

R<sup>to</sup> B<sup>alles</sup>

**ENSAYO**  
DE UN COMPENDIO  
**DE FORTIFICACION**

PARA EL USO

DE LOS OFICIALES DE INFANTERÍA

por

**D. BERNABÉ TÁRREGA Y DE ARIAS,**

*2.º Comandante de Infantería y Profesor del Colegio de Caballeros  
Cadetes de dicha arma.*

**1.ª PARTE.**

**TOLEDO.**

—  
IMPRENTA DE JOSÉ DE CEA,  
1856.



253  
62

# ENSAYO

DE UN COMPENDIO

## DE FORTIFICACION

PARA EL USO

DE LOS OFICIALES DE INFANTERÍA

POR

**D. BERNABÉ TÁRREGA Y DE ARIAS,**

2.º COMANDANTE DE INFANTERÍA Y PROFESOR DEL COLEGIO DE CABALLEROS  
CADETES DE DICHA ARMA.



**TOLEDO.**

Imprenta de José de Cea,

1856.

R.51612

R.178.588



220

# ENSAYO

DE LA FORTIFICACION

## DE FORTIFICACION

DE LOS CHILOTES DE LOS ARIAS

D. BENIGNO FARRERA Y DE ARIAS

IMPRESOR EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE LOS ANDES

Es propiedad de su autor, el que perseguirá ante la ley al que la reimprima.



TOMO I

A. 25635



## PRÓLOGO.

**S**IN intencion de que viera la luz pública este trabajo, lo principié á formar para ayudarme en mis esplicaciones, cuando fuí encargado de la clase de fortificacion en el Colegio de Infantería. Impulsado por mis gefes y algunos de mis compañeros de profesorado, me he decidido á publicar este ensayo, para que mis discípulos tengan reunidos los conocimientos que se les procura enseñar.

Siendo este el objeto de esta publicación, me ha parecido que debía comprender la fortificacion de campaña con mucha estension, y solo las nociones de la permanente que he conceptuado necesarias para un oficial de infantería. Como apéndice acompañan á este trabajo cuatro capítulos que abrazan la castrametacion, los puentes militares, reconocimientos y las propiedades de las tres armas, infantería, caballería y artillería.

He consultado los tratados de Fortificacion de Fallot, Emy, Schwinck y Vallejo, el Aide-memoire



de Laisné, el tratado de puentes de Hailot y los reconocimientos de Chatelain. Ademas en la fortificacion permanente me han ayudado de una manera considerable los trabajos publicados por nuestro entendido ingeniero militar el Brigadier Herrera.

Si en este ensayo hay algo bueno lo debo á los autores que acabo de citar, y lo mucho malo que en él se encuentre es efecto de mi insuficiencia.

*Bernabé Cártega y de Horias.*



## INTRODUCCION.

---

1. **DEFINICION Y OBJETO.** *Fortificacion* es el arte que enseña á disponer una posicion de modo que sus defensores puedan resistir á mayor número de enemigos. Es, pues, el objeto de este arte conservar una posicion, empleando en su defensa menos fuerzas que las que se necesitarían para lograr el mismo fin, si el terreno conservase su estado natural.

2. La fortificacion llena su objeto sirviéndose de tres especies de medios : *masas*, *obstáculos* y *medios activos*.

3. Las *masas*, que se forman comunmente de tierra, ladrillo, piedra ó madera, contribuyen á llenar el objeto de la fortificacion, resguardando á los defensores de los efectos de las armas enemigas, favoreciendo al propio tiempo el uso de las suyas.

4. Los *obstáculos*, entorpeciendo la marcha del enemigo bajo el fuego de los defensores y obligándole á fraccionarse, llenan el objeto de la fortificacion, haciéndole emplear mas tiempo en recorrer el campo de accion de las armas de fuego de los que defienden el terreno. Estos obstáculos son naturales, artificiales ó mistos: llámanse naturales á los que se emplean en el mismo sitio y del mismo modo que la naturaleza los presenta : son artificiales los que crea el arte, y reciben el nombre de mistos los que presentados por la naturaleza, en el sitio donde deben emplearse, son perfeccionados por el arte, disponiéndoles en la forma mas conveniente para la defensa.

5. Los *medios activos* de que se vale la fortificacion para llenar su objeto, son las armas de fuego y blancas y las tropas que deben manejarlas. Constituyen las armas de fuego las piezas de artillería y el fusil; y este último se emplea tambien como arma blanca. Las tropas que se necesitan para el uso de estas armas, son la infantería y artillería : la caballería, como consecuencia de sus elementos constitutivos,



no concurre al ataque y á la defensa de un terreno fortificado sino por movimientos exteriores.

6. La bondad de una obra de fortificacion , no depende de la regularidad de su construccion , ni de la estricta aplicacion de las dimensiones que como ejemplos se presentan en las obras elementales, sino de su completo acomodamiento á las circunstancias que concurren y aconsejan el establecimiento de la misma obra. Así, pues, en el conveniente uso de todos los medios de que se sirve la fortificacion para llenar su importante objeto, debe atenderse con sumo cuidado á estas circunstancias, entre las que figuran los accidentes del terreno, las armas que el enemigo puede emplear en el ataque de la obra que se construye, el tiempo, materiales y demás recursos de que puede disponerse, el objeto que la misma obra debe llenar &c. La variedad con que se combinan estos diversos elementos en los casos que exigen la aplicacion de la fortificacion, es causa de que una obra que en determinadas circunstancias llena cumplidamente su objeto, en otras sea imperfecta y hasta perjudicial: de esto fácilmente se deduce que el mérito de una construccion depende de la acertada eleccion de los medios que en ella se empleen, según sean las circunstancias que rodeen al que la dirige.

7. DIVISION DE LA FORTIFICACION. La diferente importancia que en la guerra pueden tener las porciones del terreno que deben fortificarse, mas bien que la aplicacion de diversos principios, constituyen la division de la fortificacion en *permanente, provisional y pasagera ó de campaña.*

8. Cuando una posicion está situada en el teatro frecuente de las guerras que una nacion sostiene, por ejemplo, en las fronteras, su importancia es muy considerable, como que está naturalmente destinada á ser un baluarte de su independencia en una guerra defensiva, y uno de los puntos mas principales de la base de operaciones en una guerra ofensiva. Las obras que se construyen en este caso deben ser de bastante estension y de una grande robustez, de modo que libres de un ataque á viva fuerza entretengan por



mucho tiempo al enemigo que se proponga posesionarse de ellas, y le obliguen á desarrollar medios sumamente costosos para el logro de su objeto. La parte de la fortificacion que enseña la construccion y propiedades de esta especie de obras, se llama *permanente*; y á las obras que segun ella se establecen, se llaman *plazas ó ciudades de guerra, plazas ó ciudades fortificadas*.

9. Cuando una posicion es importante en el interior de un país, en un terreno, teatro poco probable de la guerra, se fortifica con recursos no muy costosos, al principio de la misma campaña: de modo que dotada la obra de una respectable guarnicion con los demás elementos necesarios para su defensa, reemplaza en cierto modo, aunque siempre imperfectamente, á la plaza de guerra que en dicha posicion pudiera construirse. La parte de la fortificacion que enseña á construir esta especie de obras, se llama *provisional*.

10. Si en los diferentes campos de batalla en que la necesidad ó el cálculo obligan á combatir á un ejército, hay en ellos alguna posicion llamada á desempeñar un papel importante en el momento de la lucha, y no está de antemano fortificada, forzoso es, á no ser que se renuncie voluntariamente á ventajas indudables en la resolucion de una cuestion problemática, verificarlo en el acto de una manera ligera y hasta imperfecta, con poco tiempo y con solo los recursos que la naturaleza ó la casualidad presente á la mano. La parte de la fortificacion que trata de la construccion de esta especie de obras, se llama *pasajera ó de campaña*. Las obras que en esta parte ó en la provisional se construyen, reciben el nombre genérico de *atrincheramientos*.

11. De lo espuesto fácilmente se deduce que las diversas partes que forman la fortificacion se diferencian entre sí: Primero: Por los medios de que se sirven en sus construcciones, pues que la fortificacion pasajera emplea los recursos del momento, que ordinariamente consisten en tierra y madera, tal cual la naturaleza ó la casualidad la deparan: la provisional se sirve tambien de medios poco dispendiosos,



como son la tierra y madera labrada y preparada de la manera mas conducente á la mejor defensa ; y la permanente echa mano de los medios mas resistentes y de un coste proporcionado á las grandes ventajas que se esperan reportar de la construccion de sus imponentes obras. Segundo : Se diferencian tambien las diversas partes de la fortificacion, como consecuencia precisa de los medios que cada una emplea, en la duracion de sus obras ; y á la verdad no es posible exigir de una obra de fortificacion de campaña, sino algunos pocos dias de duracion : puede una fortificacion provisional estar en buen estado de defensa, con algunos ligeros reparos, durante toda una campaña ; y finalmente en la fortificacion permanente, la duracion de una obra puede remontarse á muchos años y aun á siglos.

Sin embargo, la diferencia mas esencial entre la fortificacion permanente y la provisional y pasagera consiste en los diversos medios que el enemigo se vé precisado á desarrollar en el ataque de sus obras. En el ataque de una plaza de guerra, el enemigo emplea medios lentos y muy costosos, si es que quiere economizar la sangre de sus soldados, y lo que es mas, lograr el objeto que se propone ; al paso que en los ataques de los atrincheramientos, los medios son de fácil reunion, y su duracion las mas veces queda reducida á horas.

12. Conviniendo, pues, la fortificacion provisional y la de campaña en los medios de ataque de sus obras y hasta en su forma y desarrollo, diferenciándose solo en el mayor ó menor perfeccionamiento de los medios que cada una emplea, las trataremos á la vez, lo cual conduce á la division de este ensayo en dos partes : en la primera se tratará de la fortificacion de campaña y de la provisional, y en la segunda de la fortificacion permanente.



## PRIMERA PARTE.

DE LA FORTIFICACION DE CAMPAÑA Y DE LA PROVISIONAL.

### CAPÍTULO I.

DE LOS ATRINCHERAMIENTOS EN GENERAL Y EN PARTICULAR DE LOS REGULARES Y ORDINARIOS: PARTES DE QUE CONSTAN. DEL DIBUJO EN LA FORTIFICACION.

#### Artículo primero.

13. LLÁMANSE *atrincheramientos* las obras de fortificación de campaña y provisional, formadas ordinariamente de tierra y de madera. Se diferencian entre sí los atrincheramientos, en *ordinarios* y *extraordinarios*, en *regulares* é *irregulares*. Llámase *ordinarios* á los que son de un uso muy frecuente, por la facilidad con que se presentan las circunstancias que obligan á su construccion: *extraordinarios* á los que solo se construyen en ciertos y determinados casos que solo alguna que otra vez se presentan.

Se dice que un atrincheramiento es *regular* cuando en toda su estension son constantes las dimensiones de las partes que le constituyen, y se llama *irregular* cuando no son constantes estas dimensiones.

14. Un atrincheramiento ordinario consta de un *parapeto*, de *foso* exterior y algunas veces de *berma*.

Llámase *parapeto* á una masa que se construye en una posicion con el objeto de cubrir á sus defensores de los fuegos del enemigo, permitiendo el uso de las armas de los primeros. Para llenar su primer objeto debe el parapeto tener dos dimensiones principales, de magnitud proporcionada: estas dimensiones son la *altura* y el *espesor*.

Siguiendo las prescripciones de un buen método, concretémonos primero á un atrincheramiento regular y ordinario.

45. *Altura* de un parapeto, es la elevacion que este tiene sobre el terreno: esta elevacion puede apreciarse en dos partes diferentes, en el interior y en el exterior de la masa cubridora. Estas dos apreciaciones deben ser de resultados diferentes, porque si fuesen iguales terminaría el parapeto en su parte superior por un plano horizontal, de donde resultaría que este macizo cubriría tanto al defensor como al enemigo de los fuegos que recíprocamente se dirigieran: conviene, pues, que el parapeto termine en su parte superior en un plano inclinado de adentro á fuera, lo que produce que la altura interior sea mayor que la exterior: concretémosnos por ahora á la altura interior. Debiendo el parapeto cubrir á sus defensores, dos metros bastarán á su altura interior, si la guarnicion se compone solo de infantería, y 2<sup>m</sup>,50 si entra tambien caballería en su composicion. El parapeto no debe ser muy elevado, porque resultarian muy fijantes los fuegos que de su parte superior partieran, y tambien porque á igual espesor la duracion de la construccion de la obra está en razon directa de su altura; y finalmente no pudiéndose elevar las tierras con la pala, único medio de que se dispone ordinariamente en campaña para este objeto, mas de 4<sup>m</sup>, resulta que á la altura interior deberá dársele desde la magnitud mínima anteriormente asignada la que sea necesaria para llenar el objeto de la obra, sin que nunca esceda de 4<sup>m</sup>, que deberá considerarse como su valor máximo.

46. El *espesor* del parapeto debe detener la marcha de los proyectiles enemigos en la altura de la obra, y se determina teniendo en cuenta:

1.º La clase de fuegos á que el parapeto puede estar espuesto.

2.º La naturaleza ó consistencia de las tierras que lo formen.

3.º El mas ó menos tiempo que la obra debe resistir al enemigo.

47. Las mismas armas que, segun queda dicho, contri-



buyen á la defensa de las obras de fortificacion, son las que el enemigo puede emplear en su ataque: de las armas blancas no se hace uso sino en los últimos momentos del ataque, cuando ya nada separa á los combatientes.

Los proyectiles que arrojan las armas de fuego penetran mas ó menos en las tierras del parapeto, segun la naturaleza de estas y el calibre de aquellas y distancia á que se hacen los disparos. Los proyectiles que se arrojan sobre las obras de campaña son ordinariamente de fusil ó de cañon de á 4, de á 8 ó de á 12: cada uno de ellos penetra en un macizo de tierra lo que manifiesta la tabla siguiente, formada por las esperiencias hechas y publicadas en diversos libros.

CALIBRE DE LAS ARMAS.	PENETRACION.					
	EN MADERA.		EN LADRILLO.		EN TIERRAS.	
	A 50 <sup>m</sup>	A 300 <sup>m</sup>	A 50 <sup>m</sup>	A 300 <sup>m</sup>	A 50 <sup>m</sup>	A 300 <sup>m</sup>
Fusil de infantería	0 <sup>m</sup> ,05	0 <sup>m</sup> ,01	»	»	0 <sup>m</sup> ,25	0 <sup>m</sup> ,11
Cañon de á 4...	0 <sup>m</sup> ,83	0 <sup>m</sup> ,39	»	»	2 <sup>m</sup> ,20	1 <sup>m</sup> ,04
de á 8...	1 <sup>m</sup> ,10	0 <sup>m</sup> ,60	0 <sup>m</sup> ,70	0 <sup>m</sup> ,52	2 <sup>m</sup> ,92	1 <sup>m</sup> ,60
de á 12...	1 <sup>m</sup> ,28	0 <sup>m</sup> ,75	0 <sup>m</sup> ,82	0 <sup>m</sup> ,65	3 <sup>m</sup> ,40	2 <sup>m</sup> ,00

48. Se clasifican ordinariamente las tierras en fuertes, ordinarias y ligeras. Tierras fuertes son las arcillosas: ordinarias, que tambien se llaman comunes, medianas y vegetales, son las tierras fuertes mezcladas con arena: las ligeras son las formadas por solo arena ó á lo menos en su mayor parte.

49. La tabla anterior dá la penetracion del proyectil en terreno comun ó vegetal, y respecto de la madera solo en la de encina: puede servir para otras clases de terreno y de madera, haciendo uso de los siguientes coeficientes de penetracion.



- Arena con mezcla de casquijo 0,63
- Tierra mezclada con arena y casquijo, de peso doble ó mas que el agua 0,87
- Tierras vegetales sentadas 1,09
- Greda de alfarero, húmeda 1,44
- Tierras comunes recién removidas 1,90
- En el haya y en el fresno 1,00
- En el olmo 1,30
- En el abeto y en el álamo blanco 1,80
- En fábrica de cantos 0,57

20. Los parapetos deben tener un espesor algo mayor que la penetración de los proyectiles á que deben resistir, porque si por falta de apisonamiento ó cualquiera otro defecto de construcción, fuera taladrado por algun proyectil, los defensores perderían la confianza en la obra, confianza que entra en mucho en la fuerza de los atrincheramientos. Este inconveniente se precave dando al parapeto un espesor desde vez y media la penetración máxima de los proyectiles con que se le puede batir hasta el duplo de esta misma penetración, que es muy suficiente aun cuando la obra tenga que presentar una grande resistencia. Hay algunas obras en las que todas sus caras no necesitan el mismo espesor en su parapeto: su magnitud se regula atendiendo á si pueden ó no ser batidas con el cañon, á larga ó á corta distancia, directa ú oblicuamente.

21. Teniendo el parapeto sobre el terreno natural mas altura que á la que el soldado de infantería puede elevar su fusil para dispararle sobre su contrario, es preciso adosar á la masa cubridora, por el interior de la posición, otra masa de tierra que facilita al defensor el uso de sus armas: esta masa de tierras se llama *banqueta*.

22. La altura, pues, de la banqueta debe ser tal que su diferencia á la altura total del parapeto, sea igual á la que puede apuntar un soldado de infantería de talla media sobre el terreno en que está colocado: esta diferencia se llama *altura de apoyo*, y es comunmente igual á 4<sup>m</sup>,25.



23. La latitud de la banqueta, es proporcionada al número de filas que se quiere colocar en ella: si la defensa quiere hacerse en una sola fila, tendrá suficiente con un metro de latitud: si la defensa se quiere hacer á dos de fondo, será necesaria una latitud de  $1^m,75$  á  $2^m$ , si las dos filas se quieren colocar en la banqueta.

24. Se dá el nombre de *berma* á la porcion del terreno natural que media entre el parapeto y la escavacion que suministra las tierras de que se forma. Las ventajas de la *berma*, son: Primera: Facilitar la construccion de la obra, sirviendo para sostener las tierras que á ella arrojan los trabajadores que hacen la escavacion y que otros colocados en la misma berma echan sobre el macizo de tierras que han de formar la masa cubridora. Segunda: Evita la caida de tierras al foso cuando las remueve cualquier accidente y en particular los proyectiles enemigos, corriéndose estas tierras hasta el fondo del foso le cegarán mas ó menos segun su cantidad, y cuando menos contribuirán á que el enemigo con mas facilidad salve el foso ayudándole á salir de él. Tercera: Proporciona facilidad en la reparacion de la obra cuando el enemigo la ha deteriorado algun tanto en algun ataque que no ha tenido un éxito completo. Pero tiene la berma el inconveniente de facilitar el asalto de la obra, descomponiendo en dos partes la altura que hay desde el fondo de la escavacion hasta la parte mas elevada del parapeto.

25. Este inconveniente es de tanta gravedad que por muchas personas muy autorizadas se cree que supera las ventajas que proporciona y aconsejan que se deje la berma en la construccion de la obra para sacar algun partido de sus ventajas, pero que se destruya cuando su construccion se termine; y si existiera alguna circunstancia que obligase á dejarla, su latitud debe estar comprendida entre  $0^m,50$  y  $0^m,83$  para impedir en cuanto sea posible que en ella se reorganice el enemigo y suba ordenado y aun formado á lo alto del parapeto.



26. Se dá el nombre de *foso* á la escavacion que proporciona las tierras con que se forma el parapeto. Cuando el foso se construye delante del parapeto, como en los atrincheramientos ordinarios, ademas del objeto que se deduce de su definicion, llena tambien el foso el de presentar un obstáculo al enemigo en su marcha sobre la obra; pero para que este obstáculo sea de alguna importancia, es preciso que sus dimensiones sean de una magnitud proporcionada al objeto que tiene que llenar. Su latitud debe ser, cuando menos, de 4<sup>m</sup>, para que el enemigo, cargado con su armamento, no pueda saltar desde su borde exterior á la berma, ni aun conducir un hombre solo una escala ó un tablon ó madero cualquiera que, colocado sobre los bordes de la escavacion y siendo de suficiente resistencia, le proporcione salvar este obstáculo sin descender á su fondo. La *profundidad del foso* exterior debe ser de dos á cuatro metros: 2<sup>m</sup>, para que presente alguna dificultad al descenso del enemigo al fondo del foso y á su salida cuando suba á la berma, y no debe esceder de 4<sup>m</sup>, para poder elevar las tierras con la pala hasta la berma.

27. La *longitud del foso* debe ser tal que circuya la obra por su parte exterior: de este modo, de cada porcion del foso, se podrá estraer las tierras que se necesiten para formar la parte del parapeto que esté á su frente, asi se evita el acarreo de tierras que siempre produce mucha lentitud, y en campaña es muy difícil y hasta imposible por falta de recursos: además, circuyendo el foso á la obra, se presenta este obstáculo al enemigo cualquiera que sea el punto á donde dirija sus ataques.

28. Ni las tierras que forman la masa cubridora, ni las paredes laterales del foso de que se estraen, pueden sostenerse verticalmente, por mucho que sea el cuidado con que se apisonen las primeras ó se corten las segundas; y se llaman *declivios* á las superficies, mas ó menos inclinadas al horizonte, con que se terminan en todos sentidos el parapeto y el foso. Estas superficies son ordinariamente



planos, y en el caso de ser una superficie curva, esta curvatura se sujeta á una regularidad determinada. Los declivios están siempre terminados en el sentido de su mayor pendiente por sus intersecciones con otras superficies: la interseccion mas elevada se llama *cresta*, y la mas baja *pié* del declivio. Es de la mayor importancia en los declivios el determinar su grado de inclinacion al horizonte: para apreciar esta inclinacion, concíbese en el declivio una de sus líneas de máxima pendiente y el plano vertical que ella determina; por los puntos de encuentro de este último plano con el pié y la cresta del declivio, imajínese una horizontal por el primero y una vertical por el segundo, ambas situadas en el mismo plano vertical, y originarán con la línea de máxima pendiente un triángulo rectángulo, en el que el cateto horizontal se llama base, y el vertical altura del declivio, y el ángulo opuesto á la altura es el de inclinacion del declivio, como formado por una línea de máxima pendiente y su proyeccion horizontal. Para facilitar las operaciones gráficas, en vez de espresar la inclinacion del declivio por el número de grados que corresponden al ángulo que la mide, se indica por la relacion que existe entre la base y altura del declivio: esta relacion determina exactamente la inclinacion del declivio por ser igual á la cotanjente del ya espresado ángulo. De esto se deduce que cuando se nos dé la inclinacion de un declivio por medio de un quebrado, este representa el esponente de la razon que existe entre la base y la altura del declivio, ó lo que es lo mismo, la base del declivio es á su altura, como el numerador de la fraccion es á su denominador.

29. El grado de inclinacion de un declivio se determina segun la naturaleza del terreno, la presion que debe sufrir, el objeto que el declivio, segun su situacion, tiene que llenar, y la resistencia que ha de presentar al fuego enemigo. Los declivios que tiene el parapeto son el de subida á la banqueta, el interior, el superior y el exterior: determinemos el grado de inclinacion que á cada uno corresponde.



30. DECLIVIO DE SUBIDA A LA BANQUETA. Sirve este declivio para que los defensores suban por él á lo alto de la banqueta : exigiendo este objeto á que se le destina una pendiente mas suave de la que se necesita para resistir el peso natural de las tierras , y no influyendo ninguna otra circunstancia en la determinacion de su inclinacion , se le dá una base doble de altura , lo que permite subir por él con comodidad y hasta guardando formacion.

31. DECLIVIO INTERIOR. El soldado , colocado sobre la banqueta al tiempo de hacer fuego , se apoya sobre el plano inclinado que une la parte mas elevada del parapeto con la banqueta y que se llama declivio interior : ademas este declivio ha de resistir el peso de las tierras que forman la masa cubridora en la parte superior á la banqueta. De estas dos circunstancias la primera es la mas importante , y para satisfacerla cumplidamente se le dá á su base  $\frac{1}{3}$  ó  $\frac{1}{4}$  de su altura , que es la de apoyo : esta inclinacion es siempre mayor que la natural de las tierras , cualquiera que sea su calidad , y esto obliga á revestir este declivio con una tongada de objetos mas resistentes que la tierra para que la sostengan en la inclinacion prescrita. Si esta inclinacion fuera mayor que  $\frac{1}{4}$  , los materiales que se empleasen en el revestimiento tendrían que ser de una resistencia mayor que la que comunmente tienen los que se usan en la fortificacion de campaña : tampoco la inclinacion de este declivio debe ser menor que  $\frac{1}{3}$  porque cuanto menor sea esta , tanto mas estará el soldado separado de este declivio , y por consiguiente mas descubierto , y si para evitar este inconveniente se apoya sobre él , cuanto menor sea la inclinacion del declivio tanto mas violenta será su posicion , lo que producirá mas ineficacia en los disparos por falta de exactitud en la puntería y mas lentitud en la carga.

32. DECLIVIO SUPERIOR. Llámase asi el plano inclinado que termina al parapeto en su parte mas elevada. Se le dá de inclinacion desde  $\frac{3}{4}$  hasta  $\frac{1}{2}$ . Se determina el limite superior  $\frac{1}{2}$  por la consideracion de que combinada esta inclina-



cion con la máxima que se dá al declivio interior, formen ambos declivios en la parte superior de la obra un ángulo que cuando menos sea recto, con el objeto de que presente un espesor respetable al cañon enemigo, y sus primeros disparos no causen en la obra grandes desmoronamientos que le proporcionen descubrir considerablemente á sus defensores. El limite inferior  $\frac{2}{3}$  de este declivio se determina por la condicion de que desde la banquetta se descubra al enemigo cuando llegue al borde exterior del foso y se disponga á salvar este obstáculo: esto se logra haciendo pasar la prolongacion del declivio por el espresado borde exterior del foso, ó á lo mas por una recta paralela á dicho borde y  $1^m$ , mas elevada que él: á esto conduce, en general, una inclinacion comprendida entre los limites espresados.

33. DECLIVIO ESTERIOR. Llámase asi el plano inclinado con que termina el parapeto por el lado de la campaña. Ordinariamente se le dá la inclinacion natural de las tierras: esto es, la que las tierras removidas toman al amontonarlas, en virtud de su propio peso. Esta inclinacion varía segun la calidad de las tierras, siendo en las tierras fuertes base  $\frac{2}{3}$  de altura; en las medianas base igual á la altura, y en las ligeras base  $\frac{3}{4}$  de altura. Se funda la determinacion de esta pendiente: Primero: En que el enemigo debe trepar por ella para subir á lo alto del parapeto. Segundo: En que debe resistir el mayor choque de los proyectiles enemigos. Y tercero: En que debe tambien resistir el peso natural de las tierras. Para satisfacer mejor á la primera de estas circunstancias, convendría que la inclinacion de este declivio fuera la mayor posible, con el objeto de que el enemigo encontrára mucha dificultad al tiempo de subir por él: por el contrario, cuanto mas suave sea la pendiente mejor resistirá al choque de los disparos enemigos, que es la segunda circunstancia á que ha de satisfacer. Estas exigencias contradictorias obligan á tomar un medio entre ellas, dando al declivio exterior la inclinacion natural de las tierras, con lo que á la vez que cumplidamente satisface al tercer objeto



que ha de llenar , conserva bastante pendiente para dificultar su acceso , sin que su inclinacion aumente notablemente el efecto de los proyectiles enemigos.

34. Para que con mas facilidad puedan los defensores circular por la banqueta , termina esta en su parte superior ó por un plano horizontal ó ligeramente inclinado al horizonte , para que escurra las aguas llovedizas sobre el declivio de su subida : para este último objeto basta  $\frac{2}{3}$  de inclinacion.

35. El foso tiene tambien dos declivios formados por sus paredes laterales : siendo el foso exterior , la que está situada del lado del parapeto se llama *escarpa* , y la opuesta recibe el nombre de *contraescarpa*.

36. Por el declivio de escarpa ha de subir el enemigo para asaltar la obra , pero tambien ha de resistir el peso natural de las tierras aumentado con el del parapeto que le tiene muy cerca . La primera de estas condiciones será mejor satisfecha cuanto mas rápido sea el declivio , pero la segunda exige lo contrario : para llenar á la vez estas exigencias encontradas , se le puede dar al declivio de escarpa la inclinacion natural de las tierras ; pero teniendo en cuenta que este declivio está formado por tierras recortadas y no removidas , resulta que por la mayor coherencia que tienen aquellas tierras , podía dársele alguna inclinacion mayor , y la esperiencia acredita que puede llegar hasta ser su base  $\frac{2}{3}$  de la que corespondería ser si tuviera la inclinacion natural de las tierras removidas.

37. Por el declivio de contraescarpa ha de descender el enemigo al fondo del foso , y á la vez este declivio ha de resistir el peso natural de las tierras , pero sin aumento alguno en general . Por esta última consideracion se deduce que la inclinacion de este declivio puede ser algo mayor que la de escarpa , siendo su límite inferior la natural de las tierras y el superior base  $\frac{1}{2}$  de la que corespondería en la inclinacion natural.

Si ninguna circunstancia especial aconseja otra cosa ,



el fondo del foso está formado por un plano horizontal.

38. Hemos visto que además de los atrincheramientos ordinarios existen otros llamados extraordinarios: consiste su principal diferencia con los primeros, en la posición del foso respecto del parapeto, siendo en algunos atrincheramientos extraordinarios solo interior y en otros interior á la vez que exterior. Cuando solo hay foso interior, sus dimensiones son las siguientes: en cuanto á su longitud es como en el exterior, tanta como sea necesaria para circuir la obra; su profundidad no escede ordinariamente de 0<sup>m</sup>,5 porque no debiendo presentar dificultad la salida de él, puesto que solo la ha de verificar el defensor, conviene que sea poco considerable, proporcionando así el no dificultar la construcción de la obra con la de gradas ó escalones, como será necesario cuando su profundidad esceda de la magnitud señalada. Dependiendo el foso, en cuanto á su volumen, de la magnitud de sus tres dimensiones, siendo determinadas la longitud y profundidad, se deduce que su latitud será variable, siendo tanto mayor, cuanto mayor sea la cantidad de tierras que se haya de remover para formar el parapeto.

39. Se ejecutan esta clase de atrincheramientos cuando se construye la obra bajo el fuego enemigo, porque interesando en este caso cubrir cuanto antes á los trabajadores, esta clase de atrincheramientos llena mejor el objeto que los ordinarios, por cuanto contribuyen á la vez á este fin la profundidad del foso y la altura del parapeto.

40. Las dimensiones que deben tener el foso interior y el exterior, cuando de estas dos clases los tiene el atrincheramiento, son las espesadas anteriormente en cada caso respectivo. Se construyen esta clase de obras cuando se dispone de poco tiempo y de muchos brazos, porque distribuyendo los trabajadores necesarios tanto en el foso interior como en el exterior, se emplea en general la mitad del tiempo en escavar las tierras necesarias para la formación del parapeto.

41. Queda dicho lo que se entiende por pié y cresta de



un declivio, pero falta advertir que algunas de estas líneas toman nombres particulares, que por la frecuencia con que se usan es forzoso no ignorar. Se hallan en este caso: Primero: la interseccion del declivio interior con el superior, que ademas de llamarse cresta de uno ó del otro declivio, recibe tambien el nombre de *majistral*, *cresta interior del parapeto y línea de fuego*, llamándose majistral por que á su trazado se refiere ordinariamente el de las demas aristas; cresta interior del parapeto por ser la arista mas elevada de la obra y estar colocada por su parte interior; y línea de fuego se denomina, porque desde ella parten los disparos que los defensores hacen sobre sus enemigos, dependiendo de su magnitud el número de estos mismos disparos. Segundo: Tambien á la interseccion del declivio superior con el exterior, ademas del pié del primer declivio ó cresta del segundo, se la conoce con el nombre de *cresta exterior del parapeto*.

42. Se llama *relieve* de una obra á la altura total de la construccion, contada desde el fondo del foso hasta la majistral: de aquí se deduce que el relieve de un atrincheramiento estará espresado por la suma de la profundidad de su foso con la altura interior de su parapeto. Se entiende por *dominacion* de una obra, la altura que su parapeto tiene sobre el terreno: tambien se dice que una obra tiene dominacion sobre otra situada en sus inmediaciones, cuando el parapeto de la primera es mas elevado que el de la segunda, respecto de un mismo plano de comparacion: la dominacion en este caso está espresada por la diferencia entre las alturas de los dos parapetos referidas al mismo citado plano.

#### Artículo segundo.

43. **E**L dibujo merece llamar muy particularmente la atencion de los que se dedican al estudio de la fortificacion: evidencia esta proposicion, no solo el interés con que le miran los ingenieros de todas las naciones, sino tambien la



necesidad de comprender en su conjunto y hasta en sus últimos detalles una construcción cualquiera; y es preciso convenir, en que para llenar este importante objeto, el dibujo es una escritura á la que las mas veces ninguna otra puede suplir.

Cuando á un cuerpo se le quiere representar sobre un plano, pueden usarse dos diferentes especies de dibujos: del de imitación, en el que se presenta la vista del cuerpo con el auxilio de la perspectiva, y del dibujo geométrico ó de proyección, en el que se presentan con toda exactitud las dimensiones de un objeto, si bien se altera la vista de este mismo cuerpo. Cada una de estas dos especies de dibujo tiene propiedades que le son características y que hacen al uno preferible sobre el otro, segun el objeto que se ha de llenar. Asi en la pintura, la perspectiva llena satisfactoriamente el objeto que se propone el artista; pero si se trata de dar á conocer la distribución de un edificio, de preparar un proyecto de construcción, de representar una grande estension de terreno, es preferible el dibujo geométrico, porque en estos casos y en otros análogos, no son vistas lo que se necesitan, sino medidas exactas. Sin embargo, todavía se une la perspectiva al dibujo geométrico en muchos planos militares, por cuya razon, si bien el dibujo geométrico es el que con preferencia debe poseer un oficial, se comprende la necesidad de no descuidar el estudio del de imitación, si quiere llenar cumplidamente las diversas comisiones de que puede estar encargado.

44. En el dibujo de la fortificación, pueden considerarse tres partes: la parte geométrica, la parte gráfica y el lavado; solamente la primera debe ocuparnos en este ensayo.

Siendo el objeto de la parte geométrica del dibujo, el fijar la posición exacta de los puntos, de las rectas y de las superficies que determinan las formas de una fortificación, parece á primera vista que el método de las proyecciones debía llenarle cumplidamente; pero es fácil convencerse de que no es asi en la realidad.



45. La proyeccion horizontal es á propósito para expresar las formas de una obra de fortificacion , porque las superficies que terminan esta clase de obras , no se cubren unas por otras , y existe una grande analogía entre la proyeccion horizontal de una obra y su desarrollo ; de manera que la proyeccion horizontal hecha con detencion y lavada segun las convenciones sancionadas por el uso , representa con bastante precision , las mas veces , el objeto propuesto.

46. No sucede lo mismo con la proyeccion vertical , porque cualquiera que sea la direccion de este plano de proyeccion , en casi todos los casos se presentarán en él unas superficies cubiertas por otras , y esto necesariamente ha de producir confusion. Además , la exactitud en las dimensiones horizontales es sin disputa importante ; sin embargo un pequeño error en la apreciacion de una de ellas no es de graves consecuencias , y en general en nada perjudicará á las propiedades defensivas de la obra que se construyera , segun el dibujo algun tanto inexacto ; pero no sucede lo mismo en las dimensiones verticales , porque siendo mucho mas pequeñas que las horizontales , un ligero error en su apreciacion es de mas influencia , en atencion á la poca elevacion de los objetos que deben batir los fuegos del atrincheramiento.

47. Los defectos de confusion é inexactitud que en general se presentan en la proyeccion vertical de una obra , se han procurado remediar , construyendo muchas proyecciones verticales y usando de mayor escala en la proyeccion vertical que en la horizontal. Lo primero , si bien simplifica á cada proyeccion , dificulta la formacion de una idea exacta del conjunto de la obra , por la necesidad de la combinacion de todas estas proyecciones : lo segundo , es incómodo por tener que considerar á la vez dos dibujos de escala diferente. De lo dicho se deduce , que la proyeccion vertical no llena cumplidamente su objeto en la fortificacion ; sin embargo , esta proyeccion facilita mucho la inteligencia de una obra cuando conviene hacer bien remarcables sus relieves y la relacion que sus diferentes partes tienen con el terreno ;



es indispensable para la espresion de los detalles de construccion en mampostería ; y en obras regulares y sencillas basta en general su combinacion con la proyeccion horizontal de la misma obra , para dar una idea de ella suficientemente exacta. Asi es, que apenas hay plano á quien no acompañe alguna ó algunas proyecciones verticales , bien en su mismo papel , bien en hoja separada.

48. Estas proyecciones verticales reciben el nombre de *perfiles*. Si la línea de tierra es perpendicular á la proyeccion horizontal de la majistral , el perfil se llama *recto* , y si la línea de tierra es oblicua respecto de esta proyeccion , el perfil se llama *oblicuo*.

49. El medio empleado para suplir la proyeccion vertical, consiste en añadir á la proyeccion horizontal de una obra las *cotas* de altura de todos sus puntos. Al plano, asi adicinado , se le llama *plano acotado*, y abraza todos los elementos necesarios para construir en relieve el objeto representado. En un plano acotado se representan de una manera rigurosamente exacta las dimensiones verticales, y en esto consiste principalmente la ventaja que este nuevo dibujo tiene sobre el antiguo, para llenar el objeto que ambos se proponen.

50. PROB. Construir el perfil recto de un atrincheramiento.

*Primer caso.* Atrincheramiento regular y ordinario. Representétese por  $e$  el espesor del parapeto , por  $a$  la altura del

mismo , por  $b$  la latitud de la banqueta , por  $\frac{n}{1}$  la relacion

entre base y altura del declivio superior , y por  $\frac{4}{m}$  la rela-

cion entre base y altura del declivio exterior. Constrúyase la escala á que se quiera arreglar el perfil , y tómense segun ella y las condiciones á que tenga que satisfacer el atrincheramiento , las magnitudes  $e$  ,  $a$  ,  $b$  ,  $m$  ,  $n$ . La determinacion de las tres primeras cantidades no ofrece dificultad , y para fijar en cada caso particular los valores de  $m$  ,  $n$  , márquese



de antemano la relacion que se quiere exista entre base y altura en cada uno de los declivios superior y exterior; compárese cada una de estas relaciones con su correspon-

diente  $\frac{n}{l}$  y  $\frac{l}{m}$  segun sea el declivio superior ó exterior; de

estas comparaciones resultarán dos proporciones, y en cada una de ellas tres términos conocidos y uno solo desconocido, que serán  $m$  y  $n$ , que se podrán determinar. Hecho esto, trácese la línea de tierra del perfil que se quiere construir, y sea  $LA$  esta línea (fig. 1.<sup>a</sup>); elijase en ella un punto cualquiera,  $d$  por ejemplo, y sea este punto la proyeccion horizontal de la traza vertical de la majistral; esta traza estará en la perpendicular á la línea de tierra levantada en  $d$ , y á una distancia de este punto igual á la altura interior del parapeto  $a$ ; sea  $Dd$  esta altura con arreglo á la escala adoptada; se habrá obtenido en  $D$  la traza vertical de la espresada arista. Tómesese sobre la línea de tierra y hácia el exterior de la obra desde  $d$  una magnitud igual al espesor  $e$  del parapeto; sea esta, con arreglo á la escala, la  $dp$ ; será  $p$  la proyeccion horizontal de la traza vertical de la cresta exterior del parapeto: esta traza estará en la perpendicular á la línea de tierra levantada en el punto  $p$  y á una distancia de este punto igual á la altura exterior del parapeto. Esta altura es igual á la interior  $a$  del parapeto, menos la diferencia que entre las dos alturas existe: esta diferencia es determinada, puesto que es la altura de un triángulo rectángulo, en el que la base es conocida é igual al espesor  $e$ , y además se sabe que este triángulo formado por una horizontal que se puede concebir, tirada por la traza vertical que se busca, sirve para apreciar el grado de inclinacion del declivio superior, y por consiguiente que la relacion que existe entre base y altura de dicho triángulo es igual

á  $\frac{n}{l}$ : luego la altura exterior será conocida, y sea por ejemplo igual á  $Ep$ : tendremos en  $E$  la traza vertical que se



busca. Si se quiere una expresion general de la altura este-  
rior del parapeto, concébase por  $E$  una horizontal que cor-  
tará á  $Dd$  en un punto  $d''$ , y uniendo los puntos  $E$  y  $D$ ,  
resultará el triángulo  $DEd''$ , rectángulo en  $d''$ , y en el que,  
por lo dicho anteriormente, resultará la proporcion

$$n : 1 :: Ed'' : Dd'' :: e : Dd'' \text{ de donde } Dd'' = \frac{e}{n} \text{ y}$$

$$\text{será } dd'' = Ep = Dd - Dd'' = a - \frac{e}{n} = \frac{an-e}{n}.$$

51. En la línea de tierra, desde  $p$ , y hácia la campaña,  
tómese una magnitud  $pF$  igual á la base del declivio este-  
rior del parapeto. Para determinar el verdadero valor de  $pF$   
obsérvese que

$$1 : m :: pF : Ep \text{ de donde } pF = \frac{Ep}{m}$$

y sustituyendo en vez de  $Ep$  su expresion será

$$pF = \frac{1}{m} \times \frac{an-e}{n}$$

52. Desde  $d$ , en la línea de tierra y hácia el interior de  
la obra, tómese la  $dc = d'C =$  base del declivio interior:  
esta base es ordinariamente en campaña un tercio de  $Dd' =$   
altura de apoyo  $= 1^m, 25$ : luego será

$$dc = \frac{1}{3} \times 1^m, 25 = 0^m, 42 :$$

será  $c$  la proyeccion horizontal de la traza vertical del pié  
del declivio interior: esta traza estará en la perpendicular  
á la línea de tierra levantada en  $c$ , y á una distancia  
de este punto igual á la altura de la banqueta, que es  
conocida, por ser igual á la altura  $a$  del parapeto menos la  
altura de apoyo: esto es,  $a - 1^m, 25$ ; y sea, segun escala,  
 $cC = dd'$  esta magnitud: será  $C$  la traza vertical buscada.

53. A partir de  $c$  en la línea de tierra, tómese la  $cb$ ,





igual á la latitud de la banqueta; y será  $b$  la proyección horizontal de la traza vertical de la cresta de la subida á la banqueta: levántese en  $b$  una perpendicular á la línea de tierra, y en ella desde  $b$  tómesese una magnitud  $Bb=Cc$ ; y por un razonamiento análogo al empleado en los casos anteriores resultaría que  $B$  será la traza vertical buscada.

54. Desde  $b$  y en la línea de tierra, tómesese una magnitud  $bA$  igual á la base del declivio de subida de banqueta, que es duplo de su altura  $Bb$ ; y será  $A$  la traza vertical del pié del declivio de subida á la banqueta.

55. Únanse por medio de rectas las trazas verticales de las diferentes aristas del parapeto  $A, B, C, D, E$  y  $F$ , y resultará construido el perfil recto del parapeto, y estas rectas serán las trazas verticales de los planos que le terminan.

56. No habrá dificultad, teniendo en cuenta lo que antecede, las tablas de penetracion de los proyectiles y el objeto y demás circunstancias á que la obra tiene que satisfacer, en construir los perfiles rectos de parapetos de atrincheramientos regulares y ordinarios, capaces de resistir al fuego de fusilería ó al de artillería tambien, y aun en este último caso, sería fácil acomodarles al calibre de las piezas con que pudieran ser batidos.

57. Para construir el perfil recto del foso, es preciso determinar el área del perfil recto del parapeto: sea  $S$  esta área. Entre las diversas descomposiciones que pueden hacerse del perfil del parapeto, con el objeto de determinar su área, es de las mas convenientes, el considerarle formado por el triángulo  $EpF$  y los trapecios  $EpDd$ ,  $dcCD$  y  $cCBA$ ; de modo que será  
 $S = \text{triáng. } EpE + \text{trap. } EpdD + \text{trap. } dcCD + \text{trap. } cCBA$ ,  
 y hallando separadamente las áreas de estas figuras, resultará

$$\text{Triáng. } EpF = \frac{1}{2} Ep \times pF = \frac{1}{2m} \left( \frac{an-e}{n} \right)^2$$



$$\text{Trap. } EpdD = dp \times \frac{Dd + Ep}{2} = ae - \frac{e^2}{2n}$$

$$\text{Trap. } dcCD = cd \times \frac{Cc + Dd}{2} = 0,42 a - 0,26$$

$$\text{Trap. } cCBA = cC \times \frac{Ac + BC}{2} = (a - 1^m, 25)^2 + b(a - 1^m, 25)$$

Y substituyendo en la expresion de  $S$ , en vez de las figuras, estos valores, resultará

$$S = \frac{1}{2m} \left( \frac{an - e}{n} \right)^2 + ae \frac{e^2}{2n} + 0^m, 42 a - 0^m, 26 +$$

$$(a - 1^m, 25)^2 + b(a - 1^m, 25) \quad (1).$$

58. Para continuar la construccion del perfil con la parte correspondiente al foso, representese por  $t$  la base que tendría un declivio por unidad de altura, en la natural inclinacion de las tierras: es indudable, que si se representa por  $p$  la profundidad del foso, será  $t : t :: p : a$  la base que correspondería á la escarpa y contraescarpa, siempre que la inclinacion de estos declivios fuese la natural de las tierras; de donde resultaría esta base igual á  $tp$ : pero segun queda dicho, la base del declivio de escarpa es  $\frac{2}{3}$  de la que le correspondería en la inclinacion natural, y la de contraescarpa  $\frac{1}{2}$  de la que le correspondería en esta misma inclinacion, luego será

$$\text{Base del declivio de escarpa} = \frac{2}{3} tp.$$

$$\text{Base del declivio de contraescarpa} = \frac{1}{2} tp.$$

59. Si representamos por  $l$  la latitud superior del foso y por  $l'$  su latitud inferior, será  $l' = l - \frac{7}{6} tp$ . Es digno de



observarse que  $l'$  ó ha de ser igual á cero, ó una cantidad esencialmente positiva, porque sus valores negativos no tendrían interpretacion, y en estos dos supuestos conviene, para las discusiones sucesivas, saber qué valores corresponderán á  $p$ : si  $l' = 0$ , será  $p = \frac{6}{7t} l$ ; y si  $l' > 0$ , será  $p < \frac{6}{7t} l$ , de donde se deduce que nunca el valor de  $p$  podrá ser mayor que  $\frac{6}{7t} l$ .

60. Sea  $S'$  el area del perfil recto del foso, será segun manifiesta la misma fig. 1.<sup>a</sup>

$$S' = \text{triáng. } GHh + \text{rectáng. } hHYi + \text{triáng. } iYK$$

pero  $\text{triáng. } GHh = \frac{1}{3} tp^2$

$\text{rectáng. } hHYi = p(l - \frac{7}{6} tp)$

$\text{triáng. } iYK = \frac{1}{4} tp^2$

y substituyendo, resultará  $S' = p(l - \frac{7}{12} tp)$  (2)

61. En esta ecuacion (2) entran las cantidades  $S'$ ,  $p$ ,  $l$ ; conocidas dos de ellas quedará por esta relacion determinada la otra:  $S'$  siempre es conocida, cuando se ha fijado el área del perfil recto del parapeto, como veremos muy pronto, y las cantidades  $p$  y  $l$  son tales que por su naturaleza y circunstancias de la obra, queda determinada una de las dos en casi todos los casos. Si  $p$  es conocida, la ecuacion (2)

$$\text{dará } l = \frac{7}{12} tp + \frac{S'}{p} \quad (3)$$

Si es conocida  $l$ , la misma ecuacion determina  $p$  y será

$$p = \frac{6}{7t} (l \pm \sqrt{l^2 - \frac{7}{3} t S'}) \quad (4)$$



62. Si  $l$  y  $p$  son indeterminadas, también es indeterminada la ecuación (2); y es preciso por medio de tanteos, hallar los sistemas de valores de  $l$  y  $p$  que satisfagan la cuestión, y este número de tanteos será, en general, muy reducido, en atención á ser muy pequeña la diferencia entre los límites de los valores que puede  $p$  admitir.

63. Pero antes de pasar mas adelante será muy conveniente observar la expresión (4): esta dá para  $p$  dos valores que serán siempre reales, pues que la cantidad á que afecta el radical será una cantidad siempre positiva. En efecto, si

en esta expresión  $l^2 - \frac{7}{3} tS'$ , se sustituye en vez de  $S'$  su igual

deducido de la ecuación (2), resultará  $l^2 - \frac{7}{3} tS' = (l - \frac{7}{6} tp)^2 =$

$l'^2$ ; pero  $l'$  es una cantidad positiva ó igual á cero; luego los valores de  $p$  serán siempre reales. Estos dos valores de  $p$  son siempre positivos, como es fácil ver en la ecuación preparada que inmediatamente produjo dichos valores: efectivamente, siendo positivo el término constante en el primer miembro de dicha ecuación, las dos raíces serán de un mismo signo, y éste será el positivo, pues que el término en que entra la primera potencia de la incógnita, es negativo en el primer miembro de la citada ecuación. Parece á primera vista que ambos valores de  $p$  deben satisfacer al problema, pero con poco que se fije la atención se verá que esto es imposible, considerando que determinado el volumen del foso y dos de sus dimensiones, su longitud y latitud, la otra dimensión, que es su profundidad, no puede tener sino un solo y determinado valor. Para determinar cuál de los dos valores de  $p$  (4) satisface al problema, obsérvese que

uno es mayor que  $\frac{6}{7t} l$  y el otro menor que esta cantidad,



y como segun lo analizado anteriormente,  $p$  ha de ser menor, ó cuando mas igual á  $\frac{6}{7l} l$  resulta que la cuestion no tiene

mas que una solucion, y esta es  $p = \frac{6}{7l} (l - \sqrt{l^2 - \frac{7}{3} l S'})$  (5).

64. Resta hallar una expresion de  $S'$  en funcion de  $S$ : esto lo proporciona la consideracion de que el parapeto y el foso son de forma prismática, y concretándonos primero á una porcion de atrincheramiento que se estienda en línea recta, los dos prismas serán de igual longitud ó altura, y por consiguiente sus volúmenes serán entre sí como sus bases ó sus secciones rectas ó sus perfiles rectos. Si las tierras, al escavarlas, no aumentasen su volúmen, las dos expresiones  $S$  y  $S'$  serian iguales; pero como al efectuar la mencionada operacion, resulta siempre un aumento de volúmen, como es fácil observar si se forma un hoyo y las tierras por él producidas y cuidadosamente guardadas, vuelven á meterse en la escavacion de donde se sacaron, porque resultará un sobrante de tierras mas ó menos grande, segun la mayor ó menor resistencia de estas mismas tierras: es indudable que deberá tenerse en cuenta este aumento de volúmen, en la relacion que se forme entre  $S$  y  $S'$ , si se quiere que el foso produzca solo las tierras necesarias para la construccion del parapeto.

Representemos por  $\frac{1}{r}$  la relacion que el sobrante de tierras producido por una unidad de volúmen, considerada antes de su remocion, tiene con esta misma unidad; es cierto que si cada unidad de volúmen produce un sobrante igual á  $\frac{1}{r}$ , las  $S'$  unidades, producirán  $\frac{S'}{r}$  de aumento, y las  $S$  unidades necesarias para el parapeto, equivaldrán á  $S' + \frac{S'}{r}$  produ-



cidas por las tierras sacadas del foso, de donde resultará

$$S = S' + \frac{S'}{r} \text{ ó } S' = \frac{Sr}{r+1}$$

65. La fracción  $\frac{1}{r}$  toma diferentes valores, como queda

dicho, según sea la naturaleza de las tierras con que se opera: en las tierras ordinarias, crece desde  $\frac{1}{10}$  hasta  $\frac{1}{6}$ , siendo menor en las tierras ligeras, y aun casi nulo en la arena pura; por el contrario, en los terrenos fuertes, es mayor esta razón, aproximándose en los más resistentes á ser casi igual á la unidad.

66. De la falta de exactitud en la determinación del verdadero valor del sobrante de tierras, pueden resultar en la construcción algunos inconvenientes, de más ó menos monta, según el error que se cometa en la asignación del espresado valor. Para aproximarnos cuanto sea posible á su exacta apreciación, se puede emplear el siguiente método: ábrase con minuciosidad una escavación de base cualquiera, con tal que permita á un trabajador obrar con desahogo, y de una profundidad también cualquiera, por ejemplo, de 1<sup>m</sup>, y con las condiciones de que sus paredes sean verticales y su fondo horizontal: las tierras que produce esta escavación, reúnanse y consérvense con cuidado; profundícese de nuevo esta escavación una cantidad mayor de la que se presuma ocupará el sobrante de las tierras sacadas primeramente, continuando con el cuidado de que las paredes y fondo tengan también las condiciones prescritas: las tierras producidas por esta segunda escavación no es necesario conservarlas, y las que se guardaban sacadas primeramente, se arrojan á la zanja ó pozo y se las apisona por tongadas, según se piense hacer en el parapeto, cuidando al terminar la operación que su superficie superior sea horizontal. Por la parte vacía de la zanja se conoce la altura del relleno, y el exceso que esta altura tenga sobre la profundidad de la primera escavación, que en nuestro caso es 1<sup>m</sup>, espresa



el sobrante que dan las tierras sobre que se ha operado: hállese la relacion que existe entre este exceso y  $1^m$ , y esta relacion será igual á  $\frac{1}{r}$  y servirá para determinar á  $r$ .

67. La razon de este procedimiento se comprende fácilmente, si se considera 1.º que la primera escavacion, por sí sola, esta y la segunda juntas, y las tierras sacadas de la primera, apisonadas dentro de la zanja, forman tres prismas todos de igual base; 2.º que el primero y tercer prisma son formados por las mismas tierras, pero con la diferencia que el primero es antes de removerlas y el segundo despues de su remocion, de donde resulta, que la diferencia entre estos dos volúmenes es el aumento de volúmen que han tomado al removerlas las tierras de la primera escavacion, y la relacion que tenga este volúmen del aumento con el del primer prisma, que será la misma relacion que exista entre sus alturas, puesto que los dos prismas tienen bases iguales, será la relacion  $\frac{1}{r}$  que se buscaba.

68. Determinada ya  $S'$ , en funcion de  $S$ , puede substituirse su valor en las espresiones (3) y (5), las que directamente despues de obtenido el valor de  $S$ , darán, segun su caso, el valor de  $l$  ó el de  $p$  y será

$$l = \frac{7}{12} tp + \frac{Sr}{p(r+1)} \quad (6)$$

$$p = \frac{6}{7t} \left( l - \sqrt{l^2 - \frac{7}{3} \frac{tSr}{r+1}} \right) \quad (7)$$

69. Antes de dar por terminada la construccion del perfil, es preciso cerciorarse de que la prolongacion del declivio superior del parapeto no pasa sobre la cresta de la contraescarpa á mas altura que  $0^m,83$ . Con este objeto se compararán los triángulos rectángulos  $ED d'$ ,  $Ldd$  y  $LKN$ , que son semejantes: formando proporcion con los catetos de los dos



primeros, quedará determinada  $Ld$ ; y de la proporcion análoga en los dos últimos triángulos, se deducirá el valor de  $NK$ , teniendo en cuenta que es  $LK = Ld - pd - pF - GF - GK$ . Si  $NK$  es igual ó menor que  $0^m,83$ , el perfil estará bien construido en cuanto á la inclinacion de su declivio superior, si no es asi deberá aumentarse la inclinacion de este declivio, ó aumentar, si es posible, la latitud superior del foso hasta que se verifique la espresada condicion respecto del valor de  $NK$ .

70. 2.<sup>o</sup> caso. Construir el perfil recto de un atrinchamiento regular, pero cuyo foso sea interior. La construccion de la parte de este perfil correspondiente al parapeto, es en todo idéntica á la de la misma parte en el caso anterior: tambien han de observarse los mismos principios en la construccion del perfil del foso, pero teniendo en cuenta que en este caso su profundidad  $p$  debe ser, siempre que sea posible, de  $0^m,5$ ; que la base del declivio inmediato al parapeto ha de ser dupla de  $p$ , que es su altura, á no ser que se construyan gradas ó escalones; y que la base del declivio opuesto ha de ser la que corresponda á la inclinacion natural de las tierras.

71. En muchas ocasiones el parapeto que se construye en estos casos no tiene mas altura que la de apoyo, sirviendo la berma de banqueteta, y aun ocurre tambien con frecuencia que el declivio superior se prolongue hasta encontrar al terreno. Estas modificaciones, lejos de complicar la investigacion del área del perfil recto del parapeto, la simplifican considerablemente. La inspeccion de las figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> indican suficientemente la resolucion de estos problemas particulares.

