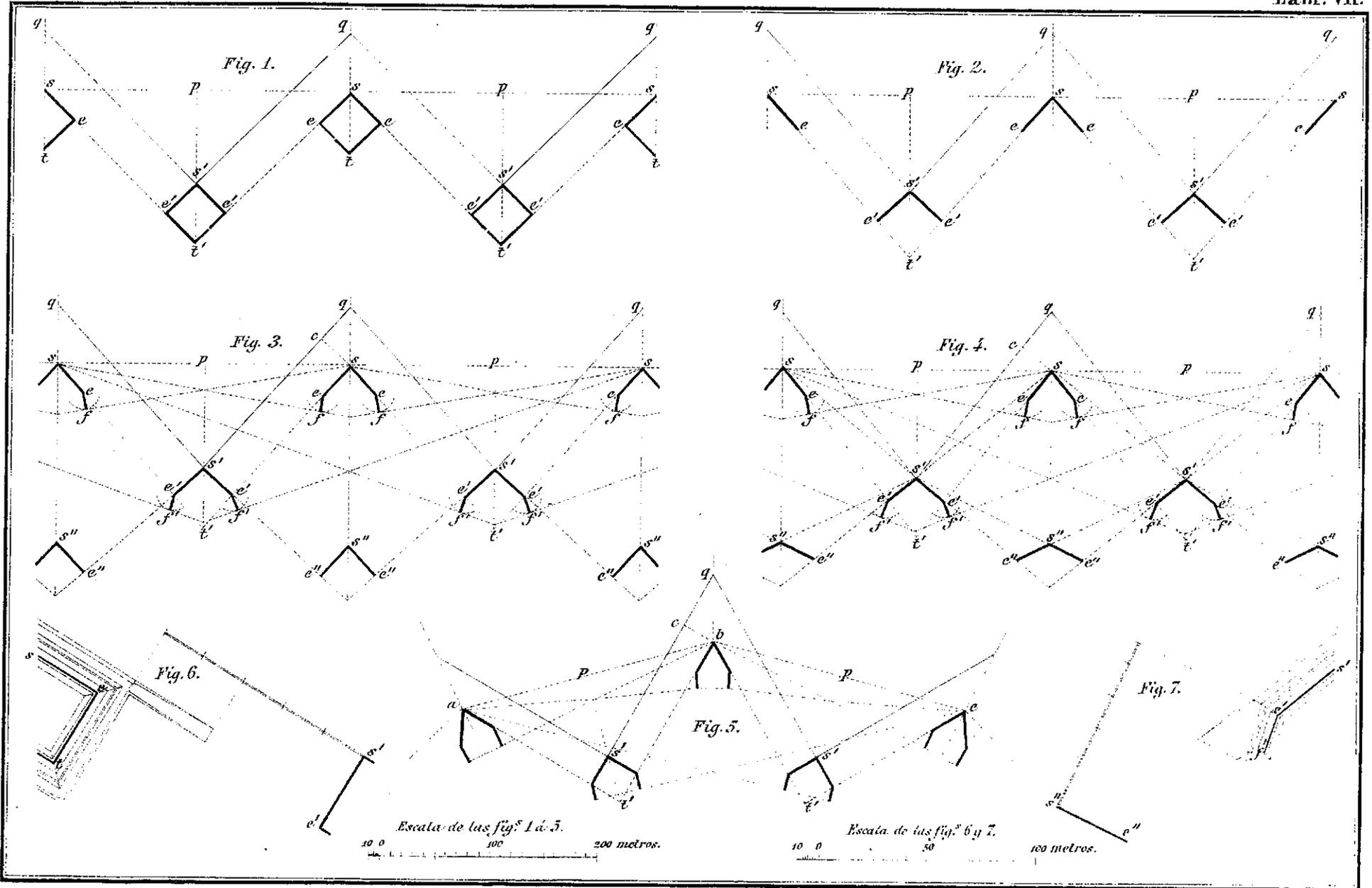




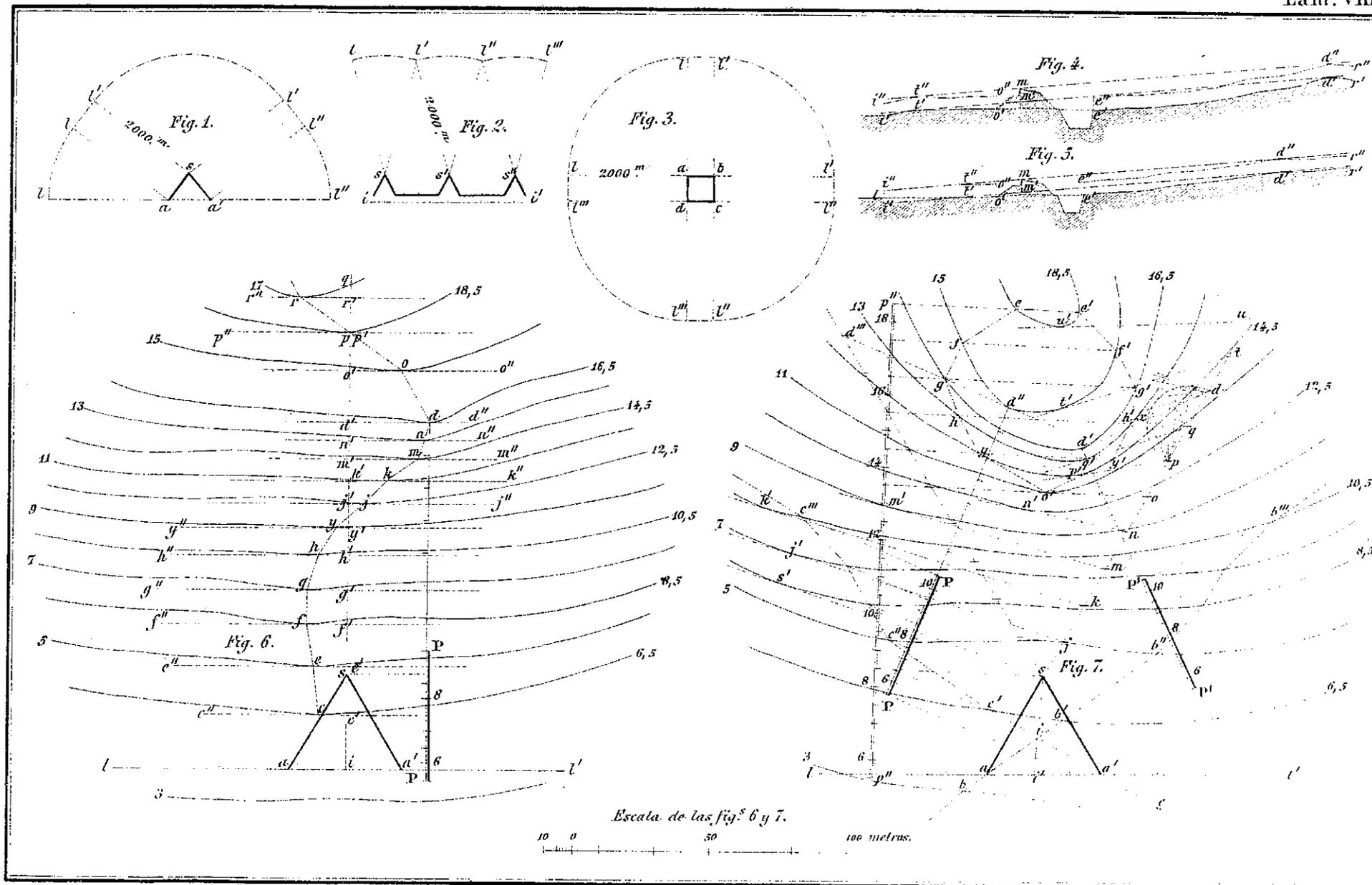