72. 3.<sup>er</sup> caso. Construir el perfil recto de un atrinchamiento regular con foso interior y foso exterior. La resolucion del problema en este caso, tampoco ofrece dificultad alguna, teniendo en cuenta que las condiciones á que el parapeto y los fosos tienen que satisfacer, son respectivamente las mismas que en los dos casos anteriores; solamente debe añadirse á lo dicho anteriormente, que te-



niendo ambos fosos que suministrar las tierras para el parapeto, será necesario determinar de antemano la parte con que ha de contribuir cada uno de ellos. Si cada uno de los fosos ha de dar la mitad de las tierras necesarias para la construcción del parapeto, se calcula el perfil recto de cada foso como si correspondiera á un parapeto, cuyo perfil recto tuviese por área la mitad de la del verdadero. Pero si no fuesen iguales las áreas de los perfiles rectos de ambos fosos, se marcaría de antemano la relación que cada una de ellas debía tener con la del parapeto, y esta relación determinaría el perfil recto del foso correspondiente. La figura 4.<sup>a</sup> presenta el perfil recto de un atrincheramiento de esta clase.

73. PROBLEMA. Construir la proyección horizontal de un atrincheramiento regular, ya sea ordinario, ya sea extraordinario.

Un atrincheramiento está limitado en el sentido de su latitud y en el de su altura por los declivios que se han mencionado al hablar de los perfiles, pero en el sentido de su longitud son terminados por otros declivios llamados *laterales*; estos son las intersecciones de planos, convenientemente inclinados al horizonte, con los prismas formados por el parapeto y por el foso. De aquí se deduce que la proyección horizontal de un atrincheramiento se compone de la proyección de las líneas que limiten los planos que hemos considerado en el parapeto y en el foso, que son las aristas, y de la proyección horizontal de las secciones causadas en el mismo parapeto y foso por los declivios laterales.

74. PROYECCION HORIZONTAL DE LAS ARISTAS. Al determinar esta proyección pueden presentarse dos casos: 1.<sup>o</sup> Dado el perfil recto de una obra, construir la proyección horizontal de sus aristas; 2.<sup>o</sup> Dada la proyección horizontal de la magistral y el perfil ó las condiciones que la obra ha de llenar, construir la proyección horizontal de sus aristas.

75. *Primer caso.* Sea  $LT$  la traza del perfil dado y sea este el  $ABCDEFGHIYK$  (fig. 5.<sup>a</sup>). Siendo el atrinche-



miento regular, sus aristas son perpendiculares al plano del perfil recto, luego sus proyecciones horizontales serán perpendiculares á la traza de este plano.  $A$  es la traza vertical del pié del declivio de subida á la banqueta y su proyeccion horizontal será un punto de la proyeccion horizontal de esta arista; pero  $A$ , por ser punto de la línea de tierra, está horizontalmente proyectado en sí mismo, luego si por  $A$  se levanta la  $AA''$  perpendicular á  $LT$ , esta perpendicular representará la proyeccion horizontal del pié del declivio de subida á la banqueta.  $B$  es la traza vertical de la cresta del mismo declivio, si por este punto se baja una perpendicular á la línea de tierra, su pié  $B'$  será la proyeccion horizontal de esta traza, y por consiguiente un punto de la proyeccion horizontal de dicha arista, y la  $B'B''$ , perpendicular á la línea de tierra, será la proyeccion que se busca de la misma arista. La continuacion del mismo razonamiento nos conducirá á trazar la  $C'C''$ , proyeccion horizontal del pié del declivio interior, la  $D'D''$  proyeccion horizontal de la magistral, y así sucesivamente se trazarán las proyecciones horizontales de las demás aristas del atrincheramiento y la cuestion estará resuelta.

76. 2.º caso. Sea  $DD'$  (fig. 6.<sup>a</sup>) la proyeccion horizontal de la magistral de una obra cuyo perfil se nos dé tambien, y sea este el de la fig. 5.<sup>a</sup> Las aristas de este atrincheramiento, por ser regular, son todas paralelas entre sí, luego sus proyecciones horizontales tambien serán paralelas; y conocidas las distancias horizontales que las separan, podrán trazarse dichas proyecciones: estas distancias horizontales las proporciona el perfil y son iguales á las distancias entre las proyecciones horizontales de las trazas verticales de las respectivas aristas; luego trazando la  $MN$  (fig. 6.<sup>a</sup>) perpendicular á la proyeccion horizontal de la magistral  $DD'$  que se nos dá, y tomando en dicha perpendicular las magnitudes  $dc, cb, ba, de, \dots$  iguales á las distancias horizontales que separan las aristas, y tirando por los puntos  $c, b, a, e, \dots$  rectas perpendiculares á la  $MN$  ó paralelas á la  $DD'$ , estas represen-



tarán las proyecciones de las aristas del atrincheramiento.

77. Si en vez de darnos el perfil recto del atrincheramiento se nos hubieran determinado las condiciones á que la obra tiene que satisfacer, se puede resolver la cuestion ó bien reduciéndola al caso anterior, construyendo antes el perfil recto de la obra con las condiciones dadas, ó bien deducir directamente de estas mismas condiciones la magnitud de las distancias horizontales que separan las aristas del mismo atrincheramiento. Esto último es muy fácil de hacer, atendiendo á que por las condiciones á que la obra debe satisfacer, quedarán determinada la altura y el espesor del parapeto, la latitud de la banqueta, la inclinacion de los declivios superior y exterior y la profundidad y latitud superior del foso, y no hay dificultad en deducir de estas dimensiones y relaciones, la magnitud de las distancias horizontales que se buscan.

78. Si en vez de ser una recta la proyeccion horizontal de la magistral fuese una línea poligonal ó brisada, se verificaría en cada porcion de atrincheramiento que se estienda en línea recta, la misma construccion que se acaba de explicar, y se hallaría la proyeccion horizontal de las aristas.

79. La interseccion de los declivios de contraescarpa frente de un ángulo saliente, no será una línea de máxima pendiente de estos declivios, y como por ser los puntos mas avanzados de la obra y por otras razones que despues se espresarán, son los salientes á donde el enemigo dirige con preferencia sus ataques, resulta que encontrará mucha facilidad en descender al fondo del foso, si no se hiciera ninguna rectificacion en la union de los dos citados declivios. Para evitar este inconveniente, se traza desde el punto de interseccion de los pies de escarpa y con un radio igual á la latitud inferior del foso, un arco del círculo: este arco será tangente á los pies de los declivios de contraescarpa, y la parte de este arco comprendida entre los puntos de contacto, determina el pie del declivio de contraescarpa en la rectificacion que se hace; para determinar la proyeccion horizontal de la cresta de estos declivios, se hace centro en la proyeccion del



punto de encuentro de las crestas de escarpa, y con un radio igual á la latitud superior del foso, se traza un arco de círculo, cuya parte comprendida entre sus puntos de contacto con las proyecciones de las crestas de contraescarpa, determina también la proyeccion de esta arista (fig. 7.<sup>a</sup>).

Pueden también hacerse rectificaciones análogas en las intersecciones de los declivios de escarpa y en la de los exteriores; principalmente en la primera, será muy conveniente, para dificultar al enemigo su salida del foso.

80. PROYECCION HORIZONTAL DE LAS SECCIONES CAUSADAS POR LOS DECLIVIOS LATERALES. Estas secciones, tanto en el parapeto como en el foso, son polígonos; y sus proyecciones horizontales quedarán determinadas, cuando lo estén las de sus vértices, uniendo estas entre sí convenientemente por medio de rectas.

Los vértices de estos polígonos están cada uno en una de las aristas del parapeto ó foso, luego serán las intersecciones de estas aristas con los declivios laterales.

81. Para determinar la proyeccion horizontal de estas intersecciones, podemos valernos de varios medios, pero nos concretaremos á hacerlo de dos maneras.

82. 1.<sup>er</sup> medio. Para resolver este problema por medio de la descriptiva, se necesitan las trazas del plano y las proyecciones de la recta. De las dos trazas del plano, la horizontal puede considerarse siempre como conocida; porque determinado un punto del terreno por donde deba pasar, ó será indiferente su direccion ó estará sujeta á algunas condiciones: si lo primero, concíbese esta traza perpendicular á la direccion del atrincheramiento, que es lo mas comun y sencillo; si se verifica lo segundo, estas mismas condiciones fijarán su direccion: por ejemplo, si la obra debe terminar en la orilla de un rio, de un barranco, &c. la tangente á la curva que ordinariamente formará la proyeccion horizontal de esta orilla, será una buena direccion para la traza de que se trata; si el terreno presenta al enemigo una posicion notablemente favorable para el emplazamiento de la artillería



con que se proponga batir la obra, entonces la traza horizontal del declivio lateral debe dirigirse á esta misma posicion ó separarse muy poco de ella, porque de este modo se opondrá al choque de los proyectiles enemigos, el mayor macizo de tierras y por consiguiente su destruccion será mas difícil: de un modo análogo se procederá cualesquiera que sean las condiciones que el problema presente, cuidando siempre de satisfacer á esta última circunstancia del mejor modo posible.

83. Los declivios laterales, ó tendrán la inclinacion natural de las tierras, que es lo mas comun, ó por circunstancias particulares se les dará una inclinacion mayor, sosteniendo las tierras por los medios que mas adelante se dirán: en ambos casos, su ángulo de inclinacion sobre un plano horizontal, será determinado. Conocida la traza horizontal del plano del declivio lateral y su ángulo de inclinacion al horizonte, quedará tambien determinada su traza sobre un plano vertical, de posicion determinada: y se presentarán dos casos; ó que la línea de tierra sea perpendicular á la traza horizontal del plano del declivio lateral, ó que le sea oblicua: ninguno de los dos casos ofrece dificultad, pero siendo el primero mas sencillo, se trazará la línea de tierra perpendicular á la traza horizontal dada, si puede disponerse de su posicion á arbitrio. A este plano vertical de proyeccion, se le llama comunmente *plano de elevacion*.

84. De las dos proyecciones de cada una de las aristas, es conocida la horizontal; y se construirá la vertical, hallando la de un punto de ella si es horizontal la arista, ó se hallarán las de dos de sus puntos, cualquiera que sea su posicion. Determinadas las trazas del plano del declivio lateral y las proyecciones de las aristas del foso y del parapeto, se podrá hallar la proyeccion horizontal del punto de encuentro de cada una de las aristas con dicho plano, y serán (fig. 8.<sup>a</sup>) los *a, b, c, d, e, f, g, h, m, n*, que unidos convenientemente por medio de rectas, será *abcdef* la proyeccion horizontal de la seccion que causa el referido declivio en el parapeto, y *ghmn* la que causa en el foso.



85. 2.º *medio*. Este mismo resultado se hubiera podido conseguir por las consideraciones siguientes, sin necesidad del plano de elevacion. Los datos en este método, son la traza horizontal del plano de los declivios laterales, su ángulo de inclinacion al horizonte y las proyecciones horizontales de las aristas.

Para un mismo ángulo de inclinacion, podrán ocurrir dos casos: que la traza horizontal del declivio lateral sea perpendicular respecto de la proyeccion horizontal de la arista que se considera; ó que dicha traza sea oblicua respecto de esta proyeccion.

86. En el primer caso, concíbese la proyectante del punto de encuentro de la arista con el plano, y por esta proyectante, un plano perpendicular á la traza horizontal del declivio lateral: este plano será vertical; su traza horizontal será perpendicular á la del declivio lateral; y con esta traza, la proyectante del punto de encuentro de la arista con el plano del declivio y la comun interseccion de los dos planos citados, se originará un triángulo rectángulo, que será determinado, puesto que se conocerá un cateto, que es la proyectante, y el ángulo agudo que se le opone, que es el de inclinacion del declivio lateral. Si formamos un ángulo recto y á partir desde su vértice en uno de sus lados, tomamos, con arreglo á la escala del plano, una magnitud igual á la proyectante, y por su extremo trazamos otra recta que forme con la magnitud tomada, un ángulo complemento del de inclinacion del declivio lateral, esta recta interceptará en el otro lado del ángulo recto, una magnitud igual, segun escala, á la base del triángulo rectángulo considerado. Sea (fig. 9.ª)  $LT$  la proyeccion horizontal de la arista que se considera y  $AB$  la traza horizontal del plano del declivio lateral: si  $AB$  es perpendicular á  $LT$ , el plano perpendicular á  $AB$ , que se concibe por la proyectante del punto de encuentro de la arista con el declivio lateral, es el mismo plano proyectante de la arista sobre el horizontal de proyeccion, porque ambos pasan por el citado punto de encuentro y son perpendiculares á la  $AB$ : luego la



base del triángulo rectángulo que se ha considerado, estará en la  $LT$ . Sea  $b'c'$  la magnitud de la proyectante con arreglo á escala, y sea  $b'c'a'$  complemento del ángulo de inclinacion del declivio lateral y además sea recto el ángulo  $a'b'c'$ ; en este supuesto  $a'b'$  marcará, por medio de la escala, la distancia á que la proyeccion horizontal del punto de encuentro de la arista con el plano, está de la traza horizontal  $AB$  de este plano del declivio; tomándola pues desde  $b$ , en la direccion conveniente sobre la  $LT$ , por ejemplo, hácia  $L$ , en su extremo  $a$  determinará la proyeccion horizontal del punto de encuentro, que es lo que se busca. Del mismo modo se hallarán las proyecciones horizontales de los puntos de encuentro de las aristas con el declivio lateral, si las proyecciones horizontales de estas aristas son perpendiculares á la traza horizontal del espesado declivio, y para evitar la construccion de un triángulo por cada arista que se considere, bastará tomar en la  $b'c'$ , á partir de  $b'$  magnitudes iguales á las alturas de dichas aristas sobre el plano horizontal de proyeccion, y tirando por los puntos extremos de estas magnitudes, paralelas á  $c'a'$ , estas paralelas darán sobre  $b'a'$ , la distancia á que la proyeccion horizontal del punto de encuentro de cada una de las aristas que se considere con el declivio lateral, está de la traza horizontal de este mismo plano.

87. Si la proyeccion horizontal de la arista es oblicua respecto de la traza horizontal del declivio lateral, concíbese el mismo triángulo que en el caso anterior, pero nótese que en este caso, su base  $a'b'$  no mide la distancia á que la proyeccion horizontal del punto de encuentro que se busca, está de la traza horizontal del declivio lateral, porque el plano del triángulo y el proyectante de la recta no coinciden; pero es cateto de otro triángulo rectángulo, formado en el plano horizontal de proyeccion, con este lado, un segmento de la traza horizontal del declivio y otro de la proyeccion horizontal de la arista que se considera: este último lado, que es la hipotenusa, mide la distancia á que la proyeccion horizontal del punto que se busca está del punto de encuentro de la pro-



yeccion horizontal de la arista con la traza del declivio. Este último triángulo es tambien determinado, pues se conoce de él un cateto, base del primer triángulo, y el ángulo agudo que se le opone, que es el formado por la traza del declivio y la proyeccion de la arista. Constrúyase este triángulo y sea el  $a'c'n'$  (fig. 40.<sup>a</sup>): tómese en  $LT$  proyeccion de la arista, desde  $b$  y en el sentido conveniente, por ejemplo, hácia  $L$ , una magnitud igual á su hipotenusa  $a'n$ , y sea esta  $ba$ ; el punto  $a$  será la proyeccion horizontal del punto de encuentro de la arista con el declivio.

88. Determinadas las proyecciones de los vértices de las secciones causadas en el parapeto y foso por los declivios laterales, unánse convenientemente dichas proyecciones por medio de rectas y quedarán determinadas las mencionadas secciones.

89. *Planos acotados.* Queda dicho que en un plano acotado, se representan de una manera rigurosamente exacta, las dimensiones verticales de todas las partes principales de una obra. Se consigue esto sin confusion, porque sus aristas ó son rectas ó curvas planas; y en este caso, pueden hallarse las cotas de altura de todos sus puntos y las de cualquiera otro situado en los planos que ellas limitan, de un modo sumamente sencillo, cuyos fundamentos absolutamente precisos, vamos á demostrar.

90. Llámase *plano acotado* de una obra, á la proyeccion horizontal de la misma, con las cotas de altura de sus puntos. Estas cotas se refieren todas á un mismo plano horizontal que se llama plano general de comparacion: este plano puede ser el mismo de proyeccion. Respecto á los puntos del terreno y de la obra, puede ocupar el plano general de comparacion tres posiciones diferentes: puede tener á algunos de estos puntos en su region superior y á otros en la inferior; ó tenerlos á todos en su region inferior; ó á todos en su region superior: de estas tres posiciones, la mejor es la última, porque si tuviera el plano general de comparacion la primera de las posiciones indicadas, habria de haber cotas



positivas y cotas negativas, lo que sobre ser penoso seria tambien mas confuso: si ocupase el referido plano la segunda posicion citada, las cotas serian todas de un mismo signo, pero se contarían como las sondas, esto es, seria el punto mas elevado el que tuviera menor cota, y esto exige naturalmente mas atencion para evitar todo error. Teniendo el plano general de comparacion en su region superior, todos los puntos de la obra y del terreno que merezcan especial consideracion, será su mejor posicion cuando pase por el mas bajo de dichos puntos, porque de este modo, las cotas serán del menor valor numérico posible, lo que en algun tanto simplificará el cálculo y la escritura de estas cotas.

91. TEOR. Una recta queda determinada por las cotas de dos de sus puntos.

*Dem.* Sea (fig. 44)  $a'b'$  la proyeccion horizontal de una recta en el espacio, y sean conocidas las cotas de los puntos de esta recta, cuyas proyecciones son  $a'$  y  $b'$ . En  $a'$  levántese una vertical y tómesese en ella desde  $a'$  una magnitud igual á la cota del punto cuya proyeccion representa; sea esta magnitud la  $a'a$ ;  $a$  será un punto de la recta del espacio: hágase lo mismo en  $b'$ ; y si  $bb'$  es igual á la cota del punto cuya proyeccion es  $b'$ , dicho punto será  $b$ . La recta del espacio tendrá dos de sus puntos de posicion determinada, luego toda la recta estará determinada *Q. L. D. D.*

De esta proposicion se deduce la resolucion de los problemas siguientes.

92. PROBLEMA. Dada la proyeccion de un punto de una recta acotada, hallar la cota de este punto.

*Resol.* Sea la recta  $a'b'$ , cuyas cotas  $a'$  y  $b'$  son conocidas; y sea  $c'$  la proyeccion del punto, cuya cota se quiere determinar. Si por uno de los puntos  $a$  ó  $b$ , de cota conocida en dicha recta, por ejemplo el  $a$ , y en el plano vertical determinado por las proyectantes de dichos dos puntos, se concibe una horizontal  $ab''$ , esta horizontal cortará á la cota  $cc'$  que buscamos, en  $c''$ , uno de sus puntos. De esta construccion resultará, primero que la magnitud que se busca  $cc'$ , estará



descompuesta en las dos partes  $c'c''$  y  $c''c$ , de las cuales la  $c'c''$  es conocida por ser igual á  $aa'$ : 2.º que los dos triángulos  $ac''c$ ,  $ab''b$ , serán semejantes. Comparando los catetos de estos triángulos, se obtiene la proporción  $ac'':ab'':c''c:b''b$ . En esta proporción hay tres términos conocidos, á saber,  $ac''=a'c'$ ,  $ab''=a'b'$ , y  $b''b$  diferencia entre las cotas conocidas  $bb'$  y  $aa'$ : luego quedará determinada la  $c''c$ ; y agregando su valor á la  $c''c'=aa'$ , que es la menor de las dos cotas dadas, se tendrá la  $cc'$ , cota del punto de la recta  $ab$ , cuya proyección es  $c'$ .

93. PROB. Dada la cota de un punto de una recta acotada, hallar la proyección de este punto.

*Resol.* La misma proporción, que resolvió el problema anterior, servirá también para resolver este, debiéndose solo tener en cuenta que la incógnita es la distancia horizontal  $a'c'$ , que separa las proyecciones del punto mas bajo de los dos dados en la recta, y la del punto que se busca.

94. Cuando una recta es muy principal, bien porque tengan que buscarse las cotas de muchos puntos de ella, bien porque sea línea de máxima pendiente de un plano y sea preciso encontrar las cotas de muchos puntos de este plano, puede construirse una escala, que aunque fundada en los problemas anteriores, evite la formación de tantas diferentes proporciones. Cuando la escala se construya solo con el primer objeto, se llama *escala de pendiente de una recta*; y cuando esta recta es línea de máxima pendiente de un plano, se llama *escala de pendiente de este plano*.

Para la construcción de estas escalas bastan los problemas anteriores.

95. ESCALA DE PENDIENTE DE UNA RECTA. De esta debemos conocer las cotas de dos de sus puntos, y considerando trazada, por el mas bajo de estos puntos, una horizontal, se originará un triángulo rectángulo, como ya queda dicho en el primero de los problemas anteriores: si se conciben las proyectantes de los diferentes puntos de la recta, serán estas cortadas por la citada horizontal, y se originan unos triángulo-



los rectángulos semejantes al primeramente considerado, y por consiguiente sus catetos serán proporcionales: de aquí resulta, que si hallamos la diferencia entre las cotas de los dos puntos dados y dividimos la proyeccion horizontal de esta recta, en tantas partes iguales como unidades haya en dicha diferencia, suponiendo que esta sea un número entero, cada uno de los puntos de division, será la proyeccion de un punto, cuya cota tendrá una unidad mas ó menos que sus inmediatas por derecha é izquierda. Si cada una de estas divisiones, ó solo las que convengan, se dividen en diez partes iguales, cada uno de estos puntos de division, será la proyeccion horizontal de puntos de la recta, cuya cota se diferenciará de las de sus inmediatos en una décima de la unidad: si á cada una de estas últimas divisiones se la descompone en diez partes iguales, cada uno de estos puntos de division, representará la proyeccion horizontal de un punto de la recta, cuya cota se diferenciará de sus inmediatos por derecha é izquierda en una centésima de la unidad: del mismo modo puede continuarse dividiendo y subdividiendo cada una de estas partes, y se llegarán á obtener proyecciones horizontales de puntos de la recta, cuyas cotas se diferencien entre sí, una cantidad tan pequeña como se quiera y permita la magnitud de la escala adoptada.

96. Si en vez de ser un número entero la diferencia entre las cotas de los dos puntos dados en la recta, fuera un número fraccionario, la construccion de la escala de pendiente de la recta dada, no ofreceria tampoco dificultad; porque no habria mas que dividir la distancia que separa las proyecciones horizontales de los dos puntos acotados, en tantas partes iguales y partes de una de estas primeras partes, como espese la diferencia entre las cotas de estos mismos puntos.

97. Sea por ejemplo,  $1^m, 26$  la diferencia entre estas cotas: por cada uno de los extremos de la recta que se quiere dividir ó de otra que le sea igual, tírense dos rectas que formen con ella un ángulo cualquiera, pero cada una en diferente region de la recta que se quiere fraccionar: tómese



una magnitud cualquiera, y aplicándola desde uno de los vértices y sobre una de las rectas auxiliares que se acaban de trazar, repítase seis veces; desde el último punto de division, sobre la misma recta y en el mismo sentido, tómense doce magnitudes iguales al decuplo de la magnitud arbitraria primeramente elegida: verifíquese igual construccion sobre la otra recta auxiliar y en sentido contrario, y uniendo por medio de rectas los puntos correspondientes de ambas auxiliares, quedará por ellas dividida la recta propuesta en doce partes iguales y en seis décimas partes de una de estas: los primeros puntos de division, marcarán las proyecciones horizontales de puntos que sucesivamente se irán elevando de decímetro en decímetro; y los otros seis las de puntos que se vayan elevando de centímetro en centímetro; y no habrá dificultad por consiguiente, en determinar en la recta propuesta, los puntos de cota redonda. Acotada así la recta propuesta, cuanto permita la escala adoptada ó cuanto exija la mayor ó menor exactitud que se quiera, no habrá inconveniente en determinar la proyeccion de un punto cuya cota sea dada, ó determinar la cota cuando su proyeccion sea conocida.

98. ESCALA DE PENDIENTE DE UN PLANO. La escala de pendiente de un plano tiene por objeto determinar la cota de los diferentes puntos de este plano, cuando de ellos se conoce su proyeccion horizontal: consiste esta escala, en una recta situada en el plano, acotada en toda su estension ó en la parte que convenga; su construccion, pues, pertenecerá al caso anterior y solo resta manifestar, cuál sea su mejor posicion y el modo que se emplea para resolver la cuestion propuesta. Nos ocuparemos antes de lo segundo; y como consecuencia del método que se emplee, resultará la mejor posicion de la escala de pendiente de un plano.

99. Una horizontal tiene todos sus puntos á igual distancia del plano general de comparacion, por consiguiente todos tendrán una misma cota; y conocida la de uno de ellos, será conocida la de todos. Si por el punto del plano, cuya cota quiere conocerse y cuya proyeccion horizontal es dada, se



concibe una horizontal, situada en el mismo plano, su proyeccion horizontal pasará por la del punto, y si corta á la escala de pendiente, se podrá conocer la cota del punto de encuentro de estas dos rectas; luego se conocerá la cota de todos los puntos de la horizontal, y por consiguiente la del punto en cuestion, que es lo que se busca.

400. Para trazar la proyeccion horizontal de una horizontal, que situada en el plano, pase por el punto cuya cota quiere determinarse, es preciso, en general, tener ya construida la proyeccion de una horizontal cualquiera, situada en el mismo plano. Hallada la proyeccion de esta última recta, como son paralelas las horizontales situadas en un mismo plano, por la proyeccion del punto cuya cota quiere determinarse, se trazará una paralela á aquella proyeccion, y será la de la horizontal que pase por dicho punto, situada en el mismo plano. Para trazar una horizontal en un plano determinado, pueden seguirse varios métodos; pero nos concretaremos á uno de ellos, que á su sencillez, reúne el ser el mas propio, tratándose de planos acotados.

401. Cualesquiera que sean los datos que determinen la posicion de un plano, siempre se tendrán dos rectas situadas en este plano; estas dos rectas se podrán acotar, y uniendo por medio de otra recta, dos puntos de igual cota en las primeras, esta última recta será una horizontal situada en el plano propuesto. Esta construccion puede abreviarse, acotando una sola recta en el plano, y uniendo un punto, que no sea de esta recta, pero de cota conocida, con el de la recta que tenga igual cota; y si entre los datos hay dos puntos de igual cota, uniéndolos por medio de una recta, se obtendrá la proyeccion horizontal de una horizontal, situada en el plano propuesto, sin necesidad de haber acotado de antemano ninguna recta de las situadas en el mismo plano.

402. De lo que se acaba de decir se deduce inmediatamente, cuál sea la mejor posicion de la escala de pendiente de un plano. Esta escala no puede ser una horizontal situada en el mismo plano, no tan solo por la naturaleza de esta mis-



ma recta, sino tambien porque no seria cortada por las horizontales trazadas en el mismo plano, por los puntos cuya cota se quiere determinar. Podria ser la escala de pendiente una oblicua cualquiera, situada en el plano y que pueda acotarse en toda su estension, porque cualquiera que fuese su posicion, seria cortada por las horizontales trazadas en el mismo plano: pero su eleccion, para escala de pendiente del plano, presenta dos inconvenientes: que dichas horizontales cortarían á la escala, formando ángulos mas ó menos agudos, segun la posicion de la misma escala, y por consiguiente, no podrá determinarse con exactitud, la cota de su punto de encuentro; y además porque debiéndose trazar paralelas á una recta dada de posicion, para resolver el problema principal, habia que levantar en el punto cuya cota quiere determinarse dos perpendiculares, una á la horizontal anteriormente trazada, y otra á esta primera. Estos inconvenientes desaparecen, si la recta que se escoge para escala de pendiente del plano, es una de sus líneas de máxima pendiente; porque en este caso, su proyeccion horizontal será perpendicular á la de toda horizontal situada en el mismo plano, quedando por consiguiente bien determinado el punto de encuentro de estas rectas, y simplificándose el trazado de las proyecciones horizontales de las rectas horizontales situadas en el mismo plano, pues que quedará reducido á bajar, desde el punto por donde tenga que pasar, una perpendicular á la escala.

403. Para hacer mas perceptible lo que se acaba de manifestar, propongámonos construir la escala de pendiente del plano determinado por los tres puntos *A*, *B*, *C*, cuyas cotas respectivas son 6<sup>m</sup>, 4<sup>m</sup>, 2<sup>m</sup>, 5 (fig. 42). Si consideramos unidos estos puntos de dos en dos por medio de rectas, estas estarán todas enteras en el plano propuesto, y obtendremos tres rectas que podrán acotarse: bastará acotar dos y aun una como vamos á ver. Para esto la mas conveniente será la *AB*, por ser la diferencia entre las cotas de sus puntos conocidos, un número entero; divídase pues la *AB* en cinco partes iguales, y cada uno de los puntos de division, será la



proyeccion horizontal de puntos de la recta, cuya cota será expresada por un número entero: el mas próximo á  $B$  tendrá por cota  $2^m$ , el siguiente tendrá  $3^m$ , y así de los demás: si el espacio comprendido entre  $2^m$ , y  $3^m$ , se divide en dos partes iguales, al punto de division le corresponderá la cota  $2^m, 5$ ; y uniendo este punto con el  $C$ , resultará trazada la proyeccion horizontal de una horizontal situada en el plano propuesto, y cuya cota será  $2^m, 5$ . En un punto cualquiera de esta proyeccion se le levantará una perpendicular, que será la proyeccion horizontal de una línea de máxima pendiente del plano dado, y que nos servirá de escala del mismo plano: para acotar esta recta, bájensele perpendiculares desde dos ó mas puntos acotados del mismo plano; y se conocerán las cotas de dos ó mas de los puntos de esta recta; por ejemplo, sea la recta  $MN$ , perpendicular á la  $C 2^m, 5$ , en uno de sus puntos  $M$ , la proyeccion horizontal de una línea de máxima pendiente del plano  $ABC$ , y supongamos sea la elegida para escala de pendiente del mismo plano: desde los puntos  $A$  y  $B$ , se le bajarán perpendiculares, cuyos puntos de interseccion con la  $MN$ , tendrán la misma cota que  $A$  y  $B$ , y podrá acotarse dicha escala; pero tambien podrán bajarse perpendiculares á la  $MN$ , desde los puntos  $2^m, 3^m, 4^m, \&c.$  y quedarán determinadas las cotas de otros tantos puntos de la escala, los cuales ó serán los suficientes ó facilitarán cuando menos la investigacion de los que sean necesarios. Para hallar la cota de un punto del mismo plano, cuya proyeccion horizontal  $D$  sea dada, no habrá mas, que bajar desde  $D$  una perpendicular á  $MN$ ; la cota del punto de encuentro de estas rectas, será la del punto del plano  $ABC$ , cuya proyeccion horizontal es  $D$ .

104. PROB. Dados dos planos acotados, hallar la proyeccion horizontal de su comun interseccion.

*Resol.* Sean (fig. 13)  $ABC$ ,  $MNP$  los dos planos dados; constrúyase la escala de pendiente de cada uno de estos planos; trácese dos horizontales de igual cota, una en cada plano dado, y el punto de encuentro de estas horizontales,



será un punto de la comun interseccion de los planos ; repítase esta construccion para hallar otro punto de ella ; y con esto quedará determinada la comun interseccion que se busca.

## CAPITULO II.

### DEL TRAZADO DE LOS ATRINCHERAMIENTOS.

#### Artículo primero.

#### *Principios generales del trazado.*

105. Llámase trazado de un atrincheramiento , á la diferente disposicion que entre sí tienen las partes que le componen. Entre las formas diversas que pueden darse á una obra de fortificacion , parece la primera por su sencillez la línea recta , porque para cubrir una estension de terreno entre dos puntos dados , no habria atrincheramiento que con menos desarrollo llenara el objeto propuesto , que el que se estendiera en la línea recta que una dichos puntos ; y por consiguiente tampoco habria obra de mas fácil y pronta construccion : sin embargo , la consideracion de que el defensor de un parapeto hace naturalmente fuego en una direccion perpendicular á la magistral , en el punto de ella en que está colocado su fusil , y la de que pasando la prolongacion del declivio superior por la cresta de la contraescarpa ó por una línea paralela á ella y un metro mas elevada , queda debajo de esta prolongacion todo el foso de la obra , conducen á que solo en muy raros casos , y cuando otra cosa no es posible , se construya un atrincheramiento en línea recta. Efectivamente , el instinto de la propia conservacion , exagerado tal vez en el momento del peligro , aconseja al soldado á deshacerse cuanto antes pueda del enemigo que tiene á su frente ,



y de quien en su falta de instruccion , espera el mayor daño, por cuya razon dirige su punteria perpendicularmente á su frente ; y si á esto se agrega que se verifica generalmente de noche el ataque de las obras de campaña , y que son igualmente atacables todos los puntos de la línea recta , resaltarán mas y mas los inconvenientes de esta construccion.

106. De las consideraciones que anteceden , y de que el enemigo dispone de una grande estension de terreno para el desarrollo de las fuerzas , con que se propone verificar su ataque , se deduce : 1.º Que para que una obra sea de buena defensa , debe tener pocos puntos de ataque , y bajo este punto de vista será tanto mejor cuanto mas reducido sea el número de estos puntos : 2.º Que las partes de un atrincheramiento deben mutuamente flanquearse ó sostenerse: 3.º Que la defensa debe ser tanto mas eficaz , cuanto mas se aproxime el enemigo á la obra.

107. Efectivamente , cuantos menos sean los puntos de ataque , mas numerosas serán las reservas y mejor organizada podrá estar la defensa , aun cuando el ataque se verifique de noche. Si las partes de un atrincheramiento no se flanqueasen mutuamente , cada una de ellas quedaria reducida á sus propias fuerzas , y el enemigo que la atacase no estaria espuesto á mas fuego que el de frente ; y por la direccion natural de estos fuegos , no le perjudicarian mas que los que saliesen de una estension igual próximamente al frente de la columna de ataque , y la resistencia no podia menos de ser muy poco eficaz , por el corto tiempo que esta misma columna tardaria en recorrer el campo de accion de las armas de los defensores : por el contrario , si unas partes del atrincheramiento flanquean á las otras , de modo que ninguna de ellas queda reducida á sus solas fuerzas , entonces el enemigo que se dirija á la obra , estará espuesto á los fuegos directos y á los oblicuos que sobre él dirigirán las partes que den vista al punto elegido para el ataque , quedando los flancos de las columnas enemigas tan espuestos ó mas que sus frentes.

El tercer principio anteriormente citado , se funda en el



influjo que la fuerza moral ejerce tanto en el ataque como en la defensa. Si el enemigo desde los primeros momentos de su ataque, experimenta toda la resistencia de que es susceptible la obra, y el efecto que le causa no es suficiente para detener su marcha, mide sus fuerzas, las compara con las del enemigo, y es fácil al jefe el dirigir á sus soldados, aprovechando los momentos de entusiasmo y natural escitacion: pero si á cada paso que avanza, se multiplican las dificultades que entorpecen su marcha, y el defensor obra sobre él mas y mas directamente, la imaginacion del soldado acrece el peligro que no puede calcular, y está muy predispuesto á emprender su retirada en la primera ocasion favorable que se le presenta; y solo de la disciplina se puede esperar el conducir las columnas hasta lo alto del parapeto que se ataca.

408. La construccion de un atrincheramiento formando una línea curva ofrece aun mayores inconvenientes, por la dificultad que presenta á trabajadores poco experimentados, como los que comunmente se tienen en campaña: sus fuegos son divergentes, pues siguen la direccion de las normales á la curva; es casi nulo el apoyo que unas partes pueden prestar á las otras; y son muchos los espacios privados de fuego, espacios que aumentan con la disminucion del radio.

409. Si la direccion de la magistral de una obra, no puede ser en general, ni una línea recta ni una curva, tendrá que ser una línea brisada ó poligonal, esto es, que conste de ángulos entrantes y salientes.

410. **ANGULOS SALIENTES.** Es defecto inherente á todo ángulo saliente, el dejar delante de él una porcion de terreno sin fuego alguno que parta de los lados que forman el ángulo: motiva este defecto la circunstancia ya espresada, de que el soldado hace naturalmente fuego en una direccion perpendicular á la magistral. A este espacio se le llama con propiedad *sector privado de fuego*: el ángulo de este sector es suplemento del saliente; porque sea (fig. 14)  $ACB$ , un ángulo saliente; y  $Ca'$ ,  $Cb'$ , respectivamente perpendiculares en  $C$ , á los lados del saliente  $BC$  y  $AC$ , las proyecciones



de las últimas líneas de tiro que parten de estos mismos lados; como la suma de todos los ángulos, que en un plano se forman al rededor de un punto, equivale á cuatro rectos, será  $A C b' + b' C a' + a' C B + A C B = 2\pi$ , y quitando de ambos miembros la suma  $A C b' + a' C B = \pi$ , resulta  $b' C a' + A C B = \pi$ ; esto es, el ángulo  $b' C a'$ , del sector privado de fuego, es suplemento del ángulo saliente  $A C B$ , que le produce.

111. De lo dicho se deduce, que dirigiéndose las columnas de ataque por estos sectores, no están espuestas á los fuegos directos de los parapetos que forman el saliente; y si á esto se añade el que los salientes son en general los puntos mas avanzados de la obra, y que por su disposicion los puede fácilmente envolver el enemigo, se concluirá que los salientes de una obra son en general sus puntos débiles, y por consiguiente sus puntos de ataque: tambien se deduce que de dos ángulos salientes que cumplan igualmente con todas las condiciones á que tienen que satisfacer, será mejor para la defensa el que mayor valor tenga.

112. Para que un ángulo saliente sea bueno, es preciso que su valor sea conveniente. Si un ángulo es muy pequeño encierra poco espacio para las maniobras necesarias para la defensa, especialmente si se ha de hacer con artillería; tambien un ángulo pequeño presenta pocas tierras para resistir al cañon enemigo; pero estas dos circunstancias no determinan un limite para el valor de los ángulos salientes. Entre los fuegos que la artillería puede hacer contra un atrinchamiento, ninguno es tan perjudicial al defensor, como el de enfilada, que consiste en tomar la prolongacion de las caras de una obra y batir en el sentido de su longitud las banquetas y terraplenes de estas mismas obras: los lados del ángulo saliente, deben cumplir con la condicion de que cada uno de ellos pueda batir la artillería que el enemigo establezca en la prolongacion del otro para enfilarle; para llenar este objeto el saliente debe tener cuando menos  $60^\circ$ ; porque á pesar de que el soldado haga naturalmente fuego en una di-



reccion perpendicular á la de la magistral, sin embargo, por la disciplina y por la vigilancia de los oficiales y sargentos, se puede conseguir el que oblique su puntería sobre la perpendicular á su frente hasta unos  $30^\circ$ , que es el máximo de oblicuidad á que se le acostumbra en los fuegos oblicuos en su instruccion elemental. En este supuesto, sean (fig. 14)  $Ca$ ,  $Cb$ , las respectivas prolongaciones de los lados del saliente  $AC$ ,  $BC$ ; lo que se quiere es que colocado el enemigo en cualquier punto de la  $Ca$ , dentro del alcance eficaz del fusil de los defensores, sea batido por los fuegos que parten del lado  $CB$ ; esto se conseguirá siempre que el ángulo  $aCa'$  sea igual ó menor que  $30^\circ$ : si este ángulo y su igual  $bCb'$  valen cada uno  $30^\circ$ , su suma y la de los dos rectos  $ACb'$ ,  $BCa'$  será igual  $240^\circ$ ; de modo que quedan para la suma  $ACB + aCb$ , el valor de  $120^\circ$ ; y siendo estos dos sumandos iguales,  $ACB$  será igual á  $60^\circ$ . Si el ángulo saliente es mayor de  $60^\circ$ , los ángulos  $a'ca'$ ,  $bcb'$ , serán menores que  $30^\circ$ ; y por consiguiente los establecimientos del enemigo para enfilar una cara, serán mas directamente batidos por los fuegos de la otra: de donde resulta, que el límite inferior de los ángulos salientes es  $60^\circ$ .

443. Para determinar el límite superior de los mismos ángulos, deben distinguirse dos casos: ó la obra está aislada, sin que tenga defensa de ningun otro punto, ó es un saliente que cuenta con el flanqueo de otras obras colaterales: en el primer caso, como al determinar el límite inferior de los ángulos salientes, es preciso que las piezas de artillería que el enemigo coloque dentro del alcance eficaz del fusil con el objeto de enfilar una cara,  $CB$  por ejemplo (figura 15), sean incomodadas por la columna de fuegos que parte de la otra  $AC$ ; esto se obtendrá, si trazando la  $Ab$ , proyeccion horizontal del último disparo que parte del lado  $AC$ , están colocadas las piezas citadas en la parte  $Cb$  de la prolongacion de la  $CB$ . Por medio del triángulo  $ACb$ , puede hallarse el límite superior del saliente  $ACB$ , haciendo  $Ab$  igual al alcance máximo eficaz del fusil, esto es  $240^m$ , y de-



terminando el ángulo  $ACb$  suplemento del saliente: este triángulo dá,  $\text{tang. } ACb = \frac{Ab}{AC}$ ; esto es, la tangente del ángulo suplemento del saliente es igual, cuando mas, al alcance eficaz del fusil, dividido por la longitud del lado del saliente, si se quiere batir directamente la artillería enemiga. También pudiera determinarse el máximo valor del saliente, suponiendo al ángulo  $CAb = 120^\circ$ . Es de advertir, que la fórmula anterior determina el límite superior del valor de un saliente aislado, no de una manera constante, sino en función del lado del mismo ángulo.

114. Cuando un saliente está flanqueado por otras obras, no hay inconveniente en que dicho ángulo aumente su valor hasta el de  $180^\circ$ , ó lo que es lo mismo hasta que desaparezca el saliente y sus lados sean el uno prolongación del otro.

115. **ANGULOS ENTRANTES.** Si un ángulo entrante fuese agudo, podría fácilmente suceder, que los defensores de uno de los lados fusilasen á los del otro; esta consideración conduce á fijar en  $90^\circ$ , el límite inferior de estos ángulos. El límite superior de estos mismos ángulos, lo determina la mayor inclinación á que el soldado está acostumbrado á apuntar sobre la perpendicular á su frente; esta inclinación queda ya dicho que es  $30^\circ$ , de donde el límite superior de los ángulos entrantes se fija en  $120^\circ$ : de este modo se consigue que los fuegos de un lado batan el foso que corresponde al otro lado, aunque sea con alguna dificultad en los mayores valores del ángulo.

116. Aunque los límites de los ángulos entrantes sean  $90^\circ$  y  $120^\circ$ , sin embargo, no todo ángulo comprendido entre estos valores, es igualmente ventajoso para su defensa. Se ha dicho que naturalmente el soldado colocado detrás de un parapeto, hace fuego en una dirección perpendicular á la magistral; pero esto no es tan rigurosamente exacto, que no sea muy posible y aun frecuente, algún ligero desvío de la espresada dirección; por esta razón, en el ángulo recto existe todavía algún peligro de que los defensores de un lado fusi-



len á los del otro. Fundándose en esta consideracion, se dice que es el mejor ángulo entrante ó de defensa el de  $100^\circ$ , ó que se diferencie poco de este valor: es considerado como bueno, cualquiera otro comprendido entre  $90^\circ$  y  $110^\circ$ ; y solo cuando otra cosa no es posible, se admiten ángulos entrantes de  $110^\circ$  á  $120^\circ$ .

117. Si se prolongan los declivios superiores, en los parapetos de los dos lados que forman un ángulo entrante, estas prolongaciones, dejan debajo de sí un espacio, que por no estar batido por los fuegos de ninguno de los lados, se llama *espacio muerto*. Asi como el sector privado de fuego, es un defecto inherente al ángulo saliente, el espacio muerto lo es al ángulo entrante; y este defecto es de importancia, porque colocado el enemigo en dicho espacio, puede reorganizarse y disponerse para el asalto, sin que se lo pueda estorbar ni aun molestar el defensor: por esta razon, en toda obra de fortificacion, se deben retirar cuanto sea posible estos espacios, con el objeto de que el enemigo, antes de guarecerse en ellos, tenga que recorrer la mayor distancia posible, batido por el fuego del atrincheramiento. Conviene en algunos casos, determinar la magnitud del espacio muerto que produce un ángulo entrante dado: para esto concíbase cortado todo el atrincheramiento por un plano vertical, perpendicular á la direccion del atrincheramiento, y si la obra es regular, será el proyectante de una de las líneas de máxima pendiente del declivio superior: en este caso, podremos considerar en el mencionado plano, dos triángulos rectángulos, uno en la parte real y efectiva del declivio superior y es el que sirve para fijar la inclinacion de este declivio, y otro formado por la altura total de la obra, contada desde el fondo del foso hasta la magistral, la interseccion del plano vertical considerado, con el declivio superior prolongado, y la proyeccion de esta interseccion: estos dos triángulos son semejantes; y por consiguiente, la razon  $\frac{n}{4}$  que se ha supuesto en la construccion del perfil, entre los catetos del pri-



mero, será la misma que existe entre los del segundo. Representando por  $a$  la altura del parapeto, por  $p$  la profundidad de su foso, y por  $x$  el cateto horizontal de este segundo triángulo, será  $n : 1 :: x : a + p$ , de donde  $x = n(a + p)$ .

118. Nótese que la traza horizontal del declivio superior, en el caso que consideramos, es paralela á la magistral, y que  $x$  mide la distancia entre las proyecciones de estas dos rectas: por consiguiente, levantando en un punto cualquiera  $a$  del lado  $AC$  (fig. 16), una perpendicular á este lado, y tomando en esta perpendicular una magnitud  $ac$ , igual al valor de  $x$ , y tirando por  $c$  la  $cb$  paralela á  $AC$ , la  $cb$  representará la traza horizontal del declivio superior en el fondo del foso: haciendo la misma construccion en el lado  $CB$ , resultará ser la  $ac$  la interseccion con el fondo del foso del declivio superior en el mismo lado. Si por la latitud del foso está en su fondo toda la parte  $acbC$ , será fácil determinar su área, que será la del espacio muerto, incluyendo en esta área la del detall exterior de la obra, ó sea la parte comprendida entre la proyeccion de la magistral y el pié de la escarpa. Si el ángulo  $ACB$  es recto, la figura  $acbC$  es un cuadrado, cuyo lado es  $x = n(a + p)$ : si  $ACB$  es obtuso, la figura  $acbC$  (fig. 17) es un rombo, cuya altura es  $x = n(a + p)$ , y el lado del rombo  $Cb = \frac{n(a + p)}{\cos. a'}$ , representando por  $a'$ , el

esceso que el ángulo obtuso tiene sobre un recto. Si toda esta figura, cuya área se ha determinado, no está en el fondo del foso, será fácil determinar la de la parte que en dicho fondo exista, así como tampoco habrá inconveniente en determinar en este caso, la porcion del terreno natural que esté en el espacio muerto.

119. Si la defensa ha de ser eficaz, el fondo del foso en el estremo de los lados del ángulo entrante, no debe estar en el espacio muerto, ni aun muy próximo á él: de donde se deduce, que dichos lados deben cuando menos, tener una



longitud igual al lado de la figura, que representa la proyección horizontal del mencionado espacio muerto.

120. Reasumiendo todos los principios del trazado que se deducen de lo anteriormente dicho, resultan ser estos los siguientes :

1.º Una obra debe tener pocos puntos de ataque; y es tanto mejor cuantos menos puntos de ataque tenga, si en ambos casos satisface igualmente á las demas condiciones que tiene que llenar.

2.º La defensa debe ser tanto mas eficaz, quanto mas se aproxime el enemigo á la obra.

3.º No debe haber en un atrincheramiento parte alguna que no esté flanqueada por otra ú otras.

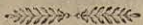
4.º Las partes flanqueantes no deben distar de las flanqueadas mas del alcance eficaz del fusil.

5.º Ninguna porcion de atrincheramiento que se estienda en línea recta, debe ser menor de 20<sup>m</sup>, para que tenga alguna importancia el fuego que de ella salga. Si el atrincheramiento es lado de un ángulo entrante, debe cuidarse que el fondo del foso, cuando menos, sea perfectamente batido por el otro lado del mismo ángulo.

6.º Ningun ángulo saliente debe ser menor de 60°, siendo mejor en general un ángulo de esta especie, quanto mayor es su valor.

7.º Los ángulos entrantes deben, en quanto sea posible, aproximarse á 100°, ó á lo menos estar comprendidos entre 90° y 110°, y solo en casos estremos podrán ser de 110° á 120°.

8.º Los espacios muertos deben retirarse quanto permitan los accidentes del terreno.





## ARTICULO II.

## DE LAS OBRAS DE CAMPAÑA Y EN PARTICULAR DE LAS ABIERTAS.

421. La primera division que se presenta al tratar de las obras de fortificacion de campaña y de la provisional, es la relativa á su magnitud. Bajo este concepto, las obras pueden ser de poco, de mediano ó de grande desarrollo. Entre las de poco y mediano desarrollo no existe una línea divisoria bien marcada: se comprenden en estas clases, las obras abiertas y las obras cerradas. Llámase obra abierta, aquella en que la proyeccion horizontal de su magistral no es reentrante en sí misma; ó lo que es lo mismo, no cierra espacio: se construyen esta clase de obras, cuando el ataque de ellas no puede verificarse en todos sentidos, bien porque estas obras puedan apoyarse á poderosos obstáculos naturales, bien porque estén frecuentemente sostenidas por otras obras ó por tropas convenientemente situadas; en cualquiera de estos casos no se fortifica la posicion que se quiere defender, mas que en aquellas direcciones en que el enemigo puede atacarla.

422. Resultan las obras abiertas, de la combinacion de dos rectas, de cuatro ó de mas rectas: aunque no pueda citarse una razon que escluya la combinacion de tres rectas, sin embargo, rarísimamente se emplea en fortificacion. En la combinacion de dos rectas, pueden ser estas iguales ó desiguales y formar un ángulo saliente ó entrante: de aquí resultan las obras llamadas *rediente*, *flecha*, *tenaza* y *llar*. La combinacion de cuatro rectas, conduce á la construccion de la *luneta*, *caponera* y *bonete*; y la combinacion de mas rectas, dá origen al *hornabeque* y á la *corona doble* ó *sen-eilla*.

423. REDIENTE. Se dá este nombre á una obra abierta



que consta de dos porciones de atrincheramiento en línea recta, iguales ó próximamente iguales, y que forman ángulo saliente: á los lados del ángulo se les dá el nombre de *caras* del rediente; se llama *gola* á la recta que une los estremos de las caras, y *capital* á la bisectriz del ángulo saliente: de lo dicho resulta que la capital del rediente, es perpendicular á la gola en su punto medio. Sea  $ABC$  (fig. 18), la proyeccion horizontal de la magistral de un rediente: serán  $AB$ ,  $CB$ , sus caras:  $AC$ , la gola; y  $BD$ , la capital.

124. Para examinar las propiedades del rediente, veamos las condiciones á que tienen que satisfacer sus dos partes principales, ángulo y caras: siendo saliente el ángulo del rediente, reconocerá por límites los fijados para los ángulos salientes; y sus caras, como porciones de atrincheramiento que se extienden en línea recta, deberán cuando menos, tener  $20^m$  de longitud. En la construccion del rediente debe tenerse en cuenta, que será mejor aquel cuyas caras batan mas directamente las avenidas principales de la posicion en que se establezca esta obra.

125. PROB. Hallar la mayor relacion que puede existir entre la capital y la semigola de un rediente.

Sea  $s$  el valor del ángulo saliente,  $c$  la capital y  $a$  la semigola. Los dos triángulos rectángulos  $ABD$ ,  $CBD$  serán iguales y cualquiera de ellos nos servirá para la resolucion del problema: fijándonos en el segundo, se obtendrá  $BD =$

$$DC \times \cot. CBD; \text{ ó } c = a. \cot. \frac{1}{2} s, \text{ de donde } \cot. \frac{1}{2} s = \frac{c}{a}.$$

La relacion entre capital y semigola, es igual á la cotangente de un arco; esta línea trigonométrica aumenta cuando el arco disminuye; luego la mayor relacion se obtendrá cuando el ángulo sea el menor posible, esto es, de  $60^\circ$ ; en este caso,

$$\text{la relacion que se busca será igual á la } \cot. 30^\circ = \frac{c}{a} = \frac{17}{40}.$$

126. Siendo  $\frac{c}{a} = \frac{17}{40}$ , será  $c : a :: 17 : 40$  cuando haya



la mayor relacion posible entre capital y semigola ; de esto resulta , que cuando en el terreno esté determinada la capital del rediente , levantándole en su extremo correspondiente una perpendicular , y tomando en ella á derecha é izquierda de la capital el valor de la semigola , suministrado por la proporcion anterior , se obtendrá la menor gola posible para el rediente propuesto. Si por el contrario los accidentes del terreno determinasen la gola del rediente , la proporcion anterior , en la que  $a$  seria cónocida , daria el mayor valor de la capital , para el rediente que se quisiese construir , de modo , que levantando en el punto medio de la gola dada , una perpendicular á esta recta , y tomando en ella el valor obtenido para la capital , el extremo de esta magnitud , daria el punto mas avanzado que el saliente podia ocupar. Tambien la relacion anterior servirá para averiguar si el saliente de un rediente es mayor , igual ó menor que  $60^\circ$  : si habiendo medido la capital y la semigola , se halla que la relacion que entre los resultados existe , es menor que  $17:40$  , el saliente será mayor que  $60^\circ$  ; si es igual á la razon citada el saliente será de  $60^\circ$  ; y en el otro caso el saliente será malo , por ser menor que  $60^\circ$ .

127. Para que un rediente sea bueno , no es bastante que su saliente tenga un valor admisible ; es preciso además , que las caras tengan cuando menos , como queda dicho ,  $20^m$  de longitud. En el problema anterior , no nos hemos hecho cargo mas que del valor del saliente ; vamos á considerar la otra circunstancia que el rediente ha de llenar por medio del siguiente:

128. PROB. Determinar el rediente mínimo para un valor dado del saliente.

Para un valor dado del saliente , el rediente mínimo que se puede construir , es el que tenga por cara  $20^m$ . Sea , pues ,  $l$  esta cara , y formando esta recta con la capital y semigola , un triángulo rectángulo , será  $l^2 = c^2 + a^2$  (1). Anteriormente se ha hallado , que entre la capital y la semigola existe la relacion  $c = \cot. a. \frac{1}{2} s$  (2). En estas dos ecuaciones (1) y



(2), entran cuatro cantidades,  $l$  y  $\cot. \frac{1}{2} s$ , que serán siempre conocidas en el problema de que nos ocupamos, y las  $c$  y  $a$  que podrán determinarse: eliminando la  $c$ , y despejando en la ecuación que resulte la  $a$ , se obtiene  $a = \sqrt{\frac{l}{\cot. ^2 \frac{1}{2} s + 1}}$  (3);

y eliminando la  $a$ , y despejando á  $c$ , resulta

$$c = \sqrt{\frac{l}{\tan. ^2 \frac{1}{2} s + 1}} \quad (4).$$

Si en el caso particular que se re-

suelva, es conocida la relacion entre  $c$  y  $a$ , bastará determinar una de ellas por las ecuaciones (3) ó (4); pero si esta relacion no es conocida, se determinarán las dos por medio de estas dos ecuaciones.

*Ejemplo.* Si se supone  $s=60^\circ$  y  $l=20^m$ , que es el menor rediente que se puede construir, se obtiene por la fórmula (3),  $a=10^m,5$  y por la (4), aproximadamente  $c=17,2$ .

129. A los redientes mínimos que pueden construirse en cada valor dado al saliente, se llaman tambien *flechas*; de modo que la *flecha* no es mas que un pequeño rediente.

130. TENAZA. Llámase *tenaza* á una obra abierta (fig. 49), en la que la proyeccion horizontal de su magistral forma un ángulo entrante, y sus dos lados son iguales ó próximamente iguales. Para examinar las condiciones de defensa á que esta obra tiene que satisfacer, examinaremos separadamente las que han de llenar el ángulo y sus lados, que son las partes que la componen. El ángulo de la tenaza, como ángulo entrante, deberá en cuanto sea posible, aproximarse á  $100^\circ$ , ó á lo menos estar comprendido entre  $90^\circ$  y  $110^\circ$ , admitiéndose solo en casos extremos el que esté comprendido entre  $110^\circ$  y  $120^\circ$ . Sus lados deben ser de tal magnitud, que el fondo del foso en el extremo de uno de ellos, sea perfectamente batido por el otro lado: condicion que dá el limite inferior y el superior de la estension de estos lados; el inferior, cuando principia á llenarse esta condicion; y el superior, cuando por la considerable estension de este lado, se coloca la parte



mencionada del foso, fuera del alcance eficaz del fusil.