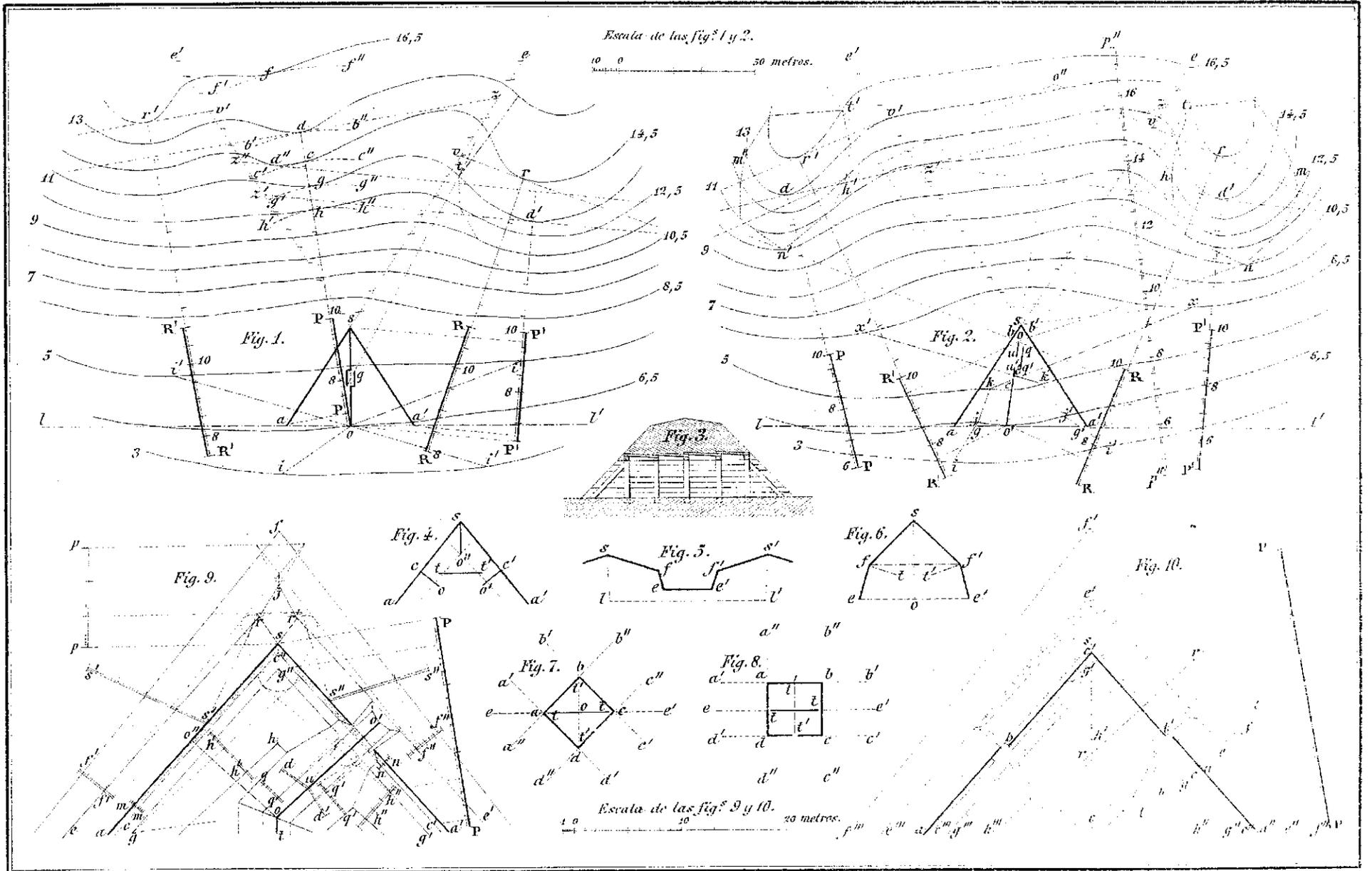