431. En toda tenaza habrá un espacio muerto; y podrá determinarse su magnitud é importancia, con arreglo á lo que queda dicho en los principios generales del trazado.

432. LLARES. Se dá el nombre de *llar* á una obra abierta (fig. 20), formada por dos porciones desiguales de atrincheramiento, que se estienden en línea recta. Tambien las condiciones á que ha de satisfacer el llar, se deducirán de las que deban llenar las partes que lo componen. El ángulo debe estar comprendido dentro de los límites del ángulo saliente, pero teniendo en cuenta que su lado mayor, por su considerable estension, facilita su enfilada por el enemigo, y que los establecimientos que este forme al efecto, han de ser batidos solo por el lado menor, si el llar está aislado, se debe procurar, que los pocos fuegos que de este último lado puedan salir, aumenten su importancia con que batan directamente las mencionadas baterías de enfilada: por esta razon debe ser el saliente de un llar un ángulo recto ó separarse poco de este valor. El lado menor del llar debe tener cuando menos 20<sup>m</sup>, y la longitud del lado mayor dependerá, en su límite superior, de que esté flanqueado ó no lo esté, por otras obras: en el primer caso, su máxima estension dependerá de que el saliente del llar sea perfectamente batido por las obras flanqueantes, esto es, no deberá distar de ellas mas de 200<sup>m</sup>; en el segundo caso, podrá ser mayor su longitud, pero deberá tenerse en cuenta que cuanto mayor sea esta, se presta mas á la enfilada, y se podrá sustituir al lado recto, el brisar convenientemente su magistral, de modo que sea susceptible de mejor defensa.

433. LUNETAS. Si á un rediente se le agregan dos atrincheramientos en línea recta, formando ángulo saliente con las caras de dicha obra, á la nueva obra que asi resulta, se le dá el nombre de *luneta*. Tal es la obra, cuya magistral esté proyectada horizontalmente en *A B C D E* (fig. 21): la *A E* se llama *gola*, las *B C*, *C D* *caras* de la luneta, y las *A B*, *D E* *flancos* de la luneta, la *FC* es la capital; el án-



gulo en  $C$ , se llama ángulo flanqueado; y los en  $B$  y  $D$ , ángulos de la espalda.

434. Los límites de los ángulos son los ya discutidos para los ángulos salientes; y entre estos límites, cada uno tendrá el valor conveniente, fijado por la condicion de que sus caras batan lo mas directamente posible los objetos que deban batir. Las caras y flancos han de ser tambien de magnitud proporcionada al objeto que tienen que llenar, dentro siempre de los límites señalados para las porciones de atrincheramiento que se estienden en línea recta; pero con la condicion en la luneta que sus caras han de ser mayores que los flancos.

435. Cuando en una obra de esta naturaleza los flancos son la parte mas importante, ó lo que es lo mismo, cuando los flancos son mayores que las caras, la obra recibe el nombre de *caponera*.

436. BONETE. Se llama así, la obra abierta que resulta de agregar á una tenaza dos porciones de atrincheramiento en línea recta, de modo que formen dos salientes, en los extremos de los lados de aquella: tal será la obra cuya proyeccion horizontal de su magistral sea  $A B C D E$  (fig. 22). Las partes  $B C$ ,  $C D$ , se llaman *caras*, y las  $A B$ ,  $D E$ , *alas* del bonete: la recta  $A E$ , se llama *gola*, la  $F G$ , *capital* y la  $B D$ , *frente ó lado exterior* del bonete.

437. Teniendo las caras del bonete que ser de una magnitud proporcionada, para que desde una de ellas, pueda batirse perfectamente el fondo del foso en el extremo de la otra, como en todo ángulo entrante, será conveniente la resolución del siguiente:

PROB. Hallar el límite inferior y superior de la longitud del lado del bonete.

Sea  $f$  el frente ó lado exterior,  $c$  la cara, y  $A$  el ángulo entrante de la tenaza. En general las caras  $B C$ ,  $C D$ , serán iguales; de donde resultará que  $F c$ , bisectriz de  $A$ , será perpendicular á  $f$ , en el punto medio de esta recta. En el triángulo  $F B C$ , rectángulo en  $F$ , será  $\frac{1}{2} f = c$ . sen.  $\frac{1}{2} A$ ,



de donde  $f = 2c \cdot \text{sen. } \frac{1}{2} A$  (1). Segun se vé en esta ecuacion, los valores de  $f$  dependen de los de  $c$  y de  $A$ . Los valores de  $A$  deben estar comprendidos entre  $90^\circ$  y  $110^\circ$  ó á lo mas  $120^\circ$ ; el menor valor de  $c$ , depende del relieve de la obra; y el mayor, del alcance eficaz del fusil ordinario: si suponemos que  $c = 20^m$ , satisface á la primera condicion, el límite inferior de  $f$ , deducido de la fórmula (1), será cuando  $A = 90^\circ$ ,  $f = 29^m$  próximamente; y cuando  $A = 110^\circ$ ,  $f = 33^m$ . El mayor valor de la cara  $c$  debe ser de  $200^m$ , para que los fuegos de una de ellas, bata muy eficazmente el extremo del foso de la otra; por consiguiente, la misma fórmula (1) dará cuando  $A = 90^\circ$ ,  $f = 282^m$ ; y cuando  $A = 110^\circ$ ,  $f = 327^m$  próximamente. Fácilmente se comprenderá, que estos límites lo son tambien de la longitud de la recta que una los extremos de los lados de una tenaza cualquiera.

138. Merece especial atencion el ángulo  $ABD$ , que forma una ala del bonete con su frente ó lado exterior; porque de él y del valor del ángulo de la tenaza, depende que el  $ABC$ , sea un buen ángulo saliente, que cuando menos deberá tener  $60^\circ$ . De aqui resulta  $ABD = 60^\circ + (90^\circ - \frac{1}{2} A)$  (2). Si en esta ecuacion se supone  $ABD = 90^\circ$ , resulta  $A = 120^\circ$ ; y como este ángulo, es el límite superior de los ángulos entrantes, y no es admisible mas que cuando otra cosa no es posible, por la debilidad con que mutuamente se defienden los lados que lo forman, se deduce que el ala de un bonete, no debe ser perpendicular al frente ó lado exterior.

139. Si observamos la fórmula (2) fácilmente se vé, que á medida que el ángulo  $ABD$  disminuye, el ángulo de la tenaza  $A$  crece; y por consiguiente, si siendo el primero recto, era ya muy grande el segundo, cuando aquel sea agudo, este será muy malo, por el grande valor que admitirá: luego para que el ángulo de la tenaza sea bueno, aun cuando el saliente  $ABC$  sea lo mas pequeño posible, es preciso que el ala del bonete forme con su frente un ángulo obtuso.

140. Conviene averiguar cuál es á lo menos el valor del ángulo  $ABD$ , para que el ángulo saliente y el de la tenaza



sean buenos : al efecto representése por  $x$  el esceso que sobre  $90^\circ$ , tiene dicho ángulo  $ABD$ , y la ecuacion (2) tomará esta nueva forma,  $ABD = 90^\circ + x = 60^\circ + 90^\circ - \frac{1}{2} A$  (3): de donde, cuando  $A = 90^\circ$ , resulta  $x = 45^\circ$ ; y cuando  $A = 110^\circ$ , se obtiene  $x = 5^\circ$ : esto es, siendo el ángulo  $ABD$  desde  $95^\circ$  hasta  $105^\circ$ , el ángulo de la tenaza será de  $90^\circ$  hasta  $110^\circ$ ; y si el ángulo  $ABD$  es mayor que  $105^\circ$ , para que la tenaza se conserve de buen valor, será preciso aumentar el valor del saliente  $ABC$ , creciendo desde  $60^\circ$  en adelante; lo que lejos de perjudicar, mejora considerablemente las propiedades defensivas de la obra.

141. PROBLEMA. Hallar la relacion que existe entre un ala, la distancia entre las bases paralelas y la semidiferencia entre estas mismas bases.

Si por el vértice  $B$ , se tira la  $BL$  paralela á  $FG$ , resultará el triángulo  $BLA$ , rectángulo en  $L$ , y en él que sus lados serán las tres rectas, cuya relacion nos proponemos encontrar. Si se representa por  $d$  la distancia entre las bases paralelas, por  $a$  el ala, por  $s$  la semidiferencia entre estas mismas bases y por  $x$ , como en el párrafo anterior, el esceso que  $ABD$  tiene sobre un recto, será en el citado triángulo  $ABL$ ,  $d = a \cdot \cos. x$ ,  $s = a \cdot \sen. x$ ,  $s = d \cdot \tang. x$ . Si en estas fórmulas, se hace  $x = 5^\circ$ , resulta  $d = 0,996 a$ ,  $s = 0,087 a$ ; y  $s = 0,087 d$ : si se supone  $x = 45^\circ$ , se obtiene  $d = 0,966 a$ ;  $s = 0,259 a$ ; y  $s = 0,268 d$ : con estos resultados, se han obtenido límites de las relaciones que se nos pedían en el problema.

142. HORNABEQUE. Se dá este nombre á una obra abierta que consta de un frente bastionado y dos alas. Las alas son, como en el bonete, dos porciones de atrincheramiento que se estienden en línea recta; tales son las  $MA$ ,  $BN$  (fig. 23): su longitud debe ser proporcionada á la importancia del objeto que tienen que llenar, y además, si las alas están flanqueadas, su longitud debe determinarse con la condicion de que el saliente que el ala forma con una de las caras del frente bastionado, no esté fuera del alcance de los fuegos de



las partes flanqueantes: en cuanto á su direccion con el frente ó lado exterior  $AB$ , debè procurarse que el ángulo que formen estas dos rectas sea cuando menos de  $90^\circ$ , para conseguir que los salientes en  $A$  y en  $B$  resulten de un valor muy bueno. El frente bastionado se compone de dos medias lunetas, unidos entre sí los estremos de sus flancos por medio de una recta, llamada cortina; de modo que el todo del frente consta de dos caras, dos flancos y una cortina. Cuando las lunetas son de una magnitud considerable, se llaman comunmente *baluartes* ó *bastiones*; de donde el frente de que nos ocupamos se llama *bastionado*.

143. Para construir este frente, en el punto medio  $C$  del lado exterior  $AB$ , se levanta una perpendicular  $CC''$  á este mismo lado; en la perpendicular y á partir desde  $C$  se toma la magnitud  $CC'$ , igual á  $\frac{1}{6}$  ó  $\frac{1}{7}$  ó  $\frac{1}{8}$  del lado  $AB$ ; el punto  $C'$  se une con los  $A$  y  $B$ , estremos del lado exterior, por medio de las rectas  $BG$ ,  $AE$ ; en estas rectas desde  $B$  y  $A$ , se toman las  $AF$ ,  $BD$  de  $\frac{2}{7}$  ó  $\frac{1}{3}$  del lado exterior  $AB$ ; desde los puntos  $F$  y  $D$  se bajan perpendiculares respectivamente á las  $BG$  y  $AE$ ; y uniendo los pies de estas perpendiculares  $G$  y  $E$ , por medio de la recta  $GE$ , queda terminado el trazado del frente bastionado  $AFGE DB$ ; en el que la  $CC''$ , se llama capital del frente;  $AF$  y  $BD$ , caras de los baluartes;  $FG$  y  $DE$ , flancos; y  $AE$  y  $BG$ , líneas de defensa. El ángulo  $BAF$ , formado por el lado exterior y una línea de defensa, se llama ángulo diminuto; el  $AC'B$  formado por las dos líneas de defensa, se llama ángulo de defensa; los ángulos  $AFG$  y  $BDE$ , son los ángulos de la espalda de los baluartes;  $FGE$ ,  $DEG$ , formados por la cortina y un flanco, se denominan ángulos de la cortina; y  $MAF$ ,  $NBD$ , son los ángulos flanqueados.

144. Se ha dicho que la  $CC'$  debia ser  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$  ó  $\frac{1}{8}$  del lado exterior; y esto se funda, en que cuando dicha recta es  $\frac{1}{6}$  de  $AB$ , el valor del ángulo diminuto es de  $18^\circ 26'$ , y si creciera la relacion entre estas dos rectas, aumentaria tambien el valor del diminuto; y como el ángulo de la cortina es igual á  $90^\circ$



mas el diminuto, resultaria que creciendo este último, aumentaria el ángulo de la cortina, y por consiguiente, el flanco y la cortina no se flanquearian bien. Es fácil demostrar que el ángulo de la cortina es igual á un recto mas el diminuto, haciendo ver que la cortina es paralela al lado exterior: para esto, considérense los dos triángulos  $AC'C$ ,  $BC'C$ , rectángulos en  $C$  é iguales, por tener iguales respectivamente sus dos catetos, de donde  $AC' = BC'$  y  $ang. AC'C = ang. BC'C$ ; las partes  $FC'$  y  $DC'$  son iguales entre sí, como diferencias entre los minuendos iguales  $AC'$ ,  $BC'$  y los sustraendos, tambien iguales entre sí,  $AF$  y  $BD$ , de donde los triángulos  $FGC'$ ,  $DC'E$ , rectángulos por construccion en  $G$  y  $E$ , serán iguales, porque además de sus hipotenusas, tendrán iguales los ángulos agudos en  $C'$ , por ser ambos iguales á la diferencia entre  $180^\circ$ , y el ángulo de defensa: luego  $FG = DE$ ,  $GC' = EC'$  y  $ang. GFC' = ang. EDC'$ : de ser  $GC' = EC'$ , resulta isósceles el triángulo  $GC'E$ ; y siendo los ángulos  $GC'C'$ ,  $EC'C''$  iguales á los  $AC'C$ ,  $BC'C$ , por opuestos por el vértice, serán iguales entre sí; y por consiguiente, la  $C'C''$  será bisectriz del ángulo  $GC'E$ , que es el del vértice de un triángulo isósceles, luego la  $C'C''$  ó  $C'C''$  será perpendicular á la cortina  $GE$ , y está y  $AB$  serán paralelas. El menor valor de la relacion entre la perpendicular y el lado exterior, debe fijarse por la consideracion de que á medida que esta relacion disminuye, lo verifica tambien el flanco, como luego se manifestará: esta consideracion, no determina precisamente á  $\frac{1}{3}$  como límite inferior del valor de la relacion espresada, pero con este valor, ó á lo mas con  $\frac{1}{3}$ , quedan bien proporcionadas las magnitudes de todas las partes del sistema. Los valores de la relacion de que nos ocupamos, se espresan comunmente en fracciones cuyo numerador es la unidad, por la sencillez que esta circunstancia proporciona en la construccion.

145. Las caras de los baluartes se hacen, en el frente bastionado, de  $\frac{2}{3}$  ó  $\frac{1}{3}$  del lado exterior, con el objeto de que resulten de una magnitud respetable, puesto que con sus



fuegos, han de barrer el frente del sistema y aun algun tanto los sectores privados de fuego, producidos por los ángulos flanqueados, oblicuando convenientemente sus disparos los defensores de estas mismas caras. Conviene observar, que á medida que las caras del frente bastionado disminuyan su relacion con el lado exterior, aumenta la que los flancos tienen con este mismo lado, observacion que proporciona aumentar ó disminuir las caras ó flancos, segun los accidentes del terreno y objeto que deba llenar la construccion.

146. Los flancos han de batir con sus fuegos el foso delante de la cortina y de las caras de los baluartes, y además, parte del sector privado de fuego, producido por el ángulo flanqueado, en las inmediaciones de este mismo ángulo. Para llenar estos importantes objetos, necesitan los flancos ser de una magnitud proporcionada, que cuando menos deberá ser de 25<sup>m</sup>, á 30<sup>m</sup>: un flanco mas pequeño, no compensaria con sus ventajas, la penosa construccion del frente bastionado.

147. La cortina debe ser cuando menos, de una longitud tal que las prolongaciones de los declivios superiores de los parapetos en los flancos, vengán á cortarse en el fondo del foso en la capital del frente: de este modo, cada flanco destruye perfectamente, el espacio muerto correspondiente al ángulo entrante, formado por la cortina y el otro flanco. Esta ventaja, de que no haya parte alguna del foso que no sea vista desde la magistral de la obra, hace que el frente bastionado sea preferible á cualquier otro trazado.

148. Midiendo las líneas de defensa la distancia entre los flancos y el saliente del baluarte opuesto, es preciso que su longitud no esceda de 200<sup>m</sup>: asi el fondo del foso delante del ángulo flanqueado, y aun la cresta de la contraescarpa correspondiente, serán perfectamente batidos por los fuegos del flanco opuesto.

149. Para saber la estension de la magistral de un hornabeque, hay que agregar á la longitud de sus alas, la de la magistral correspondiente al frente bastionado: para determinar esta última, habrá que resolver los tres triángulos rec-



tángulos  $CB C'$ ,  $C' D E$  y  $C' E C''$ : en estos triángulos, varían los elementos que los determinan, á cada valor diferente que reciba el lado exterior; y aun en cada valor de este lado, por la diferente relacion que con él tenga la parte  $CC'$  de la capital del frente. Fácil es convencerse, de lo larga y penosa que sería la determinacion de esta porcion de magistral, si no hubiera otro camino para conocerla, con cuanta aproximacion convenga y se pueda desear: consiste este otro método, en determinar para cada valor del ángulo diminuto, la relacion que cada parte del frente bastionado tiene con su lado exterior: determinada esta relacion, la multiplicacion nos conduce á conocer el valor de cada una de estas partes del frente, conocido que sea el lado exterior. Para convencernos de la posibilidad de hallar estas relaciones, basta hacer ver que todos los ángulos de los mencionados triángulos pueden obtenerse en funcion del diminuto, y todos sus lados pueden referirse al lado exterior. Sea  $l$  el lado exterior,  $p$  la perpendicular  $CC'$ ,  $c$  la cara de los baluartes,  $f$  uno de sus flancos,  $a$  la cortina, y  $d$  la línea de defensa: sea tambien  $A$  el ángulo diminuto,  $C$  el de la cortina,  $D$  el de defensa,  $F$  el flanqueado y  $E$  el de la espalda. En cuanto á los ángulos, el triángulo  $ABC'$  dá áng.  $D = 180^\circ - 2A$ ; el ángulo  $DC'E$  es suplemento del  $AC'B$ , luego será  $DC'E = 2A$ ; el ángulo  $C'DE$  es complemento de  $DC'E$ , luego será  $C'DE = 90^\circ - 2A$ ; de este último es suplemento el ángulo de la espalda  $BDE = E$ , luego será  $E = 90^\circ + 2A$ ; el ángulo de la cortina  $DEG = C$ , es igual á un recto mas el diminuto, luego será  $C = 90^\circ + A$ , como ya queda dicho: queda pues manifestado, en cuanto á los ángulos, que todos los de los tres triángulos que determinan la magnitud de las partes del frente bastionado, pueden hallarse en funcion del ángulo diminuto. En cuanto á los lados, el triángulo

$BC C'$ , rectángulo en  $C$ , dá  $BC' = \frac{l}{2 \cos. A}$  (1); las caras

$c$  de los baluartes son, segun queda dicho,  $\frac{2}{3} l = 0,286 l$



ó  $\frac{1}{3} l = 0,333 l$  (2); de donde  $C'D = BC' - c =$   
 $\frac{l(1 - 0,572 \cos. A)}{2 \cos. A}$  ó  $\frac{l(1 - 0,666 \cos. A)}{2 \cos. A}$ , segun sea el

valor de la cara; el triángulo  $DCE$ , rectángulo en  $E$ , dá

$$DE = f = C'D \cdot \text{sen. } 2A = \left( \frac{l}{2 \cos. A} - c \right) \text{sen. } 2A \quad (3),$$

y además  $C'E = \left( \frac{l}{2 \cos. A} - c \right) \cos. 2A$ ; el triángulo

$C'EC''$ , rectángulo en  $C''$ , dá

$$a = \left( \frac{l}{2 \cos. A} - c \right) 2 \cos. 2A \cdot \cos. A. \quad (4): \text{ finalmente la}$$

línea de defensa  $BG = AE = d = BC' + C'G =$

$$BC' + C'E = \frac{l}{2 \cos. A} + \left( \frac{l}{2 \cos. A} - c \right) \cos. 2A. \quad (5).$$

450. Por medio de las fórmulas (3), (4) y (5) que anteceden, combinadas con los dos valores que ordinariamente tienen las caras, y con las diferentes relaciones que la capital del frente tiene con el lado exterior, se proporciona la formación de unas tablas, de sencilla aplicacion, para determinar la magnitud de la magistral de cada una de las partes que forman el frente bastionado, cuando sea conocido el lado exterior, la relacion que con este lado tenga la capital del frente y la longitud elegida para las caras; siendo de advertir, que de estas tres cantidades, la segunda casi siempre y la tercera siempre, son á arbitrio del que construye la obra.

He aquí las tablas.

$$\text{cuando } c = \frac{1}{3} l = 0,286 l \left\{ p = \frac{1}{8} l \left\{ \begin{array}{l} \text{flanco} = 0,145 l \\ \text{cortina} = 0,367 l \\ \text{lín. de defensa} = 0,720 l \end{array} \right. \right.$$



cuando $c = \frac{2}{7}l = 0,286 l$	$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{7}l \\ p = \frac{1}{8}l \end{array} \right.$	flanco = 0,124 $l$
		cortina = 0,382 $l$
		lin. de defensa = 0,719 $l$
cuando $c = \frac{1}{4}l = 0,25 l$	$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{8}l \\ p = \frac{1}{10}l \end{array} \right.$	flanco = 0,108 $l$
		cortina = 0,391 $l$
		lin. de defensa = 0,717 $l$
cuando $c = \frac{1}{5}l = 0,2 l$	$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{10}l \\ p = \frac{1}{12}l \end{array} \right.$	flanco = 0,115 $l$
		cortina = 0,291 $l$
		lin. de defensa = 0,682 $l$
cuando $c = \frac{1}{6}l = 0,166 l$	$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{12}l \\ p = \frac{1}{15}l \end{array} \right.$	flanco = 0,099 $l$
		cortina = 0,306 $l$
		lin. de defensa = 0,679 $l$
cuando $c = \frac{1}{8}l = 0,125 l$	$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{15}l \\ p = \frac{1}{20}l \end{array} \right.$	flanco = 0,086 $l$
		lin. de defensa = 0,676 $l$

451. Es tan sencillo el uso principal de estas tablas que no merece detenernos en su esplicacion. Del atento exámen de estas mismas tablas, se deducen algunas observaciones importantes y son: 1.<sup>a</sup> Que aumentando el lado exterior, aumenta el valor de cada una de las partes del frente bastionado, en un mismo valor de  $p$  y  $c$ : 2.<sup>a</sup> Que para un mismo valor de  $l$  y de  $c$ , disminuyendo la perpendicular, disminuye el flanco y la línea de defensa y aumenta la cortina: 3.<sup>a</sup> Que en un mismo sistema de valores de  $l$  y  $p$ , disminuyendo la lóngitud de las caras, aumentan el flanco, cortina y línea de defensa.

452. PROB. Determinar los limites de la estension del lado exterior de un frente bastionado.

Queda dicho que á medida que crece el lado exterior, crecen las partes que constituyen el frente bastionado: haciendo las caras de la magnitud prefijada, serán siempre de una magnitud proporcionada al objeto que han de llenar; y lo mismo con mayor razon, sucederá respecto de las líneas de defensa, si el lado exterior llega á ser muy pequeño; pero los flancos y la cortina podrán ser muy cortos para llenar las condiciones preseritas: el que los flancos, pues, y



la cortina sean de buena magnitud, serán las condiciones que determinarán el límite inferior que buscamos. Si examinamos con detención las tablas anteriores, vemos que el menor valor para el lado exterior, en un mismo valor para la cara y flanco, es cuando la perpendicular del frente es  $\frac{1}{8} l$ , pero la menor magnitud del flanco es  $25^m$ ; luego cuando la cara  $= 0,286 l$  la ecuación  $25^m = 0,145 l$  dará el límite inferior de  $l$ , esto es,  $l = 172^m, 41$ ; y cuando cara  $= 0,333 l$  dará este mismo límite  $25^m = 0,145 l$  de donde  $l = 217^m, 39$ .

153. El valor de la cortina que en una misma cara dé el menor de  $l$ , será cuando la perpendicular del frente sea lo menor posible, luego por esta consideración, las ecuaciones que dan el límite inferior de  $l$ , serán cortina  $= 0,391 l$  y cortina  $= 0,312 l$ : cuando la cortina es de  $60^m$  cumple, en el relieve y demás dimensiones que comunmente tienen las obras de campaña, con las condiciones á que tiene que satisfacer; de donde se convierten las ecuaciones anteriores en  $60^m = 0,391 l$  y  $60^m = 0,312 l$  y de aquí resulta  $l = 153^m, 4$  y  $l = 192^m, 4$ . En estos resultados se observa que cuando los flancos son de buena magnitud, lo es también la cortina y que no se verifica la reciproca; luego el límite inferior del lado exterior, lo suministra la consideración de que los flancos sean de buena magnitud; y se obtendrá para valor de este límite  $l = 173^m$ .

154. El límite superior de este mismo lado exterior, se obtiene por la consideración de que las líneas de defensa no deben ser mayores de  $200^m$ : para un mismo valor de las caras y de las líneas de defensa, el mayor valor de  $l$  se obtiene cuando  $p$  es lo menor posible; luego suponiendo las líneas de defensa de su máximo valor de  $200^m$ , las ecuaciones que darán el límite superior de  $l$ , serán  $200^m = 0,717 l$  y  $200^m = 0,676 l$ , de donde  $l = 278^m, 94$  y  $l = 296^m, 01$ ; debemos pues deducir que el límite superior del lado exterior de un frente bastionado, es  $300^m$ .

155. PROB. Determinada por los accidentes del terreno ú otra causa, una de las partes que constituyen el frente



bastionado, hallar la magnitud de las demás y construir el frente.

Consiste la resolución de este problema, en obtener la espresion de las partes que se buscan, en funcion de la parte conocida; y esto se consigue, determinando primeramente la longitud que se quiere dar á las caras de los baluartes y la relacion que se quiera exista entre el lado exterior y la capital del frente; despues se halla el valor de  $l$  que suministran las tablas anteriores, por medio de la relacion que existe entre la parte conocida y el lado exterior; y sustituyendo en las demás relaciones de las tablas, en vez de  $l$  su valor que se acaba de hallar, quedarán determinadas todas las demás partes del frente bastionado.

156. Para la construccion de este frente, será preciso determinar el valor del ángulo diminuto y los que las demás partes del sistema, formen entre sí. Por ejemplo, si un flanco es dado de posicion y magnitud, se determina la relacion entre  $p$  y  $l$ , y sea esta  $p = \frac{1}{4} l$ ; se busca el valor del diminuto correspondiente á esta relacion y se hallará ser igual á  $18^{\circ}26'$ , ó bien se construirá dicho ángulo, por medio de un triángulo rectángulo, en que sus catetos sean el uno ocho veces mayor que el otro, y el ángulo opuesto al cateto menor, es igual al diminuto que se busca: en el extremo del flanco dado correspondiente á la cortina, se construye un ángulo igual á un recto mas el diminuto; en el lado correspondiente se toma una magnitud igual á la cortina que darán las tablas anteriores, del modo que en el párrafo que antecede queda dicho; y en el extremo de esta recta se construye otro ángulo igual al anterior, esto es, de  $90^{\circ}$  mas el diminuto, y en el lado correspondiente de este último ángulo construido, se toma una magnitud igual al flanco dado: con esta construccion quedan ya determinados los vértices de los ángulos de la espalda de los baluartes; y unido cada uno de estos vértices, con el del ángulo de la cortina que corresponde, quedan determinadas de posicion las líneas de defensa, y tomando en ellas á partir desde el vértice del án-



gulo de la espalda, la longitud de las caras, quedará construido el frente bastionado.

457. Lo mismo sucedería, si en vez de ser la parte dada un flanco, fuese la cortina, ó una cara; y aun en algunos casos podría resolverse la cuestion, cuando fuese dada una parte del frente bastionado y la direccion de otra, ó la direccion de dos partes, ó la magnitud de estas mismas dos partes &c.

Este problema es de la mayor importancia, para poder acomodar el trazado del frente bastionado á los diversos accidentes del terreno.

458. **PROB.** Dado el lado exterior de un frente bastionado, determinar su desarrollo; y recíprocamente.

Sea  $D$  este desarrollo: será  $D$  igual á la suma de dos caras, de dos flancos y de una cortina: las caras pueden ser de dos valores distintos, y los flancos y cortina varían su valor, segun sea la relacion que exista entre la capital del frente y su lado exterior; luego  $D$  variará á medida que las partes que le componen; luego el problema será en general indeterminado: pero si se determina la longitud de las caras ó su relacion con  $l$ , y la que exista entre  $l$  y  $p$ , el problema no admite mas que una solucion.

Cuando la cara del baluarte  $a$  sea igual á  $\frac{2}{7}l = 0,286 l$  y la perpendicular  $p = \frac{1}{4}l$ , será

$$D = 0,572 l + 0,29 l + 0,367 l = 1,229 l.$$

En esta ecuacion no entran mas cantidades que  $D$  y  $l$ , luego dada ó determinada una de ellas, será conocida la otra, y el problema directo y el recíproco estarán resueltos por medio de esta ecuacion, en el caso propuesto. Del mismo modo se obtendrán las espresiones siguientes:

$$c = 0,286 l \begin{cases} p = \frac{1}{7} l \text{ \& } D = 1,202 l \\ p = \frac{1}{4} l \text{ \& } D = 1,179 l \end{cases}$$



$$\text{cuando } c = \frac{1}{3} l = 0,333 l \left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{2} l \quad D = 1,187 l \\ p = \frac{1}{7} l \quad D = 1,170 l \\ p = \frac{1}{8} l \quad D = 1,150 l \end{array} \right.$$

Estas ecuaciones junto con la primera, resuelven todos los diferentes supuestos que en general se hacen en la resolución de este problema, y es de advertir que el resultado que por ellas se obtiene, no se diferencia del mas escrupulosamente obtenido, en 0<sup>m</sup>,5.

459. Si en el sistema de ecuaciones que antecede, se forman las fracciones continuas correspondientes á los coeficientes de  $l$ , y en vez de estos coeficientes, se sustituyen las primeras reducidas que se originan, el sistema anterior se convertirá en este otro.

$$c = \frac{2}{7} l = 0,286 l \left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{6} l \quad D = \frac{5}{4} l \\ p = \frac{1}{7} l \quad D = \frac{6}{5} l \\ p = \frac{1}{8} l \quad D = \frac{7}{6} l \end{array} \right\} \text{de donde } \left\{ \begin{array}{l} D:l::5:4 \\ D:l::6:5 \\ D:l::7:6 \end{array} \right\}$$

$$c = \frac{1}{3} l = 0,333 l \left\{ \begin{array}{l} p = \frac{1}{6} l \quad D = \frac{6}{5} l \\ p = \frac{1}{7} l \quad D = \frac{7}{6} l \\ p = \frac{1}{8} l \quad D = \frac{8}{7} l \end{array} \right\} \text{de donde } \left\{ \begin{array}{l} D:l::6:5 \\ D:l::7:6 \\ D:l::8:7 \end{array} \right\}$$

Este último sistema, resuelve los problemas propuestos con menos exactitud que el primero, pero como se vé, su aplicacion es muy sencilla y hasta fácil de retener en la memoria; y la aproximacion que proporciona, puede en general, considerarse como muy bastante, en los casos que se presentan en la fortificacion de campaña.

460. La resolución de la cuestion recíproca del problema anterior, nos proporciona como uno de sus casos particulares, la solución de esta cuestion: dada la guarnicion que ha de defender un frente bastionado, construir este frente.

461. Cuando el hornabeque conste de dos frentes bastionados, se llama *hornabeque doble* ó *corona*; y si la obra abierta consta de mas de dos frentes bastionados, se llama



*corona doble.* El ángulo que formen dos rectas, sobre las cuales se quieren construir frentes bastionados, debe ser recto cuando menos; de este modo se podrá lograr que restando de él los dos ángulos diminutos, quede el flanqueado de buen valor.

### ARTICULO III.

#### OBRAS CERRADAS.

162. Cuando una posición puede ser atacada por todas partes, la obra que se construya para su defensa, debe tener parapetos que pongan á su guarnición á cubierto de los ataques del enemigo, cualquiera que sea el sentido en que los dirija. En estos casos, las obras que se construyen se llaman *cerradas*.

163. Se entiende por *obra cerrada* un atrincheramiento cuya magistral es reentrante en sí misma: la proyección horizontal de la magistral de estas obras es un polígono. Si el polígono es convexo, la obra recibe el nombre de *reducto*; si el polígono es no convexo, se llama *fortín* ó *fuerte*, según sus mayores ó menores dimensiones.

164. Como las obras cerradas se construyen cuando el ataque puede dirigirse en cualquier sentido, es necesario que su capacidad interior, sea suficiente para alojar las tropas necesarias para su defensa: merece pues muy particular atención, la magnitud de una obra de esta especie.

165. Ni en la banqueta, ni en el declivio de su subida, debe permitirse que el soldado se acueste, porque uno y otra, deben mantenerse completamente desembarazados, para las maniobras que exija la defensa del puesto. No debe pues contarse, para el alojamiento de la guarnición en el interior de una obra cerrada, mas que con el espacio com-



prendido por el pié de la subida á la banqueta: á este espacio se le dá el nombre de *polígono de capacidad*.

166. Para alojarse cómodamente un hombre, necesita  $4^m, 5$ ; se debe, pues, determinar la magnitud de una obra cerrada, de modo que el espacio por ella circunscrito, tenga á lo menos tantas veces  $4^m, 5$  como hombres haya en su guarnicion, si esta se compone solo de infantería: pero si tambien hay artillería, es necesario tener cuenta que las dependencias de cada pieza, necesitan  $36^m, 0$  y que una plataforma para una pieza con su rampa, ocupa en un ángulo  $30^m, 0$  y en una cara  $70^m, 0$ . Estas últimas dimensiones varían algun tanto, con la altura de la obra, la menor ó mayor latitud que se dé á la plataforma y el grado de inclinacion de la rampa.

### REDUCTO.

167. Los reductos toman diferentes nombres, segun el número de lados del polígono convexo formado por la proyeccion horizontal de su magistral: si esta proyeccion es un triángulo, el reducto se llama *triangular*; si un cuadrilátero, *cuadrangular*, si un pentágono, *pentagonal*; &c., y si un círculo, *circular*.

168. Son defectos inherentes á todo reducto 1.º, el tener un sector privado de fuego delante de cada uno de sus salientes; y 2.º, que todo su foso está en el ángulo ó espacio muerto y por consiguiente privado del fuego de los parapetos.

169. SECTORES PRIVADOS DE FUEGO. La suma de los ángulos de estos sectores, es constante en todo reducto, é igual á  $360^\circ$ : porque siendo el ángulo de un sector privado de fuego, suplemento del saliente que le produce, la suma de los ángulos de todos los sectores, será igual á la diferencia entre tantas veces dos ángulos rectos como salientes haya en el reducto y la suma de estos mismos salientes ó ángulos del polígono convexo, formado por la proyeccion horizon-



tal de la magistral de la obra; pero la suma de los ángulos de un polígono convexo, es igual á tantas veces dos ángulos rectos como lados ó ángulos tiene el polígono menos dos; luego la diferencia entre las dos cantidades citadas será dos veces dos ángulos rectos ó  $360^\circ$ , y este será el valor de la suma de los ángulos de los sectores privados de fuego en todo reducto. Esto mismo pudiera tambien probarse por medio de un cálculo sencillo; ó recordando que si se prolongan en un mismo sentido todos los lados de un polígono convexo, los ángulos que resultan, son suplementos respectivamente de los ángulos del polígono, y su suma es igual á cuatro rectos ó  $360^\circ$ .

470. Para remediar el defecto de que nos estamos ocupando, pueden emplearse diferentes medios: ó bien se pueden achaflanar los ángulos del reducto, ó bien recortarlos formando un arco, ó bien construyendo en sus lados dientes de sierra.

471. Llámase chaflan, al corte que se hace en un ángulo saliente por una recta, ordinariamente perpendicular á la capital ó bisectriz de dicho ángulo: proporciona esta rectificación, el enviar en la direccion de la capital, y por consiguiente en el sector privado de fuego, algunos disparos; pero para esto debe ser de una magnitud proporcionada, de modo que el fuego sea un poco nutrido; y como cuanto mayor es este recorte, mas disminuye la capacidad interior de la obra y la estension de la magistral en los lados, resulta que el chaflan no puede hacerse á lo sumo sino de unos  $14^m$  á  $16^m$ . En cuanto á las ventajas del chaflan, debe observarse que si bien se consigue por él, batir algun tanto el sector privado de fuego, crea sin embargo otros dos sectores, cuya suma es igual al sector primitivo; de modo que á primera vista, parece que no se ha logrado mas que trasladar á otras partes el defecto, sin atenuarle; pero no es así en la realidad, porque en los sectores privados de fuego, encontrarán las columnas de ataque tanto menos abrigo cuanto menor sea el valor del ángulo que le corresponde. Se demuestra



que la suma de los ángulos de los nuevos sectores privados de fuego, es igual al ángulo del primitivo, considerando (fig. 24) que el chaflan  $ac$ , origina un triángulo  $abc$ , y en este, como en todo triángulo, se verifica que  $ang. a + ang. c = 180^\circ - ang. B$ , y como los ángulos en  $a$  y en  $c$  son respectivamente suplementos de los nuevos salientes producidos por el chaflan, serán iguales á los ángulos de sectores por ellos producidos, luego la suma de estos ángulos será suplemento del saliente  $B$  y por consiguiente igual al ángulo del sector producido por este saliente. Esto mismo puede demostrarse con mas sencillez, considerando que la suma de los ángulos de los sectores privados de fuego, en todo polígono convexo ó reducto, es igual á  $360^\circ$ , luego la rectificación, que no altera la especie de figura, tampoco alterará esta propiedad, luego el valor del ángulo primitivo debe haberse repartido en los que nuevamente se han originado.

172. En vez del chaflan en línea recta, puede tambien trazarse la magistral en arco de círculo, cuyo centro esté en la capital del ángulo: en este caso la magistral es algo mayor que en el anterior, disminuye menos la capacidad interior y se reparte el sector en tantos sectores como defensores se colocan en primera fila, siendo tambien la suma de los ángulos de estos sectores, igual al ángulo del sector primitivo.

173. Tanto en uno como en otro caso, las aristas interiores del parapeto, sufren una modificacion análoga á la que sufre la magistral; no sucede siempre lo mismo con las aristas exteriores, pues unas veces son paralelas á la magistral y otras siguen la direccion primitiva, como si dicha arista no se hubiese rectificado: en el primer caso el chaflan se llama *vacío* y en el segundo se llama *lleno*: una y otra cosa tienen sus ventajas é inconvenientes. En el chaflan lleno, la remocion de tierras es mayor, y por consiguiente mas largo y penoso el trabajo, y el enemigo en el declivio superior tiene mucho espacio en donde desarrollar sus fuerzas, y puede envolver al defensor; pero en cambio, si el



foso está batido de algun modo , no queda en su fondo espacio alguno , en donde el enemigo se encuentre á cubierto de estos fuegos : por el contrario , en el chaflan vacío , no puede el enemigo desarrollar tantas fuerzas en la parte superior del parapeto y es menor la remocion de tierra , pero queda un vacío en el fondo del foso , donde el enemigo puede con toda seguridad , reorganizarse y disponerse para asaltar el parapeto. De esto resulta , que cuando se tienen algunos fuegos que obren en el foso , el chaflan mas conveniente será el lleno , y cuando esta circunstancia no se verifique , el mejor chaflan será el vacío.

174. Otro de los medios que suele proponerse para conseguir algunos fuegos en el sector privado de ellos , producido por el saliente del reducto , consiste en unos pequeños recortes que se hacen en la magistral , llamados *dientes de sierra*.

Para construir los dientes de sierra y para no debilitar el espesor de la obra , se adosa á esta una masa de tierra de una vara de espesor , llamada *sobreepesor* del parapeto ; y en el se trazan los ángulos , alternativamente salientes y entrantes , que forman los dientes , y cuyos lados son uno perpendicular á una capital y el otro á la otra , de los dos salientes colocados en los extremos del lado en donde se hace la modificacion. La proyeccion horizontal de los dientes de sierra , está representada en la figura por las *mnop....* : en esta proyeccion , parece la construccion sumamente ventajosa , porque haciendo de magnitud conveniente la distancia *np* , entre los vértices de los salientes de dos dientes consecutivos , sin disminuir la eficacia de los fuegos directos en frente de cada lado del saliente , proporciona dos columnas de fuegos paralelos á las capitales de los salientes , colocados en los extremos del mismo lado. Pero no sucede así en la realidad , porque su construccion es difícil , por los muchos ángulos salientes y entrantes que los componen ; el sobreepesor aumenta la remocion de tierra y consiguientemente el trabajo , y disminuye la capacidad interior de la obra ; la



banqueta no puede estar bien colocada respecto de la línea de fuego, porque debiendo ser una superficie plana, para que no entorpezca los movimientos de defensa y debiendo el sobreespesor en su parte superior ser prolongacion del plano de fuego del parapeto, resulta que si la banqueta está bien colocada para las partes entrantes  $o, q, \dots$ , estará muy elevada para las salientes  $n, p, \dots$  y los defensores de estos puntos estarán muy descubiertos; si por el contrario, la banqueta está á buena altura para las partes salientes, los defensores colocados en las entrantes, no alcanzarán á enviar sus disparos por el plano de fuego ó declivio superior del parapeto; y si finalmente se agrega á esto el entorpecimiento producido por el choque de los fusiles, que necesariamente han de cruzarse, fácilmente se deduce que los dientes de sierra, deben considerarse como mucho mas perjudiciales que útiles.

173. Foso SIN FUEGOS. Con el objeto de proporcionarse algunos fuegos que barran los fosos de un reducto, pueden construirse en su fondo unas pequeñas obras, llamadas *caponeras*. De su construccion se hablará en los medios de aumentar la fuerza de los atrincheramientos. En cuanto á su colocacion es de advertir, que si se colocan en los puntos medios de los lados del reducto, son necesarias tantas caponeras como lados tenga la obra, para lograr fuegos en todo el foso; y si se colocan en los salientes, de modo que sus caras sean respectivamente perpendiculares á los lados del ángulo, basta una para cada dos lados del reducto, de donde á primera vista parece preferible la segunda colocacion á la primera. Sin embargo, siendo los salientes en general, los puntos que el enemigo escogerá para dirigir sobre ellos sus ataques, podrán proporcionarle estas obras alguna mayor facilidad en el paso del foso, cuya latitud disminuyen. Será, pues, conveniente la colocacion de las caponeras en los salientes, siempre que estos estén bien apoyados; y en el caso contrario, deberán aquellas colocarse en los puntos medios de los lados.



176. Examinemos las propiedades de cada una de las diferentes figuras que pueden tener un reducto, para poder apreciar el valor de cada una de ellas.

177. REDUCTO TRIANGULAR. Este reducto, debe tener por base un triángulo equilátero: si se tratase de fortificar un triángulo isósceles ó escaleno, uno ó dos de sus ángulos serian menores que  $60^\circ$ , límite inferior de los ángulos salientes; porque siendo constante la suma de los tres ángulos de todo triángulo rectilíneo, el aumento de valor en uno de ellos, resultará en perjuicio del de la suma de los otros dos.

178. Siendo la superficie de un triángulo menor que la de cualquier otro polígono, á igualdad de perímetros, es necesario que en el reducto triangular, la magistral tenga mayor desarrollo, para lograr que encierre en su interior, la superficie necesaria para el alojamiento de su guarnicion. Además, este reducto tiene el defecto, de que sus sectores privados de fuego son lo mayor posible, puesto que el valor del ángulo de cada uno de ellos es  $120^\circ$ .

179. En cuanto á las ventajas de este reducto, es de advertir, que á igualdad de perímetros, la longitud de sus lados será mayor que en cualquier otro polígono, y por consiguiente mas nutridos los fuegos, en el terreno batido por cada uno de estos lados. Además para defender el foso se necesitan construir menos caponeras que en otro reducto de diferente figura: y finalmente siendo solo tres sus salientes, es mas fácil adaptar esta figura al terreno, esto es, es mas fácil encontrar posiciones que permitan apoyar sus salientes, impidiendo así su ataque, que en cualquier otra figura que pudiera tener el reducto.

180. Si se comparan los inconvenientes del reducto triangular con sus ventajas, resulta que aquellos superan á estas, de modo que solo debe construirse cuando no haya otro recurso, ó para rectificar errores anteriormente cometidos.

181. REDUCTOS POLIGONALES. Bajo este nombre se comprenden los reductos cuadrangulares, pentagonales, &c.: y es de advertir que en general, en esta clase de reductos,



con el aumento del número de lados, disminuyen las ventajas y los inconvenientes observados en el reducto triangular.

182. Efectivamente, á igual perímetro, cuanto mayor sea el número de lados, tanto mas débil será el fuego de cada cara; tambien con el mayor número de lados, será preciso aumentar los medios para atenuar los defectos inherentes á todo reducto; y con el mayor número de salientes, crecerá la dificultad de acomodar la obra al terreno, y el número de puntos que el enemigo podrá elegir para sus ataques.

183. Por el contrario, aumentando el número de lados, á igual perímetro crece la capacidad interior; los sectores privados de fuego, al paso que aumenta su número, disminuye el valor de cada uno de ellos, puesto que su suma es igual en todos los reductos; y finalmente la construcción de la obra resulta algun tanto mas difícil.

184. El *reducto circular* es de construcción difícil y hasta imposible con trabajadores poco acostumbrados á esta clase de trabajos; es imposible flanquear completamente el foso; sus sectores privados de fuego son pequeños, pero en mucho número; los fuegos de sus defensores son divergentes, y por consiguiente la obra presenta débil defensa; y si bien en ninguna parte el reducto es completamente débil, en cambio en ninguna es tampoco completamente fuerte, resultando de aquí que el enemigo podrá elegir para sus ataques, tantos puntos como son los de la circunferencia formada por su magistral. Son de tanta monta estos defectos, que no puede en modo alguno compensarlos la ventaja propia de esta figura de encerrar, á igual perímetro, mayor superficie que ningun otro polígono.

185. Del precedente análisis resulta que el mejor reducto será, en general, el cuadrangular, como término medio, en donde mejor se compensan las ventajas con los inconvenientes. Sin embargo, en algunos casos se construyen, por exigirlo así los accidentes del terreno, reductos penta-



gonales, y aun exagonales aunque con menos frecuencia que los anteriores; y nada mas raro en la práctica que los reductos circulares.

486. Al tratar del reducto triangular, se ha probado que no se podia construir, sino sobre una figura regular: no sucede lo mismo en los reductos de mayor número de lados, que pueden construirse lo mismo sobre una figura regular que sobre una irregular, porque la bondad de una obra de fortificacion, no resulta de su mas simétrica construccion, sino de su mejor acomodamiento á los variados accidentes que el terreno presenta, teniendo en cuenta, ciertos principios fundamentales que esplanaremos al tratar de las aplicaciones de la fortificacion de campaña al terreno.

487. Sin embargo, en mucho de lo anteriormente dicho y de lo que nos resta decir, consideramos los reductos contruidos sobre figuras regulares, porque 1.º al discutir las ventajas y los inconvenientes de esta clase de obras, ha sido mucho mas fácil el hacerlo sobre figuras regulares, y no presenta dificultad el generalizar en seguida los razonamientos formados: 2.º porque la regularidad de las figuras, las hace disfrutar de propiedades generales que conducen á sencillez en los cálculos y generalidad en las fórmulas; y 3.º porque en todos los casos en que el terreno no obliga á lo contrario, se construye una obra regular, con lo que se simplifica algun tanto la construccion.

488. REDUCTO MÍNIMO. Al hablar en general sobre las obras cerradas, queda dicho que la bondad de estas obras depende no solo de sus propiedades defensivas, sino de que en su interior encierren á lo menos, el espacio necesario para el alojamiento de su guarnicion. Es de tanta importancia esta condicion, que hace inadmisibile á un reducto que no cumpla con ella, por defecto de alguna importancia; y por el contrario, un sobrante de capacidad interior hace mas recomendable la obra, por cuanto serán menos mortíferos los efectos de los proyectiles huecos que el enemigo logre hacer penetrar en su interior.



189. Parece á primera vista, que si hay en cada figura, algun reducto á quien falte la capacidad interior para el alojamiento de su guarnicion, tal vez no haya otro, que con los mismos datos, pueda satisfacer á esta condicion esencial; porqué si bien es fácil ver que aumentando la magistral, aumenta la capacidad interior de la obra, tambien es cierto que aumenta la fuerza de la guarnicion necesaria para su defensa; pero saldremos de este error, al recordar que las áreas de dos figuras semejantes, crecen en razon de los cuadrados de dos de sus lados homólogos, al paso que sus perimetros, crecen solo en razon de las primeras potencias de estos mismos lados.

Sea, por ejemplo, un reducto cuadrado. El lado de su polígono de capacidad, es igual al del polígono de la magistral, menos el doble del detall interior de la obra; si el lado del polígono de la magistral es igual al doble de este detall interior, el del polígono de capacidad será cero, y el área de este polígono tambien será cero; y resultará un reducto cuadrado, que necesitará alguna guarnicion para su defensa, y en su interior no habrá capacidad alguna para su alojamiento. Pero como las áreas crecen en mayor razon que el perimetro, en figuras semejantes, resulta que creciendo la magistral del reducto cuadrado que consideramos, el área de su polígono de capacidad, crecerá en mayor razon que la fuerza de su guarnicion; y asi se comprende fácilmente que en cada figura y con los mismos datos, habrá un reducto en que su polígono de capacidad, sea el preciso para el alojamiento de su guarnicion; y por consiguiente, habrá con mayor razon otros que encierren mas espacio que el necesario para el objeto indicado.

190. En cada figura y en cada combinacion de datos, se llama *reducto mínimo*, á aquel que en su interior encierre el espacio preciso para el alojamiento de su guarnicion. Todo reducto de la misma figura, que con los mismos datos, tenga mas desarrollo su magistral, es tambien aceptable.

191. PROB. Determinar el reducto mínimo en cada figu-



ra, siendo esta regular, y con un detall interior conocido.

En la resolucion de este problema, pueden ocurrir tres casos: 1.º cuando la guarnicion se componga solo de infantería, y esta no sea mas que la precisa para guarnecer toda la banqueta: 2.º cuando se componga solo de infantería, pero además de la precisa para guarnecer toda la banqueta, quede un sobrante para formar la reserva: 3.º cuando la guarnicion del reducto se componga de infantería y artillería.

192. Si encontramos una espresion del área del polígono de capacidad, en funcion del lado del polígono formado por la magistral, y otra espresion de la superficie que para su alojamiento necesite la guarnicion, tambien en funcion de la misma cantidad, igualando estas dos espresiones, resultará una ecuacion, en la que no entrará mas cantidad desconocida que el lado del polígono de la magistral; y será la ecuacion fundamental del problema que queremos resolver.

193. Propongámonos resolver el primer caso, esto es, que toda la guarnicion se coloque en la banqueta, sin dejar reserva; y representese por  $l$  el número de lados del polígono,  $x$  el lado del polígono de la magistral,  $a$  la apotema del polígono de capacidad,  $d$  el detall interior de la obra y  $p$  el ángulo interno del polígono regular. El lado  $ab$  (fig. 25) del polígono de capacidad es igual á  $AB = x$  menos la suma  $Am + Bn$ ; estos dos sumandos son iguales entre sí, por la igualdad de los triángulos  $amA$ ,  $bnB$ , rectángulos en  $m$  y  $n$ , porque tienen los catetos  $am = bn = d$ , é iguales los ángulos agudos en  $A$  y  $B$ , por ser ambos iguales á  $\frac{1}{2}p$ ; en cualquiera de estos triángulos, por ejemplo en el  $amB$ , se verifica que  $Am = am \times \cot. A = d. \cot. \frac{1}{2}p$ , luego el lado del polígono de capacidad será  $x - 2d. \cot. \frac{1}{2}p$ . La apotema del polígono de capacidad  $a$ , será igual á

$$Oc = \frac{x - 2d. \cot. \frac{1}{2}p}{2} \times \tanj. \frac{1}{2}p = \frac{x - 2d. \cot. \frac{1}{2}p}{2. \cot. \frac{1}{2}p}; \text{ y}$$

el área del polígono de capacidad, como la de un polígono



regular, será igual á la mitad del perímetro por el radio rec-  
to ó apotema, luego será igual á  $\frac{la(x - 2d \cdot \cot. \frac{1}{2} p)}{2} =$

$\frac{l(x - 2d \cdot \cot. \frac{1}{2} p)^2}{4 \cdot \cot. \frac{1}{2} p}$  (1). Si se representa por  $n$  el número

de filas en la banqueta, y se valúa ó refiere  $x$  al metro co-  
mo unidad, asignando una hilera por cada metro de magis-  
tral, será  $nx$  el número de hombres que se colocarán en un  
lado del reducto, y  $lnx$  la fuerza total de la guarnicion; y  
correspondiendo  $\frac{3^{m.c}}{2}$  de capacidad interior á cada soldado

de infantería, será  $\frac{3nlx}{2}$  la capacidad que para su aloja-  
miento necesita la guarnicion, y formando ecuacion con esta  
última espresion y la (1), resultará la ecuacion fundamental

que resolverá este caso; y será  $\frac{3nlx}{2} =$

$\frac{l(x - 2d \cdot \cot. \frac{1}{2} p)^2}{4 \cdot \cot. \frac{1}{2} p}$  (2). Esta ecuacion es de segundo

grado y sus raices son siempre reales, en el problema de  
que nos ocupamos, porque la espresion de estas raices, pue-  
de tomar esta forma,  $x = \cot. \frac{1}{2} p (3n + 2d) \pm$

$\sqrt{(\cot. \frac{1}{2} p (3n + 2d) + 2d \cot. \frac{1}{2} p)(\cot. \frac{1}{2} p (3n + 2d) - 2d \cot. \frac{1}{2} p)}$

y los dos factores, cuyo producto abraza el radical, son can-  
tidades esencialmente positivas, por serlo  $n$ ,  $d$  y  $\cot. \frac{1}{2} p$ ;  
luego las raices serán reales. Además de ser reales estas  
raices son tambien positivas, como es fácil ver dándolas la si-  
guiente forma,  $x = \cot. \frac{1}{2} p (3n + 2d \pm \sqrt{3n(3n + 4d)})$

(3) y obervando que el radical es de menor valor que la  
suma  $3n + 2d$ ; por consiguiente los dos valores que se de-  
ducen de la ecuacion (3), serán positivos. Esto mismo puede



tambien probarse , preparando la ecuacion fundamental (2); y resultará que siendo positivo en el primer miembro , el término constante , las dos raices de esta ecuacion serán de un mismo signo , y siendo negativo el coeficiente de la primera potencia de la incógnita , en el primer miembro , la suma de las dos raices es positiva , y por consiguiente positivas ambas raices.

194. Siendo ambas raices positivas, parece á primera vista que las dos deben satisfacer al problema, pero esto es imposible, porque creciendo las áreas de los polígonos de capacidad en mayor razon que los perímetros de los polígonos formados por sus respectivas magistrales, si la menor raiz satisface al problema, no puede hacerlo la mayor, que dará una capacidad interior muy sobrante, y por consiguiente, no representará el lado del reducto mínimo; por el contrario, si la mayor raiz satisface al problema, la menor representa el lado de un reducto, en cuyo interior, no habrá la capacidad necesaria para el alojamiento de su guarnicion. Para averiguar cuál de estas dos raices satisface al problema, busquemos en su enunciado, alguna condicion que todavia no se haya tenido en cuenta; y efectivamente se ve que el lado del polígono de capacidad, debe ser por su naturaleza, una cantidad positiva; sustituyendo pues en su expresion  $x - 2d \cot. \frac{1}{2}p$ , en vez de  $x$ , sucesivamente cada uno de sus dos valores, resulta que la menor de las dos raices, produce un lado negativo para el polígono de capacidad, y la mayor de las dos raices, un lado positivo: luego esta raiz satisface todas las condiciones consideradas en el problema propuesto, luego la única solucion del problema, será

$$x = \cot. \frac{1}{2}p. (3n + 2d + \sqrt{3n(3n + 4d)}) (4).$$

195. En las aplicaciones que se hagan de esta fórmula, debe tenerse en cuenta, que  $d$  debe referirse al metro como unidad, y que  $n$  es un número abstracto, pero entero, cuyos valores no pueden ser sino uno, dos ó tres.



Sea  $l = 4$ ,  $n = 1$ ,  $d = 2^m, 92$ : será  $p = 90^\circ$  y  
*cot.*  $\frac{1}{2} p = 1$ ; de donde, el lado del reducto mínimo, con las  
 condiciones propuestas y en el cuadrado, será  $15^m, 47$ ; es  
 decir de  $16^m$ .

196. 2.º Caso. Consideremos el caso de que la guarni-  
 cion de un reducto conste de una reserva, además de la  
 fuerza que debe colocarse en la banqueta. La defensa que  
 en este caso puede hacerse, adquiere muchos grados de im-  
 portancia; porque la reserva está destinada á cubrir las  
 bajas de los defensores de la banqueta, de modo que su de-  
 fensa es ó puede ser siempre de igual eficacia, y además  
 tiene el importantísimo objeto de batir al enemigo, cuando  
 ha logrado encaramarse sobre lo alto del parapeto, ocasion  
 en que generalmente se desaniman los defensores colocados  
 en la banqueta. La buena relacion entre la fuerza de la re-  
 serva y la total de la guarnicion, es de difícil determinación,  
 por las muchas circunstancias que para ello deben tenerse  
 en cuenta; y así es que varía comunmente desde 0,4 de la  
 fuerza total, hasta 0,5 de esta misma fuerza; sea pues  $\frac{1}{r}$  es-

ta relacion: si se representa por  $t$  la fuerza total de la guar-  
 nicion, por  $b$  la parte de esta que se destina á la banque-  
 ta y por  $c$  la de reserva, resultarán las dos ecuaciones

$t = b + c$  y  $c = \frac{1}{r} t$ ; y eliminando por medio de estas

dos ecuaciones la cantidad  $t$  y despejando á  $c$  en la ecuacion

que de este modo se obtiene, resulta  $c = \frac{b}{r-1}$ ; esto es,

la fuerza de la reserva es la fraccion  $\frac{1}{r-1}$  de la de la ban-

queta. Si se refiere  $x$  al metro como unidad, como en el caso

anterior, será  $ln x$  la fuerza de la banqueta y  $\frac{ln x}{r-1}$  la de

la reserva, de donde substituyendo estos valores en vez de  $b$ .



y  $c$  en la primera de las ecuaciones, se obtiene la siguiente expresion de la fuerza total de la guarnicion,

$$t = \frac{l n x r}{r-1}; \text{ y ser\'a } \frac{3 l n x r}{2(r-1)} \text{ la superficie interior que para}$$

su alojamiento necesite esta misma guarnicion: igualando

esta \'ultima expresion  $\frac{3 l n x r}{2(r-1)}$ , con la del \'area del poligono

de capacidad ya obtenida en el caso anterior, resulta la ecuacion fundamental del problema, en este caso particular que nos proponemos resolver; y ser\'a

$$\frac{3 l n x r}{2(r-1)} = \frac{l(x - 2d \cdot \cot. \frac{1}{2} p)^2}{4 \cdot \cot. \frac{1}{2} p}$$

197. Esta ecuacion es de segundo grado, sus dos raices son siempre reales, como puede f\'acilmente probarse, por un razonamiento an\'alogo al del caso anterior, dando esta forma

\'a las raices de la ecuacion  $x = \cot. \frac{1}{2} p \left( \frac{3nr}{r-1} + 2d \right) \pm \dots$

$$\sqrt{\left( \cot. \frac{1}{2} p \left( 2d + \frac{5nr}{r-1} \right) + 2d \cot. \frac{1}{2} p \right) \left( \cot. \frac{1}{2} p \left( 2d + \frac{5nr}{r-1} \right) - 2d \cot. \frac{1}{2} p \right)}$$

porque el t\'ermino  $\frac{3nr}{r-1}$  tiene positivo su divisor, puesto que

$r$  es siempre mayor que la unidad: tambien por el mismo razonamiento que en el caso anterior se demostrar\'a que las dos raices son positivas y que solo la mayor satisface al problema, de modo que la \'unica solucion que este admite es

$$x = \cot. \frac{1}{2} p \left( \frac{3nr}{r-1} + 2d + \sqrt{\frac{3nr}{r-1} \left( \frac{3nr}{r-1} + 4d \right)} \right) \quad (5)$$

198. Para aplicar esta f\'ormula, debe referirse  $d$  al metro como unidad; y haciendo  $l=4$ ,  $n=1$ ,  $d=2^m$ , 92 y  $r=6$  se obtiene por medio de la expresion (5), la longitud del lado del m\'inimo reducto cuadrado, con las condiciones expresadas.



199. 3.<sup>er</sup> caso. Propongámonos ahora hallar el lado del reducto mínimo, cuando su guarnicion se componga de infantería, distribuida entre la banqueta y reserva, y además de algunas piezas de artillería: para esto sea  $m$  el número de piezas colocadas en capital y  $q$  el de las colocadas en las caras, y si referimos á  $x$  al metro como unidad,  $lx$  representará la longitud total de la magistral de la obra: si de esta magistral se resta la parte de ella  $10m + 5q$ , ocupada por la artillería, la diferencia  $lx - (10m + 5q)$  representará la estension de magistral que ocupará la infantería; y multiplicando esta última espresion por  $n$ , obtendremos la fuerza de infantería colocada en la banqueta; de donde por las observaciones hechas en el caso anterior, será

$\frac{n(lx - (10m + 5q))}{r - 1}$  la fuerza de la reserva, y

$\frac{nr(lx - (10m + 5q))}{r - 1}$  la espresion de la fuerza total de

infantería de que se compondrá la guarnicion: la capacidad que esta misma fuerza necesitará en el interior de la obra para su alojamiento, será

$\frac{3nr}{2(r-1)} (lx - (10m + 5q))$ : y  $\frac{l(x - 2d \cdot \cot. \frac{1}{2}p)^2}{4 \cot. \frac{1}{2}p} \dots$

$36(m + q) - (50m + 70q)$ , será la parte del polígono de capacidad que quedará disponible para esta misma fuerza; luego la ecuacion fundamental que resuelve este caso, será

$\frac{3nr}{2(r-1)} (lx - (10m + 5q)) = \frac{l(x - 2d \cdot \cot. \frac{1}{2}p)^2}{4 \cot. \frac{1}{2}p} -$

$36(m + q) - (50m - 70q)$ .

200. Esta ecuacion es de segundo grado; sus dos raices son siempre reales y positivas y solo la mayor satisface al problema; como es fácil demostrar, siguiendo en el razonamiento y en el cálculo, una marcha análoga á la que se ha seguido en los dos casos anteriores.



201. Sirven estas expresiones de la única solución que en cada caso admite el problema propuesto, para la formación de unas tablas, en que se escriban los lados del reducto mínimo, en cada una de sus distintas figuras y en cada combinación de datos de uso más frecuente: por medio de estas tablas se podrá determinar directamente, si un reducto proyectado ó construido, satisface á la condición de tener en su interior capacidad suficiente; y recíprocamente se podrá averiguar, si con una guarnición dada, es posible la construcción de un reducto que satisfaga á todas las condiciones. Cerciados tanto en uno como en otro caso, de que todas las condiciones se llenan, podemos pasar á resolver el siguiente.

202. *PROB.* Dada la fuerza que debe guarnecer un reducto, determinar el lado de la obra que debe construirse; y recíprocamente, dado el lado del reducto, determinar la fuerza de su guarnición.

Sea  $G$  la fuerza de la guarnición: recordando la expresión de la fuerza total de la guarnición, en cada uno de los tres casos que anteriormente se han resuelto, é igualando  $G$  con estas expresiones, se obtienen las tres siguientes ecuaciones que resuelven el problema directo y el recíproco.

$$G = \ln x: \text{ de donde } x = \frac{G}{\ln}, \text{ en el 1.}^{\text{er}} \text{ caso.}$$

$$G = \frac{\ln x r}{r-1}: \text{ de donde } x = \frac{G(r-1)}{\ln r}, \text{ en el 2.}^{\text{o}} \text{ caso.}$$

$$G = \frac{nr(xl - (10m + 5q))}{r-1}: \text{ de donde}$$

$$x = \frac{\frac{r-1}{nr}G + 5(2m + q)}{l}, \text{ en el 3.}^{\text{er}} \text{ caso.}$$

203. Es de absoluta necesidad en las obras cerradas, el formar unas comunicaciones, con el objeto de facilitar la



entrada y salida de la guarnicion, ya en sus necesidades diarias, ya en sus movimientos de avance ó retirada que una buena defensa puede exigir. Deben construirse estas comunicaciones en los puntos mas defendidos, con el objeto de que el enemigo encuentre mas dificultades, en el ataque de la obra por ellas, que por otros puntos: en los reductos, con arreglo á este principio, deben construirse en los puntos medios de los lados, y en general basta una sola comunicacion. Consta una comunicacion de dos partes principales; de un paso ó cortadura en el parapeto y de otro sobre el foso.

204. El paso del parapeto, es una cortadura ó interrupcion que en esta masa se abre, y que partiendo del terreno natural, es formada por dos declivios laterales: su latitud en el terreno es de unos 2<sup>m</sup>, si ha de servir solo para infantería, y de unos 4<sup>m</sup>, cuando ha de ser para la artillería; aunque esta última magnitud puede disminuirse algun tanto, teniendo en cuenta que los ejes de los carruages de esta arma, tienen próximamente unos 2<sup>m</sup> de longitud: conviene que la latitud de una comunicacion de esta clase, no sea mucho mas de lo absolutamente preciso, porque, en igualdad de todas las demás circunstancias, con su menor latitud, sufrirá menos disminucion la magistral; y por consiguiente el lado donde se construya la comunicacion, será susceptible de mejor defensa. Los declivios laterales, por la misma razon anterior y por otra que despues se dirá, deben ser de la mayor pendiente posible; con este objeto rara vez se les dá la inclinacion natural de las tierras, sino una inclinacion mayor, revistiendo estos declivios al efecto, con una tongada de objetos mas resistentes que la tierra.

205. Consiste el paso del foso, en las disposiciones que se toman para que esta parte del atrincheramiento, no presente dificultades en la comunicacion. Varían de solidez estas disposiciones ó medios, segun hayan de servir para el paso de infantería solamente ó para el de artillería. En el primer caso, puede consistir en escaleras de mano, aplica-



das sobre la escarpa y contraescarpa, ó en unos gruesos tablones ó viguetas que descansan sobre las crestas de estos declivos, cuando el foso no es de mucha latitud. En el segundo caso, se deja delante de la comunicacion, una porcion de foso sin escavar, igual á la latitud del paso en el parapeto; pero esto es desventajoso, porque no se puede destruir fácilmente cuando el enemigo ataca la obra, y puede este servirse del mismo medio que el defensor para salvar el foso. Comunmente se pasa el foso por un puente de madera de fácil construccion y aun de destruccion, si no se pueden retirar oportunamente al interior de la obra, los objetos que le forman: cuando el foso es de poca latitud, puede consistir el puente en dos maderos labrados que colocados á lo largo de las crestas de escarpa y contraescarpa y suficientemente asegurados al terreno por medio de piquetes ú otros recursos, sirven de soleras á unas viguetas colocadas sobre ellas, en el sentido de la latitud del foso, y sobre las cuales se ajustan unas tablas de una á dos pulgadas de grueso, que colocadas perpendicularmente á las viguetas, forman el pavimento del puente: si el foso es de mucha latitud, puede colocarse en el foso un caballete, cuyos pies descansan en su fondo, y sobre su mesilla las viguetas, que podrán ser solo de una pieza ó de dos, descansando en este último caso sus cabezas, sobre la mesilla del caballete, de la que deberán sobresalir algun tanto, para la mayor seguridad del paso.

206. Estos puentes pueden inutilizarse para el paso del enemigo, de varios modos; ó quitando solo la tablazon que forma su pavimento, ó quitando además las viguetas, ó deshaciéndole ó destruyéndole completamente; y es fácil observar que todos estos modos de inutilizar el paso del foso, no presentarán igual dificultad á un enemigo osado. Puede tambien hacerse, que una parte del piso del puente, sea movable al arbitrio del defensor; que es lo que constituye los puentes llamados *levadizos*, pero que no nos detendremos en su explicacion, porque rarísima vez se construyen en las obras de campaña.



207. Por la interrupcion del parapeto formada por la comunicacion, podria el enemigo descubrir el interior de la obra, si no se tratara de cubrirla con alguna construccion, que sin impedir el paso de la tropa y carruages, sea de bastante resistencia para detener la marcha de los proyectiles enemigos, y proporcione además, el que colocados en ella algunos soldados, suplan con sus fuegos á los que debian hacerse desde la parte en que por la comunicacion ha disminuido la magistral: la colocacion de los medios que se emplean con este objeto, puede ser interior ó esteriormente ó en la misma comunicacion.

208. El primero de los medios interiores que se emplean, consiste en una masa de tierra llamada *través*: su espesor debe ser el mismo que el del parapeto de la obra principal; porque estando casi igualmente espuesto á los fuegos del enemigo, debe tener la misma resistencia, para detener á sus proyectiles; por igual razon, su altura debe ser la misma que la del parapeto, y lo mismo sucede respecto de los declivios laterales y exterior, pero el superior debe ser lo mas inclinado al horizonte que sea posible: en la parte del través que está en frente de la comunicacion, se construye una banqueta, para la colocacion de algunos fusileros, que con sus fuegos defiendan el paso; esta banqueta puede extenderse á todo lo largo del través.

209. Con estos datos, no habrá dificultad alguna en construir el perfil recto del través, ni tampoco en su proyeccion horizontal, teniendo en cuenta que la distancia que debe mediar entre el pié de la subida de banqueta hasta el pié del declivio exterior del través, debe ser de 2<sup>m</sup>, si ha de servir la comunicacion solo para la infantería, y de 4<sup>m</sup>, si ha de servir para la artillería, con el objeto de que los carruages de esta arma, puedan dar la vuelta.

210. Falta solo determinar la longitud del través; para esto obsérvese, que los fuegos del enemigo, no podrán partir de una altura sobre el terreno, mayor que la de apoyo, esto es, de 1<sup>m</sup>, 25 á 1<sup>m</sup>, 30; y vamos á demostrar que si el



través es de suficiente longitud, para detener los proyectiles enemigos situados en un plano horizontal, á esta distancia sobre el terreno, se habrá logrado cubrir perfectamente con esta obra, el interior de la posicion que se trate de defender: efectivamente, si el enemigo envía sus fuegos en un plano inclinado al horizonte, por bajo del horizontal determinado por la altura de apoyo, por causa de la inclinacion de los declivios laterales, estos fuegos han de entrar en el interior de la posicion, por una parte de la comunicacion mas pequeña que los fuegos que envíe por el plano horizontal citado; si el plano de fuego del enemigo es superior al horizontal citado, sus fuegos son divergentes respecto del terreno, por cuya razon aunque penetren en la posicion por una parte mayor que los horizontales, son menos temibles que estos: luego cubriendo el través de los fuegos horizontales que partan de la altura de apoyo, mejor llenará este mismo objeto respecto de los demás. Para asegurar completamente el logro del objeto que el través ha de llenar, sin que ningun ligero accidente del terreno lo pueda contrariar, consideremos al plano horizontal, que suponemos contiene los fuegos enemigos,  $4^m,60$  ó  $4^m,65$  elevado sobre el terreno.

211. Sea (fig. 26)  $M$  y  $N$  la traza vertical de este plano: las de las intersecciones de este plano con los declivios exterior é interior del parapeto, tendrán que hallarse á la vez en las trazas verticales de estos planos: serán pues  $m$  y  $n$  estas trazas; la proyeccion horizontal de  $m$  y  $n$  estará en la línea de tierra y serán puntos de las proyecciones horizontales de dichas intersecciones. Estas rectas son horizontales, y están cada una de ellas en un plano, en que se hallan las crestas interior ó exterior del parapeto, luego serán paralelas á estas rectas; y sus proyecciones tambien lo serán, y por consiguiente, no ofrecerá dificultad ninguna su determinacion. Con dos segmentos  $op$ ,  $qr$  de estas intersecciones, y las intersecciones del mismo plano horizontal que se considera, con los declivios laterales de la comunicacion, forman



un cuadrilátero, cuyas diagonales prolongadas debe abrazar el través. En efecto, el tiro enemigo, ó se hará segun las mismas diagonales, ó comprendido por ellas, ó esteriormente á ellas; consideremos la diagonal *or*, si el fuego enemigo viene de la derecha de esta diagonal, ó será paralelo á ella ó la cortará; si lo primero, el parapeto de la derecha detendrá el proyectil; si lo segundo, ó se cortarán estas dos rectas antes de llegar al parapeto ó despues; si se cortan antes, el parapeto de la izquierda detendrá el proyectil enemigo, si las espresadas rectas se cortan despues del parapeto, su parte de la derecha llenará este mismo objeto; luego no puede entrar en el interior de la posicion todo fuego que venga de la derecha de la diagonal *or*; lo mismo sucederá de los que partan de la izquierda de la otra diagonal *pq*. Si el enemigo hiciera fuego en direccion de una cualquiera de las diagonales, sus proyectiles chocarian contra las aristas de tres diedros, que dificilmente podrian desmoronar; y si á mayor abundamiento, se diese al través algo mas de longitud, que la precisa para abrazar las prolongaciones de las diagonales, quedaria el interior de la posicion completamente á cubierto de estos fuegos: luego solo podrán penetrar por la comunicacion los fuegos que dirija el enemigo desde el espacio comprendido por ambas diagonales, y estos serán detenidos por el través, dándole la longitud precitada.

212. Se ha dicho, que conviene que el través tenga un poco mas de longitud de la absolutamente precisa; este poco mas es comunmente 0<sup>m</sup>,5 ó 1<sup>m</sup>, pero aun es mejor prolongar su magistral, hasta que su proyeccion horizontal encuentre á las proyecciones de las diagonales.

213. Es fácil determinar por medio del cálculo la longitud del través, observando que los triángulos *ao o'*, *AB o'* son semejantes y rectángulos, y en el primero se conocen los dos catetos y uno en el segundo; por consiguiente se podrá determinar el otro *AB*, que es la mitad de la longitud que se busca: el cateto *ao* es igual á la mitad de la latitud del paso, mas la base que segun la incli-



nacion del declivio lateral, corresponda á la altura que se ha supuesto tendrán los fuegos enemigos sobre el terreno;  $ao'$  es igual á la mitad de la interseccion del plano del fuego enemigo con el declivio lateral, interseccion que es igual á la  $mn$  del perfil; y  $Ao'$  es igual á la  $ao'$ , mas el resto del detall interior, mas la distancia del pié del declivio exterior del

través al pié de la subida á la banqueta: luego  $AB = \frac{ao}{ao'} Ao'$ ;

y el duplo de  $AB$  será la cantidad que se busca. En la expresion de  $AB$  se observa que toda cantidad que aumente el valor de  $ao$  y el de  $Ao'$ , ó disminuya el de  $ao'$ , hace que la longitud del través sea mayor; de donde se deduce, que esta cantidad será mayor, cuanto mayor sea la latitud del paso, la distancia entre el través y la obra y la inclinacion de los declivios laterales, ó menor sea el espesor del parapeto y el detall interior de la obra.

214. Este medio de cubrir una comunicacion, es muy ventajoso en general, pero tiene el gravísimo inconveniente, en las obras cerradas, de ocupar en su interior una grandísima estension, como puede fácilmente comprobarse, multiplicando la longitud del pié del declivio exterior del través, por la traza horizontal de uno de sus declivios laterales. Este inconveniente obliga en los reductos casi siempre, á sustituir el través con una fuerte estacada, reforzada con un declivio exterior de tierra, cuando está espuesta á ser batida por el cañon enemigo. Ya se construya través de tierra, ya una estacada, es preciso tener á mano, los medios necesarios para embarrerar los pasos, que quedan entre estas obras y la principal, en el momento del ataque.

215. Tambien con el objeto de no ocupar mucha estension en el interior de un reducto, puede cubrirse una comunicacion, con un través en forma de corchete ó martillo, como representa la fig. 27; pues de este modo, la longitud del través, es la mitad que en el caso anterior, mas la distancia que entre el través y la obra existe, mas la mitad de



la latitud de la comunicacion, si bien tiene esto el inconveniente de no dejar mas que un paso hácia el interior de la obra, en vez de los dos que proporciona el través recto.

216. Es de advertir, que la parte del través que, en el caso de la figura citada, hay unida al parapeto principal, puede ser de un perfil mucho mas endeble, porque no puede ser destruido mas que por fuegos muy oblicuos. Cuando se construye un través de esta forma, para cubrir la comunicacion abierta en un lado de un ángulo entrante, la parte pegada al parapeto principal, debe estar junto al lado de la comunicacion mas inmediata al vértice del entrante, porque de este modo, el través tiene poca mas longitud, que la suma de la latitud de la comunicacion, con la del paso que queda entre el través y la obra.

217. Puede tambien cubrirse una comunicacion por medios exteriores: se reducen estos ordinariamente, á la colocacion de una flecha, cuyas pequeñas caras han de ser flanqueadas por el parapeto del reducto. Esta flecha tiene sobre los medios interiores, la ventaja de no ocupar nada de la capacidad interior de la obra, y además la de batir con los fuegos de sus caras, dos de los salientes de la obra.

En cuanto á su colocacion ha de cuidarse de que los extremos de sus caras, disten cuando menos, unas tres varas de la cresta de la contraescarpa, para facilitar el paso desde el interior de la obra á la campaña; teniendo tambien cuidado, de que las caras de la flecha, abracen la prolongacion de las diagonales, de que nos hemos ocupado, al determinar la longitud del través interior.

218. A falta de medios interiores y exteriores, puede tambien cubrirse una comunicacion, embarrándola en el mismo paso abierto en el parapeto de la obra, procurando disponer de tal modo los objetos que se empleen, que por encima de ellos puedan disparar algunos fusileros. Entre estos objetos merecen una marcada preferencia los sacos llenos de tierra, por la prontitud con que puede formarse con ellos un parapeto de suficiente resistencia.



## DE LOS FORTINES.

219. Con el objeto de destruir los sectores privados de fuego de los reductos, y aminorar cuanto sea posible sus espacios muertos, se sustituye el lado recto  $AB$  de un reducto, con la tenaza  $ACB$  (fig. 28); y la obra cerrada que resulta, de hacer igual construccion en todos los lados, recibe el nombre de *fortin de tenaza ó estrella*.

220. El brisamiento de la magistral, para que la obra sea de buena defensa, debe hacerse con la condicion de que los salientes que resultan en los vértices del polígono primitivo, sean cuando menos de  $60^\circ$ , y que los de las tenazas sean buenos ángulos de defensa; procurando tambien que las líneas de tiro que parten de los lados de la tenaza, sean convergentes, ó á lo menos paralelas á las capitales de los salientes, cuyos sectores privados de fuego deban batir.

221. Para con mas facilidad poder analizar las ventajas é inconvenientes de los fortines de tenaza, construidos sobre cada una de las diversas figuras, á las que consideraremos regulares para sencillez de los razonamientos, conviene antes determinar la espresion del valor de los ángulos de que dependen aquellas propiedades. Sea  $Y$  el ángulo interno del polígono regular, sobre que se considere construido el

fortin; sabemos que es  $Y = \frac{\pi (n-2)}{n} (1)$ : sea  $T$  el ángu-

lo de la tenaza; este ángulo lo será de un triángulo, formado por el lado del polígono primitivo y los dos lados de la tenaza, y por consiguiente será suplemento de la suma de los otros dos ángulos del mismo triángulo; cada uno de estos dos ángulos, es la mitad de la diferencia, entre el ángulo interno del polígono y el saliente que en su vértice debe



quedar, y cuyo valor es de  $60^\circ$ ; luego la suma de los dos valdrá esta diferencia, y será  $T = 180^\circ - \left( \frac{\pi(n-2)}{n} - 60^\circ \right)$ ,

de donde  $T = \frac{60^\circ(6+n)}{n}$  (2): sea  $D$  el ángulo  $ACD$ ,

formado por el tiro mas inmediato al vértice de la tenaza, correspondiente á uno de sus lados,  $CB$  por ejemplo, y el otro lado  $AC$ ; este ángulo será la diferencia entre el ángulo de la tenaza y un recto; será pues  $D = T - 90^\circ$ , que sustituyendo, será  $D = \frac{30^\circ(12-n)}{n}$  (3).

222. En el reducto triangular no se pueden atezar sus lados, porque construyéndose aquella obra precisamente sobre un triángulo equilátero, sus ángulos serán de  $60^\circ$ ; y debiendo disminuir estos salientes, cuando se brisa la magistral para formar la tenaza, resultarán inadmisibles por su escesiva pequeñez.

223. Examinemos las propiedades del fortin de tenaza construido sobre un cuadrado: el ángulo interno de este polígono valdrá  $90^\circ$ , el de la tenaza será de  $150^\circ$  y  $D = 60^\circ$ ; segun se deduce de las fórmulas (1), (2) y (3). Estos resultados nos manifiestan que en este fortin, los fosos de los lados de la tenaza están en el espacio muerto, por esceder de los límites de los ángulos de defensa el valor del de la tenaza; y formando la línea de tiro  $CD$  con el lado  $AC$ , un ángulo de  $60^\circ$ , y siendo el  $OAC = 30^\circ$ , las líneas de tiro y las capitales se cortarán, pues forman con la secante  $AC$  ángulos alternos internos desiguales, y se cortarán hácia el menor de estos dos ángulos; esto es, hácia el interior de la obra; y por consiguiente las capitales y líneas de tiro serán divergentes. La única ventaja que presenta este fortin, es el haber aumentado los fuegos del reducto construido sobre la misma figura, y que estos se cruzan en frente de los puntos medios de los lados. De esto resulta, que el fortin de tenaza



no es mas ventajoso que el reducto, cuando ambos están contruidos sobre un cuadrado, porque no destruye los defectos del reducto y aun aumenta el ángulo del sector privado de fuego en cada uno de los salientes: sin embargo, cuando los salientes de este fortin pueden apoyarse de una manera conveniente á accidentes del terreno, de modo que sea casi imposible el ataque de estas partes de la obra, entonces será preferible el fortin al reducto.

224. Las mismas fórmulas anteriores dan en el fortin construido sobre un pentágono regular,  $T=132^\circ$  y  $D=42^\circ$ ; esto es, los fosos no son vistos desde el parapeto; las capitales y las líneas de tiro son divergentes; y han aumentado tambien los sectores privados de fuego. El fortin de tenaza sobre un pentágono, tampoco es preferible en general, al reducto construido sobre la misma figura.

225. En el exágono regular resulta  $T=120^\circ$  y  $D=30^\circ$ . De esto se deduce, que en el fortin construido sobre esta figura, principian á ser vistos los fosos desde la línea de fuego de la obra, y que las líneas de tiro y las capitales son paralelas: por consiguiente el fortin en este caso es siempre preferible al reducto construido sobre la misma figura. Es de advertir que en el fortin de que nos ocupamos, los dos lados, de tenazas distintas, que defienden con sus fuegos un mismo saliente, son el uno prolongacion del otro; y puede el enemigo enfilear los dos, con una misma batería de rebote: para evitar este inconveniente, que puede ser de muy fatales consecuencias para la defensa, se pueden construir unos traveses, de altura y espesor proporcionados á su objeto, en direccion de la capital de cada saliente, de modo que cada través, impida que á la vez sean enfileados los dos lados citados, deteniendo la marcha de los proyectiles enemigos dirigidos á este objeto.

226. En el eptágono, octógono, &c. regulares, las mismas fórmulas (1), (2) y (3), nos darán el valor de los ángulos  $T$  y  $D$ , que irán disminuyendo respecto de los de las figuras anteriores, á medida que aumente el número de lados



del polígono, como es fácil demostrar en la figura (28) ó en las fórmulas antes citadas. Sin embargo, tanto podrán disminuir estos ángulos, que llegará  $T$  á ser menor que un recto; y por consiguiente mal ángulo de defensa, y  $D$  será en este mismo caso un ángulo negativo: es pues forzoso averiguar, cuál es el polígono que produce  $T=90^\circ$ ; ó  $D=0^\circ$ , que es lo mismo. En cualquiera de las expresiones de  $T$  ó de  $D$ , (2) y (3), que se sustituya en vez de estos ángulos sus valores, y se despeje  $n$ , nos dan el número de lados del polígono que cumplirá con estas condiciones. Escojamos la fórmula (3); sustituyendo en ella en vez de  $D$  su valor cero, se con-

vierte la ecuacion en  $0^\circ = \frac{30^\circ (12 - n)}{n}$ ; el segundo miem-

bro de esta ecuacion ha de ser igual á cero, y es un cociente; su denominador no puede ser cero, porque representa el número de lados de una figura regular, luego tendrá que ser cero el numerador, que es un producto, compuesto de dos factores, uno constante y mayor que cero, luego el otro factor tendrá que ser cero, esto es,  $12 - n = 0$ , de donde  $n = 12$ : luego el polígono regular de 12 lados, es el último que puede atenazarse, haciendo el saliente de  $60^\circ$ .

227. Siendo el ángulo de la tenaza, suplemento de la diferencia entre el ángulo interno del polígono y el saliente que en su vértice se deje, resulta que á medida que el saliente crezca, crece tambien el ángulo de la tenaza; y esta es la razon, por la que hasta el dodecágono regular, los salientes se trazan de  $60^\circ$ , y desde el polígono regular de trece lados en adelante, se principia por determinar el ángulo de tenaza, dándole un buen valor para su defensa, y de él se deduce el que corresponde al saliente, que siempre será mayor de  $60^\circ$ . Es de advertir, que en la práctica, es muy raro construir fortines de tenaza, sobre polígonos de mas de ocho lados.

228. Para construir un fortin de tenaza, podemos emplear diferentes medios: 1.º levantando una perpendicular



igual valor que en las anteriores: respecto de los salientes es evidente que esto se verifica, puesto que valen  $60^\circ$ , como ángulos de triángulo equilátero; respecto de los entrantes es de observar, que como la suma de todos los ángulos, que en un plano pueden formarse al rededor de un punto, vale cuatro rectos, el ángulo de la tenaza  $E A F$  será igual á  $360^\circ$  menos dos ángulos de triángulo equilátero menos el ángulo interno del polígono regular sobre que se ha hecho la construc-

cion; esto es,  $E A F = 360^\circ - 120^\circ - \frac{\pi(n-2)}{n}$ ; de don-

de haciendo las operaciones indicadas, resulta

$E A F = \frac{60^\circ(6+n)}{n}$ , que es la misma espresion de *T* fór-

mula (2) obtenida anteriormente. Dependiendo el ángulo formado por un lado de la tenaza y la línea de tiro del último fusilero colocado en el otro lado, únicamente del ángulo de esta tenaza, siendo este último ángulo de igual valor en todas estas construcciones, tambien será el mismo el valor del primer ángulo en todas ellas.

233. En los tres casos anteriores se ha supuesto, que el fortin de tenaza se construía sobre un polígono regular dado; podrá esto no ser así, sino que haya de construirse tambien el polígono, conocido que sea el número de sus lados y el valor de uno de estos. Para esto recuérdese, que todo polígono regular, queda descompuesto por sus radios oblicuos, en tantos triángulos isósceles é iguales como lados tiene; en uno cualquiera de estos triángulos, son conocidos todos sus ángulos; luego será conocida la relacion que exista entre sus lados; y por consiguiente entre el radio oblicuo ó radio de círculo circunscrito al polígono y el lado de este mismo polígono: así pues, dado este lado, se podrá conocer el radio oblicuo, y construir el círculo circunscrito, al cual aplicando el lado como cuerda, resultará trazado el polígono que se quiere atenazar.



Sea  $R$  el radio del círculo circunscrito al polígono, y sea  $l$  el lado de esta figura: la relación que existe entre estas dos rectas en cada uno de los distintos polígonos es

en el pentágono regular	$R : l :: 17 : 20$
en el exágono. . . . .	$R = l$
en el eptágono . . . . .	$R : l :: 23 : 20$
en el octógono . . . . .	$R : l :: 26 : 20$
en el dodecágono . . . . .	$R : l :: 29 : 15$

El cuadrado es más fácil construirle directamente sobre el lado dado, que por medio de la relación que existe entre este lado y el radio del círculo á él circunscrito.

234. Estas relaciones, aunque no son rigurosamente exactas, sin embargo, dan una suficiente aproximación, para que el error no influya en las propiedades defensivas de la obra, que se construya valiéndose de ellas.

235. En las construcciones anteriores, que se han supuesto sobre polígonos regulares, todos los salientes distaban igualmente del centro del polígono: puede también hacerse que estos tengan diferente salida, para reducir el número de puntos de ataque, retirando unos y apoyando otros á accidentes del terreno, haciendo lo siguiente: divídase el lado del polígono en tres partes iguales, sobre la del centro constrúyase un triángulo equilátero, y en cada vértice del polígono primitivo constrúyase un ángulo de  $60^\circ$ ; y prolongando los lados de este y los del ángulo más avanzado del triángulo construido, queda determinada la dirección de la magistral, cuya proyección horizontal será  $AFCGB$  (figura 33). El ángulo entrante  $AFD$ , es suplemento de la suma del diminuto  $FAD$  más el  $FDA$  que vale  $60^\circ$ ; el diminuto  $FAD$ , es igual á la semidiferencia entre el ángulo interno del polígono primitivo y el saliente que en uno de sus vértices se construya; luego será

$$AFD = 180^\circ - \left( \frac{\frac{\pi(n-2)}{n} - 60^\circ}{2} \right) + 60^\circ = \frac{60^\circ(3+n)}{n}$$



Si en esta fórmula se hace  $n=4$ , resulta el ángulo entrante de  $105^\circ$ , si  $n=5$ , resulta este ángulo de  $96^\circ$ ; y si  $n=6$ , resulta de  $90^\circ$ : y es fácil observar, que á medida que aumente  $n$ , disminuirá el valor de este ángulo; y por consiguiente, si no modificásemos la construcción anterior, resultaría agudo en los polígonos regulares, que tuviesen desde siete lados en adelante. De aquí resulta, que la espresada construcción, solo es aplicable cuando el polígono sobre que se quiere construir una estrella de puntas de diferente salida, es un cuadrado, pentágono ó exágono: la modificación que se hace cuando el polígono tiene mayor número de lados, consiste en hacer que el entrante  $F$  sea de buena defensa, haciendo de mayor valor á  $C$ , ó al saliente en  $A$ , ó aumentando el valor de ambos salientes; así pues, si ocurre en la práctica hacer estas modificaciones, se principiará por asignar á  $F$  el mejor valor posible, y despues se pasará á adoptar la rectificación que mas se acomode á los accidentes del terreno.

236. Como la parte  $AF$  de la magistral, ha de ser de buena estension para producir suficientes fuegos que flanqueen el saliente  $C$ , haciendo á la vez que el fondo del foso enfrente de  $A$ , esté fuera del espacio muerto producido por el entrante  $F$ , resulta que la magnitud de  $AB$ , lado del polígono sobre que se quiere hacer la construcción, no ha de ser arbitraria: el tercio de su mínima longitud, estará determinado por el triángulo  $AFD$ . En general en las obras de campaña, de un perfil ni muy fuerte ni muy débil, quedan satisfechas todas las condiciones, cuando  $AB$  es de  $72^m$  en adelante.

237. *Prob.* Determinar el lado del fortin mínimo, en cada una de las diversas figuras, siendo estas regulares.

La misma condicion que ha determinado el lado mínimo del fortin, en la última construcción, determina tambien el mismo lado en el caso general. Sea  $l$  el lado del polígono que se quiere atenazar, y  $l'$  el lado de la tenaza: con  $l$ ,  $l'$  y la perpendicular al lado exterior en su punto medio, se for-



ma un triángulo rectángulo en  $F$  (fig. 28), y en el que resulta  $AF = AC \times \text{sen. } \frac{1}{2} T$ ; ó sustituyendo,

$$\frac{1}{2} l = l' \text{ sen. } \frac{1}{2} \frac{60^\circ (6+n)}{n}, \text{ de donde}$$

$$l = 2. l' \text{ sen. } \frac{30^\circ (6+n)}{n}.$$

Con esta fórmula, puede formarse una tabla de los lados de los fortines mínimos, en cada valor que reciba  $n$ ; y aun en un mismo valor de  $n$ , pueden hacerse diferentes supuestos, por cada valor de  $l'$  que segun el perfil que se adopte, satisfaga á la condicion principal del problema.

238. En esta obra, teniendo en cuenta el límite inferior determinado por el problema anterior, no puede faltar en el interior de ella capacidad, para todas las necesidades de la guarnicion: sin embargo, con el objeto de averiguar cuál sea el sobrante, y si en el interior se puede construir otra obra, que aumente la importancia de la principal, hallaremos una espresion de la superficie del polígono de capacidad, en un fortin de tenazas ordinarias.

Sea  $S$  esta área,  $d$  el detall interior,  $p$  el ángulo interno del polígono,  $x$  el lado del polígono de capacidad,  $n$  el número de sus lados y  $a$  la apotema del mismo polígono. Será el lado del polígono de capacidad  $x$  igual á  $l'$  lado de la tenaza, menos  $ab$  (fig. 28) mas  $cn$ ; porque el triángulo  $m n q$  es isósceles, y el ángulo en el vértice de  $60^\circ$  por construccion, luego este triángulo es además equilátero, y su lado lo será tambien del polígono regular interno  $n q r s \dots$ ; luego será  $x = l' - ab + cn$ ; y como  $ab$  es igual  $d. \cot. 30^\circ$

y  $cn = d. \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n}$ , sustituyendo, resulta

$$x = l' - d. \cot. 30^\circ + d. \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n} =$$

$$l' - d \left( \cot. 30^\circ - \frac{\cot. 30^\circ (6+n)}{n} \right). \text{ Segun la misma}$$



figura representa,  $a$  es igual á

$$\frac{1}{2} \left( l' - d \left( \cot. 30^\circ - \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n} \right) \right)$$

$\text{tang.} \frac{90^\circ (n-2)}{n}$ ; y el área del polígono regular interno,

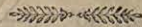
será igual á  $\frac{1}{2} a \cdot nx$ ; y sustituyendo se obtiene,

$$\frac{1}{4} n \text{ tang.} \frac{90^\circ (n-2)}{n} \left( l' - d \left( \cot. 30^\circ - \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n} \right) \right)^2;$$

y si al área de este polígono, se agregan las de  $n$  triángulos equiláteros iguales, y cuyo lado es  $x$ , se obtendrá el área de la superficie total del polígono de capacidad, y será

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{4} n \cdot \text{tang.} \frac{90^\circ (n-2)}{n} \\ &\left( l' - d \left( \cot. 30^\circ - \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n} \right) \right)^2 \\ &+ \frac{1}{4} n \cdot \text{tang.} 60^\circ \left( l' - d \left( \cot. 30^\circ - \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n} \right) \right)^2 \\ &= \frac{n}{4} \left( l' - d \left( \cot. 30^\circ - \cot. \frac{30^\circ (6+n)}{n} \right) \right)^2 \\ &\left( \text{tang.} \frac{90^\circ (n-2)}{n} + \text{tang.} 60^\circ \right). \end{aligned}$$

239. Las comunicaciones en los fortines de tenazas ordinarias, deben abrirse junto al vértice del ángulo entrante, pero distantes de él una magnitud igual á la latitud superior del foso, ó un poco mas: en los fortines de estrellas de diferente salida, deben abrirse en los lados mayores, junto al vértice del entrante, y á la distancia que arriba queda dicho.





## DE LOS FUERTES CON BALUARTES.

240. Consisten estas obras cerradas, en construir sobre cada lado de un polígono, un frente bastionado.

La construccion del frente bastionado, es la misma que la que queda esplicada en el hornabeque, pero teniendo en cuenta, que si el fuerte bastionado se construye sobre un cuadrado, la capital del frente debe ser  $\frac{1}{3}$  del lado exterior; si es un pentágono, debe ser  $\frac{1}{4}$ ; y si es un exágono ó un polígono de mayor número de lados, será  $\frac{1}{5}$  del mismo lado exterior: esto se funda, en que el ángulo interno del cuadrado, disminuido en el valor del saliente, dá para cada diminuto cuando mas,  $45^\circ$ ; y siendo la perpendicular  $\frac{1}{3}$  del lado exterior, corresponde al diminuto  $44^\circ 2'$  próximamente; luego así quedará el saliente de  $64^\circ 56'$ ; en el pentágono regular, crece el valor del ángulo interno; y por esto puede crecer algun tanto la perpendicular del frente; y por igual razon, crece todavía mas, en el exágono y en los polígonos de mayor número de lados.

241. Existiendo las mismas razones que en el hornabeque, los límites tanto inferior como superior del lado exterior, serán los mismos que los allí determinados. La capacidad interior en esta clase de obras, es siempre sobrante, lo cual las proporciona, junto con otras propiedades de que disfrutan, el ser de muy buena defensa: por esta razon no es preciso ocuparse de la determinacion del área de su polígono de capacidad; pero si conviniera averiguarla, seria fácil hacerlo, descomponiendo esta figura en otras, cuyas áreas fuesen de fácil determinacion, como siempre se puede conseguir. Por ejemplo, si nos proponemos hallar el área del polígono de capacidad del fuerte bastionado construido sobre



un cuadrado (fig. 34), trazaremos el pié del declivio de subida de banqueta, y por los ejes de la figura  $On$ ,  $Om$ , quedará el polígono de capacidad descompuesto en cuatro figuras iguales entre sí; y hallando la superficie de una de ellas, por ejemplo de la  $Om m' m'' s r g n$  y cuadruplicándola se obtendrá el área del polígono total.

242. Esta parte, se compone de los dos cuadriláteros  $Om o'' n$ ,  $o' m' s r$ : el primero es un cuadrado, porque el ángulo en  $O$  es recto, y también lo son por construcción los en  $m$  y  $n$ ; luego el ángulo en  $o''$  también será recto, y el cuadrilátero será un paralelogramo rectángulo, y siendo sus lados consecutivos  $Om$ ,  $On$ , iguales por construcción, resulta que los cuatro lados serán iguales, y por consiguiente la figura será un cuadrado: para hallar su área, observaremos que uno de sus lados,  $On$  por ejemplo, es igual á la diferencia entre la mitad del lado exterior  $OC$ , menos  $Cn''$ , menos  $n'' n'$ , menos el detall interior de la obra  $nm'$ ; y como todas estas cantidades son conocidas, también lo será  $On$ .

243. El cuadrilátero  $o' m' s r$  es un rombo; porque si se prolonga la línea de defensa  $AG$ , como en el triángulo  $ANB$ , el ángulo  $B$  es complemento de un diminuto  $PBD$ , lo será del ángulo en  $A$  del mismo triángulo; luego será  $ANB = 90^\circ$ ; y la  $NB$ , ó su paralela  $rs$ , será paralela al flanco, ó á su paralela  $o' m''$ ; y del mismo modo se demostrará, que  $o' r$  es paralela á  $m'' s$ : luego el cuadrilátero será un paralelogramo; y como los dos lados consecutivos  $m'' s$ ,  $rs$ , son iguales por construcción, los cuatro lados lo serán entre sí, y como los ángulos son desiguales, la figura será un rombo. Para hallar su área, obsérvese que uno de sus lados,  $rs$  por ejemplo, es igual á  $BH$  menos  $Bs'$  menos  $Ht$ , por partes de paralelas interceptadas entre paralelas, y como todas estas partes son conocidas, también lo será  $rs$ ; la altura del rombo  $r r'$ , es cateto de un triángulo rectángulo, en que la hipotenusa  $sr$  es el lado del rombo, y el ángulo agudo  $s$  es de  $60^\circ$ ; luego la altura será conocida, y por consiguiente también lo será el área del rombo.



244. Si se suman las áreas del cuadrado y del rombo, quitando de esta suma el área del cuadrilátero  $o' m' o'' g$ , se obtendrá el área de la cuarta parte del polígono de capacidad. Se ha de quitar el área del cuadrilátero citado, porque esta figura es parte del cuadrado y del rombo, y no siendo mas que una vez parte del área que nos proponemos encontrar, es forzoso restarla de la suma expresada.

245. Es fácil obtener la superficie de este cuadrilátero, considerándole descompuesto en los dos triángulos  $o' m' o''$ ,  $o' o'' g$ , cuya igualdad puede comprobarse por cualquiera de los casos generales de la igualdad de triángulos; la base común de estos triángulos  $o' o''$  puede determinarse resolviendo uno cualquiera de estos triángulos, y su altura  $gg'$  puede tambien obtenerse por medio del triángulo rectángulo  $gg'o'$ , y multiplicando la base por la altura resulta el área de la suma de los dos triángulos  $o' m' o''$ ,  $o' o'' g$ , ó lo que es lo mismo, la superficie del cuadrilátero  $o' m' o'' g$ . Tambien pudiéramos obtener el área de cada uno de estos triángulos con solo conocer el valor de sus lados.

246. Si en vez de construirse el fuerte bastionado sobre un cuadrado, se construyese sobre un pentágono, exágono ó polígono de mayor número de lados, tanto que sean estas figuras regulares, como que no lo sean, no ofrece dificultad alguna la determinacion de la superficie de su polígono de capacidad.

247. En los fuertes bastionados, debe construirse la comunicacion ó comunicaciones con la campaña, en los puntos medios de las cortinas, como que son estas partes las mas fuertes del sistema.

248. En la determinacion de los limites de la estension del lado del reducto y del fortin de tenaza, nos hemos ocupado solo de los limites inferiores: si no se atiende á otras circunstancias, mas que á las que naturalmente se desprenden de las propiedades de cada una de estas figuras, resultará que el lado del reducto, en general, no reconocerá en su longitud límite superior, al paso que en el fortin, este



mismo límite estará determinado por la condicion de que un lado de la tenaza sea de 200<sup>m</sup> ó poco mas, para que el fondo del foso correspondiente á su extremo, sea batido con bastante eficacia, por los fuegos que parten del otro lado de la misma tenaza. Pero como una obra, no solo debe ser proporcionada á la fuerza que debe guarnecerla y á los accidentes de la posicion donde se construya, sino que tambien debe presentar la mayor resistencia posible y permitan las circunstancias, y como en general el fortin es susceptible de mejor defensa que el reducto, y el fuerte bastionado lo es de mucho mejor que el fortin, resulta que el lado del fortin mínimo debe considerarse como límite superior del lado de un reducto, y el valor mínimo del lado exterior de un fuerte bastionado, debe ser el límite superior del lado de un fortin de tenaza.

#### ARTICULO IV.

##### DE LAS LÍNEAS CONTÍNUAS Y CON INTÉRVALOS.

249. **A**l hablar de las obras en general, queda dicho que la primera division que de ellas se presentaba, era con relacion á su magnitud; y que bajo este concepto, las obras eran de pequeño, mediano y grande desarrollo; queda dicho tambien, que las de pequeño y mediano desarrollo, eran abiertas y cerradas; y de las propiedades de estas obras se ha dicho en los artículos anteriores cuanto se ha considerado importante: resta solo hablar de las obras de grande desarrollo.

250. Cuando es muy considerable la estension del frente de una posicion, ó se han de construir obras para que sean defendidas por un ejército ó cuerpo de ejército, las obras que se construyen en estos casos, reciben el nombre de líneas.



Pueden ser estas *continuas* ó *con intervalos*: llámase línea continua, á la que se estiende sin interrupcion, desde un extremo al otro del frente de una posicion; y línea con intervalos, á la formada de obras destacadas, pero dispuestas de modo que mútuamente se defiendan. Tanto una especie de líneas como la otra, toman diferentes nombres, segun las obras de que se forman; así es que hay líneas de redientes, de baluartes, de reductos &c; llamándose líneas *mistas*, á las formadas por diferentes especies de obras.

### LÍNEAS CONTÍNUAS.

251. **LÍNEA DE REDIENTES.** Esta línea puede ser de redientes contíguos, de redientes con cortina recta, con cortina brisada hácia el interior y hácia la campaña.

252. Para trazar la línea de redientes contíguos, sea la recta  $AB$  (fig. 35) el frente de una posicion: á partir de uno de sus extremos,  $A$  por ejemplo, tómense las magnitudes  $AB, BE, \dots$  de longitud proporcionada; y levantando en los puntos medios de estas magnitudes  $C, D, \dots$ , perpendiculares á la  $AB$ , tómense en ellas una longitud igual á la capital que se quiera dar á los redientes, y sean estas  $CM, DN, \dots$ ; y uniendo por medio de rectas los puntos  $AMBNE, \dots$ , resulta la proyeccion horizontal de la magistral de la línea que se quiere trazar.

253. En esta línea merece observarse, que si los salientes de los redientes están colocados en una misma recta paralela á la  $AB$ , en que se hallan las golas, y estas son iguales entre sí, los ángulos entrantes son iguales á los salientes; y como los entrantes para ser buenos, han de valer de  $90^\circ$  á  $110^\circ$  ó á lo mas  $120^\circ$ , resulta que los salientes deberán



ser de estos mismos valores. De esto se deduce, que la capital ha de ser igual ó menor que la semigola.

254. Para determinar cuál deba ser la distancia  $MN$ , ó su igual  $AB$ , se deberá observar que el saliente  $M$  debe ser bien batido, hasta en el fondo de su foso, por los fuegos que partan de la cara del rediente inmediato  $BN$ ; luego en su límite inferior,  $NM$  dependerá de la dominacion de la obra, de su espesor y de la inclinacion del declivio superior, y en general, esta condicion está satisfecha, cuando  $BM = 30^m$ . El límite superior de los valores de  $MN$ , se determina con la condicion de que los fuegos que parten de los salientes de los redientes, perpendicularmente á sus caras, alcancen á batir la capital de los salientes inmediatos por derecha ó por izquierda; de este modo se consigue, que todos los fuegos que parten de las caras de los redientes, batan la direccion que naturalmente llevarán las columnas enemigas: el valor de  $MN$  en este caso se determina resolviendo el triángulo  $MNP$ , rectángulo en  $N$ , cuya hipotenusa es de  $240^m$  de longitud, y el ángulo agudo en  $M$  la mitad del saliente; y resulta  $MN$  de  $169^m$  á  $137^m$  próximamente: si se halla el valor del otro cateto  $NP$ , se sabrá qué parte de capital tendrá que recorrer el enemigo bajo el fuego de los defensores de la obra: verificándolo, resulta  $NP = 120^m$ .

255. Si se resuelve tambien el triángulo  $MBN$ , dando al ángulo en  $B$  los valores estremos de que es susceptible, y haciendo á  $MB = 30^m$ , resulta que cuando  $B = 90^\circ$ ,  $MN = 43^m$ ; y cuando  $B = 120^\circ$ ,  $MN = 52^m$ . De todo esto se deduce, que el límite inferior de la distancia entre dos redientes inmediatos, es de  $43^m$  á  $52^m$ , creciendo entre estos valores, á medida que el ángulo en  $B$  crece desde  $90^\circ$  hasta  $120^\circ$ ; y el límite superior de la misma distancia, es de  $169^m$  á  $137^m$ .

El mismo triángulo  $MBN$ , resuelto con la condicion de que  $MN$  sea de  $169^m$ , dá para límite superior de la longitud de las caras de los redientes, cuando  $B = 90^\circ$ ,  $MB = 119^m$ ; y cuando  $B = 120^\circ$ ,  $MB = 97^m$  próximamente.

256. Tambien puede deducirse fácilmente de lo dicho



anteriormente, que colocando los redientes en la línea de que nos ocupamos, tan inmediatos unos á otros como se puede, la capital de uno cualquiera de ellos, puede ser batida por los fuegos de tres caras correspondientes de otros tantos redientes inmediatos por la derecha, y de igual número de la izquierda; de modo que cada capital es en este caso defendida, por el fuego de seis redientes.

237. Para completar la discusion que venimos formando, sobre las propiedades de la línea continua de redientes contiguos unos á otros, y para poder comparar el desarrollo de la magistral en todas las demás líneas de que nos ocuparemos, determinemos la relacion que la longitud de la magistral tiene con la recta que une los salientes de dos redientes inmediatos: esta relacion es constante para un mismo valor del ángulo entrante, cualquiera que sea la longitud de las caras; y para determinarla, nos valdremos del triángulo  $MBN$ , en el que se verifica, que cuando  $B=90^\circ$ ,  $2MB=1,41 \times MN$ ; y cuando  $B=120^\circ$ ,  $2MB=1,16 MN$ : esto es, para  $100^m$  de distancia entre los salientes, la magistral tiene un desarrollo de  $116^m$  á  $141^m$ , segun el ángulo entrante decrece de  $120^\circ$  hasta  $90^\circ$ .

238. Hemos dicho, que la mayor distancia que puede haber entre los salientes de dos redientes inmediatos, es de  $169^m$ ; pero esto es, cuando se quiere que todos los fuegos de las caras de estas obras, batan á lo menos una capital; la necesidad de acomodar la línea á los accidentes del terreno, puede obligar á hacer mayor esta distancia, pero en este caso será preciso, que si bien no todos los fuegos de una cara, alcancen la capital del saliente inmediato, lo verifiquen á lo menos en cantidad suficiente, para que el enemigo no pueda marchar impunemente, por la direccion de esta capital. Para esto sea  $h$  (fig. 36), el punto de la magistral de donde parte el último tiro, que en su alcance máximo eficaz de  $240^m$ , llega á encontrar la capital del saliente  $N'$ ; lo que nos proponemos hallar, es la magnitud de la recta  $B'h$ , y al efecto resolvamos el triángulo  $P'h h'$ , rectángulo en  $h'$ , y en el que



se conoce la hipotenusa y el ángulo agudo en  $h$ , cuyo valor, según la figura manifiesta, es igual al complemento de la mitad del saliente más el exceso que el entrante tenga sobre un recto, esto es, igual á la mitad del saliente. Por medio de este triángulo, conoceremos la recta  $hh'$ ; y restando de esta, el valor de la semigola, conoceremos la parte  $B'h''$ , que es cateto del triángulo  $B'h'h''$ , rectángulo en  $h''$ , cuya hipotenusa es la incógnita que nos proponemos determinar: este último triángulo lo podemos resolver, puesto que de él conocemos un cateto y el ángulo agudo en  $h$ , que es igual á la mitad del saliente: si resulta  $B'h$  de suficiente magnitud, para que la capital sea bien batida por sus fuegos, la obra estará bien construida; de lo contrario será preciso rectificarla, valiéndonos de alguno de los modos que después presentaremos.

259. En el caso anterior hemos supuesto, que construída ó proyectada ya la obra, nos proponíamos averiguar si llenaba las más precisas circunstancias que exige una regular defensa; podemos ahora tratar de determinar, cuál debe ser la distancia  $M'N'$  entre dos salientes inmediatos, para que sus capitales sean batidas por los fuegos de una parte de magistral, de longitud determinada; para esto, resolveremos el triángulo  $P'h'h'$ , con los mismos datos del caso anterior, y se determinará el cateto  $hh'$ ; también se resolverá el triángulo  $B'h'h''$ , con la condición de que su hipotenusa  $B'h$ , ha de ser de la longitud dada, y el ángulo en  $h$ , igual á la mitad del saliente, y se hallará el valor del cateto  $h''B'$ , que restado de  $hh'$ , dará la longitud de la semigola; y como esta es igual á la mitad de la distancia  $M'N'$ , que separa los salientes, duplicándola se obtendrá  $M'N'$ . Si suponemos que  $B'h$  sea de  $30^m$  y los salientes de  $90^\circ$ , el triángulo  $P'h'h'$  dá  $hh' = 169^m$ ; y el triángulo  $B'h'h''$ , dá  $B'h'' = 21^m$ : de donde resulta que la semigola en el supuesto hecho, es de  $448^m$  y  $M'N' = 297^m$ . Si consideramos que  $30^m$  es el menor valor que puede recibir  $B'h$ , para que la capital del saliente  $N'$ , sea regularmente batida, se deducirá que por nin-



gun concepto, en la línea continua de que nos ocupamos, puede ser la distancia entre dos salientes inmediatos, mayor que unos 297<sup>m</sup>.

260. Las comunicaciones con la campaña, en la línea de redientes contiguos ó sin cortina, deben abrirse junto á los vértices de los ángulos entrantes, pero á distancia conveniente de ellos, de modo que no debiliten en lo mas mínimo, la defensa de los fosos de la línea.

261. Para remediar el inconveniente que hemos notado en la construccion anterior, de tomar la magistral un grande desarrollo con relacion á la línea recta, se pueden unir los dos redientes por medio de una recta, que recibe el nombre de cortina, que partiendo desde un punto de la cara de uno de ellos, situado á distancia conveniente del saliente, vá á terminar en el punto correspondiente de la cara respectiva del otro rediente: la línea recibe en este caso el nombre de *línea de redientes con cortina recta*.