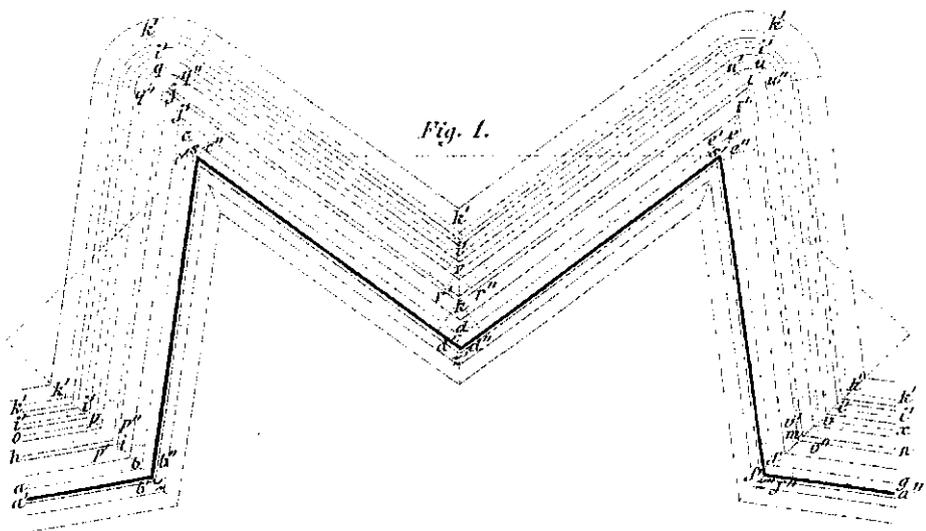


Fig. 1.