262. Para su construccion sea  $VX$  (fig. 37), la recta que represente la parte de la posicion que se quiere atrincherar; á partir de un punto conveniente,  $A$  por ejemplo, tómense las magnitudes  $A A', A' A'', \dots$ , de cuya longitud despues se dirán los limites; en estos puntos  $A, A', A'', \dots$ , levántense perpendiculares á la  $VX$ ; tómense en ellas las partes  $A C, A' C', \dots$  de longitud proporcionada, para que sirvan de capitales de los redientes, y á derecha é izquierda de los piés de estas capitales, las magnitudes correspondientes  $BA, AD, B'A', A'D', \dots$  para semigolas; unáense por medio de rectas los puntos  $BCD B' C' D' \dots$ ; y resultará la proyeccion horizontal de la magistral de la línea que nos proponemos construir.

263. Para analizar las propiedades de esta obra, trácense las proyecciones horizontales de las líneas de tiro, que perpendicularmente á cada porcion de atrincheramiento que se estiende en línea recta, parten de los extremos de ellas: resultarán así trazadas, en el espacio comprendido por dos redientes inmediatos, tres tiras rectangulares, cada una de las



cuales representará la columna de fuegos que pueden hacerse desde cada parte del sistema. Será fácil determinar, con solo inspeccionar la figura, que parte de la zona de defensa de la línea, está batida por los fuegos de la cortina y de las dos caras de los redientes; las que lo son solo por los fuegos de dos de estas tres partes, y las que únicamente lo son por los de una de ellas; así como también será fácil determinar, las partes no descubiertas por los fuegos directos de la obra: bastará para esto ver, si una porción de terreno dada ó escogida en la zona de defensa, es parte de las tres tiras rectangulares, si lo es de dos, ó de una sola, ó no pertenece á ninguna de ellas.

264. Es de advertir que en esta línea, los ángulos entrantes son iguales á un recto mas la mitad del saliente; porque el ángulo  $d D B'$ , es igual á la mitad del saliente, por tener sus lados respectivamente perpendiculares y sus aberturas ni dirigidas en el mismo sentido, ni en sentido enteramente opuesto; luego cuando crezca el saliente, crece también el ángulo entrante; y como siendo el saliente de  $60^\circ$ , que es el menor valor que puede recibir, resulta el entrante de  $120^\circ$ , valor máximo entre sus valores aceptables, se deduce, que en esta línea continua, los ángulos salientes y entrantes son de valores constantes; los primeros de  $60^\circ$  y los segundos de  $120^\circ$ .

265. El límite inferior de la distancia que separa dos redientes inmediatos, se determina por la consideracion de que el tiro que parte del extremo  $D$  de la cara  $D C$ , enrase el saliente  $C'$  del rediente inmediato; así se origina un triángulo  $D' C'' A''$ , rectángulo en  $A''$ , y del que son conocidos el cateto  $A'' C''$ , capital del rediente, y el ángulo  $D'' = 30^\circ$ : si se representa por  $d$  la cortina  $D' B''$ , por  $s$  la semigola  $B'' A''$  y por  $c$  la capital, dicho triángulo dá  $d + s = c \cdot \cot. 30^\circ$ ; de donde  $d = 1,732 c - s$ ; pero como segun vimos al hablar del rediente, es  $s = 0,585 c$ , sustituyendo y sacando el factor comun  $c$ , resulta  $d = 1,147 c$ . Lo que nos proponemos hallar es la longitud de la recta  $C' C''$ , que es igual



á  $A'A''$ , ó lo que es lo mismo á la cortina  $d$  mas dos semigolas  $s$ ; luego si representamos por  $D$  la distancia entre dos salientes inmediatos, será  $D = d + 2s = 2,317 c$ ; ó contentándonos con un valor aproximado,  $D = (2 + \frac{1}{3}) c$ . Estas espresiones de  $D$  nos manifiestan que su valor depende del de la capital del rediente, creciendo á medida que la capital aumente.

266. Hemos hallado que era  $d = 1,147 c$ : luego dada la capital, quedará determinada la longitud de la cortina; y recíprocamente, dada la cortina lo será la capital. Esta observacion nos facilita el poder saber cuál es la menor capital, y por consiguiente la menor cara, que los redientes pueden tener en esta línea, para que en el fondo del foso, en medio de la cortina cuando menos, se corten las prolongaciones de los declivos superiores de las caras de los dos redientes, colocados en los extremos de la misma cortina: de este modo, aunque con dificultad por el considerable valor de los ángulos entrantes, será visto todo el foso de la cortina por los defensores de la obra, y se habrá hecho desaparecer en gran parte, el inconveniente originado por el espacio muerto que dichos ángulos producen. Si suponemos que cuando  $d = 60^m$  se llena la condicion espresada, se obtendrá que la capital debe ser en este caso de  $52^m, 31$ ; y si con este valor de la capital, se quiere hallar la distancia entre los salientes de los redientes, se obtendrá  $D = 121^m, 20$ .

267. Si la distancia  $D$  entre dos salientes inmediatos, vá creciendo desde su limite inferior, á medida que esto se verifique, vá quedando una parte de capital sin ser batida por fuegos directos, y precisamente es la parte mas importante, por ser la mas próxima á la obra; y tanto podrá aumentar el valor de  $D$ , que ningun tiro de las caras de los redientes, alcance con eficacia á esta capital: en este último caso, la defensa seria muy mala; y por esta razon, la circunstancia de que cuando menos el último tiro  $C$  de la cara  $CD$ , llegue á cortar la capital del rediente inmediato en su máximo alcance eficaz, calculado para el fusil en unos  $240^m$ , determina



el límite superior de los valores que  $D$  puede recibir. Para hallarle nos serviremos del triángulo  $C C' M$ , rectángulo en  $C'$ , y que resolveremos con la condicion de que su hipotenusa  $C M$  sea de  $240^m$  y el ángulo en  $C = 30^\circ$ ; y hallando el cateto  $C C' = D$ , resulta  $D = 207^m, 84$ : de donde se deduce, que la mayor distancia que puede haber entre dos salientes en esta línea, es constante é igual á  $207^m$ .

268. De este mismo triángulo, podríamos deducir la parte de capital del saliente  $C'$ , que está batida por los fuegos directos de las caras de los redientes inmediatos, y que parte de ella está sin fuegos; determinando el otro cateto  $C' M$ , que resulta igual á  $120^m$ , y restando de él el valor de  $N A'$ , cateto del triángulo  $N A' D$ , disminuido en la capital del rediente, se obtendrá la parte de capital  $M N$  que estará batida directamente; y restando de  $C' M$  el valor de  $M N$ , se obtiene el de  $C' N$ , que es la parte de capital que no tiene fuegos.

269. Si desde el saliente  $C'$  se baja una perpendicular á la  $C D$  prolongada, entre el saliente  $C$  y el pié  $F$  de esta perpendicular, estará marcada la mayor longitud que podrán tener las caras de los redientes; y para determinar esta magnitud, nos podremos valer del triángulo  $C' F C$ , rectángulo por construccion en  $F$ , cuya hipotenusa  $C C'$  es la distancia  $D$  entre los dos salientes y el ángulo en  $C = 60^\circ$ : de donde se deduce, que el máximo valor de la longitud de las caras de los redientes, depende de la distancia entre sus salientes, creciendo á medida que esta aumente, de modo que el límite superior de estas caras, se obtendrá cuando  $D = 207^m, 84$ ; y entonces resulta  $C F = 103^m, 92$ .

270. Es de advertir, que cuando las caras de los redientes son de la mayor longitud posible, entonces toda la capital del saliente inmediato está batida, desde el mismo saliente hasta donde la corte el último tiro de la misma cara. Tambien es de observar, que cuando mas retirada se coloque la cortina, debe partir del punto  $F$ ; no habiendo inconveniente en que parta de otro cualquier punto comprendido entre  $F$  y  $C$ , con tal que la cara del rediente sea de buena mag-



nitud, para que el fondo del foso delante del saliente, quede fuera del espacio muerto correspondiente al ángulo entrante formado por la cara y la cortina.

271. Las comunicaciones en esta línea, deben abrirse en el punto medio de la cortina, que es la parte mas defendida del sistema; estas comunicaciones pueden cubrirse por medios exteriores; en cuyo caso, dando una buena direccion á las caras de la flecha, que con este objeto se construya, se obtendrán excelentes columnas de fuegos, que dominen el sector privado de ellos producido por los salientes, de modo que el enemigo encontrará mucha mas dificultad en su ataque.

El saliente de esta flecha, que á la vez estará flanqueado por dos caras de redientes, no debe interrumpir la marcha directa de los proyectiles arrojados desde estas caras; y si así resulta bastante mas retirado que los salientes de los redientes, se habrá obtenido la ventaja de que por la flecha no se aumenten los puntos de ataque.

272. Reasumiendo diremos, que en esta línea, por consecuencia del gran valor de los ángulos entrantes, los fosos están mal batidos, y que si las caras de los redientes no tienen su máximo valor, queda sin fuegos directos una parte de la capital en la inmediacion de los salientes.

273. En cuanto al desarrollo de la magistral respecto de la línea recta, debemos observar, que en la línea de redientes con cortina recta, la parte de la magistral comprendida entre dos redientes sucesivos, es igual á la cortina mas dos caras de redientes, y la distancia entre los salientes de estos redientes, es igual á la cortina mas dos semigolas; y hallando las espresiones de estas dos cantidades, en funcion de la capital de uno de los redientes, resulta

$$\begin{aligned} \text{desarrollo de la magistral} &= \text{cortina} + \text{dos caras} = 1,147 c \\ &+ 2,31 c = 3,457 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{distancia entre dos salientes} &= \text{cortina} + \text{dos semigolas} = \\ &1,147 c + 1,1547 c = 2,3 c. \end{aligned}$$



de donde, magistral : distancia entre los salientes : : 3,457 : 2,3 : : 1,5 : 1 : esto es, la magistral es 1,5 de la distancia entre los salientes, ó vez y media esta misma distancia.

274. Hemos dicho que la mayor longitud de las caras de los redientes en la línea anterior, se determinaba bajando desde el vértice del saliente de uno de ellos, una perpendicular sobre la cara del otro : si se dan á las caras la máxima longitud, de que en cada caso son susceptibles, y toma la magistral la direccion de aquellas perpendiculares hasta su punto de encuentro, la línea continua que así resulta construida, se llama de *redientes con cortina brisada hácia el interior*. Tal será la  $BCEFGC'$ ..... (Fig. 38). Las rectas  $C'E$ ,  $CG$ ,....., en vez de ser perpendiculares á las caras de los redientes, pueden formar con ellas ángulos obtusos, con tal que sean de buena defensa; bajo este concepto, su mejor ángulo será de  $100^\circ$ , pero podrá estenderse hasta  $110^\circ$ . A medida que el ángulo  $CEC'$  crece, disminuye la longitud de las caras de los redientes, y es mas avanzada la posición del saliente  $F$ .

275. Las propiedades de esta obra, relativas á su defensa, son mucho mejores que en la línea de redientes con cortina recta; porque sus ángulos entrantes son de mejor valor, y por consiguiente los fosos están perfectamente batidos; y si bien el número de estos ángulos no ha disminuido, sin embargo, como están mucho mas retirados que en el caso anterior, el enemigo ha de encontrar muchas dificultades, para ponerse al abrigo de los espacios muertos por ellos producidos.

276. En esta construcción se ha aumentado el saliente  $F$ , pero como es obtuso, y está mucho mas retirado que los salientes de los redientes, y su sector privado de fuego está perfectamente batido por los fuegos de las caras  $CE$  y  $C'G$ , en nada perjudica á la bondad del sistema, proporcionando por el contrario sus lados  $EF$ ,  $GF$ , excelentes fuegos que dificulten el acceso á los puntos de ataque  $C$  y  $C'$ .

277. Si trazamos las proyecciones horizontales de las lí-



neas de tiro que parten de los extremos de cada porcion de atrincheramiento que se estiende en línea recta, podremos determinar, como en el caso anterior, qué partes de la zona de defensa de la obra son batidas y por cuántas caras lo son.

278. Hemos dicho, que el ángulo  $EFG$  era siempre obtuso, y que los lados que le forman, desempeñaban un papel muy importante en la defensa. Se demuestra lo primero por medio del triángulo  $CEF$ , en el que el ángulo en  $E$  ha de ser recto ú obtuso, luego el ángulo en  $F$  del mismo triángulo será siempre agudo, y el  $EFG$ , suplemento de este agudo, resultará siempre obtuso, y por consiguiente de buen valor.

279. Para que los lados  $EF$ ,  $GF$  del saliente  $F$  llenen su objeto, es preciso que sean de una magnitud suficiente para que sus fuegos sean nutridos y respetables: cuando tengan de  $30^m$  en adelante satisfacerán esta condicion, que determina, en la línea continua de que nos ocupamos, el límite inferior de la distancia que debe separar dos salientes inmediatos. Al efecto, en el triángulo  $CEC'$ , en el que conocemos sus tres ángulos, hallemos el valor del lado  $C'E$  en funcion de  $CC'$ , y en el triángulo  $CF C'$ , en el que conocemos tambien sus ángulos, hallemos el lado  $C'F$  en funcion del mismo  $CC'$ ; restando  $C'F$  de  $C'E$ , la diferencia dará la espresion de  $EF$  en funcion de  $CC'$ , y esta espresion servirá para determinar  $CC'$ , conocido ó señalado un valor á  $EF$ , y recíprocamente: y si se supone  $EF = 30^m$  el valor que resulte para  $CC'$ , será el límite inferior de sus valores aceptables. Es fácil observar que este límite variará con el ángulo  $E$ , segun sea este de  $90^\circ$  ó de  $100^\circ$  ó de  $110^\circ$ .

280. El límite superior de la distancia entre los salientes inmediatos  $C$ ,  $C'$ , es determinado por las mismas condiciones que en la línea de redientes con cortina recta; y por consiguiente, si los salientes son de  $60^\circ$ , se obtendrá el mismo resultado; pero disminuirá cuando los salientes sean de mayor valor. Esto podrá hacerse en esta línea; y así se mejorarán estos puntos de ataque, pero su aumento influye tam-



liente de estos mismos redientes, y será duplo del que hemos visto correspondia, á igualdad de circunstancias, entre los salientes inmediatos en la línea de redientes con cortina recta.

287. Si se tiran las proyecciones horizontales de las líneas de tiro, correspondientes á los extremos de cada porcion de atrincheramiento que se estiende en línea recta, podremos averiguar, qué parte de la zona de defensa de la línea está bien batida, y qué parte lo está menos; y este análisis nos conducirá á deducir, que sus puntos de ataque, serán los vértices de los salientes  $Z, Z', \dots$ , que no cuentan con mas defensa, que la que les proporcionen los fuegos de dos caras de los redientes; al paso que los  $C, C', \dots$  están perfectamente batidos por los fuegos de las largas caras  $D' Z'$  y  $B' Z$ ,  $\dots$ . Serán  $Z, Z', \dots$  los puntos menos defendidos, aun cuando estén en la misma línea que los  $C, C', \dots$ ; pues si están aquellos mas avanzados que estos, con mayoría de razon serán los puntos indicados para ser atacados por el enemigo. Es de advertir que los ángulos  $Z, Z', \dots$ , por su gran valor, presentarán dificultades al enemigo cuando se proponga envolverlos, por cuya razon, debe procurarse, que sean del mayor valor que las circunstancias permitan.

288. No será difícil determinar, la relacion que existe entre el desarrollo de la magistral y la recta  $CC'$ , en la línea de que nos ocupamos, observando, que la cortina recta  $DB'$ , nos conduce á determinar el valor de la angulosa  $DZB'$ , por medio del triángulo  $B'ZD$ , isósceles y cuyos ángulos son conocidos; y este resultado nos conducirá á deducir, que en este caso, en general, el desarrollo de la magistral, está comprendido entre el de la línea con cortina recta y el de la línea con cortina brisada hácia el interior, siendo mayor que el primero y menor que el segundo.

289. Las comunicaciones deben abrirse hácia los puntos medios de los lados que forman la cortina brisada, con el objeto de no disminuir la defensa de los salientes  $Z, Z', \dots$ ,



con establecer dichas aberturas en las caras de los redientes.

290. La línea de que nos ocupamos, puede tambien considerarse como de grandes redientes  $DZB'$ ,  $D'Z'B''$ ,....., cuyos salientes  $Z$ ,  $Z'$ , distan entre sí, mas de lo discutido como conveniente, en la línea de redientes contiguos: en este caso, los redientes  $BCD$ ,  $B'C'D'$ ,....., deben considerarse como rectificaciones, que se hacen en algunos casos, para remediar los inconvenientes de ángulos entrantes de considerable valor, y siempre con el objeto de proporcionar algunos fuegos flanqueantes, á los salientes  $Z$ ,  $Z'$ ,....., ya que con sus lados, no puedan mutuamente defenderse.

#### LÍNEAS DE LLARES.

291. Sea  $VX$  (fig. 40.), la línea que suponemos debe seguir el atrincheramiento: desde un punto de ella, convenientemente elegido,  $A$  por ejemplo, se tomarán las partes  $AA'$ ,  $A'A''$ ,  $A''A'''$ ,....., de una magnitud comprendida entre los límites que despues discutiremos; en los puntos  $A$ ,  $A'$ ,....., se levantarán las perpendiculares  $AC$ ,  $A'C'$ ,..... á la  $XV$ , y se unen el punto  $C$  con  $A'$ ,  $C'$  con  $A''$ ,.....; desde el punto  $C'$ , se baja una perpendicular á la  $CA'$ ; desde  $C''$  á la  $C'A''$ ,.....; y resulta la proyeccion horizontal de la magistral de la línea de llares  $BCDC'D'$ ..... Las líneas  $C'D$ ,  $C''D'$ ,....., en vez de ser perpendiculares á las  $CA'$ ,  $C'A''$ ,....., podrán formar con ellas ángulos obtusos, con tal que sean de buena defensa, y su mejor valor será de  $100^\circ$ . Resultando en esta construccion los ángulos salientes iguales á los entrantes, serán siempre de muy buen valor.

292. Si se traza las proyecciones horizontales de las lí-



neas de tiro, correspondientes á los extremos de cada lado del llar, se podrá conocer, que parte de la zona de defensa está bien batida y que parte lo está menos.

293. En cuanto á los límites de estension de los lados de estas obras, queda dicho lo conveniente, al hablar del llar como obra abierta; solamente será de advertir, que cuanto mayor sea su lado menor, será de mejor defensa la línea; porque mas retirados estarán los ángulos entrantes respecto de los salientes, que son los puntos débiles de la línea; y por consiguiente será mas difícil al enemigo, el guarecerse en los espacios muertos que los espresados entrantes producen.

294. La mayor y la menor distancia que debe haber entre dos salientes  $C$  y  $C'$  inmediatos, se determinará por medio del triángulo  $CD C'$ , partiendo en un caso del menor valor que puede tener  $CD$  y en el otro del mayor que puede recibir  $DC'$ ; en inteligencia de que este máximo valor será de 200<sup>m</sup>, para que todos los disparos del lado menor, corten con bastante eficacia, la capital del saliente que deben proteger, supliendo así en algun tanto, el corto número de estos disparos. Las comunicaciones en esta línea deben abrirse hácia el punto medio de los lados mayores.

295. Es fácil comprender, que por medio de esta línea, y cuando todos los llares están contruidos en un mismo sentido, se logra enviar mayor número de fuegos hácia un lado que hácia el otro de la posicion. De esto se deduce, que con presencia de las circunstancias y objeto del atrincheramiento, deberá decidirse cuál debe ser el sentido en que se construyan los llares: esto es, si los fuegos de los lados mayores, deben cargarse á la derecha ó á la izquierda de la línea. En esta misma razon, se funda la construccion de estas otras líneas de llares, que en rigor no son sino modificaciones del trazado anterior.

296. Supóngase que por los accidentes del terreno ú otras razones, hay un punto cuyo ataque no es temible, y por consiguiente conviene enviar fuegos, no á ese punto, sino á derecha é izquierda de él. En este caso si  $VX$  representa el



frente de la posición, y  $A$  es el punto de muy difícil acceso al enemigo, se toman desde él las distancias convenientes, tanto á derecha como á izquierda, para marcar los puntos de partida de las perpendiculares á  $VX$ , y en la correspondiente al punto  $A$ , se construye un ángulo obtuso, formado por dos lados mayores de llares, siguiendo despues tanto á derecha como á izquierda la construcción de la línea como en el caso primero, segun se vé en la figura 41.

297. Si por el contrario hay un solo punto de ataque en el frente que se atrinchera, por ejemplo el  $A$  (fig. 42), deben desde él partir dos lados menores de los llares, con el objeto de que en la dirección que en su marcha debe seguir el enemigo, se crucen los fuegos de dos caras mayores. Para hacer la obra susceptible de mejor defensa convendrá, en cuanto sea posible, retirar el saliente  $C$  respecto de los inmediatos  $C' C''$ ; de este modo se consigue dificultar mas el acceso del enemigo al saliente  $C$ . Entre los varios casos que pueden conducir á esta particular disposición de la línea de llares, será sin duda uno de los mas importantes, el de la defensa de un vado de que el enemigo pudiera servirse para el paso de un rio, de un caudal de aguas bastante respetable.

298. En el mismo caso de la línea anterior, puede lograrse gran cantidad de fuegos sobre un saliente  $C$ , por medio de la siguiente construcción (fig. 43): sobre la  $XV$  tómesese el punto  $A$ , que en ella corresponda perpendicularmente á la dirección que debe ser batida; desde este punto y en ambos sentidos, tómensese en la  $VX$  las magnitudes  $AA'$ ,  $AA''$ , de 120<sup>m</sup> á 180<sup>m</sup>; únense los puntos  $A'$ ,  $A''$  con el  $C$ , y en los mismos puntos  $A' A''$ , levántense perpendiculares  $A' C'$ ,  $A'' C''$ , á las  $A' C$  y  $A'' C$ ; sobre la misma  $VX$  y desde  $A$ , tómensese las magnitudes  $AD$ ,  $AE$ , de 200<sup>m</sup> á 350<sup>m</sup>; y despues de haber unido á  $C$  con  $D$  y  $E$ , levántense en estos últimos puntos las perpendiculares  $DD'$ ,  $EE'$ , respectivamente á la  $CD$ ,  $CE$ : finalmente, tómensese las magnitudes  $AF$ ,  $AG$ , de 500<sup>m</sup> á 700<sup>m</sup>, y uniendo los puntos  $F$  y  $G$



con el  $C$  por medio de rectas, levántense á estas las perpendiculares  $FF'$ ,  $GG'$ , y tomando en estas últimas una longitud proporcionada, resultará la proyeccion horizontal de la magistral  $G'GD'DC'A'C$ ..... En esta construccion, pueden emplearse los flancos  $A'C'$ ,  $A''C''$  para la infantería, que podrá cruzar sus disparos delante del saliente, con la eficacia que corresponde á la distancia del punto en blanco; los flancos  $DD'$ ,  $EE'$  pueden armarse con artillería, que aun cuando sea de poco calibre, barrerá perfectamente con su metralla la avenida única de la posicion, que se supone delante de  $C$ ; finalmente colocando la artillería de mayor calibre en los últimos flancos  $FF'$ ,  $GG'$ , podrán causarse estragos en el enemigo, disparando á bala rasa sobre él, cuando se dirija á atacar el mencionado saliente.

299. Fácilmente pueden determinarse las magnitudes de los flancos que quedan espresados; y tirando las proyecciones horizontales de los últimos disparos, que salen de los extremos de cada porcion de atrincheramiento que se estiende en línea recta, se podrán analizar las propiedades de este trazado, así como las partes de la zona de defensa que están bien batidas y las que no lo están tanto: resultando de todo, que este último trazado, llena muy bien el objeto de enviar fuegos, en muy suficiente cantidad, para que se dificulte al enemigo su ataque al saliente  $C$ .

300. No ofrece tampoco dificultad alguna, el determinar el desarrollo que la magistral, en todos los anteriores casos, tiene respecto de la línea recta que une los salientes extremos de la obra; y resultará que esta relacion, no es muy considerable; de modo que el trazado de esta línea, podrá sustituir con algunas ventajas á la línea recta. En cuanto á la zona del terreno que se ocupa en su construccion, si bien algo menor que en las otras especies de líneas, conviene notar no es muy diferente en todas ellas.



## LÍNEAS DE CAPONERAS.

301. Sea  $VX$  el frente de la posición; en este frente, tómense las magnitudes convenientes  $A'A, A'A'', \dots$ ; en los puntos medios de estas magnitudes  $B, B', \dots$ , levántense las perpendiculares al frente  $BC, B'C', \dots$  también de magnitud proporcionada, y cuyos límites ó condiciones que los determinan, luego se dirán; en los puntos  $C, C', \dots$ , tomando á derecha é izquierda la estension conveniente, se construyen las caponeras  $MNO PQ, M'N'O'P'Q', \dots$  y uniendo los puntos  $A, A', \dots$  con los estremos de los flancos de las caponeras, resulta la línea de caponeras (fig. 44).

302. Si se trazan las líneas de tiro correspondientes á las diferentes partes de este trazado, se observará que es susceptible de muy buena defensa; principalmente si las distintas partes del sistema, son de magnitud conveniente para proporcionar un fuego eficaz. Los salientes  $O, O', \dots$  no deben avanzarse mas, que hasta encontrar al primer tiro que parte de los flancos de las caponeras inmediatas por derecha é izquierda.

303. Si los ángulos entrantes en  $M$  y  $Q$ , son de buena defensa, las alas  $AM, QA', \dots$  y los flancos de las caponeras  $MN, PQ, \dots$  se flanquearán mutuamente; y no quedarán mas partes que las caras  $NO, OP, \dots$  que por el grande ángulo, que sus prolongaciones forman con las alas  $AM, \dots$ , estarán débilmente defendidas por ellas. Con el objeto de batir los fosos delante de estas caras, se las prolonga, y desde el punto  $m$ , se toma en estas prolongaciones, una parte  $mn$  de tal magnitud, que levantando en  $n$  una per-



pendicular á la  $mn$ , resulte la  $np$  de un valor suficiente para colocar en ella una ó mas piezas de artillería, ó el suficiente número de fusileros, para que con sus fuegos, batan completamente el foso delante de las caras de las caponeras. El ángulo entrante que produce esta modificación, origina un espacio muerto que no perjudica mucho á la defensa, por la circunstancia de estar muy retirado, respecto de las partes mas avanzadas de la obra, que son los salientes  $O, O', \dots$ , y por consiguiente sus puntos de ataque.

304. Con el objeto de que los salientes  $A, A', \dots$ , sean perfectamente batidos por los flancos de las caponeras, es forzoso que las distancias  $MA, QA', \dots$  no escedan de  $200^m$ : esta consideracion, podrá servir para determinar el limite superior de la recta  $AA'$ , que une dos salientes inmediatos; y podrá tambien conducir á determinar el desarrollo de la magistral con relacion á la recta citada  $AA'$ , y para unas caponeras de magnitud conocida. De este análisis resultará, que la línea de caponeras es de buena defensa, pero que su desarrollo con relacion á la línea recta, es mayor que en las líneas de redientes y de llares, de que anteriormente nos hemos ocupado.

305. Las comunicaciones con la campaña podrán abrirse en los puntos medios de las alas  $AM, QA', \dots$ , como puntos mas defendidos del sistema, y que la interrupcion que producen en la magistral, no puede influir notablemente, en las propiedades defensivas de la línea.

#### LÍNEA BASTIONADA.

306. Sea  $VX$  (fig. 45) el frente de la posición sobre que se quiere construir esta línea: tómense las magnitudes  $AB, BC, \dots$  de una estension comprendida dentro de los lími-



tes discutidos para el lado exterior de un frente bastionado, al hablar del hornabeque; en los puntos medios de estos lados exteriores  $m, n, \dots$ , levántense las perpendiculares  $m m', n n', \dots$ , que sean  $\frac{1}{3}$  del lado exterior; y continúese en lo demás el trazado como queda dicho para el frente bastionado; y resultará determinada la proyeccion horizontal de la magistral de la línea bastionada ó con baluartes.

307. Respecto de las propiedades de este trazado, nada hay que añadir á lo que queda dicho en el hornabeque, y en el fuerte con baluartes; solamente conviene advertir, que se toma la capital del frente de  $\frac{1}{3}$  del lado exterior, con el objeto de construir un ángulo diminuto muy pequeño; pudiéndose de este modo conseguir, con poco que obliquen sus disparos los defensores de las caras de un baluarte, dos columnas de fuegos paralelos, ó que crucen la capital del saliente, que las mismas caras forman. Por esta consideracion, y para su mejor logro, se construye algunas veces la capital, en los frentes bastionados que forman esta línea, de una longitud que sea un noveno del lado exterior, pues como así se disminuye el valor del ángulo diminuto, es mas fácil el que las caras dominen por completo el sector privado de fuego producido por el ángulo que ellas forman; pero como á medida que el diminuto disminuye, tambien lo verifican los flancos, en un mismo valor del lado exterior, no es aplicable esta modificacion de la regla general, sino en los frentes parciales de la línea, que por su considerable estension, conduzcan á la construccion de flancos de 30<sup>m</sup> en adelante, para que así, estas partes del sistema, llenen cumplidamente sus importantes objetos.

308. Queda tambien dicho ya, cuál sea la relacion que el desarrollo de la magistral tiene sobre el lado exterior; y que en estos trazados, las comunicaciones con la campaña deben abrirse en los puntos medios de las cortinas.

309. De lo dicho respecto á las líneas continuas que hemos dado á conocer, resulta que en cuanto á las propiedades defensivas, la mejor entre ellas es la bastionada, porque es



la única, en la que por completo desaparecen los espacios muertos: que á estas siguen las de grandes redientes con cortina brisada hácia el interior y la línea de caponeras; ocupando los últimos lugares las de redientes contiguos, las de redientes con cortina recta y las de llares.

310. En cuanto al menor desarrollo de su magistral respecto de la línea recta, y por consiguiente en cuanto al menor trabajo y menos tiempo que exige su construcción, merece el primer lugar la línea de llares y la de redientes con cortina recta, siguiendo las demás, en general, en un orden inverso, al que tienen marcado en el párrafo anterior.

311. Pero antes de terminar este ligero análisis, volveremos á llamar la atención, sobre un principio que nunca debe perderse de vista; y es, que la bondad de una obra, no depende de la regularidad de su construcción, sino de que sea mas adecuada á los accidentes del terreno, y proporcionada á los recursos y demás circunstancias de que pueda disponerse y rodeen al que se encargue de dirigirla. Aplicado este principio al asunto de que nos ocupamos, conduce 1.º á que no puede decirse mas que en general, que una línea es preferible á otras; y que si hay casos en que una de estas líneas sea preferible á las demás, habrá otras muchas ocasiones en que sea la peor: y 2.º, que siendo tan variados los accidentes que el terreno nos presenta, será muy rara la construcción de una línea continua regular, sino que por el contrario será lo mas comun, la construcción de líneas mixtas; esto es, en unas partes de redientes, en otras de baluartes, &c. De este modo será mas fácil el satisfacer á lo que el terreno y una buena defensa exijan, combinando al mismo tiempo con estas circunstancias, la menor duración del trabajo y tiempo necesario para la construcción.

---



LÍNEAS CON INTERVALOS.

312. Llámase *líneas con intervalos* á aquellas que se estienden con interrupcion sobre el frente de una posicion. Estas interrupciones no son de magnitud arbitraria, sino que han de ser proporcionadas al fin con que se dejan: es este fin, el de dejar anchos claros, por donde puedan caer sobre el enemigo en un momento oportuno, las columnas de los defensores, que estaban al abrigo de las partes fortificadas. Ésta circunstancia hace que se definan tambien las líneas con intervalos diciendo, que son aquellas cuyas comunicaciones con la campaña, son de tanta estension y á veces mas considerables, que las partes fortificadas.

313. Fórmanse estas líneas de las obras abiertas y cerradas que quedan esplicadas; pero no todas son igualmente ventajosas, siendo las mas á propósito las lunetas y redientes entre las obras abiertas, y los reductos en las cerradas. Nos concretaremos á esplicar el trazado de la línea con intervalos formada con lunetas, porque son las que mas comunmente se construyen, y porque entendido este trazado, no hay inconveniente en efectuar el de cualquiera otra especie de línea.

314. Para que las obras que formen una línea, sean de la mejor defensa posible, es forzoso que mutuamente se apoyen y flanqueen, de modo, que ninguna de ellas quede reducida á sus solas fuerzas, y además, que los claros que entre unas y otras se dejan, estén perfectamente batidos, para que el enemigo no pueda por ellos forzar la línea, sino que se vea precisado á atacar y posesionarse de alguna ó algunas de las partes fortificadas. Además, cualquiera que sea



la clase de obras que formen una línea con intervalos, pueden estas disponerse en una ó mas líneas ú órdenes de obras: en este caso, deben construirse las obras de modo, que las de cada línea, estén apoyadas por los fuegos de las de la línea ó líneas inmediatas.

315. Sea  $VX$  el frente de la posición (fig. 46): en esta línea tómense las magnitudes convenientes  $AA', A'A'', \dots$ ; divídanse estas distancias en dos partes iguales, y en sus puntos medios, levántense las perpendiculares  $mn, m'n', \dots$ , algo mayores que la mitad de la distancia á que corresponden  $AA',$  ó  $A'A'',$  &c.; únase el punto  $n$  con  $A$  y  $A',$   $n'$  con  $A'$  y  $A'',$  &c., &c., y en estas rectas, desde  $A, A', \dots$ , tómense una magnitud igual á la longitud que se quiera dar á las caras de las lunetas: hágase centro en sus extremos  $B, C, B', C', \dots$ , y con un radio igual á la longitud que se quiera dar á los flancos, trácense arcos de círculo, y tirando tangentes á cada uno de estos arcos, desde el vértice de la luneta inmediata por la derecha ó por la izquierda, segun corresponda, unánse los puntos de contacto con el centro del arco respectivo; y resultará trazada la proyección horizontal de la magistral de las lunetas  $DBACE, \dots$ , cuyas golas, para proporcionar mas capacidad en el interior de estas obras, en vez de ser rectas, podrán tomar la forma angulosa  $DFE, D'F'E', \dots$ .

316. Las magnitudes  $AA', A'A'', \dots$  deben ser de 150<sup>m</sup> á 300<sup>m</sup>, con el objeto de dejar entre las lunetas claros de importancia, que faciliten la salida de las tropas amigas, para aprovecharse del desorden, que los fuegos certeros de las partes fortificadas, deben causar en las filas de los atacantes, sin que estas comunicaciones, por su grande estension, impidan que la metralla de las obras inmediatas, aumente la resistencia de la luneta que el enemigo ataque. Se toman las perpendiculares  $mm', nn', \dots$ , algo mayores que la mitad de su frente respectivo, con el objeto de que siendo algo menores de 90° los salientes de las lunetas, queden mayores claros entre las obras, al paso que las caras



correspondientes de dos lunetas inmediatas, puedan flanquearse mejor, sin oblicuar tanto sus fuegos, y finalmente, porque si se ha de construir una segunda línea de obras, puedan quedar entre estas y las de primera línea, anchos espacios que faciliten el tomar la ofensiva, cuando haya oportunidad. Las caras de las lunetas, deben ser de una longitud proporcionada al número de piezas que deban colocarse en ellas, y á razon de 5<sup>m</sup> por cada una; de ordinario se hacen de unos 40<sup>m</sup>, y los flancos de unos 20<sup>m</sup>. Se trazan los flancos del modo indicado anteriormente, para que con sus disparos, batan el espacio comprendido entre dos lunetas y parte de los sectores privados de fuegos correspondientes á los ángulos flanqueados de las lunetas inmediatas.

317. Trazando las proyecciones horizontales de las líneas de tiro que parten de los extremos de las caras y flancos de las lunetas, se hecha de ver, que la línea es susceptible de buena defensa, pero que si el enemigo lograra forzar una de estas obras, y establecerse en ella, han perdido mucho en su fuerza defensiva las inmediatas, y podrá considerarse que el enemigo ha roto la línea. No sucederá así si se construye una segunda línea de lunetas, en buena relacion de defensa respecto las que forman la primera línea.

318. Para esto, en la prolongacion del pié del declivio exterior del parapeto en las caras de las lunetas de primera línea, y en los puntos *b, c, .....*, convenientemente elegidos, se levantan las perpendiculares *ba, ca, .....*, que serán las caras de las lunetas de segunda línea: hágase centro en *b, c, .....*, y con un radio igual á la longitud que se quiera dar á los flancos, se trazan arcos de círculo; y tirando tangentes á estos arcos, desde los salientes de las lunetas de primera línea, no de las inmediatas, sino de las segundas por derecha ó izquierda, segun corresponda, los radios correspondientes á los puntos de contacto, representarán los flancos; y las semigolas serán las partes de estas tangentes, comprendidas entre los puntos de contacto y el de su comun interseccion.



319. Se toman las caras de las lunetas de segunda línea, perpendicularmente á las prolongaciones de las aristas que se han citado, correspondientes á las de primera línea, para que estas partes importantes, además de contribuir á batir mejor el espacio comprendido entre dos lunetas de primera línea, puedan barrer perfectamente los sectores privados de fuego de estas obras, y muy particularmente sus fosos: de este modo, aun cuando el enemigo logre descender al fondo de estos fosos, queda descubierto por los fuegos de las caras de las lunetas de segunda. La eleccion de los puntos  $b, c, \dots$  se hace con la condicion de que las caras  $ba, ca, \dots$  resulten de magnitud proporcionada, al número de piezas que en ellas quieran colocarse; al efecto se resolverán los triángulos  $ba o, a o c, \dots$ , ó uno de ellos si las lunetas son iguales, en los que se conoce, del  $ba o$  por ejemplo, los ángulos en  $b$  y en  $o$ , y el lado  $ab$ ; en este triángulo se podrá determinar el lado  $ob$ , y por consiguiente estará fijada la posicion del punto  $b$ , &c. En cuanto á la longitud de los flancos, ó serán iguales á los de las obras de primera línea, ó cuando menos de  $15^m$ ; y en cuanto á su direccion, se les dá la que en la construccion se ha marcado; para que á la vez que protejen los salientes de las lunetas inmediatas de la misma línea, y el espacio que entre ellas queda, puedan tambien, las piezas en ellos colocadas, tomar parte en la defensa de las lunetas de primera línea.

320. Con solo inspeccionar la figura, puede cualquiera formarse una idea exacta, del aumento de resistencia que por la construccion de la segunda línea, han tomado las obras de la primera, teniendo como tienen mas fuegos en sus sectores privados de ellos, y sobre todo perfectamente batidos los fosos de sus caras. Pero sobre todo merece notarse, las muchas mas dificultades, que el enemigo ha de encontrar para forzar la posicion, puesto que para lograrlo, habrá de tomar una luneta de segunda línea; y esto no lo podrá conseguir, hasta que se haya posesionado de las dos de enfrente en la primera línea: es decir, que si para romper la línea,



en el primer caso habia de apoderarse de una obra, en el segundo lo tendrá que verificar de tres.

321. Cabe aun mas aumento de resistencia en una línea con intervalos, construyendo una tercera línea de lunetas ó redientes; bastando que sean las obras de esta última especie, puesto que lo esencial, es que las caras de las lunetas de segunda línea, estén flanqueadas por obras colocadas á su retaguardia, sin que los flancos en la tercera línea, sean de absoluta necesidad. Para la construccion de las obras de esta última línea no habrá dificultad alguna, colocándolas respecto las de segunda, como estas lo fueron respecto de las de primera.

322. Es indudable, que la fuerza de la posicion ha aumentado con la construccion de estas últimas obras; puesto que el enemigo, para romper la línea de sus fortificaciones, tendrá que desalojar á sus defensores, cuando menos, de una obra de tercera línea, de dos de segunda y de tres de primera. Parece que estas consideraciones, conducirian á la construccion de otra y otras líneas: pero no es así, teniendo en cuenta, que un ejército que se deja arrebatarse seis de las obras que habia de defender, ha perdido su fuerza moral y la confianza que en sus atrincheramientos pudiera tener, y solo la presencia del vencedor, bastaria para poner en deshonrosa fuga á los defensores de otras líneas posteriores, en el caso que se pudiera lograr que esperaran siquiera á verle.

323. Al trazar la segunda línea de lunetas se ha dicho, que sus caras se construyen perpendicularmente á las prolongaciones de las de primera; esto no es absolutamente preciso: lo que se ha querido lograr con darlas esta direccion, es que los fosos de las obras de primera línea, estuvieran bien batidos por estas caras; pero esto puede conseguirse tambien, aun cuando el ángulo de defensa entre estas dos partes aumente, con tal que quede de buen valor, esto es, de  $90^{\circ}$  á  $110^{\circ}$ . De estos valores será el mejor, el que proporcione que la prolongacion de las caras de las lunetas



de segunda línea, pase por el vértice del saliente en la magistral de la luneta correspondiente de la primera línea: de este modo se consigue, á la vez que un buen flanqueo, que el enemigo no pueda enfilear las caras de las obras de segunda línea, hasta que esté posesionado de las de la primera, puesto que están resguardadas por las masas de tierra que forman las obras de la línea que precede.

324. Puede preguntarse, cuál de las dos especies de líneas, continuas ó con intervalos, son mas ventajosas. En fortificación, como en casi todos los ramos que forman parte del arte de la guerra, no pueden tener lugar contestaciones absolutas: tienen grande influencia en los resultados, mil y mil circunstancias, que en sus diversas combinaciones, hacen que unos supuestos sean preferibles á otros. Asi en las líneas, cuando el ejército que las ha de defender, es considerablemente inferior á su adversario en fuerza moral y en la numérica, ó se compone de reclutas, en una palabra, si no se espera poder tomar la ofensiva, aun cuando para ello se presente alguna ocasion favorable, y solo se quiere defender la posicion sin miras ulteriores, podrá encerrarse en líneas continuas: pero si su situacion no es tan desventajosa, si solo espera algun suceso favorable para tomar la ofensiva sobre su contrario, entonces le será mas conveniente en general, aumentar sus fuerzas ordinarias, por la construccion de líneas con intervalos, que le permitan arrojar en un momento dado, con fuerzas considerables, sobre su enemigo, completando los resultados obtenidos por los fuegos de las obras, y hacerlos lo mas decisivos que sea posible, impidiendo la reorganizacion de las columnas enemigas.

325. Una gran série de desastres, experimentados por los defensores de líneas, hizo que en el siglo pasado, se consideraran estas obras como de muy mala defensa, ante un ejército aguerrido, conducido por un general hábil; pero la brillante defensa de las líneas de *Torres-vedras*, en los primeros años de este siglo, las volvió á rehabilitar en el concepto de los militares entendidos. Si se estudian con de-



tencion , tanto los hechos favorables , como los que perjudican á la aceptacion de las líneas , se llega á comprender , que cuando el que las ataca puede distraer la atencion del defensor ; y con fuerzas considerables , arrojarse sobre un punto de ellas , sin que pueda oponérsele fuerzas proporcionadas , ó por la mucha estension del atrincheramiento , ó por la mala colocacion de las reservas , entonces las líneas han sido forzadas por el atacante , y el defensor se ha visto en la necesidad de abandonar á la bravura de su contrario , el trabajo de muchos dias y aun de meses : pero si por la configuracion de las líneas , pueden los defensores hacer llegar sus reservas al punto de ataque , en el momento oportuno , las líneas resisten ; y en ellas se estrellan ejércitos antes siempre victoriosos , y la reputacion de generales , á quienes enaltecian muchos y bien adquiridos laureles.

### CAPITULO III.

#### DEL ARMAMENTO DE LAS OBRAS DE CAMPAÑA.

326. Cualquiera que sea la importancia de una obra de fortificacion con relacion á su mayor ó menor perfil , y cualquiera que sea la posicion en donde se construya , no puede por sí sola oponer una notable resistencia al enemigo : es preciso guarnecerla con tropa en cantidad suficiente , que aprovechándose de las ventajas materiales que presente su construccion , detenga con sus fuegos certeros , la marcha de las columnas asaltantes. Se ha dicho en la introduccion á este ensayo , que las obras de fortificacion se defendian por infantería y artillería , y que la caballería no contribuye á la



defensa sino por movimientos exteriores; y se entiende por *armamento* de una obra, el conjunto de tropas, armas y materiales que aquellas han de manejar para su mejor y mas conveniente defensa. La determinacion de este armamento es de la mayor importancia: los errores graves que en este punto se cometan, conducen á desastres de mucha consideracion, tanto que sean estos por exceso, como por defecto; procedamos pues á citar algunos principios que nunca deben perderse de vista en este importantísimo punto, ya que por la naturaleza de la cuestion, no puedan fijarse reglas, que seguidas al pié de la letra, conduzcan á su completa solucion.

327. ARMAMENTO EN INFANTERÍA. La principal arma de un ejército es la infantería; y si esto es una verdad incuestionable en rasa campaña, lo es mucho mas en la defensa de los atrincheramientos: con este objeto, puede emplearse la infantería sola, ó en combinacion con la artillería; ocupémonos ahora de lo primero. En la banqueta puede colocarse ó una fila de fusileros, ó dos ó tres, y en todos estos casos á razon de una hilera por cada metro de longitud en la magistral: en cuanto á la distancia conviene observar, que si bien parece algun tanto excesiva no lo es en realidad, porque del soldado colocado detrás de un parapeto, mas que regularidad en sus movimientos, debe exigírsele exactitud en su puntería, permitiéndole con este objeto obrar con cierta libertad, pero sin embarazar á los que tiene á sus costados: en cuanto al número de filas que se colocan en la banqueta es de advertir, que si se coloca una fila sola, los fuegos serán muy poco eficaces y por consiguiente muy débil la defensa; si son dos las filas, el fuego será mas nutrido, pero no mucho mas aprovechado, porque ó la segunda fila hace fuego en su natural colocacion, ó se sitúa entre sus compañeros de primera; si lo primero, por su distancia á la magistral, la segunda fila no descubre bien la campaña; y si se verifica lo segundo, á los soldados de primera fila y á los de segunda les falta espacio para manejar sus armas: los mismos defectos, si bien



en mayor escala, se presentan en la colocacion de tres filas en la banqueta. Para remediar algun tanto los inconvenientes que originan estas dos últimas disposiciones de la infantería, puede hacerse que los hombres de menos talla se coloquen en primera fila, los que sigan en segunda, y los de mas estatura en la última; y aun tambien puede elevarse el plano de la banqueta, haciéndole mas alto hácia el declivio de su subida, ó colocando sobre él algunos tepes; pero, ó estas rectificaciones son inútiles por su pequeñez, ó si son de alguna monta, puede considerárselas como perjudiciales por los grandes entorpecimientos que con su construccion crearán en la banqueta, parte del parapeto que es de la mayor importancia en el momento de la defensa.

328. Todas estas circunstancias hacen que la mejor disposicion de la infantería sobre la banqueta sea en una sola fila, colocando además en el declivio de su subida, ó en escalones ó gradas que en él se formen, otras dos filas, que ocupándose solo en cargar fusiles y pasarlos á su compañero de hilera colocado sobre la banqueta, proporcionen el que el fuego sea muy nutrido y gane mucho en eficacia, principalmente si los mejores tiradores se colocan en la fila primera, al paso que el enemigo no descubre mas que al tercio de los defensores que toman una parte activa en los fuegos que desde la obra se hacen sobre él.

329. Aumenta considerablemente la importancia de la defensa de una obra, si además de la infantería colocada en la banqueta, queda en reserva una fuerza proporcionada de esta arma. Antes de hablar de la proporcion que debe haber entre la reserva y la fuerza de la guarnicion, conviene notar, que el objeto de la primera hasta que el enemigo salva el foso, es reemplazar á sus compañeros á quienes el enemigo pone fuera de combate; pero sus mas importantes servicios los presta la reserva, cuando el enemigo aparece sobre el parapeto: en este momento, en que los hombres colocados en la banqueta pierden en algun tanto su fuerza moral, por ver que con sus fuegos no han podido contener al enemigo,



las reservas se arrojan, en el mayor orden posible, al parapeto, y salvando prontamente el declivio interior por una pequeña grada, que ordinariamente es de madera y se construye á mitad de distancia entre el pié y la cresta de este declivio, hace retroceder ante la punta de sus bayonetas, á los mas osados de los enemigos, que al volver á descender al foso, hacen desmayar por completo á los mas tímidos: y solo á duras penas pueden estas tropas reorganizarse en términos de volver al asalto, poniéndose las mas veces en completa retirada. Es tan importante este servicio de la reserva, que sin ella muy poco debe esperarse de la defensa, y que con ella, interin no sea desordenada ó batida, no puede contar el enemigo con poseer la obra que ataca. Asi lo considera nuestra ordenanza, al citar entre las acciones distinguidas de un oficial, no solo el ser el primero en subir una escala ó montar una brecha abierta en el muro enemigo, sino que le exige á la vez, el que forme la primera gente encima del parapeto, para que las reservas de los defensores se estrellen contra la firmeza y valor de los asaltantes. Todas estas consideraciones hacen que el máximo de la reserva se fije en la mitad de la guarnicion, y que sea comunmente su minimum la décima parte de esta misma fuerza total; teniendo en cuenta, que la reserva podrá ser tanto menos numerosa, cuánto sean mas escogidos los soldados que la forman, y haya mas intrepidez é inteligencia en el gefe que la mande.

330. ARMAMENTO EN ARTILLERÍA. Conviene ante todo examinar, cuál es la importancia que dá á la defensa el uso de esta arma, para que considerando en seguida los trabajos que su aplicacion exige, podamos convencernos de su mayor ó menor utilidad. Si se considera el grande alcance de las piezas de artillería, sus prodigiosos efectos sobre una columna á la que se aciertan algunos disparos, la gran confianza que por lo general las demás tropas tienen en esta arma, y la mayor reunion de medios que el enemigo habrá de desplegar para atacar, con algunas probalidades de buen éxito, una obra defendida por algunas piezas bien servidas, parece que



son decisivas las ventajas que la artillería produce en la defensa de una obra; pero si se considera la hora en que los ataques se verifican contra una obra de campaña, pierde muchos quilates la importancia de esta respetable arma en la defensa de un atrincheramiento. Efectivamente, de muy poco sirve el grande alcance de las piezas, en la oscuridad de una noche, contra un enemigo que escoge el momento de arrojar sus columnas sobre sus contrarios, cuya posición por consiguiente, no puede las mas veces apreciar el defensor con exactitud hasta que está muy inmediato al foso, y que rápidamente recorre este último obstáculo, para llegar prontamente á las manos con los defensores, en la esperanza de que su superioridad numérica y moral, llegado este caso, le han de dar la victoria: de esto se deduce, que no son de tanta consideración como á primera vista aparecen las ventajas, que en la defensa de una obra de campaña, proporciona la artillería.

331. Sin embargo la artillería es un poderoso auxiliar cuyos servicios deben estimarse en mucho, principalmente si en su uso se observan los siguientes principios que conducen á aprovechar esta arma en la defensa de un atrincheramiento: 1.º la artillería debe con preferencia colocarse en obras de un perfil muy fuerte, para que no caiga en poder del enemigo con facilidad, y rehabilitándola con prontitud, se sirva de ella para completar la destrucción de los que la han abandonado; y si por el contrario, al enemigo se le frustra alguna de sus embestidas al atrincheramiento, puedan las piezas causarle daños de mucha consideración, hasta que se logre poner fuera de su alcance: 2.º por la misma razón, no debe colocarse artillería en las obras pequeñas, donde su proporcionada guarnición no pueda protegerlas eficazmente: 3.º deben colocarse las piezas en las partes flanqueantes de los puntos de ataque, si se quiere evitar, ó á lo menos retardar, que caigan en poder del enemigo; pero esta colocación limita mucho la acción de la artillería, y no es el mejor medio de aprovechar sus propiedades: y 4.º es mas útil co-



locar las piezas en los salientes de las obras, siguiendo la máxima de que en la artillería conviene dispersar las piezas y concentrar sus fuegos; de este modo, las columnas enemigas pueden ser batidas por las piezas de varios salientes, y presentan muchas dificultades al enemigo para librarse de sus fuegos.

332. Tiene por objeto la artillería, en la defensa de una obra de campaña, batir las columnas enemigas y á su artillería, y el de proteger con sus fuegos los fosos y caras de las obras: para lo primero necesita tener un campo muy grande de acción, puesto que los objetos que ha de batir, pueden á su arbitrio ocupar muy distintas posiciones; para lo segundo es muy determinada la dirección de sus fuegos. Logra una pieza tener el mayor campo posible de acción, cuando su boca descuella por encima de la arista superior del atrincheramiento, y entonces se dice que tira á *barbeta*; pero si es limitado su campo de acción, esto es, si ha de hacer fuego en una dirección dada, entonces la pieza puede enviar sus proyectiles por una tronera abierta en el parapeto, y que se llama *cañonera* ó *embrasura*. En una pieza colocada á *barbeta*, sus sirvientes y aun parte del material quedan muy espuestos al fuego enemigo, al paso que si dispara por una *embrasura*, quedan el personal y el material de la artillería, mejor cubiertos por el parapeto.

333. Se dá el nombre de *batería* á la reunion de algunas piezas en una misma parte de una obra: las baterías pueden ser á *barbeta* ó con *embrasuras*, segun el modo con que deban hacer fuego las piezas que las componen. Nos ocuparemos por separado de la delineación de cada una de estas especies de baterías, y si bien en las obras de campaña, se combina para su defensa las mas veces, la artillería con la infantería, sin embargo, para mayor sencillez y por abrazar los casos posibles, se hablará primero de las baterías aisladas, sean estas á *barbeta* ó con *embrasura*, y despues de su combinacion con las defensas de la infantería.



## BATERÍAS Á BARBETA.

334. Para trazar una batería á barbeta, lo primero que debe hacerse es construir el perfil recto de ella, ó á lo menos fijarse en las condiciones á que este perfil tiene que satisfacer. Sea  $LT$  (fig. 47) la traza horizontal del plano del perfil recto que se quiere construir: elijase un punto de esta recta, el  $e$  por ejemplo, y supóngase ser la proyeccion horizontal de la magistral de la batería; y procédase en la construcción del perfil de la parte anterior de la obra, á partir de  $e$ , del mismo modo que queda explicado en el capítulo primero, respecto á los atrincheramientos que han de ser defendidos por la infantería solamente; debiendo observarse, que porque el cañon llama siempre al cañon, el espesor de las obras que han de ser defendidas por artillería, debe ser siempre el conveniente para resistir á los proyectiles de esta arma. Para que las piezas puedan hacer sus disparos por encima del parapeto, debe elevarse por la parte interior de la magistral, una masa de tierra llamada terraplen, y tambien barbeta, cuya altura será la de la obra disminuida en la de los ejes de los carruajes de artillería: siendo ordinariamente la altura de estos ejes de  $0^m,80$ , se podrá determinar la traza vertical del plano superior del terraplen, que deberá ser horizontal, ó ligeramente inclinado hácia el interior de la posición para que se escurran las aguas llovedizas; tomando en la  $Ee$  desde  $E$ , la  $Ee' = 0^m,80$ , y trazando la  $e'C$  paralela á la línea de tierra, ó con la inclinacion que convenga, si se toma la  $e'D = \frac{1}{3} Ee'$ , la  $DE$  representará la traza vertical del declivio interior. Para que las piezas puedan servirse con facilidad y no se salgan del terraplen al hacerse los disparos, debe este tener en su parte superior, una la-



titud cuando menos de 6<sup>m</sup> para las piezas de batalla, que podrá aumentarse en 2<sup>m</sup> ó 3<sup>m</sup>, si ha de pasar la infantería por detrás de la artillería, para acudir á los puntos donde sea precisa su presencia; tómese pues la  $DC$  de 6<sup>m</sup> á 9<sup>m</sup>, y se tendrá en  $C$  la traza vertical de la arista, que termina el plano superior del terraplen por su parte posterior.

335. Tanto por esta parte posterior como por los costados, las tierras que formen el terraplen, deben estar sostenidas por declivios, que ó tendrán que revestirse ó tendrán la inclinacion natural de las tierras: esto último será lo mas comun, pues que lo primero exige un grande acopio de materiales para revestir, y no tiene útil aplicacion mas que cuando quiera embarazarse lo menos posible el interior de una posicion: sea  $cb$  la base de este declivio correspondiente á su altura  $Cc$ ; será  $b$  la traza vertical del pié de este declivio por su parte posterior.

336. Para que las piezas puedan con alguna comodidad subirse desde el piso de la posicion á lo alto del terraplen, en la parte de este que mas convenga, se construye una *rampa*, de tres á cuatro metros de latitud y de una base de seis á nueve veces su altura: esta misma rampa tiene sostenidas las tierras que la forman, por declivios de la inclinacion natural de las tierras, si no se revisten. En la misma figura tómese la  $ca$  igual á seis, siete,..... veces la  $cC$ ; y uniendo  $a$  con  $C$ , se obtendrá la traza vertical de la parte superior de la rampa.

337. Recordando lo esplicado para hallar la proyeccion horizontal de un atrincheramiento regular y ordinario, no ofrecerá dificultad el trazar la de la barbata, ya se construya á lo largo de una cara de la obra, ya se construya en un ángulo saliente (fig. 48): porque siempre el problema quedará reducido, á dada la proyeccion horizontal de la magistral de una obra, y su perfil recto, ó las distancias horizontales que separan sus aristas, hallar la proyeccion de estas aristas, que es el mismo problema resuelto en la parte citada de este ensayo.



338. Para la delineacion de la rampa debe observarse, que su situacion puede ser en la parte posterior del terraplen, ó en uno de sus costados; y en cuanto á su direccion puede ser *directa* ú *oblicua*: se llama *directa*, cuando su eje ó recta que divide su plano superior en dos partes iguales, sigue la direccion de una de las líneas de máxima pendiente de este mismo plano, y *oblicua* cuando el eje sigue otra direccion cualquiera. Las rampas que se construyen en la parte posterior del terraplen, son por lo comun *directas*: sea la  $oo'$  el eje de la rampa que se quiere construir; á derecha é izquierda del punto  $o$ , tómense las magnitudes  $om$ ,  $on$ , iguales á la mitad de la latitud de la rampa, y por los puntos  $m$  y  $n$  trácense las  $mm'$ ,  $nn'$  paralelas al eje, é iguales á la  $ca$  del perfil; estas rectas representarán la proyeccion horizontal de las dos aristas que limitan la parte superior de la rampa. Para determinar la traza horizontal de los declivios laterales de esta rampa, concíbese la proyectante del punto  $m$  ó  $n$ , y por esta proyectante un plano perpendicular á la traza que se quiere determinar; con la proyectante citada, su comun interseccion con el declivio de la rampa y la proyeccion horizontal de esta interseccion, se origina en este plano un triángulo rectángulo, en el que se conoce la magnitud de la proyectante, que es un cateto, y el ángulo agudo que se le opone, que es el de inclinacion del declivio; luego se podrá construir ó resolver el triángulo y será conocido el otro cateto, que medirá la distancia á que la traza horizontal que se busca, pasa del punto  $m$  ó  $n$ , el  $m$  por ejemplo; luego si se describe desde este punto un círculo con un radio igual á este cateto, la traza horizontal que se busca, pasará por uno de los puntos de su circunferencia, y ha de ser en este punto perpendicular al radio; luego la traza será tangente á este círculo; y como ha de pasar por  $m'$ , puesto que este punto pertenece al plano horizontal y al declivio lateral de la rampa, resulta que para resolver la cuestion de que nos estamos ocupando, no habrá mas que desde  $m'$  tirar una tangente al círculo descrito. La



interseccion del declivio lateral de la rampa con el del terraplen de la barbeta, será la  $m''m$ , puesto que estos dos puntos son los extremos de ella: la figura representa con suficiente claridad, cuáles son las rectas efectivas y cuáles son las auxiliares, en esta construccion.

339. Las rampas colocadas en los costados del terraplen, pueden ser directas ú oblicuas: si son directas, por lo comun parten desde la interseccion de la arista, que limita uno de los costados de este macizo de tierras, con la que le limita por la parte posterior, como se vé en la izquierda de la misma figura 48, y en su delineacion no puede presentarse dificultad alguna, por ser en un todo la misma que en el caso anterior.

340. Si las rampas son oblicuas, se las sujeta á que se carguen contra la masa cubridora todo lo mas posible, construyéndolas con la condicion de que partan desde el principio del terraplen: ni en sus dimensiones, ni en su trazado, se presenta dificultad alguna, que no pueda vencerse con lo que queda dicho para las directas. Tanto las rampas directas como las oblicuas, cuando se construyen sobre los costados del terraplen, exigen el ser cubiertas por la masa de tierras que forma la obra; y esto conduce á hacerla de mayor longitud de la necesaria para el servicio de las piezas; este inconveniente es de mucha monta y obliga á que las rampas, en las obras de que nos ocupamos, se construyan comunmente por la parte posterior, como anteriormente queda explicado.

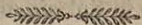
341. El defecto principal que las barbetas presentan, es el que en ellas el personal y el material de la artillería, quedan muy descubiertos al fuego enemigo. Los medios inventados para remediar este defecto, no lo logran de una manera completa, y además perjudican notablemente á la actividad del fuego de la pieza ó piezas colocadas en esta disposicion.

342. Consisten estos medios, en abrir una zanja en el pié del declivio interior, ó dos á los costados de la parte del terraplen por donde ha de jugar la pieza: las dimensiones de



estas zanjas son, su profundidad  $0,^m 83$ , que sumada con la altura de la magistral sobre el terraplen, permite la ocultacion completa de los artilleros puestos de pié en su fondo; su latitud en el fondo puede ser de  $0,^m 30$ , con declivios los mas pendientes posible, para impedir que la rectificacion embarace mucha parte del terraplen; y su longitud proporcionada al número de hombres que deben encontrar abrigo en estas zanjas. En el perfil y en la proyeccion horizontal están representadas estas zanjas por líneas de puntos; y debe advertirse que la mas perjudicial posicion que pueden tener es en el pié del declivio interior; porque retirándose la pieza, precisamente la altura del terraplen ha de ser mayor, para que esta misma pieza pueda obrar sobre la campaña, en la prolongacion del declivio superior de la masa cubridora; siendo consecuencia natural, el que la pieza y su cureña estén mas descubiertas por el enemigo. Para facilitar la salida de estas zanjas á los artilleros, se puede construir una pequeña grada, que descomponga en dos partes iguales la profundidad: se forma la grada con faginas ó con una vigueta que descansa sobre dos piés derechos enterrados en el declivio donde la grada se construya, que debe ser en el que corresponda al emplazamiento de la pieza.

343. Cuando no se construye ninguna zanja, los artilleros pueden resguardarse en los declivios de los costados ó parte posterior del terraplen, cuando su presencia no es necesaria al lado de la pieza para servirla: con el objeto de facilitar mas la posicion de los artilleros cuando estén ocultos, puede construirse un escalon ó grada en cada uno de los mencionados declivios.





## BATERÍAS CON EMBRASURAS.

344. Una embrasura consta de un derrame ó glasis, de dos caras laterales y de dos aberturas una interior y otra exterior. El derrame ó glasis es un plano inclinado al horizonte que termina la embrasura por su parte inferior: su inclinacion debe ser tal que permita á la pieza obrar contra todo enemigo que se presente dentro de su campo de accion; se consigue esto, haciendo pasar la prolongacion de dicho plano por la cresta de la contraescarpa ó un poco mas elevado; pero si al querer llenar esta condicion, se ha de construir con una inclinacion mayor que  $\frac{6}{7}$ , no es conveniente verificarlo, por lo mucho que se adelgaza el diedro formado por este glasis y el declivio interior de la masa cubridora: por esta razon  $\frac{6}{7}$  es considerado como el limite de la inclinacion del derrame.

345. La abertura interior de la embrasura es de  $0^m,50$  á  $0^m,54$  para la artillería de campaña, al paso que su abertura exterior, en su parte inferior, es comunmente igual á la mitad de la distancia entre las intersecciones del glasis con los declivios interior y exterior de la masa cubridora: estas intersecciones son rectas horizontales, y por consiguiente, estando en un mismo plano, paralelas entre sí: á la colocada en el declivio interior se le dá el nombre de *rodillera*: esta recta debe ser horizontal para que el material de la artillería quede lo mas cubierto posible; la altura de la rodillera sobre el plano por donde jiran las ruedas de la cureña de la pieza, debe ser proporcionada á la del eje de esta cureña, para que la boca del cañon pueda asomar por encima de ella; por esta razon se fija en  $0^m,80$ , como queda dicho al tratar de las



barbetas. Llámase *directriz* de una embrasura, á la recta situada en su glasis que marca la direccion principal de los disparos que deben hacerse por ella: y se le dá este nombre, porque á esta recta se refiere la construccion de la embrasura. Si el plano vertical que la directriz determina, es perpendicular á la rodillera, á la embrasura se la llama *directa*; y si dicho plano corta oblicuamente á la rodillera, se dice que la embrasura es *oblicua*.

346. Las caras de la embrasura son unas superficies gauchas ó alaveadas, que partiendo desde el glasis terminan en el declivio superior, siendo líneas rectas sus intersecciones con estos declivios, y con el interior y exterior; estas intersecciones quedan fijas de posicion, por las aberturas de la misma embrasura: si estas caras fuesen verticales, no podrían resistir la fuerza de la esplosion de la pólvora, aun cuando se las revistiese; y si fuesen planos inclinados al horizonte, quedarían los artilleros demasiado descubiertos; las caras formadas por superficies gauchas satisfacen á ambas condiciones. Las intersecciones de estas caras con el declivio interior de la masa cubridora llamada *espaldon*, son líneas de máxima pendiente de este declivio, por consiguiente podrán considerarse como intersecciones con el declivio interior, de planos verticales perpendiculares á una horizontal cualquiera situada en aquel plano: de este modo, siendo la abertura interior de la embrasura de igual latitud en su parte inferior y superior, quedan mejor cubiertos los artilleros que sirven la pieza, y no hay inconveniente en hacerlo así en esta parte, porque en ella no necesita mucho espacio la fuerza de expansion de la pólvora de la carga. Las intersecciones de las caras de la embrasura con el declivio exterior, se consideran como intersecciones con este mismo plano de otros que pasan por el pié de las caras, y cuya inclinacion al horizonte es  $\frac{1}{3}$ : de este modo acredita la esperiencia constantemente, que la abertura exterior es de suficiente latitud, para no ser destruida por la fuerza de los disparos de la pieza que obra en la misma embrasura. Sin embargo, para lograr mayor



sencillez, suelen algunas veces estar formadas las caras por superficies planas,  $\frac{1}{3}$  inclinadas al horizonte.

347. El perfil recto de un espaldon para una batería es fácil formarle, siendo como es igual su construcción al de la batería á barbata, pudiendo hacer, cuando la artillería ha de obrar sola, que el declivio superior sea mucho mas suave que en el parapeto; pues que no debiéndose hacer fuego desde la cresta interior del espaldon, este declivio no tiene mas objeto que el de escurrir las aguas llovedizas, y el de permitir á la vez, el que los artilleros descubran con su vista convenientemente la campaña, para observar el efecto de los disparos de la pieza que sirven, y remediar cualquier defecto que en su puntería se cometa: en general basta para esto que el declivio superior tenga una inclinacion de  $\frac{10}{4}$ .

348. La traza vertical del derrame de la embrasura, quedará determinada por las condiciones arriba citadas; esto es, que pase por la rodillera; y sin que su inclinacion sea mayor que  $\frac{6}{7}$ , pueda batirse al enemigo lo mejor que sea posible: para fijar la posicion de la rodillera observaremos, que para cubrir bastante bien á los artilleros, basta un espaldon de dos metros de altura; por consiguiente si á este mismo espaldon es preciso darle algo mas de elevacion, para que quede tambien cubierto el interior de la posicion, podrá como en las barbetas, elevarse por la parte interior un terraplen, cuya altura será cuando mas igual á la del espaldon menos 2<sup>m</sup>, y la altura de la rodillera sobre el terraplen ó el plano sobre que ha de jugar la pieza, será de 0<sup>m</sup>, 80. Si se ha de construir esta masa de tierra para elevar las piezas sobre el terreno natural, su longitud, latitud, declivios y rampa serán como en la barbata.

Sea pues el perfil de la batería con embrasuras el que presenta la figura 49, en el que la altura de la cresta interior se supone de 3<sup>m</sup>, el espesor  $ef$  de 4<sup>m</sup>, 50, el plano del declivio superior, cuya traza es  $EF$ ,  $\frac{10}{4}$  inclinado al hori-



zonte; y sean ordinarias ó comunes las tierras de que se construya la obra.

349. Hecho el perfil en la parte correspondiente al terraplen, declivio y rampa, sobre la traza vertical  $CD$  del plano superior del primero, y en la  $Ee'$  se tomará la  $e'e''$  de  $0^m, 80$ , y tirando por  $e''$  la  $e''n$  paralela á la línea de tierra, su interseccion  $n$  con la traza vertical del declivio interior, será la traza de la rodillera, y el punto de partida de la traza vertical del derrame de la embrasura. Esta última traza será determinada ó por la condicion de que pase por la cresta de la contraescarpa ó un poco mas elevada que esta arista, ó por la inclinacion del declivio á que corresponde: en el primer caso será esta traza la recta que une el punto  $n$  con  $L$ ; en el segundo, en la perpendicular á la línea de tierra levantada en  $L$ , se tomará la altura á que se quiere pase el plano del derrame sobre la cresta de la contraescarpa, y sea esta altura  $Ll$ ; la traza vertical que se busca será la recta  $nl$ : en el tercer caso constrúyase un triángulo rectángulo, en el que la relacion entre su base y altura, sea igual á la que espresa la inclinacion del declivio; sea este triángulo el  $XYZ$ : constrúyase en  $n$  una recta que forme con la  $ne''$ , un ángulo igual al en  $Z$  del triángulo; sea esta recta la  $nm$ , que será tambien la traza vertical que se buscaba. Si en vez de darse la inclinacion del derrame de la embrasura por la relacion entre su base y altura, se espresára en grados, se construiría el ángulo  $e''nm$  del valor que se nos diera, y la  $nm$  seria la traza que se buscaba.

350. Para trazar la proyeccion horizontal de la embrasura, proyéctense las aristas del espaldon y las que forman el pié y cresta del derrame de la embrasura, como representa la figura 50: fijense en la proyeccion de la rodillera  $n n'$ , los puntos por donde deben pasar las directrices, que cuando menos deberán distar entre sí, si las embrasuras son directas, unos  $6^m$ ; y si son oblicuas, esta misma distancia deberá contarse sobre el pié del derrame ó sobre la parte posterior de la esplanada, segun las directrices se corten por



la parte exterior ó interior de la posicion: de este modo la masa de tierra que queda entre dos embrasuras contiguas, y que se llama *merton*, tiene un espesor respetable para resistir á los proyectiles arrojados por la artillería enemiga. Sean las directrices las rectas  $xz$ ,  $x'z'$ ,..... A derecha é izquierda del punto  $x$  de interseccion de la directriz con la rodillera, se toman la  $xa$ ,  $xb$  iguales, y que su suma sea  $0^m, 50$ : por  $a$  y por  $b$  se conciben dos planos verticales perpendiculares á la rodillera; sus intersecciones con el declivio interior, que serán las  $aa'$ ,  $bb'$  perpendiculares á la proyeccion de la rodillera, formarán con la  $ab$ , la proyeccion de la abertura interior de la embrasura. Sobre la  $mm'$  proyeccion horizontal del pié del derrame, á derecha é izquierda de su interseccion  $z$  con la directriz, se toman las magnitudes iguales  $zc$ ,  $zd$ , cuya suma sea la latitud que en su parte inferior se quiera dar á la abertura exterior de la embrasura: esta latitud como queda dicho, es comunmente igual á la mitad de la directriz  $xz$  tomada sobre el derrame, longitud que es igual á la  $mn$  del perfil recto de esta batería (fig. 49), pero puede tambien hacerse que sea de una magnitud, que proporcione un valor tal al ángulo  $zxy$ , de modo que su duplo sea el ángulo del sector de accion de la pieza colocada en la embrasura: el ángulo de este sector es comunmente de  $20^\circ$ , y la primera construccion dá un resultado que difiere muy poco de este valor. Unánse los puntos  $c$  con  $a$ , y  $d$  con  $b$ , y las rectas  $ac$ ,  $bd$  serán las proyecciones horizontales de las aristas que terminan lateralmente el plano del derrame, y de donde parten las caras de la embrasura. Por las  $ac$ ,  $bd$ , concibanse planos, cuya inclinacion al horizonte sea  $\frac{1}{3}$ ; las intersecciones  $cc'$ ,  $dd'$  de estos planos con el declivio exterior, serán tambien las intersecciones de las caras de la embrasura con el mismo declivio: finalmente uniendo los puntos  $a'$  y  $c'$ ,  $b'$  y  $d'$ , se obtienen las proyecciones horizontales de las intersecciones de las superficies gauchas, que forman las caras, con el declivio superior del espaldon, con lo que queda completa la proyeccion horizontal de una embrasura directa para cañon.



351. Entre los varios métodos que podemos seguir para determinar la posición de las  $c'c'$ ,  $d'd'$ , ó lo que es lo mismo, de los puntos  $c'$  y  $d'$ , es tal vez uno de los mas sencillos el siguiente: hállese la traza horizontal del plano que pase por  $ac$  con  $\frac{1}{3}$  de inclinación al horizonte; y supongamos sea el plano de proyección el horizontal determinado por el punto  $c$ ; para esto podremos prolongar la  $ac$ , de modo que  $aC$  sea duplo de  $ac$ ; hágase centro en  $C$ , y con un radio igual á la diferencia entre las cotas de los puntos  $a$  y  $c$ , que es igual á la  $nm'$  del perfil (fig. 49), trácese un arco de círculo; la tangente  $cs$  á este arco, será la traza horizontal que se busca: en un punto cualquiera de esta traza, por ejemplo en  $s$ , levántesele una perpendicular  $ss'$ , y tómesese en ella una magnitud  $s's'$ , igual al tercio de la diferencia de cotas entre los  $m$  y  $F$  del perfil; por  $s'$  trácese la  $s'c'$  paralela á  $sc$ , y su intersección  $c'$  con la proyección horizontal de la cresta posterior del espaldon, fijará la posición de  $c'$ , que es uno de los puntos que se buscan: por igual construcción se podrá determinar  $d'$ . La razón de esta construcción es que la proyectante del punto  $C$ , será tres veces mayor que la de  $a$  sobre el plano horizontal que pasa por  $c$ , porque su distancia horizontal á este punto, es triple de la de  $a$ ; luego si por la proyectante de  $C$ , se concibe un plano perpendicular á la traza horizontal que se busca, con esta proyectante, la común intersección del plano vertical que por ella se concibe con el inclinado que pasa por  $Cc$ , y la proyección de esta común intersección, se forma un triángulo rectángulo, en que el ángulo agudo opuesto á la proyectante en  $C$ , será el de inclinación del plano cuya traza se busca: la base de este triángulo medirá la distancia, á que la traza horizontal pasa del punto  $C$ , y esta misma traza será perpendicular á la del plano auxiliar que se ha concebido, é igual al radio del círculo trazado: luego la traza que se busca será tangente á este círculo; y como ha de pasar por  $c$ , queda determinada la posición de dicha traza. Construida esta traza, y sabido el ángulo de inclinación del plano, se podrá trazar la escala de



pendiente de este mismo plano, y la proyección de una horizontal en él situada: sea esta horizontal la que tenga la misma cota que la cresta exterior del espaldon: el punto cuya proyección horizontal  $c'$  se busca, estará en esta horizontal y en la cresta citada; luego será el punto de encuentro de las proyecciones horizontales de estas rectas.

352. Este mismo resultado de fijar la posición de los puntos  $c'$  y  $d'$ , lo hubiéramos podido obtener, considerando como plano horizontal de proyección, otro distinto del determinado por el punto  $c$  en el espacio: esta observación nos podrá conducir á hacer todas las construcciones en un sitio del plano, donde no compliquen y hagan confusa la delineación de la embrasura. En vez de buscar la traza horizontal del plano inclinado convenientemente, y que pasa por  $ac$ , hubiéramos podido determinar desde luego, la posición de la proyección de la horizontal situada en el citado plano, y cuya cota sea la misma que la de la cresta exterior del espaldon. Al efecto, haciendo centro en  $c$ , y con un radio igual al tercio de la diferencia entre las cotas de los puntos  $m$  y  $E$  del perfil, trazáramos un arco de círculo; haciendo centro en  $a$ , y con un radio igual al tercio de la diferencia entre las cotas de  $n$  y  $E$  del perfil, trazáramos otro arco de círculo; la tangente común de estos dos arcos, sería la proyección horizontal de la recta que nos proponíamos hallar, y cuya intersección con la proyección de la cresta exterior del espaldon, determina la posición del punto  $c'$ . El razonamiento que prueba la exactitud de esta construcción, es análogo al formado en el párrafo anterior, por cuya razón le omitimos, contentándonos solo con presentar su delineación en la misma figura.

353. En la determinación de la proyección horizontal de una embrasura oblicua, se seguirá este mismo camino, siempre que se separe muy poco la directriz de la perpendicular á la rodillera: porque si bien de este modo se limitará un poco el campo de acción del cañon, podrá considerarse este inconveniente como compensado por la sencillez de la construc-



cion. Pero si es de alguna consideracion el ángulo formado por la directriz y una perpendicular á la rodillera, se modificará la anterior construccion, cuidando de que el ángulo del sector de accion de la pieza colocada en la embrasura, sea de igual valor al que resultaría si la embrasura fuera directa: con este objeto se toman las dimensiones fijadas para las directas, sobre perpendiculares á la directriz en su interseccion con la rodillera y en el punto  $y'$ , cuya distancia á  $x'$  sea igual á la  $m n$  del perfil del espaldon. El ángulo que la directriz de esta embrasura forma con la rodillera, no debe ser menor de  $60^\circ$ , para que de este modo no resulte demasiado agudo el ángulo diedro  $M$ , y pueda presentar alguna resistencia al cañon enemigo. Si al espaldon se le dá una direccion conveniente, la embrasura será directa ó será ligeramente inclinada, y por consiguiente no ofrecerá dificultad su construccion; ó bien se podrá formar un recorte, cuya direccion sea perpendicular á aquella en que convenga hacer los disparos, como representa la figura 51.

354. En la práctica, se sustituye comunmente la construccion explicada anteriormente para determinar los puntos  $c'$  y  $d'$ , con tomar las magnitudes  $c' c''$ ,  $d' d''$ , de un tercio de la diferencia de cotá entre  $E$  y  $m$  del perfil: y si bien esto dá un resultado, que difiere algun tanto del primeramente obtenido, sin embargo no es de influencia esta diferencia, y el método es muy recomendable por su mucha sencillez.

355. En la embrasura de obús (fig. 52) el plano del derriame es horizontal, ó inclinado de afuera hácia adentro ó formando con el horizonte un ángulo hasta de unos  $40^\circ$ , para permitir de este modo los disparos de esta pieza, que tira por elevacion algunas veces, y cubrir mejor el material y personal de artillería: la verdadera direccion que debe darse á este plano, debe fijarse por la condicion de que el artillero que apunta la pieza, pueda descubrir el objeto á que ha de dirigir sus disparos. Con estas consideraciones no presentará dificultad alguna ni la construccion del perfil, ni la de la proyeccion de la embrasura de obús, que la misma figura re-



presenta. Las caras son tambien superficies gauchas, trazadas con las mismas condiciones que las de la embrasura del cañon; y tanto unas como otras, deben revestirse con objetos de mucha resistencia, para cuyo objeto será bueno saber, que estas superficies pueden considerarse engendradas de dos modos distintos: ó por su interseccion con el derrame de la embrasura, que se eleva apoyándose siempre en las intersecciones de las mismas caras con los declivios interior y exterior del espaldon, ó por el movimiento de una de estas últimas intersecciones, apoyándose sobre las de las caras con el derrame de la embrasura y con el declivio superior del espaldon. Como la artillería de campaña no se dispara comunmente por elevacion no tendrá en este caso aplicacion el derrame en contra pendiente en la embrasura de obús: entonces se trazará esta parte, como queda dicho para la embrasura de cañon.

#### COMBINACION DE LA DEFENSA DE ARTILLERÍA CON LA DE INFANTERÍA.



356. **C**onsiste la principal defensa de las obras de fortificación de campaña, en los fuegos de la infantería, segun ya queda dicho: la artillería es un poderoso auxiliar, que lejos de renunciarse á él, debe procurarse el obtenerlo en todos los casos; por estas razones, casi siempre que se tiene artillería, se combina la defensa de esta arma con la de la infantería. Como en las obras de campaña, raras veces puede haber una dotacion respetable de artillería, es forzoso colocar las piezas en barbetas, donde cada una de ellas pueda



tener un grande campo de accion: sin embargo, advertiremos por si en algunos casos particulares conviene colocar alguna embrasura, que lo que debe practicarse, se deduce fácilmente de lo que se dirá para las barbetas. Estas pueden colocarse en una cara ó en un ángulo saliente.

357. Para construir una barbata en una cara de un atrincheramiento que debe ser tambien defendido por infantería, sea el perfil adoptado para la parte de esta obra, que deba ocupar esta arma, el que presenta la figura 53: para rectificar este perfil y prepararle para la construccion de la barbata, en la altura  $Cc$  de la magistral, se tomará la parte  $Cg = 0,^m 80$ ; por el punto  $g$ , se tira la  $gM$  paralela á la línea de tierra, ó ligeramente inclinada de  $g$  hácia  $M$ , para que se escurran las aguas llovedizas, y será esta recta la traza vertical del plano superior del terraplen de la barbata; el punto  $d$  interseccion de la  $gM$  con la  $Cd$ , será la traza vertical de la interseccion del plano superior del terraplen con el declivio interior del parapeto: y se construirá la traza vertical del declivio lateral del terraplen y la de la rampa, del mismo modo que se ha dicho en las barbetas aisladas. Sea la figura 54 la proyeccion horizontal de la cara de la obra donde se quiere construir la barbata: elijase el punto  $A$  como medio de la parte de magistral que se quiere ocupe la batería, y á derecha é izquierda de él, tómesese la mitad de la longitud que se quiera tenga el terraplen de la barbata, á razon de  $5^m$  por cada pieza que en ella debe colocarse, y sea esta parte la  $BB$ ; en los puntos  $B, B$ , se levantan perpendiculares á la magistral, de longitud igual á la  $dM$  del perfil, y marcarán la proyeccion horizontal de las aristas que por los costados, limitan el plano superior del terraplen; y uniendo los extremos de estas rectas  $NN$ , se obtendrá la de la arista que termina el mismo plano en su parte posterior.

358. Para trazar los piés de los declivios laterales de este mismo terraplen, se tiran paralelas á las  $BN, BN, NN$ , á una distancia igual á la base de este declivio, que representa la  $mn$  del perfil. Estos declivios laterales, en la parte



correspondiente á los costados, cortarán á los de subida de la banqueta, al interior y al plano de la banqueta; las proyecciones horizontales de sus comunes intersecciones, pueden hallarse por los medios que enseña la *Geometria Descriptiva*, considerando como plano vertical de proyeccion, al determinado por la recta  $LT$ , que sea paralela á la magistral para mayor sencillez: en él se podia determinar la traza vertical del declivio lateral, pues se conoce su traza horizontal y su ángulo de inclinacion, y las de los declivios interior, subida á la banqueta, y la del plano de esta; pero será mas fácil la resolucion de esta cuestion teniendo en cuenta, que las intersecciones de los planos citados se cortan de dos en dos, y por consiguiente que en vez de seis puntos, solo son cuatro los que se necesitan para fijar la posicion de las tres intersecciones; aun de estos puntos son conocidos el  $r$ , interseccion de la traza horizontal del declivio lateral de la barbata con el pié del de subida á la banqueta, y el  $s$  interseccion de la cresta de dicho declivio lateral con el interior del parapeto, luego no faltan fijar mas que los puntos de encuentro de las rectas que limitan el plano de la banqueta con el lateral de la barbata; y siendo estos dos planos perpendiculares al vertical de proyeccion, serán proyectantes sobre él de toda recta y de todo punto en ellos situados: luego las proyecciones verticales de los puntos que se buscan, estarán á la vez en las trazas de ambos planos; luego serán su punto comun  $t'$ ; y como las proyecciones de un punto se corresponden en una perpendicular á la línea de tierra, se tirará la  $t't$ , y las intersecciones de esta recta con las proyecciones horizontales de las aristas que limitan la banqueta, que son  $t$ , y  $o$ , serán las proyecciones de los dos puntos que restaban: de donde resulta que las intersecciones del declivio lateral de la barbata con el interior, el de la banqueta y su subida, estarán horizontalmente proyectadas en las rectas  $ro$ ,  $ot$  y  $ts$ : iguales construcciones nos darán las intersecciones de los mismos planos, en el otro costado de la barbata.

359. Este mismo resultado pudiera aun obtenerse con



mas sencillez, observando que la interseccion  $to$  de la banqueta con el declivio lateral de la barbata, es una horizontal, y por consiguiente paralela á la  $NB$ ; y solo se necesitará determinar un punto de esta proyeccion  $ot$ : al efecto concíbese la proyectante sobre la banqueta de un punto cualquiera de la  $NB$ , por ejemplo del  $o'$ , y en el plano vertical que ella determina, con la condicion de que ha de ser perpendicular á la  $ot$ , ó á su paralela  $NB$ , considérese el triángulo rectángulo, formado por la proyectante; la interseccion de este plano con el lateral de la barbata y la proyeccion de esta recta, y en el que uno de sus ángulos agudos mide el de inclinacion del declivio lateral del terraplen de la barbata; la base de este triángulo, es igual á la  $xk$  del perfil (fig. 53): por consiguiente, tomando en la  $o'o$  perpendicular á  $NB$ , la magnitud  $oo' = xk$ , y tirando por su extremo  $o$ , la  $ot$  paralela á  $NB$ , se obtendrá la proyeccion horizontal  $o, t$  de los puntos que se deseaba.

360. Con la delineacion de la proyeccion horizontal de la rampa, quedará terminada esta parte. Si la rampa es directa y se coloca en la parte posterior del terraplen, su delineacion está ya detallada en las barbetas aisladas: pero si se coloca la rampa en un costado del terraplen y es directa, ofreceria su proyeccion horizontal alguna pequeña dificultad, que con la inspeccion atenta de la figura, bastará para salvarla.

361. Pero si las rampas que se construyen en el costado del terraplen son oblicuas, con el objeto de que ocupen todo el menos terreno posible, sin embarazar en nada á la banqueta de la infantería, se las sujeta á la condicion de que en la interseccion  $z'$  de la cresta del declivio de subida á la banqueta con el lateral de la barbata, concorra tambien la interseccion de este mismo declivio lateral con el de la rampa: para trazar á esta en la misma figura, obsérvese que debe arrancar desde un punto del pié de la subida á la banqueta, porque si se cargara mas la rampa hácia el parapeto, inutilizaría ó á lo menos imposibilitaría gran parte de la subida á la banqueta, y si se separara de su pié, ocuparia la



rampa mas espacio del necesario en el interior de la posición: este punto de arranque de la rampa, distará de la proyección de la arista, que limita la parte superior del terraplen, una magnitud igual á la  $ac$  del perfil; por consiguiente, si en una perpendicular á esta proyección se toma la magnitud  $ac$ , y por su extremo se tira una paralela á la mencionada proyección, el punto comun de esta paralela y el pié de subida á la banquetta, marcará el punto  $z$  de arranque de la rampa:  $z$  es un punto del declivio lateral de la rampa, tambien lo es el que en la banquetta tiene por proyección horizontal á  $z'$ , ambos puntos pertenecen á la subida á la banquetta, luego  $z z'$  será la proyección horizontal de la comun intersección de estos dos declivios. La comun intersección de los declivios laterales del terraplen y de la rampa, ha de pasar por  $z'$ ; además ha de ser punto de ella, el punto comun de las trazas horizontales de estos dos planos; sea  $z''$  este punto: dicha intersección pasará por  $z''$ , y la  $z' z''$  será su proyección horizontal. Para hallar el punto  $z''$  se hará centro en  $z'$ , y con un radio igual á la base del triángulo rectángulo, que tenga por altura la proyectante de  $z'$ , y el ángulo agudo que se le opone sea el de inclinación del declivio lateral de la rampa, se traza un arco de círculo, y tirándole la tangente  $z z''$ , esta representará la traza horizontal del referido declivio, cuya intersección con la del declivio del terraplen, determinará á  $z''$ . Prolongando á  $z' z''$  hasta que corte á la  $z''' x''$ , su intersección  $z'''$  marcará el punto mas elevado de la arista que por el lado del parapeto, termina el plano superior de la rampa; de donde resulta que la proyección de esta arista será la  $z''' z$ . Si en la  $z''' x''$  se toma hácia el interior de la posición y desde  $z'''$ , una magnitud igual á la latitud que se quiera dar á la rampa, quedará determinado el punto  $x''$ ; y tomando en la  $z x$ , paralela á  $z''' x''$ , esta misma longitud, se fijará el punto  $x$ , y la  $x x''$  será la proyección de la otra arista que termina el plano superior de la rampa. No ofrece dificultad alguna el trazado de la recta  $x x'$ , haciendo la construcción que indica la misma figura.



362. Para construir una barbata en un ángulo saliente de una obra de campaña, se puede principiar por preparar el perfil del parapeto, que se ha de defender con infantería, de la misma manera que se ha hecho cuando la barbata debia construirse en una cara (fig. 53): en cuanto al trazado de su proyeccion horizontal se puede practicar lo siguiente; con un radio igual á la estension que ocupe la pieza mas su retroceso, que en la artillería de batalla puede graduarse en unos 7<sup>m</sup>, se traza un círculo tangente á los lados del ángulo (fig. 55); el ángulo se achafana comunmente en línea recta, que sea tangente á este círculo y perpendicular á la capital: para terminar la barbata por su parte posterior, se trazan dos tangentes al mismo círculo y que sean perpendiculares á la magistral de los lados del ángulo, si este es recto ú obtuso, y paralelas á los lados del ángulo, si este es agudo: estas rectas concurrirán en un punto de la capital; y con el objeto de disminuir la estension del terraplen, se tira otra tangente al círculo paralelamente al chafan. Esto se verifica cuando la barbata ha de ser para una sola pieza: pero si fuere para tres, se tomarán en la magistral las porciones *mn*, *m'n'* de 5<sup>m</sup>, y en sus extremos se levantarán perpendiculares á la magistral, y con el mismo objeto ya citado, de no hacer de demasiado volúmen al terraplen, se le limita por su parte posterior, por rectas paralelas á la magistral y 7<sup>m</sup> distantes de ella. De un modo análogo se dispone una barbata para mayor número de piezas de artillería, tomando en la magistral las magnitudes convenientes, á razon de 5<sup>m</sup> por cada pieza. Ordinariamente se construye una rampa en la parte posterior del terraplen, y en direccion de la capital; ó bien se construye en los costados, con el objeto de ocupar menos estension en el interior de la obra: cualquiera que sea la posicion de la rampa ó rampas, no ofrecerá dificultad alguna su delineacion, asi como tampoco se presentará en la determinacion de las intersecciones de los declivios laterales con el interior, la banqueta y su subida á que cortan.

363. La construccion anterior proporciona el que cual-



quiera que sea la direccion de la pieza colocada en capital, le quede á su retaguardia, todo el espacio necesario para su conveniente servicio: la parte de magistral que queda ocupada por la artillería, en un ángulo recto ú obtuso es igual

á  $7^m \left( \frac{\text{sen. } a + \text{cos. } a}{\text{sen. } a} \right)$ , representando por  $a$ , la mitad del

saliente en donde se coloca la barbata; y esta parte corresponde á una pieza: pero si hay mas, deberá agregarse á esta espresion tantas veces  $5^m$ , como piezas hayan de colocarse en ambos costados.

364. PLATAFORMAS. Se dá este nombre á un tablero de madera, sobre el que se colocan las ruedas de la cureña que sostiene la pieza, con el objeto de que no destruyan el terreno. Asi se consigue mas exactitud en los disparos, y mas facilidad para poner las piezas en batería. Se logra tambien con las plataformas, el que no degradándose el terreno sobre que jira la pieza, calculada que sea convenientemente la altura de la rodillera, permanece siempre esta de un valor conveniente, sin sufrir alteracion alguna en su posicion respecto del terraplen.

365. Las plataformas de cañon, cuando este ha de tirar á toda carga y solo en una direccion dada, ó que se desvíe muy poco de ella, se construyen con mas elevacion por su parte posterior, que por la anterior ó del lado del espaldon: el objeto de esta inclinacion, es disminuir el retroceso de la pieza, y facilitar las maniobras necesarias para ponerla en batería, despues de haber disparado. Comunmente esta inclinacion no escede de  $0^m,19$  por metro de longitud en la plataforma. En todos los demás casos y para obuses, se construyen las plataformas á nivel, y su proyeccion horizontal puede ser un rectángulo ó un trapecio: tiene la primera de estas figuras cuando la pieza debe obrar siempre en una misma direccion; en los demás casos debe ser un trapecio. La longitud de una plataforma ó esplanada es la suficiente cuando es igual á la de la pieza y su montaje mas el retro-



ceso : pero puede ser algo menor, porque no resultan graves inconvenientes de que la contera del mástil corra sobre el terreno, al tiempo de verificarse el retroceso, en las piezas de campaña. La latitud de la esplanada varía según el calibre de las piezas, pero comunmente es de 2<sup>m</sup> junto á la rodillera, y de esta misma magnitud ó mayor, hasta ser de unos 4<sup>m</sup>, en su parte opuesta.

366. Consta una plataforma de tres ó cinco viguetas, de un batiente, y del conveniente número de tablas para cubrir el espacio que la plataforma debe ocupar (fig. 56). Las dimensiones que convendrá tengan las viguetas, son de 4<sup>m</sup>,50 á 5<sup>m</sup> de longitud, y con un escuadreo de 0<sup>m</sup>,15; su número varía de 3 á 5, según sean sus dimensiones, de modo que el tablero resulte de suficiente consistencia; una de estas viguetas debe estar en dirección de la directriz, y si solo se colocan tres, las otras dos deben situarse en los sitios por donde deben correr las ruedas del montaje. El batiente es una fuerte vigueta ó cuarton de 1<sup>m</sup>,88 á 2<sup>m</sup> de longitud, y 0<sup>m</sup>,22 de escuadreo: su colocación es sobre las cabezas de las viguetas, perpendicularmente á la directriz en su punto medio; y tiene por objeto detener las ruedas cuando se coloca la pieza en batería, impidiendo así que destruyan el declivio interior. La tablazon debe ser de 0<sup>m</sup>,05 de grueso, y de longitud proporcionada al sitio de la plataforma que cada tabla debe ocupar; su latitud puede variar, produciendo con su variación el aumento ó disminución del número de tablas. Estas se colocan perpendicularmente á la directriz.

367. En campaña no siempre puede disponerse de la madera necesaria para la construcción de estas plataformas; por cuya razón, en muchos casos hay que contentarse, con apisonar fuertemente el terreno sobre que ha de jugar el rodaje de las piezas; pero por mucho que sea el cuidado con que esto se practique, no dejarán de presentarse, á los pocos disparos que se hagan, los inconvenientes que evita la plataforma: de esto se deduce, que cuando se dispone de alguna madera, aunque no pueda construirse de una manera



perfecta, debe hacerse la plataforma del mejor modo posible, disminuyéndose así más y más los inconvenientes que su falta origina.

368. Puede también construirse otra especie de plataforma llamada á la prusiana (fig. 57): consiste esta, en dos maderos de la mayor latitud posible, de 2<sup>m</sup>,50 de longitud, enclavados en el terreno paralelamente á la directriz, y distantes entre sí lo conveniente, de modo que entre sus ejes, haya la misma distancia que entre las dos ruedas de la cureña: á unos 5<sup>m</sup>,65 del parapeto ó espaldon, se colocan otros dos maderos en la misma direccion de la directriz, con el objeto de que sobre ellos corra la contera del mástil de la cureña. Es sumamente sencilla esta construccion, pero es fácil conocer, que no puede servir más que cuando la pieza haya de tirar en una direccion dada, ó que varíe muy poco de esta, porque tanto la contera como las ruedas, se saldrían de los pequeños tableros sobre que cada una de ellas debía girar.

369. ALMACENES PARA LAS MUNICIONES. Para cada dos ó tres piezas se construye un pequeño depósito ó almacén en el interior de las obras, con el objeto de conservar de los fuegos del enemigo, las municiones de que aquellas han de servirse: su colocacion debe ser de unos 9<sup>m</sup> á 12<sup>m</sup> á retaguardia de las piezas, y en los puntos más á propósito para facilitar la traslacion de las municiones á la batería.

370. Para ocultarlos mejor á los fuegos enemigos, se forman estos almacenes siempre que es posible, profundizando el terreno, y cubriendo la escavacion con tablones, faginas y tierras; de modo que aun cuando algun proyectil enemigo caiga sobre su techo, no penetre en el interior del almacén. Su forma (fig. 58) puede ser de un cuadrado de 2<sup>m</sup>,50 de lado, y se profundiza hasta 1<sup>m</sup>,88 ó 2<sup>m</sup>: las paredes de esta escavacion, con el objeto de obtener el mayor espacio posible, se construyen verticales, sosteniendo las tierras con tablas, bien unidas unas á otras, y estas á su vez lo son por unos piés derechos ó pilares de madera, de 0<sup>m</sup>,10



de escuadreo, y en número suficiente para dar seguridad al trabajo; cuando menos deberán ser seis, uno en cada vértice del cuadrado, y dos á los costados de la puerta que el almacén debe tener, y si se quiere mayor seguridad, podrán colocarse otros tres, en los puntos medios de los lados donde no está la puerta. Esta debe construirse en el lado menos espuesto á los fuegos enemigos; y si todos lo son igualmente, debe abrirse en el mas próximo á las piezas á quienes debe proveer: debe hacerse de la mayor solidez posible, y de cuanta altura permita la profundidad de la escavacion. Si se hace de modo que al abrirse jire hácia el exterior del almacén, tendrá algo mas de resistencia, y no ocupará espacio alguno en el interior. Para bajar desde el terreno de la posicion al almacén, se construye una rampa frente á su puerta, y cuyos declivios, tanto en el fondo como en los costados, deben ser lo mas pendientes posible, con el objeto de ocupar menor espacio en el interior de la posicion: el del fondo puede ser de  $\frac{6}{7}$ , y los de los costados  $\frac{4}{5}$  de la natural inclinacion de las tierras. La latitud de la rampa en su fondo es comunmente de 4<sup>m</sup>, y en cuanto á su direccion podrá ser su eje una recta ó una curva; lo primero hace que la construccion sea mas corta y mas sencilla; lo segundo hace que la zona del trabajo sea menor, y puede neutralizar algun tanto, los efectos de los proyectiles que en ella caigan.

371. El techo del almacén se forma colocando primeramente sobre los piés derechos unas mesillas ó cumbreras, de igual escuadreo que ellos, y á cuyas cabezas se clavan ó sujetan fuertemente; sobre estas mesillas se colocan unas viguetas de 0<sup>m</sup>,05 ó de 0<sup>m</sup>,07 de escuadreo, en mayor ó menor número, segun sea su resistencia, y sobre estas viguetas un lecho de tablas cuyos costados unan bien entre sí; las tablas reciben una tongada de haces de ramas llamados faginas, y sobre estas se coloca una capa de tierra, de 0<sup>m</sup>,80 á 1<sup>m</sup> de altura.

372. Si por la inclinacion del terreno, algun lado del almacén no puede enterrarse en todo ó en parte, se forma la



pared de estos puntos con una, dos ó cuando mas tres filas de cestones, formados con ramas de árboles, y que se llaman gaviones, que además de rellenarse de tierra, se cubren tambien con ella los que caen al exterior del almacén, de modo que los cañones enemigos no puedan destruirlos: sobre los gaviones se coloca una fila de gruesas faginas, sobre las que descansan las viguetas, y el resto del techo del almacén. De un modo análogo se forma todo el almacén, cuando por la dureza del terreno ú otras circunstancias, no pueda formarse profundizando en él (fig. 59). A falta de tablas, pueden tambien con una fila de gaviones, sostenerse las paredes del almacén cuando se abre escavando en el terreno.

El fondo del almacén puede entarimarse con un solo lecho de tablas, que podrán ser mas delgadas que las del techo.

373. TRAVESES. Con el objeto de resguardar á los artilleros y á las piezas, de los fuegos de rebote y enfilada, se construyen sobre el terraplen de la batería, perpendicularmente á la direcccion del atrincheramiento, unas masas de tierra, de forma prismática, llamadas traveses, cuya seccion recta es un trapecio, y sus dimensiones las siguientes: su espesor en la parte superior, el suficiente para detener los proyectiles que con ellos choquen; su longitud debe abrazar toda ó casi toda la profundidad de la parte superior del terraplen; su altura proporcionada para cubrir á los artilleros de los fuegos de flanco, que el enemigo pueda dirigir sobre la posicion; y sus declivios deben tener la inclinacion natural de las tierras que la forman. Al pié del declivio lateral del través, que está hácia el punto de donde el enemigo puede dirigir sus disparos, se abre un pequeño foso, con el objeto de que rodando hasta su fondo los proyectiles huecos que choquen contra el través, revienten dentro de él, y queden así resguardados los defensores colocados en esta parte del atrincheramiento.

374. Tienen los traveses el grave inconveniente de em-



barazar mucho el terraplen; pero conviene observar que cuantos mas se construyan menor será la altura de cada uno de ellos. Ordinariamente se colocan de modo, que entre cada dos, puedan colocarse dos piezas.

#### CAPITULO IV.

##### DE LOS MEDIOS DE AUMENTAR LA RESISTENCIA DE LOS ATRINCHERAMIENTOS.

375. Ni el foso, ni el parapeto, por sus pequeñas dimensiones, pueden por sí solos oponer una resistencia respetable, á los decididos ataques que sobre el atrinchèramiento dirija, un enemigo audaz, que contando con los medios necesarios, está resuelto á posesionarse de la obra: es preciso para hacerla susceptible de una defensa eficaz, combinar con el foso y el parapeto, otros medios que aumenten la fuerza de la obra, y retarden cuanto sea posible su pérdida definitiva. Por su colocacion respecto del atrinchèramiento principal, se dividen estos medios en *interiores* y *exteriores*.

376. Contribuyen los medios que se emplean en el interior de las obras á aumentar la resistencia de estas, porque los fuegos de los fusileros que los guarnecen, favorecen la retirada de los defensores del parapeto, y dificultan la reunion del enemigo en el interior de la obra: al abrigo de la masa cubridora, que forman estos medios, se reorganiza la guarnicion, y se dispone á aprovechar una ocasion oportuna, para recobrar el parapeto perdido, arrojando al foso á su enemigo: en último resultado, por su respetable resistencia, en atencion á no poder ser por de pronto batidos



por artillería, proporcionan la llegada de socorros, ó una capitulacion honrosa. Se distinguen las obras interiores con el nombre de *reductos de seguridad*.

377. Segun su forma, toman los reductos de seguridad diferentes nombres: llámase *blockhaus*, si son obras cerradas y cubiertas por su parte superior; tambores, si están formados por una ó mas filas de estacas, y no tienen techo, siendo su forma circular ó brisada; y reciben el nombre de traveses, cuando su direccion es representada por una línea recta. Convienen sin embargo, cualquiera que sea su figura, en que en general, se construyen de madera, con el objeto de dejar para las necesidades de la guarnicion y de la defensa de la obra, el mayor terreno posible: convienen tambien en que su elevacion debe ser tal, que estén á cubierto de los fuegos directos del enemigo, durante el ataque de la obra principal, pero teniendo sobre esta la conveniente dominacion; de este modo permanecen intactos hasta que es necesaria su accion, que es de grande eficacia sobre el enemigo posesionado de la obra que les precede: convienen tambien en su espesor, que basta sea el suficiente para resistir á los fuegos de la infantería, por las dificultades que el foso y parapeto de la obra principal, presentan al paso de la artillería, pudiendo solo penetrar esta arma por la comunicacion abierta en el parapeto, y siendo aun en este caso, considerablemente contrariados sus efectos, por los fuegos que los defensores hacen á quema ropa sobre los artilleros.

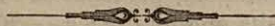
378. Los reductos de seguridad con techo á prueba, son indudablemente los mejores, porque resguardan de los fuegos curvos y de la intemperie á la guarnicion, y á sus provisiones de boca y guerra.

379. Los medios exteriores con que se aumenta la resistencia de las obras de fortificacion, contribuyen á retardar la pérdida definitiva de la obra, porque dificultando los aproches del enemigo, por los obstáculos que oponen á su marcha, y deteniéndole dentro del alcance eficaz de las armas del defensor, proporcionan á este la ventaja de hacer



mas disparos sobre su contrario: deben pues estos medios exteriores, establecerse dentro de la zona de defensa de la obra, y no impedir por su colocacion, el libre uso de sus armas, á las tropas que la guarnecen, sin que encierren á estas tropas en los parapetos, ni reduzcan la defensa á ser puramente pasiva. Son muy diversos entre sí estos medios exteriores, y se dividen en naturales, artificiales y mistos; pero rara vez se emplea aisladamente cada una de las dos primeras especies, sino que combinándolas entre sí, y perfeccionando con el arte lo que la naturaleza presenta, puede el comandante del puesto sacar de su adecuada disposicion, preciosos recursos para la mas vigorosa defensa de la obra que se le ha confiado.

## ARTICULO I.



### DE LOS REDUCTOS DE SEGURIDAD.

#### BLOCKHAUS.

380. Son los *blockhaus* unas casas de madera dispuestas para la defensa por medio de aspilleras abiertas en sus muros, y por otros detalles accesorios, que contribuyen á aumentar su resistencia.

381. Su figura mas sencilla es la rectangular (fig. 58) pero los ángulos salientes tienen sus sectores privados de fuego: este defecto puede en parte remediarse por medio de un chaflan en cada ángulo, y aun mejor por la combinacion de varios cuerpos de *blockhaus*; esta última modificacion queda reducida á varios cambios de direccion en sus pare-



des, formando siempre todos los ángulos entrantes rectos (fig. 60). Si el blockhaus puede ser atacado por todas partes, la mejor forma que se le puede dar es la de cruz, de brazos iguales ó desiguales, segun convenga á la mejor defensa: si se quiere flanquear todo el contorno de la obra, se rematan los extremos de los brazos de la cruz, formando ángulos salientes de  $60^\circ$ : las caras de estos ángulos son flanqueadas por las últimas aspilleras de los brazos correspondientes de la misma cruz (fig. 61). Segun sea la longitud de esta parte flanqueante, así será la del radio del círculo circunscrito al blockhaus en forma de cruz de brazos iguales; el diámetro de este círculo espresará la longitud de cada brazo, contada desde un vértice al otro de los ángulos colocados en sus extremos; esta observacion conducirá á trazar un blockhaus, fijando antes la longitud de las partes flanqueantes. Para demostrarlo, nótese que el ángulo  $bmo$  es igual al  $cba$ , por correspondientes entre las paralelas  $mo$ ,  $ab$  y la secante  $cm$ ; de donde resulta que  $ang. cba = 30^\circ$ : en el triángulo  $d an$ , rectángulo en  $n$ , el ángulo  $dan$  es igual á  $60^\circ$ ; luego su suplemento  $bac$  valdrá  $120^\circ$ : con esto resulta, que el triángulo  $bac$  es isósceles, y será determinado conocida que sea la longitud de la parte flanqueante  $ab$ : si á la recta  $bc$  se agrega la  $ab$ , resulta la magnitud de  $bd'$ , hipotenusa del triángulo rectángulo  $d'bn$ , y se podrá conocer el cateto  $bn$ ; y agregando á este la altura  $mm'$  del triángulo equilátero  $bb'm$ , y la mitad de la latitud del blockhaus, se obtiene el valor de  $mo$ , radio del círculo circunscrito al blockhaus. Este razonamiento nos conduce si se quiere, á la escritura de una fórmula, por cuyo medio se resolvería la cuestion propuesta: si se supone  $ab=3^m$  y  $bm'=1^m,50$  resulta  $mo=17^m$ .

382. CONSTRUCCION. En campaña deben evitarse los trabajos que exijan operarios inteligentes: en otros términos, en campaña comunmente, no pueden realizarse mas que trabajos de fácil ejecucion. Esto conduce á preferir entre diversos medios, el de formar con marcos las paredes del blockhaus; se forma un marco con cuatro maderos trabaja-



dos á escuadra , á lo menos por dos lados opuestos , ensamblándolos de modo que sus superficies inferior y superior sean planos , y sobresaliendo cada pieza de aquella sobre que se ajusta , unos  $0^m,94$  , para mayor solidez del marco ó bastidor (fig. 62); se colocan los marcos unos encima de otros , hasta dar á las paredes la conveniente elevacion. Fácil es conocer , que lo dicho se refiere á la construccion de un blockhaus rectangular y pequeño , pero si fuera grande ó en forma de cruz , debian ensamblarse los maderos al mismo tiempo que se formase la obra. En el frente menos espuesto á los ataques del enemigo , se construye una puerta para dar entrada al interior del blockhaus : su latitud mínima es de  $0^m,76$  á  $0^m,80$  , y su altura de  $1^m,88$  á  $2^m$  : las hojas de esta puerta se forman de tablones de  $0^m,10$  de espesor ; se unen á su marco por medio de goznes de hierro y bisagras , ó por gruesas espigas de madera : la puerta debe abrirse hácia el interior , para impedir que el defensor pueda quedar prisionero ; y se cierra con cerradura , cerrojo y una ó dos barras de madera , que encajan en garfios ó ganchos grandes , vueltos hácia arriba. Para formar esta entrada se cortan los marcos , excepto el primero y el último , y cada extremo se arma de una espiga , que encaja en el correspondiente brazo vertical del marco de la puerta ; estos brazos tienen tambien espigas en sus extremos , para sujetarlos á los marcos primero y último de los que forman la pared , y así el todo de la construccion , se sostiene en la posicion que debe tener. Para la defensa del blockhaus , se abren aspilleras en sus paredes á la altura de apoyo , contada desde el terreno ó banquetta si la hay ; sus dimensiones son  $0^m,10$  de altura , y  $1^m,26$  á  $1^m,88$  de longitud ; la inclinacion de sus planos inferior y superior , depende del terreno que la aspillera debe descubrir : se abren estas aspilleras longitudinales por mitad en cada uno de los dos marcos en cuya union corresponden ; y entre dos aspilleras consecutivas se deja un intervalo de  $0^m,31$  , con el objeto de que la madera tenga la resistencia conveniente. Para facilitar la salida de los gases que al inflamarse produce



la pólvora, y que incomodan mucho en un espacio cerrado, se abren una especie de tragaluces entre los dos marcos superiores, de modo que correspondan á las aspilleras, y se construyen de la misma manera que estas: por medio de unas tablas, sostenidas por bisagras y que abran hácia arriba, se pueden cerrar y abrir, segun convenga, las aspilleras y tragaluces.

383. 2.º Tambien se construyen las paredes de un blockhaus por medio de gruesas estacas ó troncos de árboles, labrados cuando menos por dos lados, de modo que se unan perfectamente unos á otros, y se entierran por lo menos un metro: por su parte inferior se apoyan á una solera, del mismo escuadreo que ellos, por medio de una espiga que encaja en una abertura ó ranura, hecha en la parte superior de la solera y de latitud y profundidad iguales al tercio de su escuadreo; las mismas estacas y del mismo modo con espigas y ranuras, se encajan en su parte superior á una cumbrera, que rodea todo el blockhaus, y sobre la cual descansa el techo. En terrenos flojos, se pueden consolidar los muros por cruceros horizontales á flor de tierra, y por botareles ó estribos espaciados de metro en metro, ó algo mas: pero en buen terreno, las piezas verticales quedan suficientemente sujetas, por el apisonamiento de las tierras de la zanja abierta para recibir la solera. La puerta ó puertas, se forman de las mismas dimensiones y del mismo modo, que en el caso anterior. Cada aspillera es solo para un fusil, y por consiguiente se construyen verticales, y por mitad en cada una de las dos estacas ó troncos, en cuya union deben abrirse: sus dimensiones pueden ser de unos 0<sup>m</sup>,30 de altura, y 0<sup>m</sup>,08 á 0<sup>m</sup>,09 de latitud interior, disminuyendo hácia el exterior, de modo que en esta parte sea lo mas estrecha posible, permitiendo el dirigir convenientemente el fusil. Los ventiladores se pueden abrir en solos dos lados opuestos del blockhaus, colocando sobre la cumbrera unas vigas perpendicularmente á ella, y sobre estas vigas se coloca la tablazon que sostiene el techo: no uniendo estas vi-



gas mas que lo preciso, dejan unos claros entre sí, y sobre la cumbrera, que pueden ser escelentes desahogos del humo producido por la pólvora.

384. 3.º Tambien se puede construir un blockhaus de una manera análoga á la primeramente indicada, sin formar marco, colocando los maderos unos encima de otros sucesivamente en cada cara, por medio de ensambladura ó caja (fig. 63), que es lo que forma la solidez de esta construccion, y aun podrán sujetarse unos maderos á otros, por medio de clavijas ó clavos: de este modo se construye un blockhaus con suma rapidez. Las aspilleras son longitudinales, como en el primer caso, pero debiendo abrirse en la union de dos maderos consecutivos, no están todas á un mismo nivel; pero es muy pequeña la diferencia entre sus alturas, y aun puede despreciarse este inconveniente de una manera completa, disponiendo convenientemente la banqueta.