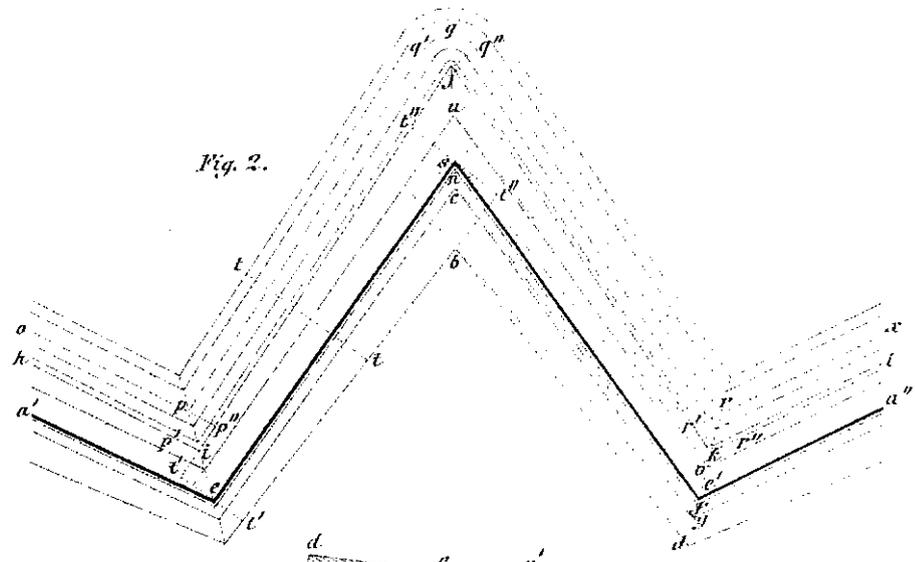


Fig. 2.

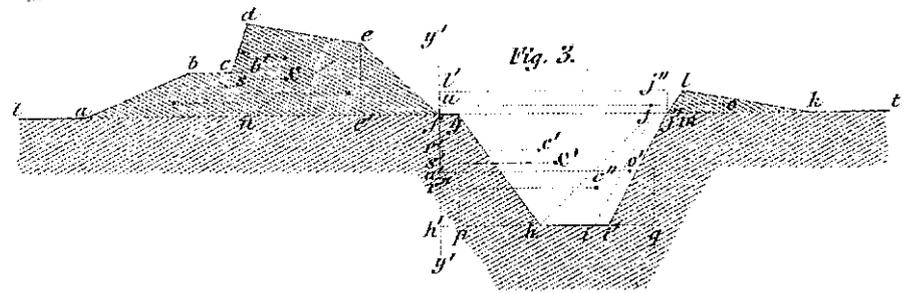


Fig. 3.

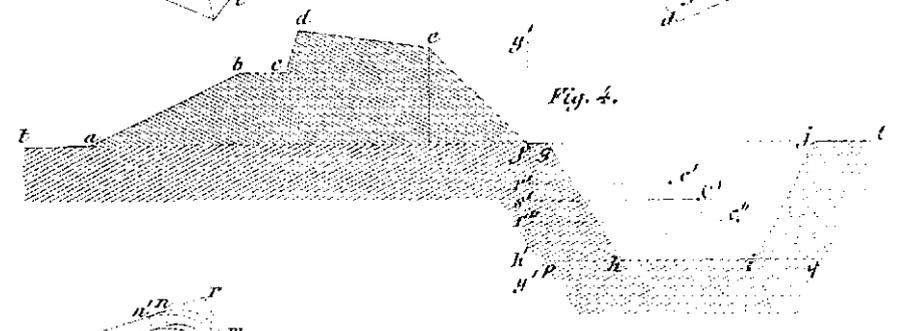


Fig. 4.

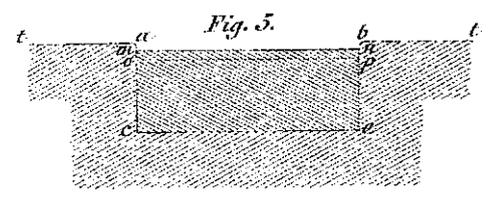


Fig. 5.

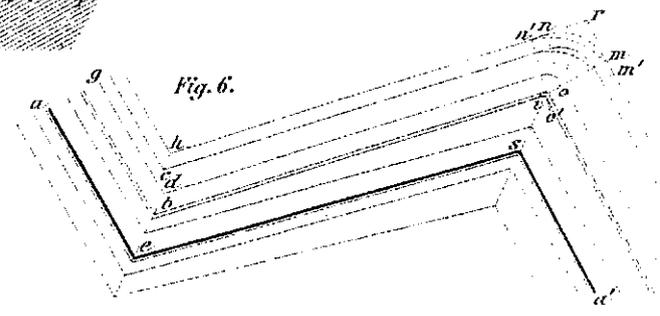


Fig. 6.

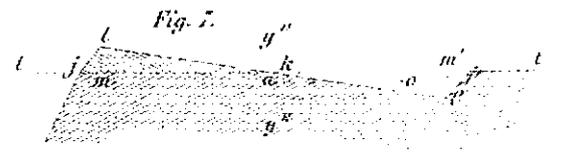


Fig. 7.

Escala de las fig.^s 1, 2 y 6. 10 0 30 metros.

Escala de las fig.^s 3, 4, 5 y 7. P 10 metros.