385. 4.º Puede construirse un blockhaus por un tejido de ramas fuertes, entrelazadas á unos piés derechos de suficiente espesor: sobre estos descansan las cumbreras que sostienen el techo; pero es algo difícil la construccion de las aspilleras, y la de la puerta: por cuya razon no es muy comun la aplicacion de este medio en la práctica.

386. Una banqueta circuye interiormente toda la obra, para facilitar el poderse servir de las aspilleras; y algunas veces sirve tambien de camastro, para el descanso del soldado. La latitud de la banqueta varía segun su objeto: para el primer caso basta que tenga un metro, y aun podrá reducirse á 0<sup>m</sup>,60, ó 0<sup>m</sup>,50, ó poco mas: en este caso, la banqueta puede ser de tierra, y el declivio de su subida se reviste de tablas sostenidas por piquetes, si se cree oportuno, procurando siempre, que este declivio tenga la menor base posible. Cuando la banqueta ha de servir de camastro se construye de madera, dándola de 1<sup>m</sup>,75 á 2<sup>m</sup> de latitud, con una inclinacion hácia el interior de  $\frac{10}{4}$ , y unos 0<sup>m</sup>,40



á 0<sup>m</sup>50 de elevacion sobre el piso, para mas salubridad: de una manera análoga se puede construir la banquetta en el primer caso, variando solo su latitud.

387. Se cubre el blockhaus por un techo, formado con maderos unidos unos á otros, del mismo escuadreo que los de las paredes, y se colocan horizontalmente sobre las cumbreras, ó últimos marcos, segun sea la construccion adoptada; el primero y el último deben encajarse en unas mortajas abiertas en las cumbreras, y de metro en metro se colocan, formando el mismo techo, vigas mas gruesas, que por medio de mortajas abiertas en ellas, sujetan las cumbreras é impiden la separacion de los muros; estos últimos maderos y los dos de los extremos del techo, deben formar una superficie plana en su parte superior, y todos han de sobresalir de las paredes de 0<sup>m</sup>,80 á 0<sup>m</sup>,90; para resguardar á estas de las granadas que arroje el enemigo. Para impedir que por la union de las maderas del techo, se escurra hácia el interior del blockhaus, la tierra menuda ó fina, se cubren aquellas con musgo, y aun mejor con tablas, que se estienden á todo el techo; encima se coloca un lecho ó tongada de faginas bien unidas entre sí, y cubiertas de tierra, que la mejor al efecto es la gredosa, fuertemente apisonada, para que rechace á las aguas llovedizas; á falta de tierra buena, se cubre la que se emplee, con tejas ó tablas, que descansan sobre el mismo terraplen, para resguardarle de la lluvia. El espesor de la tierra debe ser de 1<sup>m</sup> á 1<sup>m</sup>,26, y se estiende de modo que en toda la estension del blockhaus, incluidas las paredes, tenga á lo menos 1<sup>m</sup>, para amortiguar el efecto de las granadas, que sin esta precaucion causarian grandes averías en las maderas sobre que chocaran.

388. Se forma al rededor de los muros del blockhaus, y pegado á ellos, un macizo de tierra como un parapeto ordinario: tiene por objeto, cubrir los muros desde su pié hasta el declivio inferior de las aspilleras, del cual es prolongacion el declivio superior de esta masa cubridora, resguardando así á la misma parte, de los cascós de las granadas enemi-



gas ; impidiendo á la vez la aproximacion del enemigo para destruir las paredes , embocar las aspilleras y cojer las armas de los defensores , cuando las saquen por ellas para hacerle fuego ; y finalmente de este modo se emplean las tierras removidas para formar delante del blockhaus un foso , que precedido de un pequeño glasis , oculta una fila de estacas , muy útil para contener al enemigo bajo los fuegos de la obra , hechos á quema ropa . En el parapeto se hace una cortadura delante de la puerta , y tambien en el glasis ; y un puente sencillo , formado con tablones y sostenido en el medio por un caballete , completa la comunicacion con el interior del blockhaus : cuando los defensores se ven obligados á encerrarse en el interior de la obra , se quitan y encierran tambien los tablones . Se puede continuar sin interrupcion la masa de tierras , formando un corchete delante de la puerta , sosteniendo las tierras por medio de gaviones . El foso no debe tener mas de un metro de profundidad ; y su latitud se determina con la condicion de poder descubrir bien , desde las aspilleras del blockhaus , á los enemigos que se propongan destruir la estacada , con cuyo objeto debe descubrirse desde la obra hasta  $0^m,50$  ó  $0^m,60$  del suelo . El glasis tambien debe ser visto desde la obra : basta en general que su inclinacion sea  $\frac{5}{7}$  .

389. Para determinar el perfil de un blockhaus , deben tenerse en cuenta las consideraciones siguientes : su *altura* debè ser tal , que los maderos del techo , cuando sirve de reducto de seguridad , estén cubiertos por el parapeto de la obra principal ; que los defensores puedan servirse de las aspilleras sin tocar al techo con su cabeza , bastando para esto una altura de  $1^m,88$  á  $2^m,20$  sobre la banqueta ; además la altura total de la obra debe proporcionar que el aire no se viciè fácilmente ; al efecto es suficiente que sea de unos  $2^m,80$  . *Espesor* . Profundizando los proyectiles del fusil ordinario de la infantería en madera de encina  $0^m,09$  , hechos los disparos á  $25^m$  de distancia de ella , las paredes formadas por una sola fila de maderos , de  $0^m,30$  á  $0^m,33$  de escuadreo , son



mas que bastantes, para resistir á dichos proyectiles; cuando las paredes están espuestas al fuego de obús, bastan dos hileras de maderos del mismo escuadreo; pero cuando el blockhaus no se emplea como reducto de seguridad, sino como obra cerrada y aislada, y puede ser batido por la artillería de campaña, son necesarias para resistir á sus proyectiles, tres y á veces cuatro hileras de maderos del espesor citado: además, el espesor de las paredes de un blockhaus debe ser tal, que resista el peso del techo, y á los golpes de la hacha enemiga; una fila de maderos del escuadreo prescrito, llena cumplidamente este objeto.

390. Conviene advertir, que por algunos militares se aconseja colocar un relleno de tierra entre dos filas de maderos, para formar las paredes del blockhaus, y hacerlas susceptibles de resistir á la artillería; esta disposicion es mas bien perjudicial que útil, porque no llena el objeto que en su construccion se proponen, pues la tierra no aumenta la resistencia de la fila exterior de maderos; y una vez sea esta destruida por el cañon enemigo, aquella se corre á buscar su natural inclinacion, disminuyendo su altura; y descubriéndose la segunda fila de maderos en grande parte, como esta tampoco tiene por sí la resistencia suficiente, concluye el enemigo por destruir completamente el blockhaus. Es preferible colocar unidas dos ó mas filas de maderos, á las que se puede cubrir con la masa de tierra de que anteriormente se ha hablado, y que aumenta poderosamente la resistencia de los maderos; pero con el objeto de hacerla completamente favorable á la defensa, debe ser su espesor, cuando menos, de una magnitud tal, que en la cresta exterior de esta masa, no quede punto alguno que no sea visto desde el interior de la obra, sin que la inclinacion que el defensor dé á su fusil, para lograr este importante objeto, esceda de los buenos límites.

391. Para determinar la relacion que ha de existir entre las dimensiones de un blockhaus y la fuerza que ha de garantizarle, habrá que considerar separadamente cada una de



las diferentes formas que se le pueden dar; teniendo siempre en cuenta, que la guarnicion debe componerse á lo menos de un soldado por aspillera, y si se quiere que la defensa adquiera toda la importancia de que es susceptible, deberá haber una reserva; que para facilitar las operaciones de cargar y descargar las armas, las aspilleras deben distar entre sí á lo menos  $0^m,70$ , y aun será mejor que disten un metro; que cada hombre necesita para su descanso en el interior de la obra  $1^m,5$ ; que la menor latitud de un blockhaus debe ser de  $3^m$ , para que no choquen las armas de los defensores colocados á lo largo de dos caras opuestas, cuando para la defensa hayan de hacer uso de sus fusiles. Podrían aquí tenerse en cuenta tambien, los espacios que deben ocupar las construcciones necesarias para almacenar las municiones de boca y guerra, pero como veremos al hablar de la construccion de las obras de campaña, estos trabajos pueden disponerse de modo que disminuyan en muy poco la capacidad interior, asi que se puede prescindir de su consideracion, del mismo modo que se ha hecho al hablar de las obras cerradas.

392. BLOCKHAUS RECTANGULAR. Sea  $l^m$  su longitud, y  $p^m$  su latitud: será  $lp$  = área del blockhaus (1). Suponiendo un hombre por metro en las paredes del blockhaus, será  $2(l+p)$  la fuerza de la guarnicion colocada en la banqueta; y representando por  $\frac{1}{r}$  la relacion que se quiere exista entre la reserva y la fuerza total, será  $\frac{2(l+p)}{r-1}$  la fuerza de la reserva, y  $\frac{2r(l+p)}{r-1}$  = fuerza total de la guarnicion: necesitando cada hombre  $1^m,5$  de capacidad en el interior del blockhaus para su alojamiento, será  $\frac{3r(l+p)}{r-1}$  = capacidad que necesita la guarnicion: é igualando esta última expresion con la (1), se obtiene la



ecuacion de donde podrán deducirse las dimensiones del blockhaus mínimo, en el que se llenen las condiciones de capacidad para el alojamiento de la guarnicion ; y resul-

ta  $lp = \frac{3r(l+p)}{r-1}$  (2). Despejando á  $l$ , se obtiene,

$l = \frac{3pr}{p(r-1) - 3r}$ ; y haciendo lo mismo con  $p$ , resul-

ta  $p = \frac{3lr}{l(r-1) - 3r}$ : servirán estas fórmulas para de-

terminar el valor de una de las dos cantidades  $l$  ó  $p$ , conocida que sea la otra. El numerador del quebrado que espresa el valor de  $l$ , es siempre positivo, como producto de tres factores esencialmente positivos; y para que el cociente, ó sea  $l$ , resulte positivo, es preciso que el denominador sea positivo; de donde, escribiendo esta condicion, resulta

$p(r-1) - 3r > 0$ , de donde será  $p > 3 \times \frac{r}{r-1}$ . Esta

espresion es un límite del valor de  $p$  para que  $l$  sea positiva; y conviene observar, que siendo este límite el producto de 3 por una fraccion impropia, resultará siempre  $p$  mayor que  $3^m$ ; es decir, que cuando á un blockhaus se le dé la latitud mínima, no tendrá todas las disposiciones convenientes para una buena defensa, por falta de capacidad para la guarnicion que necesitaría, á razon de un soldado por metro. Sin embargo, es muy comun la construccion del blockhaus con el minimum de latitud posible, porque, segun acredita la esperiencia, cuando las viguetas del techo tienen el esquadreo citado, y una longitud de 7<sup>m</sup>,50, ó menos, resisten perfectamente el peso del techo, y los golpes de las granadas; y por esta razon se procura que la latitud del blockhaus sea la mínima, ó á lo mas su valor sea tal, que sumando con ella la voladura de las vigas mas allá de las paredes, la suma no esceda de 7<sup>m</sup>,50; porque de lo contrario, fuera pre-



ciso sostener las vigas del techo, por una ó mas filas de piés derechos, colocados en el sentido de la longitud de la obra, y que estribasen sobre una solera, ó sobre piedras planas, para evitar su enterramiento.

393. Analizando el caso en que la latitud del blockhaus sea la mínima, represéntese por  $n$  la fuerza de la guarnicion,

y por  $\frac{1}{r}$  la relacion que la reserva tiene con la fuerza total:

siendo  $1^{\text{m.c.}}$  5 la capacidad que para su alojamiento necesita cada hombre en el interior de la obra, por cada metro de longitud en el blockhaus, podrán alojarse en él dos hombres,

y por consiguiente  $\frac{n}{2}$  será su longitud total; abriendo cua-

tro aspilleras en cada extremo, el número de hombres que deben colocarse en los lados mayores del blockhaus,

será  $n - \frac{n}{r} - 8 = \frac{n r - n - 8 r}{r}$ ; de donde se deduce,

que los que se colocarán en cada lado, serán  $\frac{n r - n - 8 r}{2 r}$ ;

y este cociente espresará tambien el número de aspilleras, que en cada uno de estos lados, se deberán abrir: dividiendo

la longitud total del blockhaus  $\frac{n}{2}$ , por el número de

aspilleras que en el sentido de ella deben abrirse, resultará la distancia que separa dos aspilleras consecutivas, y será

igual á  $\frac{n r}{n r - n - 8 r}$ : es evidente en este caso, que la dis-

tancia que media entre dos aspilleras inmediatas, es siempre mayor que  $1^{\text{m}}$ , puesto que el denominador de esta espresion, es constantemente menor que su numerador. Sin embargo, aunque solo estas aspilleras pueden ser ocupadas, en los lados mayores del blockhaus, por la fuerza de la



guarnicion que no forme parte de la reserva, podrán abrirse otras aspilleras, colocando una mas entre dos consecutivas de las primeras: estas aspilleras, que pueden muy bien llamarse suplementarias, son muy útiles para aumentar los fuegos, en el frente que el enemigo ataque, ocupándolas la reserva, ó los hombres sobrantes en otro frente.

394. Del mismo modo podría analizarse cualquiera otro caso de construccion de blockhaus, pudiéndose en todos ellos deducir con facilidad, el número de aspilleras que deben construirse, así como tambien, la distancia que debe mediar entre dos inmediatas.

395. BLOCKHAUS EN FORMA DE CRUZ. La espresion de la fuerza total de la guarnicion y la de la capacidad que necesita para su descanso, se formará del mismo modo en este caso, que en el anterior: y representando por  $l$  y  $p$  lo mismo que en dicho caso, se obtendrá, estension de la línea de fuego  $= 4l$ ; y capacidad que necesita la guarnicion

$= \frac{6rl}{r-1}$ . El área de su polígono de capacidad, será el du-

plo de la de un blockhaus rectangular, menos la de un cuadrado que tenga por lado la latitud interior de la obra; será pues su espresion  $2lp - p^2$ : y la ecuacion que determina

el blockhaus mínimo, será  $2lp - p^2 = \frac{6rl}{r-1}$ : y despe-

jando á  $l$ , se obtiene  $l = \frac{p^2(r-1)}{2p(r-1) - 6r}$ . Como en el

caso anterior, se podrá tambien despejar á  $p$ , y se formarían las mismas consideraciones, que conducirán á deducciones análogas á las obtenidas en el mismo caso.

396. Si el blockhaus en forma de cruz tuviese los brazos desiguales, habría que hacer una ligera modificacion en la ecuacion fundamental del problema anterior; y lo mismo tendría que hacerse en el caso de que cada extremo de los brazos de la cruz, fuese terminado por un triángulo equilá-



tero, debiéndose tener en cuenta, que el lado de este triángulo, es igual á la latitud interior del blockhaus.

397. En lo dicho anteriormente sobre el blockhaus, ha habido alguna estension; esto ha sido, porque el blockhaus no solo se emplea como reducto de seguridad, sino que tambien se usa por sí solo como obra cerrada, llegando á ser susceptible de muy buena defensa, si por la posicion en donde se construye, ó por otras circunstancias, el enemigo no puede batirle con artillería. En estos casos puede construirse tambien un blockhaus de pisos, colocando otro sobre el piso bajo que queda explicado: en el piso principal, deben sobresalir sus paredes, á lo menos un metro respecto de las del piso bajo. Además de la ventaja de aumentar considerablemente la capacidad interior de la obra, tiene tambien la de aumentar de una manera muy notable la fuerza del piso bajo, porque sus paredes son perfectamente batidas por matacanes ó aspilleras, abiertas en el suelo del piso principal, y en la parte que sobresale del piso bajo. Es muy fácil comprender el mecanismo de su construccion por la inspeccion de la figura 64, en la que y en la 65 se representan con sobrada claridad el mecanismo de su construccion.

398. TAMBORES. Son los tambores unas obras cerradas interiores, formadas ordinariamente con gruesas estacas ó troncos de árboles, labrados perfectamente por los costados en que los unos se unen á los otros: en estas uniones se abren aspilleras, como en los blockhaus, labrando la mitad de ellas en un madero, y la otra mitad en el otro inmediato: el plano inferior de estas aspilleras, debe tener alguna dominacion sobre la obra, á la que el tambor sirve de reducto de seguridad. Su figura es comunmente la de un reducto, del mismo número de lados, que el polígono exterior sobre que se construyó la obra principal: sus lados se disponen de modo, que batan directamente los puntos mas débiles de la obra que los encierra; comunmente serán estos puntos los salientes, por cuya razon, los lados del tambor se trazan las mas veces, perpendicularmente á las capitales de estos sa-



lientes. Si hay tiempo y espacio, podrá el tambor tener la forma de un fortin atenazado, procurando que la bisectriz de su ángulo entrante, lo sea también de un saliente de la obra principal: con esta figura puede batirse mejor á las columnas enemigas, cuando desciendan al terreno de la posición. La entrada al interior del tambor, debe abrirse en la parte opuesta á aquella por donde se presume que el enemigo asalte la obra principal, y deben tenerse muy á la mano, todos los objetos necesarios para cerrar esta entrada, cuando toda la guarnición se haya refugiado en el tambor.

399. **TRAVESES.** Cuando el punto de ataque de una obra, es muy determinado por los accidentes del terreno, ó por otras circunstancias, podrá su reducto de seguridad consistir en un parapeto en línea recta, ó en una tenaza. Si el único punto de ataque fuere la comunicación de la obra con la campaña, podrá el mismo través que cubre á aquella, servir á esta de reducto de seguridad.

## ARTÍCULO II.

### **MEDIOS ESTERIORES.**

#### DIRECCION DE LA CONTRAESCARPA.

400. **D**e la buena dirección de la contraescarpa en las obras de campaña, puede también sacarse algún partido, para hacer más respetable su resistencia. En las partes de un atrincheramiento, que no pueden ser flanqueadas por otras de la misma obra, ó de otras inmediatas, no hay razón alguna, para que la contraescarpa no sea paralela á la escar-



pa del mismo foso: esto sucederá en un atrincheramiento que se estienda en línea recta, y no esté protegido por otras obras; en las obras abiertas aisladas, formadas por ángulos salientes solamente; y tambien en los reductos. Pero cuando un foso ha de ser batido por alguna porcion de parapeto, puede entonces dirigirse la contraescarpa, de modo que todos los fuegos de la parte flanqueante, descubran completamente el fondo del foso. Con este objeto, en el frente bastionado por ejemplo, se puede trazar la contraescarpa de su foso, haciendo centro en el vértice del ángulo saliente, formado por las crestas del declivio de escarpa, y con un radio igual á la latitud superior del foso, se traza un arco de círculo (fig. 66), y desde el vértice del ángulo de la espalda, correspondiente al flanco que debe batirle, se tira una tangente á este arco; y esta tangente, hasta su punto de encuentro con la producida por igual construccion en el otro flanco, marca la proyeccion horizontal de la contraescarpa, en la parte correspondiente del frente bastionado. De este modo, todos los fuegos que parten del flanco, descubren el foso frente á las caras de los baluartes; y el enemigo, en el paso de este foso, estará espuesto á muchos mas fuegos, que si la contraescarpa hubiese seguido una direccion paralela á la escarpa.

401. Produce esta rectificacion, un aumento bastante considerable en la remocion de tierras, pero pueden estas emplearse en la construccion de otros medios, de que pronto nos ocuparemos, y que sirven tambien para aumentar la fuerza del atrincheramiento. Puede aminorarse algun tanto la remocion de tierras sin perjudicar á la buena defensa, haciendo que el fondo del foso, delante de la cortina, sea prolongacion del declivio superior del flanco correspondiente, hasta tener este foso, la profundidad que se haya convenido en darle, esceptuando de esta modificacion, la parte de foso inmediata á la cortina y flancos, que en la latitud conveniente, puede trazarse de modo que esta sea constante, como indica la figura 67. En vez de seguir el fondo del foso, en la



parte no esceptuada, la prolongacion del declivio superior de los flancos que deben batirle, puede seguir otra cualquiera inclinacion mas suave; y tambien otra más pendiente, con tal que en este caso, la prolongacion del declivio superior del flanco correspondiente, no pase por ninguna parte, mas de un metro mas elevado que el fondo del foso, con el objeto de que el enemigo no esté en parte alguna del foso, al abrigo de los fuegos del flanco, cualquiera que sea la posicion que ocupe.

402. De un modo análogo se trazará el fondo del foso, ó mejor dicho el declivio de contraescarpa, en las obras aisladas, cuando deban ser protegidas por los fuegos de otras colocadas á su retaguardia: en este caso se encuentran las obras, que forman una línea con intervalos, cuando esta se compone de dos ó tres filas ú órdenes de obras. Tambien puede lograrse, hasta cierto punto, las ventajas anteriores, en cualquier ángulo entrante, alineando la contraescarpa con el punto conveniente del lado que debe flanquearla; se determina este punto por la condicion de que para descubrir el foso, no tenga el defensor que oblicuar su fusil mas de  $30^\circ$  sobre la perpendicular á su frente.

#### GLASIS Y CAMINO CUBIERTO.

403. Se dá el nombre de *glasis*, á una masa de tierra de forma prismática, que se construye delante del foso, inmediata á la contraescarpa, ó á corta distancia de ella. Su seccion recta es un triángulo, cuya base es de unas diez, doce ó mas veces la altura: en su parte superior, está terminado el glasis por una superficie plana, que desde la cresta de la masa de tierra que lo forma, descende hasta el terreno, en un declivio suave. La inclinacion de este plano,



es comunmente la del declivio superior del parapeto; pero esto no es absolutamente preciso, porque no hay inconveniente ninguno, en que el glasis sea aun de inclinacion mas suave, que el mencionado declivio superior; y tambien podrá ser de pendiente mas rápida, con tal que la prolongacion del declivio superior, no pase mas de un metro elevada sobre el pié del espresado glasis: en una palabra, es buena cualquiera inclinacion, con tal que el enemigo no pueda por ella, ponerse á cubierto de los fuegos del parapeto, cualquiera que sea la posicion que ocupe. La altura de la cresta del glasis, no debe ser mayor que la de la banquetta, para que al colocarse el atacante sobre ella, no descubra el interior de la posicion, de que se propone apoderar.

404. Las ventajas del glasis son, aumentar la profundidad del foso, cuando arranca desde la cresta de la contraescarpa, y cubrir la escarpa y parte del declivio exterior á los fuegos del enemigo. La primera de estas ventajas es de alguna importancia, principalmente si se considera que la escarpa tiene dos inclinaciones distintas; en la parte formada por el glasis tiene la natural de las tierras, pasando de repente á tener la inclinacion marcada, al hablar de este declivio del foso: la segunda ventaja es poco menos que nula en las obras de fortificacion de campaña, porque su ataque es de corta duracion, en proporcion del tiempo que se necesita, para destruir con el cañon, un parapeto de tierra de un espesor conveniente. Si se atiende al aumento de trabajo que la construccion del glasis exige, resulta que no es de una grande ventaja en fortificacion de campaña.

405. Las tierras que se necesitan para formar el glasis, pueden estraerse, ó del mismo foso que circuye al parapeto de la obra principal, ó de otra escavacion que se forma al pié de este mismo glasis. Cuando las tierras se estraen del foso de la obra, es preciso aumentar para ello convenientemente sus dimensiones: puede esto verificarse, ó aumentando la latitud solamente, ó solo la profundidad, ó modificando á la vez ambas dimensiones. Si nos propusiéramos aumenta



solo la latitud del foso, representando (fig. 68)  $AD$  por  $a$ ,  $CD$  por  $x$ ,  $CA$  por  $z$ ,  $Bb$  por  $y$ ,  $Ab$  por  $x'$ ,  $Cb$  por  $z'$ , y por  $p$  la profundidad del foso; y suponiendo que la incli-

nacion del declivio superior del parapeto es igual á  $\frac{n}{1}$  y la

del exterior igual á  $\frac{1}{m}$ , resultará, en el caso que el glasis

en su parte superior sea prolongacion del declivio superior, que los triángulos  $YLL'$ ,  $ALL$  serán semejantes, por ser rectángulos, y tener los ángulos en  $Y$  y en  $A$  iguales, por

correspondientes; y siendo  $\frac{n}{1}$  la relacion entre los catetos

del primero, esta misma relacion existirá entre los catetos del segundo, y por consiguiente  $Al$  será determinada en funcion de la altura del parapeto: conocida  $Al$  lo será tambien  $a$ , por ser la diferencia entre dos cantidades conocidas. Por la inspeccion de la figura, resulta  $a = x + z$  (1): los triángulos  $YLL'$ ,  $ABb$  son semejantes; de donde resulta

$y = \frac{x'}{n}$  (2): tambien son semejantes los triángulos  $HYi$ ,

$BbC$ , porque además de ser rectángulos, tienen iguales los ángulos agudos en  $H$  y en  $C$ , por ser ambos iguales al de inclinacion natural de las tierras; por consiguiente será  $y = mz$  (3): fácilmente se vé en la figura que es  $z = x' + z'$  (4): las tierras para el glasis, deben ser proporcionadas por el aumento del foso, y si se supone que el atrincheramiento es regular y se estiende en línea recta, ó sus ángulos salientes y entrantes están situados en dos rectas paralelas, los volúmenes de estos cuerpos, serán entre sí como sus perfiles

rectos; esto es  $CcED = \frac{r}{s} ABC$ , representando por  $\frac{r}{s}$ ,

la relacion que existe entre los volúmenes de una misma cantidad de tierra, el uno tomado antes de removerla, y el



otro despues de su remocion. Hallando las áreas de estas figuras, se obtiene paralelógramo  $CcED = px$ , y triáng.

$ABC = \frac{1}{2}zy$ ; y substituyendo, resulta  $px = \frac{r}{2s}zy$  (5); y

habremos obtenido un sistema de cinco ecuaciones con las cinco incógnitas  $x, z, y, x', z'$ ; eliminando las cuatro últimas,

se obtiene  $x = a + p \frac{s}{r} \left( \frac{1}{m} + n \right) \pm$

$$\sqrt{2ap \frac{s}{r} \left( \frac{1}{m} + n \right) + \left( p \frac{s}{r} \left( \frac{1}{m} + n \right) \right)^2}.$$

406. Estos dos valores de  $x$  son siempre reales, en el problema que nos ocupa, por ser esencialmente positivas las cantidades representadas por  $a$  y por  $p$ : ambos valores son positivos siempre, pero solo el menor satisface al problema: porque el mayor conduce á una contradiccion entre las condiciones del problema. Estará, pues, resuelta esta cuestion, y será determinada. Tomando desde  $D$  en la línea de tierra y hácia el exterior, el valor de  $x = CD$ , quedará determinada en  $C$ , la traza vertical de la nueva contraescarpa, y hallando los valores de  $Cb$  y de  $Bb$ , se podrá construir completamente, el perfil recto del atrincheramiento con glasis. No debe olvidarse que la altura  $Bb$ , no debe esceder del valor de la altura de la banqueta, para que puedan considerarse como satisfechas, todas las condiciones del problema.

407. Si en vez de proporcionar las tierras para el glasis aumentando la latitud superior del foso, nos propusiésemos obtenerlas aumentando su profundidad, la cuestion era mas sencilla. Sea (fig. 69) el perfil recto del atrincheramiento; y representése por  $y$  la  $Bb$ ,  $AC$  por  $a$ ,  $Cb$  por  $z'$ ,  $Ab$  por  $x'$ , por  $p'$  la profundidad del foso, y por  $l$  su latitud superior. Por las mismas razones que en el caso anterior, será determinada la  $AC = a$ ; y tambien por las mismas consideraciones, se obtendrán las siguientes ecuaciones  $a = x' + z'$ ,



$y = \frac{x'}{n'}$ ,  $y = z' m$ : por medio de ellas se deducirá

$$y = \frac{a m}{m n + 1} (A).$$

408. Determinado el valor de  $y$ , y conocido el de  $a$ , se obtendrá el área del triángulo  $A B C$ , que se ha de comparar con la del trapecio  $M N D C$ ; y esta comparacion nos conducirá á una ecuacion de 2º grado, en la que se nos presentarán resultados análogos, á los obtenidos al determinar la profundidad del foso, cuando su latitud era conocida, en el perfil recto de un atrincheramiento: del valor hallado para  $p'$  se restará el de  $p$ , que es la profundidad del foso primitivo, y la diferencia será el aumento de profundidad que ha de tener esta escavacion, para suministrar las tierras necesarias para el glasis. Cuando  $p$  tenga el máximo de su valor, que es unos 4<sup>m</sup>, esta cuestion no podrá tener lugar, no disponiendo de mas medios que los ordinarios, para la construccion de la obra; y no se debe perder de vista, que los valores de  $p'$  reconocen, no solo el mismo límite superior que los de  $p$ , sino que han de cumplir á la vez, con la condicion de que la latitud inferior del foso, sea una cantidad positiva, como para los de  $p$  queda dicho.

409. Si siendo  $p$  menor que 4<sup>m</sup>, resultase  $p'$  mayor que esta cantidad, entonces habría necesidad de variar á la vez convenientemente, la profundidad y la latitud superior del foso, lo que se conseguiria dando á  $p$ , en la espresion de  $x$ , un valor comprendido entre la profundidad primeramente dada ó calculada para el foso, y 4<sup>m</sup>: por cada valor asignado á  $p$ , se obtendria un valor distinto para  $x$ ; y resultaría un sistema de valores de  $x$  y de  $p$ , que resolviesen este nuevo problema, debiendo escojer entre ellos, en cada caso, el mas conveniente, segun las circunstancias y accidentes del terreno.

410. Se ha supuesto en las cuestiones que se acaban de proponer, que el declivio superior del glasis era prolonga-



cion del superior del parapeto ; y esta condicion no es absolutamente precisa , siempre que , como ya se ha dicho , el enemigo no esté cubierto de los fuegos del defensor , por la masa de tierras que forma esta adiccion á la obra principal: este objeto queda perfectamente cumplido , siempre que el glasis tenga una inclinacion mas suave que la del declivio superior del parapeto , y la cresta de aquel esté situada en la prolongacion de este declivio ; no sucede así cuando el glasis tiene una inclinacion mas rápida que la del espresado declivio superior. En este caso , ha de procurarse que  $A A'$  (fig. 70) tenga cuando mas  $4^m$  : esta circunstancia nos conduce , por la semejanza de los triángulos  $A' A a'$  ,  $E F f'$  , á deducir que  $A A' = n \times A a' = n^m$  , cuando esta distancia  $A A'$  es lo mayor posible. Cualquiera que sea el valor que se asigne á  $A A'$  , comprendido entre  $0$  y  $n^m$  , no ofrecerá dificultad alguna la determinacion del aumento que ha de experimentar el foso , para suministrar las tierras para el glasis. Si las tierras del glasis no quieren estraerse del foso principal , podrán obtenerse de una escavacion que preceda á este glasis , y cuyo fondo puede ser la prolongacion de su declivio superior: en este caso , los dos triángulos  $A B C$  ,  $A B' C'$  (fig. 71) , deben construirse de modo , que los prismas triangulares de que son secciones rectas estos triángulos , guarden entre sí la misma razon , que los volúmenes de una misma cantidad de tierra , antes y despues de su remocion ; observando , que el declivio cuya traza vertical es  $B' C'$  , debe tener una base , mitad de la que le correspondería dándole la inclinacion natural de las tierras. Si la profundidad de la escavacion  $B' b'$  , no fuese suficiente para presentar una dificultad de alguna monta , al enemigo en su marcha , puede simplificarse bastante la determinacion del triángulo  $A B' C'$  , dando al declivio  $B' C'$  , la inclinacion natural de las tierras ; porque en este caso , los dos triángulos citados serían semejantes , y por consiguiente sus áreas serían como los cuadrados de dos de sus lados homólogos , lo que nos conduciría á determinar á  $A C'$  , porque conocíamos á  $A C$  , y tendríamos



lo suficiente para la construcción del perfil recto del glasis.

411. En las cuestiones anteriores hemos partido de la determinación del glasis, para venir á parar al volúmen de la escavación que habia de dar sus tierras: igualmente se podrá partir de la escavación, á la determinación del glasis, que con sus tierras, es posible construir; no habrá mas diferencia, que algunas cantidades conocidas pasarán á ser desconocidas, y reciprocamente.

412. En la práctica, la determinación del glasis podrá ganar mucho en sencillez, puesto que, por las consideraciones hechas anteriormente, no hay inconveniente en hacer menor su ángulo de inclinación sobre el terreno natural; y por esta razón, se podrá proceder sin mucha escrupulosidad en esta cuestión, procurando que mas bien sobren que falten tierras, remediando cualquier error que haya podido cometerse, de modo que aumente la base del glasis sin alterar su altura.

413. CAMINO CUBIERTO. Si en vez de arrancar el glasis desde la cresta de la contraescarpa, se retira de esta arista tres ó mas metros, y se le dá una altura sobre el terreno natural de 1<sup>m</sup>,88 cuando menos, la porción de este mismo terreno, que queda entre el foso y el glasis, se llama *camino cubierto*, porque los defensores que transitan por él, están resguardados de los fuegos enemigos, hasta que estos llegan á apoderarse del glasis.

414. Proporciona pues el camino cubierto, el poder la guarnición reunirse fuera de la obra principal; y si al glasis se le dá banqueta como á un parapeto, puede la defensa al parecer, adquirir mucha mas importancia, porque si la dominación de la obra principal puede ser tal, que su plano de fuego pase á conveniente altura sobre las cabezas de los defensores del glasis, el enemigo tendrá que sufrir mayor resistencia, al entrar en la zona de defensa de la misma obra, y mientras recorra mucha parte de ella; y aun cuando no sea posible dar tanta dominación al parapeto de retaguardia, el glasis proporcionará principiar la defensa con alguna an-



tipacion, y sobre todo una defensa mas, pues que cuando el enemigo se posesione de él, encontrará todavía intacta la obra principal.

415. La cresta del glasis debe trazarse paralelamente á la contraescarpa, como representa la figura 72: comunmente, no se arquea en la parte correspondiente á los ángulos salientes, con lo que se obtienen unos espacios *P*, que se llaman *plazas de armas salientes*. Sirven estas, para la reunion de las tropas que se destinan á verificar algunos movimientos ofensivos sobre las columnas enemigas, cuando la certeza de los disparos de los defensores, y los obstáculos que aquellas encuentren en su marcha, impriman en ellas alguna oscilacion.

416. Tambien para proporcionar algunos fuegos, que flanqueen la parte saliente del glasis, se puede cambiar la direccion de su cresta, en la forma que presenta la citada figura: á las porciones *E* del terreno, se les dá el nombre de *plazas de armas entrantes*, que además de proporcionar las mismas ventajas de las salientes, tienen por objeto cubrir las comunicaciones de la obra con la campaña, y servir de resguardo al cuerpo de guardia encargado de su vigilancia.

417. Para que las plazas de armas entrantes, produzcan todas las ventajas de que son susceptibles, es necesario que los ángulos en *A* sean de buena defensa, y que la longitud de las caras *A B* cumpla con la doble condicion, de proporcionar un fuego nutrido sobre la campaña, y encerrar el espacio suficiente, para la colocacion de las tropas que en las plazas deban reunirse. En una ó en mas caras de estas plazas de armas, se dejan las comunicaciones *C*, que se arquean convenientemente, con el objeto de que el enemigo no pueda, por los claros que ellas dejan, introducir sus fuegos en el interior de esta misma plaza.

418. Tanto las plazas de armas entrantes como las salientes, se cierran por unos traveses *T, T'*, que son unas masas de tierra, de la misma altura que el glasis, y de unos 2<sup>m</sup> á 3<sup>m</sup> de espesor, y su longitud es tal que dejen, bien entre



la contraescarpa y ellos, ó entre ellos y el glasis, unos pequeños pasos llamados *desfladeros de través*, de poco mas de 1<sup>m</sup> de latitud en el terreno, y de declivios los mas pendientes posible; y para incomodar algun tanto al enemigo, cuando haya descendido al camino cubierto, y proteger la retirada de los defensores, se les construye comunmente una banqueta, por la parte del través que mira al interior de la plaza de armas, que el mismo través cierra.

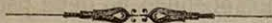
419. A primera vista, aparece muy ventajosa para la defensa de una obra de fortificacion de campaña ó provisional, la construccion del camino cubierto, pero no lo es asi en la realidad, porque la pequeña altura que en estas obras puede darse al parapeto, hace que sea casi imposible el que tenga la dominacion conveniente sobre el glasis, para que los fuegos del primero no incomoden á los defensores del segundo: este inconveniente aumenta á medida que lo verifica tambien la latitud del camino cubierto, de modo que debiendo ser esta pequeña, proporciona una comunicacion mezquina, y la longitud de los traveses es casi nula: si los defensores del camino cubierto obstinan cuanto pueden su defensa, los enemigos se mezclarán con ellos; y unidos todos, ó los defensores del parapeto no harán fuego, en cuyo caso será muy posible la pérdida completa de la obra, ó harán fuego sobre amigos y enemigos.

420. Presenta tambien el camino cubierto el inconveniente de hacer muy grande el desarrollo de la línea de fuego, y por consiguiente, el de exigir para su defensa, un considerable aumento en la fuerza de la guarnicion de la obra; y si esta es cerrada, tal vez en su interior no exista el espacio necesario para el alojamiento de los defensores del parapeto y del camino cubierto: pero todos estos inconvenientes aumentan su importancia, teniendo en cuenta, que el ataque de una obra de campaña es sumamente rápido, como consecuencia de la debilidad de los medios de resistencia comparados con los del ataque; lo que conduce á asegurar, que las mas veces, ó no se podrá defender el camino



cubierto, de un modo que compense el trabajo que exige su construccion, en cuyo caso será inútil, ó si su defensa es eficaz, es casi seguro, que por la lentitud con que puede verificarse la retirada por una comunicacion estrecha, verificarán su entrada en la obra los defensores á la vez que sus contrarios. Por todas estas razones, debe considerarse en fortificacion de campaña, al camino cubierto, como de mala aplicacion: sin embargo, si despues de construida una obra, dotada de respetable guarnicion, no fuese atacada por el enemigo, y diese tiempo á que esta misma guarnicion, sin perjuicio de la vigilancia, y empleando los ratos de ocio, pudiese construirse el camino cubierto de un modo conveniente, en este caso debería verificarse su construccion, cualesquiera que fuesen las ventajas que de ella se pudiesen reportar.

### ESTACADAS.



421. Otro de los medios que aumentan la resistencia de una obra, y tal vez el mas comun, por la facilidad con que se obtiene, es el conocido con el nombre de *estacada*: consiste este medio en una fila de maderos ó palos gruesos, que fuertemente unidos entre sí y al terreno, detienen la marcha del enemigo, hasta haber logrado su destruccion (fig. 73). Si los maderos que forman una estacada se colocan verticalmente, la estacada se conoce comunmente, con el nombre de *empalizada*; y si la direccion de los maderos se separa mucho de la vertical, entonces se llama *frisa*: en general, la empalizada es de mas resistencia que la frisa. Las estacadas se forman de madera labrada, ó tal cual la naturaleza la presenta: en el primer caso, la seccion recta del prisma que cada es-



taca forma, es comunmente ó un triángulo equilátero, ó un cuadrado, cuyo lado es de  $0^m,16$  en adelante, con el objeto de que el enemigo no pueda cortarla con el hacha fácilmente; y esta misma condicion han de llenar los maderos que se empleen sin labrar: su longitud debe ser tal que, la parte de ellas que sobresalga del terreno, presente al enemigo un obstáculo, que no pueda eludirle saltando por encima de él; por esta razon, y porque comunmente se entierran en terreno ordinario un tercio de su longitud total, no debe ser esta menor que  $2^m,50$ . Estas dimensiones deben asignarse de modo, que nunca resulte tan grande el peso de cada estaca, que dos hombres no la puedan fácilmente manejar, y teniendo siempre en cuenta, que la resistencia de una estacada, convenientemente situada y asegurada al terreno, será proporcional á su mayor altura y espesor. Con el objeto de hacer mas respetable á este obstáculo, terminan todas las estacas en su parte superior, en una punta de  $0^m,25$  á  $0^m,27$  de altura. En la colocacion y construccion de una estacada, ya sea empalizada ó frisada, deben llenarse los siguientes objetos: 1.º El cañon enemigo no debe poderla destruir desde lejos: 2.º el enemigo debe verse precisado á destruirla para completar su ataque: lo primero se consigue dando á la estacada una buena colocacion; y lo segundo por medio de su colocacion, de sus dimensiones y de su enlace entre sí y al terreno.

422. *Colocacion.* Una estacada debe estar cubierta de los fuegos enemigos, por una masa de tierras de espesor respetable: esta condicion comunmente no se llena, sino colocando la empalizada en el fondo del foso exterior, ó en el camino cubierto, ó si la estacada es frisada, en el declivio exterior, y con mas frecuencia en la berma (fig. 74).

423. Una empalizada colocada en el fondo del foso puede ocupar tres posiciones distintas, ó en el pié de la contraescarpa, ó en el de la escarpa, ó en el medio del fondo del foso. La empalizada colocada al pié de la contraescarpa, ofrece al enemigo mucha dificultad para cortarla, por ser



muy incómoda su posición entre el declivio y la estacada; puede en cambio el mismo enemigo llenar este hueco, con fajas ó sacos llenos de yerba poco pesada, que contenidos por las mismas estacas, disminuyen la latitud del foso, y pueden servir de puntos de sosten ó estribos, á algunos tablones, que permitan algunas veces, el llegar á la berma sin descender al foso, y siempre facilitan el descenso á él, puesto que se salva la dificultad de la estacada sin necesidad de destruirla. Si se coloca la empalizada al pié de la escarpa, el enemigo puede destruirla con comodidad, pero al descubierto de los fuegos que flanqueen el foso; si el enemigo antes de subir á lo alto del parapeto, no la ha destruido completamente, y es rechazado su ataque, puede serle sumamente perjudicial en su retirada; pero tiene el inconveniente de detener los proyectiles huecos arrojados por el atacante sobre la parte exterior del parapeto, y al reventar destruyen mucho la escarpa y la estacada. Finalmente en medio del fondo del foso, tiene la empalizada la ventaja de ser mas fácil su construcción, pero también tiene el inconveniente de que el enemigo puede destruirlo sin grande dificultad.

424. De todo esto se deduce, que en un foso que esté bien flanqueado, la empalizada debe colocarse al pié de la escarpa, con el objeto de que mientras el enemigo se esfuerza en destruirla, esté bajo el fuego de la parte flanqueante: en un foso que no esté dominado por los fuegos del defensor, la empalizada debe situarse al pié de la contraescarpa; porque de este modo, ó el enemigo encuentra mucha dificultad en destruirla, ó está espuesto á los fuegos á quemar ropa hechos desde el parapeto, durante el tiempo que emplea en cegar todo el espacio que media entre la estacada y el declivio: únicamente en fosos estrechos podrá colocarse una empalizada en medio de su fondo, pero sin ser tan ventajosa su situación como en los piés de escarpa ó contraescarpa, según su caso. Si la obra de fortificación de campaña está rodeada de un camino cubierto, en su banqueta en el pié del decli-



vio interior, puede tambien construirse una empalizada: el enemigo ha de destruirla bajo los fuegos directos de la obra; y si las estacas que forman este medio defensivo, sobresalen de la cresta del glasis  $0^m,30$  ó poco mas, esta elevacion unida á su distancia á la espresada cresta, imposibilitan el que el enemigo pueda salvar este obstáculo saltándole, sobre todo en los ataques verificados durante la noche; siendo de advertir, que la estacada asi colocada, aunque vista por el enemigo, es muy poco deteriorada por el fuego de su cañon como acredita la esperiencia.

425. Las frisas colocadas de modo que no sean vistas ó lo sean muy poco por el enemigo, le presentan grandes dificultades al proponerse destruirlas, principalmente si por su elevada situacion, ha de manejar el hacha contra ellas con mucho trabajo. Su situacion, como queda dicho para la empalizada, deberá elegirse teniendo en cuenta si el foso es flanqueado ó no lo es: si lo primero, la mejor colocacion será en la berma ó declivio de escarpa, siendo horizontal en el primer caso; y si el foso no es flanqueado, podrá colocarse en la contraescarpa. La inclinacion de una frisa puede ser hácia abajo ó hácia arriba: en general lo segundo es lo mejor, si no la descubre mucho el enemigo, porque el peso de las tierras, que gravitan sobre las estacas, es mucho mayor en este caso que en el primero.

426. *Construccion.* Para construir una empalizada se principia por abrir una zanja, de la menor latitud que permitan los instrumentos que se empleen en esta operacion, y con tal que sea lo suficiente para admitir las estacas; su profundidad debe ser igual á la parte de las estacas que se ha de enterrar, que comunmente, como queda dicho, será un tercio de su longitud total. La latitud de esta zanja debe ser lo menor posible, porque las tierras sin remover sujetarán siempre mas la empalizada, que la tierra removida, por mucho que se la apisone. La parte de cada estaca que ha de estar enterrada, se la chamusca algun tanto, principalmente si la empalizada ha de durar mucho tiempo, con el objeto de



que no se pudra la madera; porque de lo contrario se destruiría, con mucha facilidad, este medio defensivo.

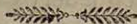
427. Para asegurar las estacas entre sí, se sujetan estas á un liston, que ordinariamente tiene  $0^m,10$  de anchura,  $0^m,05$  de espesor, y tan largo como pueda ser: cada porcion de estacada, sujeta por un liston, recibe el nombre de bastidor; y cada estaca se sujeta á este liston, ó bien por medio de un clavo grueso, ó lo que es mejor, por medio de una clavija de madera, cuya espiga es de  $0^m,04$ , poco mas ó menos. La colocacion del liston puede ser, ó á  $0^m,30$  de su parte superior, ó á corta distancia del terreno, ó enterrándole  $0^m,27$  ó algo mas: en cada una de estas posiciones tiene sus ventajas mas ó menos importantes. En la parte superior, asegura muy bien las estacas, y si estas tienen alguna elevacion sobre el terreno, puede llegar á presentar mucha dificultad al enemigo para poderla destruir con el hacha: si el liston se coloca en la parte inferior de las estacas, pero fuera del terreno, no las sujeta tambien entre sí, y hasta puede servir al enemigo para apoyar en él sus piés, y salvar con mas facilidad la estacada; si bien en este caso, colocando el liston á la altura de apoyo sobre el terreno, puede servir para que los defensores apoyen en él sus fusiles, cuando disparen sus armas contra los enemigos: cuando se entierra el liston no dá tanta firmeza á la empalizada, pero resulta en el bastidor sobrada resistencia, para no poderse arrancar á la vez todas las estacas que lo forman; de donde resulta la necesidad de destruirlo escavando el terreno antes de arrasar el obstáculo; y la esperiencia ha acreditado, en los casos en que se ha empleado en campaña este medio, que es necesaria una media hora para hacer desaparecer el bastidor. De todo esto se deduce, que la mejor posicion que puede darse al liston, es enterrándole á una conveniente profundidad, aunque para poderlo verificar sea preciso dar mas latitud á la zanja en donde deben enterrarse las estacas: y aun el obstáculo llegaria á tener toda la importancia de que es susceptible, colocando en cada bastidor dos listones, uno



enterrado, y el otro á unos 0<sup>m</sup>,50 de la estremidad superior de las estacas.

428. Abierta la zanja, se colocan en ella las dos estacas extremas del primer bastidor, de modo que queden verticales; inmediatamente se coloca el liston, y se sujetan á él dichas dos estacas; y para facilitar la colocacion de las restantes, se hace pasar un hilo por las puntas de las dos extremas, con dos pequeños pesos en sus extremos: preparado asi el trabajo, se colocan el resto de las estacas, espaciándolas de modo que entre cada una y su inmediata, haya un claro cuando mas de unos 0<sup>m</sup>,07 á 0<sup>m</sup>,08, con el objeto de que por estos claros no pueda pasar el enemigo, y cada estaca tiene ya los medios de colocarse con facilidad en su posicion, ajustándola al liston y haciendo que su punta toque al hilo colocado en la parte superior del bastidor. Terminado el primero de estos, se continúa del mismo modo en la construccion de los sucesivos, hasta la terminacion de la empalizada.

429. Las frisas se construyen de una manera análoga, teniendo en cuenta, que para su mayor firmeza, en vez de descansar sobre las tierras, se hace que apoyen sobre un durmiente, llamado comunmente *cojinete*, que no es mas que un cuarton, asegurado en su posicion de la mejor manera posible; se colocan tambien las dos estacas extremas del bastidor en la inclinacion conveniente, de modo que no sean vistas por el enemigo, ó que lo sean muy poco; y puesto sobre ellas un cordel á la inmediacion de su punta, se procede á la construccion de todo el bastidor, asegurando cada estaca al cojinete, á medida que se vá colocando en la posicion que debe tener. Para mayor resistencia de este medio defensivo, puede colocarse tambien un liston junto á su extremo inferior, de modo que ajuste bien sobre las estacas, las que se unen á él del mismo modo que al cojinete.





## CAPONERAS.

430. Son las caponeras (fig. 75), unas obras defensivas que se colocan en el fondo del foso perpendicularmente á su direccion, cuando desde el parapeto principal no es visto dicho fondo: por su colocacion y por su figura, se distinguen esencialmente de las obras abiertas denominadas del mismo modo. Comunmente son formadas con estacas bien unidas unas á otras, y de las mismas dimensiones que quedan arriba fijadas; y para evitar que las balas de fusil penetren por las uniones de dos estacas consecutivas, se refuerzan interiormente estas uniones, con piezas de madera labrada, de las mismas dimensiones que las estacas. De metro en metro cuando mas, se colocan aspilleras, que se abren en la union de dos estacas, y por mitad en cada una de ellas: tienen de latitud  $0^m,04$ , y de altura  $0^m,10$ , en su parte exterior; ensanchando ó aumentando estas dimensiones hácia el interior cuanto convenga, para que desde cada una de ellas, se descubra toda la estension que con sus fuegos se quiera batir. Las piezas interiores con que se refuerza la empalizada, y que corresponden á las uniones en que se abren aspilleras, no deben pasar de la parte inferior de estas aberturas.

431. Las caponeras se cubren por su parte superior, del mismo modo que queda explicado para los blockhaus; y para evitar que su techo pueda servir de puente al enemigo para pasar el foso, se disponen de modo, que partiendo desde la escarpa no lleguen hasta la contraescarpa, y se entierran en el fondo del foso, de modo que las aspilleras enrasen ó sobresalgan poco de este fondo. Debe tambien cuidarse, que el enemigo no pueda introducir sus fusiles por las aspilleras;



y para lograr este importante objeto, á la vez que se evita que el enemigo pueda aproximarse tanto á la caponera, que la pueda destruir con el hacha, se abre un foso delante de sus paredes, y de una profundidad tal, que desde su fondo á las aspilleras existan unos 2<sup>m</sup> de distancia, cuando menos. Para hacer mas incómoda la posicion del enemigo en el fondo de este foso, se dispone de modo que la escarpa y contraescarpa tengan un mismo pié: para determinar la latitud superior de esta escavacion, conocida que sea su profundidad y la inclinacion de sus declivios, servirán las fórmulas halladas para el foso de un atrincheramiento regular y ordinario, haciendo la latitud inferior igual á cero. Las tierras producidas por el foso se arriman á las paredes de la caponera, para hacerlas mas resistentes: este aumento de fuerza es preciso, para compensar la debilidad producida por la escavacion, que conviene abrirla á la inmediacion de las mismas paredes, con el objeto de que no quede entre aquella y estas, espacio alguno, que permita al enemigo colocarse en él.

432. Si la comunicacion de los defensores de la caponera con el interior de la obra, se verificára por el foso, hasta la comunicacion de ésta con la campaña, sería en general, muy espuesta su retirada, y naturalmente conduciría á hacer muy débil la defensa de la caponera; por esta razon se abre dicha comunicacion por la escarpa, de modo que en rampa suave conduzca, por debajo de la masa cubridora, desde el interior de la posicion á la caponera: para sostener las tierras, se colocan de trecho en trecho, ordinariamente de metro en metro, unos bastidores de madera, de cuya construccion, colocacion y dimensiones hablaremos al tratar de las minas y de la construccion de las obras en los párrafos siguientes.

433. De los puntos en que sea mas conveniente la colocacion de las caponeras, queda dicho lo bastante en la página 77, al hablar del modo de conseguir algunos fuegos en el foso del reducto.



### CABALLOS DE FRISA,

---

434. Son los caballos de frisa (fig. 76), unos gruesos maderos labrados, de forma prismática, y cuya seccion recta es un poligono regular de 4, 6 ú 8 lados: en estos maderos se abren unos taladros, de dimensiones proporcionadas, y perpendiculares á sus caras, en las que se encajan unas estacas de longitud y espesor conveniente, de modo que el enemigo no pueda salvar este obstáculo saltándole, y tenga que emplear algun tiempo para destruirle, bajo el fuego del defensor.

435. La longitud del madero principal, llamado árbol, es de 2<sup>m</sup> á 4<sup>m</sup>, y de madera lijera, para que el todo no sea muy pesado: las estacas son de madera fuerte y labrada en la misma forma que las estacas de una empalizada: el lado de su seccion recta es de 0<sup>m</sup>,03 á 0<sup>m</sup>,04; su longitud de unos 3<sup>m</sup>, y ambos extremos, ó á lo menos el que ha de quedar en la parte superior, terminan en punta, que para su mayor resistencia, se guarnece de unas planchas pequeñas de hierro. En cada extremo del árbol hay una argolla, y una de ellas tiene una cadena de solo dos eslabones y una muletila, que sirven para enganchar un caballo de frisa á otro, y formar un obstáculo de tanta longitud como sea necesario.

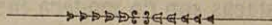
436. Se emplean los caballos de frisa para cerrar los pasos y comunicaciones. Anteriormente al grande desarrollo que se ha dado á la artillería, eran de un uso muy frecuente, pero en el dia se ha limitado su colocacion, á los pasos que están á cubierto del cañon enemigo, porque de lo contrario sus proyectiles, destruirían con suma facilidad estos obstáculos.

437. Cuando sirven los caballos de frisa para cerrar una



comunicacion, se les dispone de modo que en uno de sus extremos, y perpendicularmente á una de sus caras, se abra un taladro circular, de diámetro conveniente, para recibir una espiga, con que termina un fuerte pié derecho enterrado en el terreno: para la mayor duracion de la espiga, y facilitar el movimiento, se coloca horizontalmente junto al nacimiento de aquella, una argolla de hierro, y en el otro extremo del árbol se sujetan dos fuertes listones, que sostienen los extremos de un pequeño eje, sobre que jira una rueda; y para evitar que se entierre al verificar su jiro, se la hace mover sobre una canal de madera: conviene advertir, que cuando á los caballos de frisa se les dá este destino, se les puede dar alguna mas longitud, hasta lograr que tenga la conveniente para cerrar completamente el paso.

#### POZOS DE LOBO.



438. Llámanse *pozos de lobo*, ó *pozos militares*, á unas escavaciones en forma de cono truncado invertido, que se construyen comunmente, en puntos que el defensor pueda batir eficazmente con sus fuegos. Sus dimensiones deben ser tales, que el enemigo no pueda salvarlos de un salto, y si cae en ellos le sea muy difícil la salida. Con este objeto su diámetro superior puede ser de 2<sup>m</sup>, y de 0<sup>m</sup>,83 el inferior cuando mas, y la profundidad de 1<sup>m</sup>,88; y para disminuir la base inferior y perjudicar en su caída al enemigo, se clava en su centro una estaca verticalmente, que termina en punta, y á la que debe faltarle, para llegar á la superficie del terreno, cuando menos 0<sup>m</sup>27. La tierra que se estrae en la construccion de los pozos, se coloca comunmente sobre sus bordes, con una inclinacion en sus declivios igual á la natural de las tierras,



ó algo menor, para evitar que con facilidad pueda correrse á los pozos de donde se estrajo, y cegarlos en todo ó en parte. Para llenar mejor este mismo objeto, sería lo mas oportuno trasladar estas tierras á vanguardia de las líneas de pozos, pudiendo esparcirlas ó formar con ellas un glasis, que los ocultara cuanto fuera posible á la vista del enemigo.

439. Los pozos de lobo entorpecen mucho la marcha de las columnas de ataque, y con ellos, lo mismo que con las estacadas, puede lograrse el poner una obra fuera de la posibilidad de ser atacada á viva fuerza, principalmente si se colocan los pozos en suficiente número, y en tres líneas cuando menos, y se les puede cubrir de agua 0<sup>m</sup>,12 ó mas.

440. Su construccion se hace comunmente trazando triángulos equiláteros de 6<sup>m</sup>,50 á 7<sup>m</sup> de lado, y sirviendo de centro para abrir cada pozo, los vértices y puntos medios de los lados de estos triángulos (fig. 77). Su colocacion es útil en muchos sitios: en los ángulos salientes delante de la contraescarpa, y á poca distancia de ella: en el fondo del foso ó antefoso, en cuyo caso se construyen muy unidos, y las tierras que proporcionan, se emplean en la construccion del glasis ó del parapeto; en este sitio son de grande utilidad, ya esté el foso flanqueado ó no lo esté; pero en este último caso, los pozos forman uno de los mas imponentes obstáculos, que el enemigo puede encontrar. Tambien se construyen los pozos en las direcciones que el enemigo tiene precisamente que seguir, como por ejemplo, en una carretera que atraviase un terreno impracticable, á la desembocadura de un desfiladero &c: lo mismo puede hacerse en los intervalos de dos obras que mutuamente se flanquean, y para cubrir la gola de una obra abierta; pero en estos casos deben dejarse algunos pasos libres de estos obstáculos, en sitios que se dominan bien con los fuegos de las obras, y reuniendo á su inmediacion, los medios necesarios para embarrerarlos bien y prontamente.



## TALAS.



441. Forman las talas un conjunto de árboles colocados convenientemente, y que enlazados entre sí y al terreno, presentan mucha dificultad al enemigo para moverlos y limpiar el paso de que se ha de servir. Los árboles que forman una buena tala, deben tener cuando menos  $0^m,12$  de diámetro, y longitud proporcionada á su grueso: se les despoja de todas las hojas y de las ramas que se pueden cortar con facilidad. Para construir una tala, se colocan los árboles en el sitio y direccion que conviene, tan inmediatos unos á otros como permita el ramaje, que se procura enlazar lo mejor posible; y para sujetar los árboles al terreno, se usan unos piquetes de  $0^m,50$  ó mas, segun la naturaleza del terreno, y diámetro del tronco ó rama que han de sujetar. Los piquetes son de dos clases, unos ordinarios y otros de cabeza de garabato, y ambos de madera fuerte, y de punta convenientemente aguzada: los segundos se clavan verticalmente; y los primeros con la oblicuidad necesaria para impedir el movimiento del tronco, que deben sujetar, hácia arriba y hácia el costado donde el piquete se coloca: su número es variable segun su fuerza, la del terreno y las dimensiones del árbol, pero nunca se emplean menos de cuatro piquetes por cada uno de estos.

442. Para que el obstáculo que presente una tala sea de toda la importancia de que es susceptible, deben llenarse en su colocacion las condiciones siguientes: cuando los troncos se tienden en el terreno, deben emplearse en mas de una fila, comunmente en tres: la tala debe quedar oculta al cañon enemigo, por cuya razon, cuando esto no puede lograrse naturalmente, se abre una zanja, cuyo fondo parte desde el



terreno en declivio suave, como queda dicho para el antefoso, y con las tierras que produce esta escavacion, se puede construir un glasis, que á la vez que conduzca á llenar mejor el espresado objeto, pueda presentar al enemigo mayor obstáculo en su paso: finalmente los árboles deben estar tan unidos que no dejen paso alguno al enemigo, de modo que á este no le quede otro recurso que su destruccion.

443. Segun estos principios, las talas se colocan comunmente al pié del glasis, escavando en la prolongacion de este declivio, el espacio necesario para la colocacion del obstáculo, y formando un ante-glasis que lo cubra, con las tierras estraidas (fig. 78). Si hay camino cubierto de suficiente latitud, tambien suelen colocarse las talas en él, y en el fondo del foso, principalmente cuando este está bien flanqueado. Pero donde las talas pueden ser de grande utilidad, es plantando los árboles que la forman al pié de la contraescarpa, enterando una parte del tronco, sujetándole con piquetes á este declivio, aguzando los extremos de las ramas de alguna resistencia y procurando que falten á las puntas mas altas unos 0<sup>m</sup>,83 ó mas, para llegar á la cresta de la contraescarpa. Sirven tambien las talas para entorpecer, como los pozos de lobo, un camino que atraviere un terreno impracticable, pero siempre con la condicion, de que el obstáculo debe estar protegido por los fuegos de los que le emplean.

444. Pueden tambien construirse las talas para la defensa de bosques: en este caso, los árboles colocados en el sitio donde se quiere formar la tala, no se cortan completamente, sino que cuando se ha debilitado sus troncos lo suficiente, se les hace caer sobre el terreno, y de este modo, por la resistencia del tronco, llegan á ser casi imposible de mover del sitio donde cayeron; si se quiere se pueden adherir mas los árboles al terreno por medio de piquetes. Para inutilizar un camino que atraviesa un bosque, pueden dejarse caer en el sentido de su latitud, los árboles colocados en sus orillas y los inmediatos á estos, en suficiente número, de modo que formen un obstáculo de importancia,



segun sean los medios de que se disponga para su defensa: y aun sin necesidad de defender estas talas, puede lograrse que entretengan al enemigo por algun tiempo, haciéndolas de modo que cubran una larga estension del camino.

445. No porque los árboles de que se disponga tengan menores dimensiones que las anteriormente espresadas, son completamente inútiles para la defensa, sino que pueden tambien servir para ella, si bien no con tanta eficacia: en este caso se pueden plantar los troncos, y las ramas de alguna importancia, tan espesos como convenga, para formar un obstáculo respetable, que costará al enemigo mucho tiempo su destruccion, á lo menos en la parte necesaria para abrirse un paso de suficiente latitud, por en medio de este bosque artificial.

### ABROJOS.

446. Son los *abrojos* (fig. 79), unos clavos de hierro con cuatro puntas, dispuestas de tal forma que, cualquiera que sea el modo de colocarlos, siempre queda una hácia la parte superior. Este obstáculo detiene, considerablemente al enemigo, principalmente cuando se han esparcido en grande número, por la dificultad que se presenta para barracerlos, cuando el terreno es apropósito: al efecto deben situarse en terreno de alguna yerba, que en algun tanto los oculte á la vista del enemigo, de modo que si es posible, tenga la primera noticia de su existencia, por las heridas que los abrojos le causen, pero no debe haber tanta yerba, que neutralice el efecto de este medio de resistencia. Se usan los abrojos para inutilizar un vado, cuando las aguas tienen poco corriente; porque si bien es muy difícil el que la fuerza



de esta los arrastre, servirán sin embargo para detener las materias impuras que las aguas llevan en su curso, con lo que al poco tiempo, el obstáculo podría quedar completamente cubierto, y por consiguiente sería de ningun efecto.

### CLAVOS ORDINARIOS, REJAS DE ARADO, PIQUETES.

447. Con el mismo fin que los abrojos, se emplean á veces unas tablas atravesadas de gruesos clavos de la forma ordinaria: para que este medio resistente sea de algun valor, es preciso que se multiplique mucho, y que las tablas se hayan podido fijar fuertemente en el terreno, de manera que el enemigo tenga que detenerse mucho, para arrancarlas del sitio donde están colocadas.

448. Las rejas de arado, fuertemente clavadas sus espigas en el terreno, y en bastante cantidad, de modo que cierren el paso completamente, y sea preciso que el enemigo las arranque para verificarlo, forman un poderoso obstáculo, que forzosamente detendrá la marcha de las columnas de ataque, hasta que hayan logrado desembarazarse de él. Es de advertir, que en pocas ocasiones se podrá disponer de suficiente número de estos medios, para esperar algun resultado de entidad.

449. Pueden sustituirse convenientemente los dos medios anteriores, por medio de piquetes de 0<sup>m</sup>,02 á 0<sup>m</sup>,03 de espesor, y de 0<sup>m</sup>,50 ó mas de longitud, segun la naturaleza del terreno: se clavan estos piquetes de modo que queden con la punta hácia arriba, y plantándolos en bastante cantidad, y suficientemente inmediatos unos á otros, forman un obstáculo de mucha importancia, por lo muy detenida que es su destruccion, y por la facilidad con que el defensor de una posicion, puede las mas veces proporcionarse todos los que puede necesitar.



## AGUAS.

---

450. Las aguas forman obstáculos de mucha monta en el ataque de una obra de fortificación, y por consiguiente, contribuyen poderosamente á aumentar su resistencia. Con este objeto pueden emplearse de dos modos distintos: ó tales como la naturaleza las presenta, ó modificándolas de un modo conveniente.

451. Figuran en el primer caso, las posiciones rodeadas de agua, que en su menor profundidad exijan el pasarse á nado, esto es, que tengan una profundidad, 4<sup>m</sup>,50. Una posición de esta especie, cuando las aguas tienen una latitud de 50<sup>m</sup> en adelante, están libres de un ataque á viva fuerza, y el enemigo hará largos trabajos para poderse aproximar á ella: lo mismo sucede cuando la latitud de las aguas es menor, pero mayor su profundidad; porque son tambien de mucha importancia, los trabajos que el enemigo ha de efectuar, para realizar su ataque. Cuando una posición no está completamente rodeada de agua, sino que la tiene solo delante de algunos frentes de la obra construida para su defensa, estos frentes deberán considerarse libres del ataque á viva fuerza; y despues de las precauciones que la prudencia aconseja, todo el cuidado de la guarnición debe ponerse, en fortalecer y defender los frentes, que no disfrutan de aquella ventaja. Aunque las aguas que circuyan una obra, ó parte de ella, no tengan las dimensiones citadas, no por eso serán inútiles para la defensa, sino que puede asegurarse, que en general, es de fácil defensa una obra que tenga aguas corrientes ó estancadas, dentro del alcance eficaz de las armas de las tropas que la guarnecen.



452. En muchas ocasiones tambien se emplean las aguas como medio artificial de aumentar la importancia de un atrincheramiento: en general se hace esto, ó conduciéndolas á un sitio apropósito para su defensa, ó elevando su nivel ordinario, pero sin salir de su cauce, ó haciéndolas desbordar y cubrir una estension de terreno mas ó menos considerable.

453. Entre los sitios á donde se conducen las aguas, para aumentar la defensa de un atrincheramiento, son los fosos los que ocupan el primer lugar. Cuando un foso se puede llenar de agua hasta la altura de 1<sup>m</sup>,60 ó algo mas, se puede considerar la obra á cubierto de ataques á viva fuerza y por sorpresa, con tal que no se descuiden por la guarnicion, las precauciones mas usuales para la vigilancia y conservacion de la obra. Casi las mismas ventajas presentaría la defensa de un foso, en cuyo fondo se abrieran pozos de lobo, tan unidos como fuera posible, aun cuando el agua no los superase mas que en unos 0<sup>m</sup>,50.

454. Pero para que un foso pueda prepararse de un modo tan conveniente, debe reunir ciertas condiciones: es preciso que el terreno no embeba mas agua, que la que pueda entrar en el foso, para poderla conservar en él á una altura conveniente, asi como tambien pueda ser compensada la evaporacion, por el mismo caudal de aguas que entre: las tierras deben ser de tal naturaleza, que por el mismo roce de las aguas, no se causen hundimientos en los declivios del foso, y estos tal vez los produzcan en el párapeto: no debe el enemigo poder abrir ningun portillo ó boquete que sangre el foso, ó á lo menos no debe poderlo verificar á cubierto de los fuegos de la obra: y la mas esencial de todas las condiciones, es que á la inmediacion de la obra haya una corriente de aguas, cuyo nivel natural ó artificial, sea igual ó mas elevado que el que se quiera tenga las aguas en el foso, y que el terreno que medie entre el curso de las aguas y el foso, sea de tal naturaleza y altura, que se pueda fácilmente construir de uno á otro punto, una regata ó cuneta de di-



mensionen proporcionadas á la cantidad de agua que por ella debe correr.

455. Cuando el nivel natural de las aguas, en el punto donde cómodamente pueda abrirse la cuneta, no sea suficiente, podrá elevarse por medio de la construcción de un dique, que es una masa de tierras de forma prismática, y de cuyas dimensiones y de su ejecución, luego nos ocuparemos estensamente: en este caso, si el aumento de nivel es bastante considerable, y está dentro de la zona de defensa de la obra, y en dirección de una capital, podrá también sacarse de esta circunstancia un no pequeño partido.

456. Uno de los inconvenientes que tienen los fosos de agua es el hielo: cuando por la estación y baja temperatura del punto donde está situada una obra, se presenta este accidente, el agua del foso es más perjudicial que útil; porque teniendo el hielo de 0<sup>m</sup>,08 en adelante, permite perfectamente el paso á la infantería, que salva por encima de él, el obstáculo que el foso le pudiera presentar, y porque si los frios son de alguna intensidad, no bastan los esfuerzos de la guarnición para quebrantarlo de un modo completo: sin embargo conviene observar, que el enemigo obraría muy imprudentemente, en verificar su paso sobre el hielo, sin haberse antes cerciorado de su suficiente y constante espesor: por cuya razón, parece poderse deducir, que solo en casos muy raros, sería posible el ataque brusco á la obra.

457. También las aguas en los fosos, y aun en las inmediaciones de un atrincheramiento, tienen el inconveniente de ser muy perjudiciales á la salud de la guarnición, principalmente si son estancadas: para obviar algún tanto este inconveniente, puede construirse otra cuneta ó regata, que desde el foso conduzca las aguas á la misma corriente de donde se sacaron, ó en cualquiera dirección conveniente. El fondo de esta cuneta debe estar al mismo nivel que se quieran conservar las aguas en el foso, ó un poco más bajo: sus dimensiones deben determinarse con la condición de que la corriente dentro del foso no sea, si es po-



sible, muy rápida, porque cuanta mas velocidad tenga, tanto mas padecerán los declivios de escarpa y contraescarpa; el arranque de esta regata debe abrirse en sitios que el defensor bata bien, ó no pueda llegar á ellos el enemigo, con el objeto de que encuentre la mayor dificultad posible, para aumentar sus dimensiones y conseguir rebajar el nivel de las aguas.

458. Finalmente conviene advertir, que cuando un foso es susceptible de recibir el aumento de resistencia que las aguas le proporcionan, despues de darle la profundidad suficiente para que las aguas tomen una buena altura, no debe aumentarse mas esta dimension; y si para proporcionar las tierras necesarias es preciso aumentar la escavacion, debe recibir este aumento la latitud, para lograr que el foso forme un obstáculo lo mas importante posible.

459. Además de conducirse el agua de una corriente, que pasa por las inmediaciones de una obra, á los fosos de esta, pueden tambien inundarse el antefoso si le hay, ó alguna hondonada, que pueda favorecer el ataque del enemigo.

460. Si por las inmediaciones de un atrincheramiento, dentro del alcance eficaz de las armas de sus defensores, corre alguna cantidad de agua, cuya madre ó alveo tenga márgenes de bastante altura, puede conseguirse el elevar el nivel de dichas aguas, de modo que al enemigo no le sea posible vadear el obstáculo: esto se consigue por medio de uno ó mas diques, convenientemente emplazados. Queda dicho lo que es un dique; vamos á ocuparnos de su colocacion, condiciones generales que ha de llenar y determinan sus dimensiones, y de las partes que comunmente entran en su composicion.

461. Para la colocacion de un dique, deben tenerse en cuenta dos clases de consideraciones; unas militares, esto es, relativas á la defensa, y otras al trabajo que exija su construccion. Es necesario tener muy á la vista los medios con que se podrá defender un dique: porque esta obra presenta un escelente paso, por donde el enemigo podría salvar



el obstáculo que le ofrecen las aguas, si no se tuviesen de antemano preparados los medios de disputársele, y porque para rebajar el nivel de las aguas, é inutilizar el obstáculo artificial formado con ellas, el enemigo procurará destruirle con su artillería. Es tambien preciso tener en cuenta, el trabajo que exija el dique, porque en campaña tal vez por falta de tiempo y de materiales, no sea posible construirle en un sitio, al paso que en otro punto no presentase dificultad alguna. Satisfacen en general ambas condiciones, los sitios mas estrechos, y principalmente aquellos en que las orillas forman un ángulo entrante en la parte amiga: esta última situacion favorece mucho á la defensa del dique, porque las baterías colocadas en esta orilla, pueden flanquear perfectamente la obra que se construya para cubrir el dique, porque dicha obra llena su objeto de una manera mas fácil y mas completa, y porque el enemigo, aun cuando llegase á descubrir el dique, tendría que verificarlo de modo que sus tiros chocasen sobre él en una direccion muy oblicua, y por consiguiente con poco efecto.

462. Queda dicho que un dique es una masa de tierra de forma prismática: su seccion recta es un trapecio, cuya altura, que es la del dique, debe determinarse con las condiciones 1.<sup>a</sup>, que las aguas eleven su nivel hasta conseguir, que en ninguna parte del trozo de corriente que se quiera defender por este medio, tengan menos de 4<sup>m</sup>,60 de profundidad; y 2.<sup>a</sup> que el dique debe tener una altura sobre el nivel de las aguas reembalsadas, cuando menos de 0<sup>m</sup>,30, siendo mayor esta altura, cuando la corriente en que se establece, está espuesta á crecidas rápidas y de importancia. Por la primera condicion se logra que el enemigo no pueda vadear las aguas en la parte preparada para la defensa, que es en lo que consiste el verdadero obstáculo; y la segunda contribuye á evitar que las aguas destruyan el dique, como indudablemente y en poco tiempo se verificaría, si corriesen por encima de esta construccion. Sin embargo conviene advertir, que cuando la primera condicion exige en el dique



una altura muy considerable, si motivan este inconveniente algunos bancos de arena ó tierra comun, podrá tal vez remediarse, haciendo en ellos una ó mas zanjas de convenientes dimensiones, y en una direccion perpendicular á la que estos bancos tengan, ó colocando encima de ellos, otros medios que impidan el paso del enemigo, como son los abrojos, rejas, piquetes &c. La parte superior del dique debe ser horizontal, para que por todas partes sobresalga del nivel de las aguas detenidas, una misma cantidad.

463. Para aclarar lo espuesto, sea  $ab$  (fig. 80) la interseccion de la superficie de las aguas con un plano vertical que siga la direccion de la corriente: por el punto  $a$  trácese la horizontal  $ac$ ; la relacion que existe entre  $ab$  y  $bc$  se llama pendiente de las aguas. Es fácil comprender, que si se prolonga la vertical  $bc$  hácia la parte superior, y es  $d$  el punto de ella, que dista del fondo del cauce  $4^m,60$ ; esto es, la altura que se quiere tengan las aguas en  $b$ , y se concibe por  $d$  la horizontal  $df$ , el dique deberá tener en  $a$ , una altura que esceda á la de  $f$ , en  $0^m,30$  cuando menos: de donde se deduce que la altura mínima del dique, será igual á la profundidad de las aguas en el punto  $a$ , mas la diferencia de nivel entre  $a$  y  $b$ , mas la diferencia entre  $4^m,60$  y la profundidad de las aguas en  $b$ , mas  $0^m,30$ .

464. El espesor de un dique depende de la cantidad de aguas cuya presion debe sufrir, de los materiales que se empleen en su construccion, siendo menor quanto mas resistentes sean estos, y de la mayor ó menor esposicion que presente á ser batido por el cañon enemigo. Cuando la artillería no puede destruirle, bastan en general  $2^m$  de espesor en el dique, si las tierras son de buena resistencia; pero en el caso contrario, deberá tener de  $5^m$  á  $6^m$ , en la misma clase de tierras. Naturalmente el dique tiene dos declivios, uno de la parte de agua arriba y el otro de la de agua abajo: comunmente el primero tiene dos de base por uno de altura, y el segundo la inclinacion natural de las tierras que lo formen; pero no hay inconveniente en dar al segundo la



misma inclinacion que al primero , si no faltan materiales ni tiempo , porque esto contribuye á aumentar considerablemente la resistencia del dique.

465. La direccion del dique es comunmente perpendicular á la de la corriente : esta direccion proporciona el que la longitud del dique sea menor que si se le dirigiera oblicuamente , pero en esta última posicion es de menor fuerza el choque de las aguas. La longitud del dique es algo mayor que la latitud del cauce, en el sitio en que se le coloca, porque sus extremos deben entrar en las orillas , con el objeto de dar mas resistencia á la obra.

466. En todo dique debe dejarse una parte mas baja que el resto de él , y á la que se dá el nombre de *canal de desagüe*. Tiene por objeto este canal , el dar salida á las aguas que forman la corriente comun , cuando han llegado las reembalsadas al nivel que se las quiere dar : por esta razon, su fondo debe estar á este mismo nivel ; y las dimensiones de su boca ó entrada, han de calcularse de modo, que puedan pasar por ella las aguas sobrantes, y aun algunas mas, para asegurar el importante objeto , de que aquellas no lleguen á pasar por encima del dique ; y bajo este concepto es indudable, que su conservacion depende de las buenas dimensiones del canal del desagüe. Para que su fondo no se rebaje por la fuerza de la corriente , se le reviste con salchichones ó con faginas ; y lo mismo se verifica en las caras , y en sus inmediaciones en el declivio de agua arriba , y algunas veces se prolonga el revestimiento del fondo hasta salvar todo el dique, para evitar que la caida de las aguas destroze su declivio de agua abajo, y se debilite la obra por esta parte: tambien para disminuir la fuerza de la corriente cuanto sea posible, se construye el canal de desagüe en uno de los extremos del dique, y su abertura de agua arriba , es algo menor que la de agua abajo , aumentando proporcionalmente en toda su longitud. En algunos diques se deja el canal de desagüe en su fondo ó parte inferior , pero su construccion exige mucho cuidado , y el empleo de materiales muy



resistentes, porque se acrece mucho la fuerza de la corriente por el peso de las aguas detenidas por el dique: además tiene tambien el inconveniente de exigir sumo cuidado en la determinacion de sus dimensiones, porque si son demasiado pequeñas, el nivel de las aguas detenidas irá aumentando constantemente, hasta que se desborden ó corran por encima del dique; y si son demasiado grandes no llegará el nivel á la altura que se quiere, ó se rebajará rápidamente, estándõ en uso este canal. Cualquiera que sea su colocacion, debe estar terminada su construccion, antes que las aguas lleguen á la altura á que se quieran elevar.

467. Cuando quiere impedirse el paso del curso de las aguas al enemigo, en una estension de alguna consideracion, en general no basta para lograrlo un solo dique, sino que es preciso construir dos ó mas, segun la estension y pendiente de la corriente: en su colocacion, y por consiguiente en su número, es preciso ante todas cosas, examinar la máxima distancia entre cada uno de ellos y su inmediato superior ó de agua arriba, que se determina por el nivel á que se quiere elevar las aguas, y la pendiente del rio, arroyo ó barranco; y despues conviene no perder de vista, que siempre que se pueda, deben defenderse mutuamente, las obras construidas en la orilla enemiga para cubrir los diques; por cuya razon no deben, si es posible, distar estas obras entre sí, mas del alcance eficaz de las armas con que deban defenderse.

468. Cuando la pendiente del curso de las aguas es de alguna consideracion, conviene las mas veces en vez de un solo dique construir dos, porque en general los dos juntos, no exigen tanto trabajo como la construccion de uno solo; porque, habiendo abundancia de trabajadores, se forman los dos diques en menos tiempo, que uno solo construido con el mismo fin; y finalmente porque con dos diques, se necesita menor cantidad de agua, para elevar su nivel hasta la altura conveniente, y por consiguiente, esta elevacion de nivel se logra con mucha mas prontitud: sin embargo los dos



diques tendrán sobre uno, el inconveniente de presentar al enemigo dos pasos para salvar el obstáculo en vez de uno, y el de exigir la multiplicacion de los medios de defensa para impedirlo. Siempre que se construyen dos diques inmediatos uno á otro, se colocan en distinto extremo los canales de desagüe en cada uno de ellos, con el objeto de aminorar cuanto sea posible, la rapidez de la corriente.

469. Cuando una corriente no se desliza por cauce de orillas bastante elevadas, ó de suficiente latitud, para que usadas como se acaba de manifestar, formen un obstáculo, de importancia proporcionada al trabajo necesario para su construccion, puede conseguirse este objeto reembalsando las aguas, hasta que se desborden y se extiendan por las inmediaciones del cauce, y formen lo que se llama una *inundacion*. Para que esta pueda verificarse, es condicion precisa, además de que la corriente pueda suministrar las aguas necesarias en el tiempo de que se disponga, el que el terreno inmediato al cauce sea suficientemente llano y poco elevado, para que las aguas se extiendan lo bastante, y tengan en su menor profundidad 1<sup>m</sup>,60. Sin embargo, cuando esto no puede lograrse de una manera completa, se remediará abriendo fosos de unos 0<sup>m</sup>,80 de profundidad y 2<sup>m</sup> de anchura, en las direcciones marcadas por el terreno mas elevado. Las tierras que se extraen de estos fosos, deben esparcirse muy bien, para que el enemigo no pueda fácilmente con ellas cegarlos; y lo mejor será aprovecharlas para la construccion del dique ó diques.

470. No es inconveniente para que la inundacion sea buena, el que por las aguas sea aislada alguna porcion de terreno, con tal de que el enemigo no pueda posesionarse de ella sin vencer gravísimas dificultades; y aun pueden estas partes no cubiertas por el agua, servir para el emplazamiento de alguna batería, ó de alguna obra, que con sus fuegos aumente mas y mas la importancia del obstáculo: tambien pueden aprovecharse en dar mayor estension á esta posicion, las tierras producidas por los fosos que atraviesen el terreno de



la inundacion; y la comunicacion de estas obras con la orilla amiga, puede hacerse con barcos ó balsas, ó por medio de un dique de conveniente anchura. En vez de los fosos de que acabamos de hablar, pueden construirse pozos de lobo, en aquella parte del terreno en que las aguas por sí solas, no formen un completo obstáculo al paso del enemigo; y es de advertir, que una inundacion asi preparada, no es menos ventajosa, que la formada con agua sola, porque si los fosos no tienen una direccion constante, el enemigo encuentra muchas dificultades para navegar por la inundacion, y reconocerla bajo el fuego eficaz de los defensores; y por consiguiente, no puede formar un cálculo bastante aproximado, de los materiales y demás medios que debe reunir para verificar el paso de las aguas, viéndose así obligado á hacer acopios de importancia, y tal vez innecesarios en su mayor parte.

471. En las inundaciones, el hielo no produce un inconveniente de tanta monta como en los fosos de una obra llenos de agua, porque es fácil conseguir el destruirle en fajas ó zonas de alguna latitud, por ejemplo de 10<sup>m</sup>, ó mas, y evitar por medio de un barco ó una balsa, que se mueva por ella con la frecuencia conveniente, el que el hielo tome consistencia de alguna importancia: concluido el paseo, que deberá verificarse con mucha precaucion en ciertas ocasiones, se arrimará el barco ó balsa á la orilla amiga, y en sitio bien protegido por los fuegos de las obras que defiendan la inundacion.

472. En este modo de hacer uso de las aguas, el dique ó diques se construyen del mismo modo que en el caso anterior; pero fácilmente se deduce, que su longitud deberá ser mucho mas considerable, y que su espesor debe ser mayor en la parte que corresponda al curso ordinario de las aguas, porque en este sitio ha de resistir la presion de mayor cantidad de ellas. Los canales de desagüe deben tambien construirse alternados, como queda dicho mas arriba, y si son varios los diques que se construyen, comunmente se



dejan solo dos, para que sirvan de comunicacion entre la orilla amiga y las obras construidas en la otra: en los demás diques se siembran obstáculos en su superficie superior, para impedir que el enemigo pueda servirse de ellos; y en los elejidos para comunicacion, se cubren sus canales de desagüe por tablas de suficiente resistencia, que apoyadas sobre caballetes ó pilotes, se elevan sobre el fondo del canal lo suficiente, para dejar libre el paso de las aguas. Si la parte del terreno que se quiere inundar, tiene otro valle en sus inmediaciones, y de tal manera situado, que las aguas que se quieran reembalsar, no elevasen lo conveniente su nivel, porque se marcharán por el valle inmediato, se podrá cerrar la entrada de este por un dique de dimensiones proporcionadas para llenar el objeto propuesto. Si por su posicion no puede este dique ser destruido fácilmente por el enemigo, será siempre conveniente su construccion: pero si está en la orilla enemiga, deberá protegerse de una manera muy eficaz, que tal vez exija la ejecucion de obras tan respetables, que obliguen á renunciar á verificar la inundacion.

473. Al hablar de la construccion de las obras de campaña, se espresará la de un dique, y la determinacion de su altura: detengámonos áhora, en determinar cuál sea la cantidad de agua, detenida por él, bien dentro del cauce de la corriente, bien formando una inundacion, con el objeto de deducir el tiempo que se necesitará para que las aguas se eleven hasta el nivel que se desea. Para esto sea (fig. 81.)  $ab$  la traza vertical de la superficie de las aguas en su nivel ordinario, y supongamos se quiera elevar este 1,20 mas en el punto  $b$ , y sea 0,005 la pendiente de las aguas; el perfil recto de la crecida será  $abdm$ , que es un trapecio, y su área, en el ejemplo que nos hemos pro-

puesto, será igual á  $ac \times \frac{am + bd}{2}$ ; que substituyendo, y

haciendo  $ac = 240^m$ , se convertirá en



$$240 \times \frac{1.2 + 2.4, 2}{2} = 240 \times 1,8 = 432 \text{ m.c.}.$$

pone que la anchura media del cauce es de 50<sup>m</sup>, el volúmen de las aguas que forman la crecida, será

$V = 432 \times 50 = 21600 \text{ m. cub.}$  De la misma manera podrá determinarse el volúmen de las aguas necesarias para formar una inundacion: en este caso, la nivelacion dará sus límites; y se podrá hallar el volúmen del cuerpo que formen las aguas, sino con mucha exactitud, á lo menos con alguna aproximacion.

474. Para averiguar si las aguas que constituyen el caudal ordinario de la corriente, son ó no suficientes para formar la crecida dentro del cauce ó la inundacion, se halla la velocidad y el perfil de esta misma corriente, con el objeto de determinar el número de metros cúbicos de agua, que pasan por la seccion ó perfil, en un tiempo dado, por ejemplo, en un segundo. La velocidad se aprecia, midiendo en una orilla una distancia cualquiera, y arrojando en la parte superior, y á alguna distancia del punto donde principia la magnitud medida, un cuerpo lijero en direccion de la mayor corriente; se observa con un reloj que marque segundos, el tiempo que dicho cuerpo flotante invierte en recorrer la mencionada distancia medida, y, dividiendo á esta por el tiempo invertido, el cociente espresará la velocidad de las aguas en segundos, si el tiempo estaba espresado por segundos. Asi se obtiene la velocidad en la superficie, pero en el fondo es algo menor; por consiguiente, lo que se necesita en este caso, es la velocidad media, que se obtiene aproximadamente por medio de las fórmulas siguientes: Sea  $V$  la velocidad media, y  $v$  la obtenida en la superficie; será  $V = 0,75 v$ , si  $v$  es menor que 0<sup>m</sup>,40;  $V = 0,81 v$ , si  $v$  está comprendida entre 0<sup>m</sup>,40 y 1<sup>m</sup>,30 y  $V = 0,85 v$ , si  $v$  es mayor que 1<sup>m</sup>,30. El perfil recto de la cantidad ordinaria de agua que lleva la corriente, se hallará por los medios que que quedan enseñados en topografía, y sea  $P^m$  el área de



este perfil; es indudable que  $P V$  representará el número de metros cúbicos de agua, que pasarán por la seccion, en la unidad elejida para medir el tiempo; y dividiendo el volumen de agua que se necesita para la crecida ó la inundacion, referido al metro como unidad, por el producto  $P V$ , el cociente espresará el número de unidades de tiempo, que deberán transcurrir entre el momento en que por el dique se cerró el paso á las aguas, hasta que la crecida ó inundacion haya tomado la altura convenida.

475. Fácilmente se echa de ver, lo difícil que será la resolucion de esta cuestion con alguna aproximacion, por la dificultad que se encontrará en hallar con cierta exactitud las cantidades que influyen en ella: con el objeto de aproximarse cuanto sea posible al verdadero resultado, se tomará la latitud media de la corriente y su perfil recto, en los puntos donde la espresada latitud no sea ni muy considerable ni muy pequeña, y los medios aritméticos entre los resultados obtenidos, darán lo que se busca sin esponerse á tanto error. De un modo análogo se procederá para determinar la profundidad media de la inundacion; finalmente la velocidad de la corriente debe apreciarse en los sitios lejanos de las convexidades que formen las orillas, y en donde tenga el cauce próximamente la latitud media.

476. Cuando el terreno que se quiere inundar es flojo y esponjoso, puede obtenerse un obstáculo, tan imponente como elevando el nivel de las aguas hasta  $1^m,60$  en los puntos mas altos, con mucha menos cantidad de aguas: en efecto, en terreno de esta clase, basta elevar las aguas unos  $0^m,30$  ó menos, para lograr que empapado el terreno, se formen barrizales y pantanos, que ni la artillería enemiga, ni aun la infantería, pueda verificar su paso al través de tanta dificultad.



## MINAS.

477. Se dá el nombre de mina en fortificacion, á una porcion de pólvora, enterrada á cierta profundidad, que con su esplosion eleva las tierras que están sobre ella, y á cuantos hombres y efectos se hallan sobre la superficie de estas. De aquí se deduce fácilmente la utilidad que podrán presentar las minas en la defensa de una obra de fortificacion, cuando se puede lograr el darlas fuego en un momento oportuno.

478. Para llegar al punto donde quiere colocarse la pólvora, se abre comunmente un camino subterráneo llamado *galeria*, y cuyo fondo ó es horizontal ó algo inclinado al horizonte: en algunas ocasiones, se abre este camino verticalmente; y en este caso se llama *pozo*; y hay casos tambien, en los que para lograr el espresado objeto, se abren pozos y galerías. Al sitio en que se deposita la pólvora que ha de incendiarse, se llama *cámara* ú *hornillo*: lo primero, antes de la colocacion de la pólvora; y lo segundo, despues de colocada esta, ó como ordinariamente se dice, cuando la mina está cargada.

Además de las galerías y pozos y de sus diversas especies, debemos ocuparnos tambien, del vacío que en el terreno deja la esplosion de la pólvora, de las distintas especies de minas, de sus cargas y fórmulas para investigarlas, de los distintos medios de que puede echarse mano para incendiarlas, y de los sitios en que su colocacion puede presentar mas utilidad en la defensa.

479. Hay cinco especies de galerías, que se distinguen entre sí por sus diversas dimensiones: llámase *galería maes-*



*tra*, á la que tiene 2<sup>m</sup> de altura, y una latitud de 4<sup>m</sup>,30 á 2<sup>m</sup>: *galería grande*, á la que tiene de altura de 4<sup>m</sup>,85 á 2<sup>m</sup>, y 4<sup>m</sup> de latitud: *galería pequeña ó semi-galería* á la que tiene de 4<sup>m</sup>,30 á 4<sup>m</sup>,50 de altura, y 4<sup>m</sup> de latitud: *gran ramal*, al que con 4<sup>m</sup> de altura, tiene 0<sup>m</sup>,80 de ancho; y finalmente *pequeño ramal*, al que sus dimensiones son 0<sup>m</sup>,80 por 0<sup>m</sup>,65. Los pozos son rectangulares ó circulares: en los primeros sus aberturas, ó son un cuadrado de 0<sup>m</sup>,78 de lado, ó un rectángulo de 0<sup>m</sup>,78 por 0<sup>m</sup>,94: tienen las primeras dimensiones, cuando el trabajador ó trabajadores son muy experimentados, y las segundas cuando no lo son; y bien se vé, que en el primer caso, la obra marchará con mas rapidez que en el segundo. Cuando los pozos tienen su boca circular, el radio es de 0<sup>m</sup>,39 á 0<sup>m</sup>,50.

480. Para contener las tierras que forman las paredes y techo de una galería ó pozo, se revisten con tablas de 0<sup>m</sup>,04 á 0<sup>m</sup>,05 de espesor, y de 0<sup>m</sup>,26 de latitud, ó algo menos, en esta última dimension: con el fin de sostener esta tabla-  
zon, que forma lo que se llama *cofre ó encofrado* de la galería ó pozo, se colocan de trecho en trecho, unos bastidores ó marcos, formados de cuatro maderos ensamblados unos á otros, y de unos 0<sup>m</sup>,12 de escuadreo: la distancia entre dos bastidores inmediatos cualesquiera ha de ser constante y no exceder de 4<sup>m</sup>.

481. Las galerías nunca dejan de encofrarse; pero puede omitirse este trabajo en los pozos en terrenos de buena consistencia: ó sustituirse las tablas por ramas de grueso proporcionado, y los bastidores por medio de aros de ramas mas gruesas: en este caso los pozos son circulares.

482. Al estremo de la galería ó del pozo, y comunmente sobre una de sus paredes, se abre la cámara, de suficiente espacio para contener la carga, encerrada ó colocada en la forma conveniente: algunas veces al fin de una galería se coloca la cámara al costado, bajo su fondo si el terreno es seco, ó sobre el techo si la tierra es húmeda; y la galería sirve entonces para el desagüe y mejor conservacion de la carga.



483. El hueco que queda en el terreno, producido por la inflamacion de la pólvora, se distingue con el nombre de *embudo*: unos creen que su forma es la de una paraboloide, ó elipsoide, otros dicen que es la de un cono truncado; pero lo mas cierto parece ser, que segun la calidad del terreno, variará la forma del embudo, influyendo tambien en ella otras varias circunstancias, que dificilmente se podrán apreciar con exactitud. Para obtener toda la que en este asunto puede ser útil, basta considerar al embudo como un cono truncado, en que el plano de la base menor, pasa por el centro de la carga, y la base mayor está en el terreno: la recta que une los centros de estas bases se llama *línea de menor resistencia*, porque es la menor distancia del centro de la carga á la superficie del terreno, y ordinariamente la direccion en que la fuerza de la pólvora inflamada, encuentra menos resistencia, y por consiguiente marca la direccion en que se verifica la explosion. El diámetro de la base menor es próximamente igual á la línea de menor resistencia, y el de la base mayor varia segun la cantidad de pólvora que forma la carga.

484. Cuando el radio de la base mayor es igual á la línea de menor resistencia, el hornillo se llama *ordinario*: cuando dicho radio es mayor que esta cantidad, se denomina hornillo *sobrecargado*, ó *globo de compresion*, y tambien hay hornillos de menor carga que los ordinarios. Si la línea de menor resistencia es de 4<sup>m</sup> ó menor, la mina recibe el nombre de *fogata*, conservando propiamente el nombre de *mina*, cuando la línea de menor resistencia es de longitud mas considerable.

485. No hay razon alguna, para que la accion de la pólvora al inflamarse, no se verifique en todos sentidos; por cuya circunstancia se la deberá considerar como esférica. El radio de esta esfera, se llama *radio de explosion*, y es igual á la distancia entre el centro de la carga y un punto cualquiera de la circunferencia de la base mayor del embudo. El radio de explosion, la línea de menor resistencia y el ra-



dio del círculo base mayor del embudo, que se llama también *radio del embudo*, forman un triángulo rectángulo: y si se representa por  $r$  el radio de esplosion, por  $l$  la línea de menor resistencia y por  $h$  el radio del embudo, se obtendrá  $r = \sqrt{l^2 + h^2}$ ; de donde se podrán también deducir estas dos espresiones,  $l = \sqrt{r^2 - h^2}$ , y

$h = \sqrt{r^2 - l^2}$ : servirán estas fórmulas para hallar el valor de una de las tres cantidades  $r, l, h$ , conocidas que sean las otras dos; y si se trata de un hornillo ordinario, en el que la línea de menor resistencia es igual al radio del embudo, esto es,  $l = h$ , las tres ecuaciones anteriores podrán reducirse á estas,  $r = \sqrt{2} l^2 = l\sqrt{2}$  y  $l = h = \frac{r}{\sqrt{2}}$ ; y se

podrán determinar dos cualesquiera de las tres citadas cantidades, conociendo á una sola de ellas.

486. El radio de esplosion será el mismo en igualdad de carga y en un mismo terreno; por consiguiente, si aumenta la línea de menor resistencia, disminuirá el radio del embudo; y recíprocamente, si se quiere que este aumente, será preciso disminuir la línea de menor resistencia: mas adelante haremos ver, que esta línea tiene un límite inferior, que determinaremos.

487. Es indudable, que á mayor carga debe corresponder mas efecto, en igualdad de todas las demás circunstancias: de donde se deduce, que la carga, la línea de menor resistencia, el radio del embudo y el de esplosion, dependen unos de otros. En los hornillos ordinarios, por poco que se reflexione, se comprenderá fácilmente, que los embudos producidos por su esplosion, son cuerpos semejantes, cualquiera que sea la forma de estos mismos cuerpos: y sin dificultad puede admitirse como hecho acreditado constantemente por la esperiencia, que las cargas son proporcionales á los volúmenes de estos cuerpos: si se representan por  $C$  y



$c$  las cargas de dos hornillos ordinarios, y por  $E$  y  $e$  los volúmenes de los embudos por ellas producidos, se obtiene la proporción  $C : c :: E : e$ ; sean  $L$  y  $l$  las líneas de menor resistencia de estos embudos; como los volúmenes de cuerpos semejantes, son entre sí como los cubos de dos cualesquiera de sus líneas homólogas, será  $E : e :: L^3 : l^3$ . Esta proporción y la anterior tienen la razón común  $E : e$ ; luego con las otras dos razones se podrá formar proporción, y resultará que  $C : c :: L^3 : l^3$  (1).

488. Por medio de esta proporción (1), puede hallarse la línea de menor resistencia, que en un hornillo ordinario, corresponde á una carga dada, cuando se conozca la línea de menor resistencia que en un hornillo de la misma clase, corresponda á otra carga también determinada: y recíprocamente, conocidas la carga y línea de menor resistencia en un hornillo ordinario, se podrá hallar la carga necesaria para otro hornillo también ordinario, conocida que sea la profundidad á que esta carga quiera colocarse. Como dato para servirnos de esta proporción, podemos usar el siguiente suministrado por la esperiencia, y es que en terreno de resistencia media, un hornillo ordinario cuya línea de menor resistencia es de 3<sup>m</sup>,44, necesita cargarse con 46<sup>k</sup>,85 de pólvora; ó con mas facilidad en el cálculo, si bien difiere algo del dato anterior, que una línea de menor resistencia de 4<sup>m</sup>, necesita en un hornillo de la citada clase, una carga de 93<sup>k</sup>.

489. En vez de la proporción anterior pudiéramos usar otra fórmula para llenar el mismo objeto: sea  $p$  el número de kilogramas de pólvora que se necesitan para elevar un metro cúbico de tierra de consistencia conocida; representese por  $v$  el volumen del embudo; y por  $c$  la carga que debe producirle. Es indudable que si para elevar un metro cúbico de tierra, se necesitan  $p$  kilogramas de pólvora, los  $v$  metros cúbicos del mismo terreno, necesitarán  $p v$  kilogramas para elevarse; luego será  $c = p v$  (2). En un hornillo ordinario,  $v$  es igual á  $\frac{11}{6} l^3$ , siendo  $l$  la línea de menor resistencia,



como es fácil ver, recordando la relacion que en estos hornillos, existe entre dicha línea, y los radios de las bases mayor y menor del embudo, considerado como un cono truncado; y sustituyendo en la ecuacion (2), en vez de  $r$  su igual que se acaba de espresar, se obtiene

$$c = \frac{11}{6} p l^3 = 1,83 p l^3 \quad (3).$$

En esta ecuacion entran las cantidades  $c$  y  $l$ , y conocidas dos de ellas, conducirá á determinar el valor de la otra: por datos suministrados por la esperiencia, se ha formado una tabla de los distintos valores de  $p$ , segun la calidad del terreno que deba volarse; de suerte, que en cada cuestion que en la práctica puede presentársenos, debemos considerar á  $p$  como cantidad conocida, y de este modo la ecuacion (3) servirá para determinar á  $c$ , cuando  $l$  sea conocida, y recíprocamente, pero sin olvidar que se trata de hornillos ordinarios. En terrenos de mediana consistencia,  $p$  es igual á 0,793; luego sustituyendo en la ecuacion (3), para esta clase de terrenos será  $c = 1,44 l^3$ .

490. Los distintos valores que recibe  $p$  segun la diferente resistencia de los objetos que se quieren elevar con la inflamacion de la carga, son los siguientes suministrados por la esperiencia:

Tierra comun.....	$p = 0,893$
Arena fuerte.....	0,991
Arena húmeda.....	1,040
Tierra mezclada con piedras pequeñas.	1,114
Arcilla con tierra.....	1,226
Arcilla ó greda pura.....	1,338
Roca ó mampostería nueva.....	1,783
Mampostería antigua.....	1,982

El valor de  $p$  sustituido en la fórmula (3), es el que le corresponde en la tierra ordinaria llamada de mineros, formada de tierra gruesa mezclada con algo de arena.

491. Las ecuaciones anteriores dan los valores de la



carga, de la línea de menor resistencia, del radio de explosion y del embudo, estando de tal modo relacionadas estas cantidades, que dada una de ellas puede deducirse, de una buena combinacion de aquellas fórmulas, una ecuacion, en la que la cantidad que se busque esté en funcion de la conocida ó dada: y esta misma circunstancia proporciona el que sirvan aquellas mismas fórmulas para deducir las que resuelven las cuestiones que se refieren á los hornillos mas ó menos cargados que los ordinarios. Por ejemplo, si nos propusiésemos hallar el radio del embudo correspondiente á una carga de  $400^x$  de pólvora colocada á  $4^m$  de profundidad, hallaríamos el radio de explosion correspondiente á esta carga, en un hornillo ordinario, por medio de la ecuacion correspondiente, y el mismo radio sería el que correspondería en el caso propuesto; porque esta cantidad, en terrenos de igual consistencia, depende solo de la carga. Conocido de este modo el valor de  $r$ , y el de la línea de menor resistencia  $l$ , que en el caso propuesto es  $4^m$ , se determinará el valor del radio  $h$  del embudo, por medio del triángulo rectángulo formado por estas tres rectas, y quedaría resuelta la cuestion.

492. Propongámonos hallar á qué profundidad debemos colocar  $400^x$  de pólvora, para que produzcan con su explosion un embudo de  $9^m$  de radio: del mismo modo que en el problema anterior, determinaríamos el radio de explosion correspondiente á la carga dada; y conocido este radio y el del embudo, que por el supuesto es  $9^m$ , por medio del mismo triángulo considerado, hallaríamos el valor correspondiente de  $l$ , que espresaría la profundidad á que la citada carga debia colocarse, para producir el efecto deseado.

493. De un modo análogo se resolverán otras muchas cuestiones que pueden presentársenos, referentes á los hornillos mas ó menos cargados que los ordinarios; solo conviene advertir, que no por aumentar indefinidamente la cantidad de pólvora que constituye la carga, se logra hacer crecer cuanto se quiere el radio del embudo. Efectivamente acredita la esperiencia constantemente, que no puede obte-



nerse radios de embudos mayores que el séstuplo de la línea de menor resistencia, siendo la causa de este resultado, el que cediendo el terreno tan luego la esplosion ha tomado la fuerza necesaria para elevarle, parte de la pólvora que forma una carga excesiva, ó es arrojada sin inflamarse, ó se inflama despues de haber saltado el terreno, y por consiguiente se puede considerar como nulo el efecto producido por esta parte. Esta observacion conduce á resolver dos cuestiones de la mayor importancia, y son las siguientes: 1.<sup>a</sup> para una carga dada, determinar el mínimo valor de la línea de menor resistencia: y 2.<sup>a</sup> determinar á una profundidad dada, cuál es el máximum de carga que debe colocarse: ambas cuestiones conducen al planteo de una misma ecuacion fundamental, variando solo la incógnita; y representando por las mismas letras las mismas cantidades que en las cuestiones anteriores, se obtiene del mismo modo el radio  $r$  de esplosion correspondiente á una carga  $c$ ; y considerando el triángulo rectángulo formado por  $l$ ,  $r$  y  $h$ , por el supuesto se halla  $h:l::6:1$ , de donde  $l = \frac{1}{6}h$ , y como se conoce la hipotenusa  $r$ , será posible, por la relacion que existe entre los catetos, determinar á estos, valiéndose de la propiedad de todo triángulo rectángulo, que el cuadrado de la hipotenusa es igual á la suma de los cuadrados de los catetos: ó tambien por medio de la última proporcion se podrán determinar la tangente ó cotangente de los ángulos agudos de dicho triángulo rectángulo, y como se conoce la hipotenusa, será determinado el triángulo, y se hallará el valor de  $l$ , ó el de  $h$ , ó los de ambos. Si en vez de querer buscar el valor de  $l$ , fuese conocida esta cantidad y desconocida  $c$ , por medio de la proporcion última y de la propiedad citada del triángulo rectángulo, se conocería el valor del radio de esplosion, y de este se deduciría el de la carga, quedando resuelta la cuestion.

494. Conviene advertir, que en los resultados obtenidos en todos los problemas anteriores, han influido cantidades, que no se pueden siempre determinar con suficiente exacti-



tud; por consiguiente, debe considerarse á aquellos resultados solamente como aproximados; y merecerán mas ó menos confianza, segun el grado de exactitud con que se hayan podido apreciar las cantidades que en ellos influyen. Son estas cantidades, la resistencia de la tierra ú objeto que quiera volarse, y la calidad de la pólvora.

495. La carga se coloca en la cámara ordinariamente, dentro de una caja de madera de forma cúbica, y á la que se la debe embrear fuertemente por el interior, y aun algunas veces por el exterior, con el objeto de que la humedad no pueda penetrar hasta la pólvora, y deteriorarla. Fácilmente se conoce, que esta precaucion debe tomarse con mas ó menos escrupulosidad, segun sea mayor ó menor el tiempo que se presuma debe mediar entre la colocacion de la carga y la voladura de la mina: y si este tiempo es corto y el terreno es algo seco, se puede evitar la construccion de la caja para encerrar la pólvora, colocándola entre algunos sacos vacíos, que eviten algo la humedad y el que la tierra se mezcle con la carga.

496. Si es conveniente la construccion de la caja, deberemos saber determinar su magnitud: se ha dicho que debe ser esta caja cúbica, y esto facilitará la mejor inflamacion de la pólvora: el volúmen interior de ella será por consiguiente, igual al cubo de una de sus aristas; representemos por  $a$  esta arista y por  $V$  la capacidad interior de la caja, será  $V = a^3$ . Esta misma cantidad  $V$  tendrá que satisfacer á la condicion de ser la precisa para encerrar la pólvora, que constituya la carga: es indudable, que si fuera conocido el volúmen de una unidad de peso de pólvora, dividiendo por esta, el número de unidades que formen la carga total, se obtendria el volúmen de toda esta carga: se sabe que un decímetro cúbico de pólvora pesa  $0^k,96$ , luego refiriendo la carga  $c$  á kilogramas, será  $V = \frac{c}{0,96}$ : eliminando á  $V$  por medio de esta última ecuacion y la anterior, resulta



$$a^3 = \frac{c}{0,96}; \text{ de donde } a = \sqrt[3]{\frac{c}{0,96}} \quad (4), \text{ que nos dará la}$$

arista  $a$  referida al metro como unidad. De esta fórmula (4), se puede deducir una tabla del valor de la arista interior de la caja, para los distintos valores que  $c$  puede recibir. La caja debe tener en el centro de una de sus caras laterales, una abertura de magnitud proporcionada, para dar entrada al medio que se use para dar fuego á la carga.

497. Este medio puede ser de diversas especies, y su uso es indispensable para poner á cubierto de la esplosion al que esté encargado de poner fuego á la carga. Antes de ocuparnos de cada una de estas diversas especies, de sus ventajas é inconvenientes, observaremos para todas en general, que deben colocarse á cubierto del fuego y de la humedad, por cuya razon se conducen por la galería ó pozo, y cuando estos terminan se le entierra como 0,50 respecto de la superficie del terreno, hasta llegar al sitio donde debe dársele fuego. Este sitio es comunmente el pié de la subida á la banquetta, ó en este declivio á la altura de un metro ó poco mas, del terreno de la posicion; algunas veces se coloca en el declivio de contraescarpa, pero en este caso, debe ser en paraje donde el enemigo no pueda fácilmente aproximarse, para dañar al encargado de dar fuego á la mina; y aun para evitar todo accidente, se suele cubrir al espresado encargado, con algunas gruesas viguetas, disponiéndolas de modo que no favorezcan la bajada del enemigo al foso. De todo esto resulta, que es difícil la reunion de todas las espresadas circunstancias; por cuya razon el sitio elegido con preferencia, es en el interior de la obra.

498. Entre los medios de dar fuego á los hornillos, figura en primer lugar el salchichon ó salchicha de tela fuerte, de forma cilíndrica y de unos 0<sup>m</sup>,02 de diámetro ó algo mas: la costura debe hacerse con sumo cuidado, para evitar el que la pólvora se salga por ella. La pólvora con que se



llena debe ser bien graneada, sin que sea inconveniente el que sea gorda; y cuando el salchichon tiene el diámetro antes citado, se necesitan  $0^{\text{r}}, 285$  de pólvora para cargarle, por cada metro que tenga de longitud. Para evitar la destruccion de la tela con la presion de las tierras, y resguardar mejor la pólvora, se encierra el salchichon en una canal de madera, formada con tablas de  $0^{\text{m}}, 01$  de espesor; la seccion recta de esta canal es un cuadrado, y en el interior debe tener de  $0^{\text{m}}, 03$  á  $0^{\text{m}}, 04$  de lado.

499. Para calcular el tiempo que tardará en llegar el fuego desde el punto donde se enciende el salchichon hasta la caja que encierra la carga, pueden tenerse presentes los datos siguientes: si 160 gramas de pólvora encerradas en una salchicha ocupan un metro de longitud, se inflaman en un segundo  $8^{\text{m}}, 50$  de salchicha encerrada en una canal completamente cerrada; si la canal no está cerrada, la inflamacion es menos rápida, y solo corre por segundo  $5^{\text{m}}, 35$ ; si la salchicha se coloca sobre el terreno, pierde tambien de velocidad su inflamacion, y solo corre  $3^{\text{m}}, 48$  por segundo; y finalmente debe tambien tenerse en cuenta, que si sin salchicha se forma en el suelo un reguero de pólvora, en la misma cantidad que si estuviera encerrada dentro de la tela, recorre la inflamacion solo  $2^{\text{m}}, 40$  en la misma unidad de tiempo. Con estos datos, no ofrecerá mucha dificultad el calcular con alguna aproximacion el momento oportuno de dar fuego al salchichon para verificar la explosion cuando convenga, y aun podrá hacerse el cálculo estensivo á los casos en que las dimensiones del salchichon sean diferentes que las espresadas anteriormente. Se ha supuesto en los datos que preceden que el salchichon se estendia en línea recta, porque si hay cambios de direccion, estos retardan la inflamacion, y se calcula aproximadamente, que cada recodo debe considerarse como que aumenta la longitud de la salchicha en  $0^{\text{m}}, 08$ .

500. Existen otros medios distintos para comunicar el fuego á la carga, pero su construccion exige comunmente otras preparaciones, que en el momento con dificultad pueden ve-



rificarse, y que por esta razon no nos ocuparemos de su aplicacion: solamente indicaremos, que recientemente, por un ingeniero español, se ha ideado el inflamar la carga de una mina por medio de la electricidad, valiéndose al efecto de una pila de volta: el resultado mas satisfactorio ha coronado todos los ensayos practicados, y es de esperar que si se generaliza este medio de dar fuego á las minas, serán estas de una grande aplicacion para aumentar la resistencia de las obras de campaña, puesto que desaparece el principal defecto que las hacia de muy rara aplicacion en la práctica, que es la dificultad de hacerlas saltar en el momento oportuno, para dañar á una columna de ataque que marcha con mucha rapidez sobre una obra de fortificacion de campaña. Los medios necesarios para emplear este modo de incendiar una carga, ni son dificiles de trasladar y emplear, ni su coste es de consideracion; de modo que por todas estas razones parece que debemos esperar que se generalizará este modo, y con él aumentará la importancia de las obras de fortificacion de campaña.

501. Para que el que dé fuego á la mina esté á cubierto de su esplosion, y para que esta produzca todo su efecto hácia la parte superior, debe atacarse con tierra sola ó con tierra y madera, la galería ó pozo que conduzca al sitio del hornillo: para esto se rellena el vacío que pudiera quedar en la cámara, despues de colocada la caja que encierra la carga, con tepes ó ladrillos, y su abertura hácia la galería ó pozo se cierra bien con tablas que se apuntalan bien; despues se coloca tierra que se apisona lo mejor posible.

502. En vez de tierra sola, puede emplearse para cerrar un pozo ó galería madera y tierra, combinando una y otra cosa por tongadas de un metro ó algo mas de espesor; la parte de madera se forma con trozos de viguetas apoyados contra el fondo y contra las paredes laterales: segun acreditada la esperiencia, cuando el cierre se verifica solo con tierra, basta que se verifique en una estension dupla de la línea de menor resistencia, y si se atasca la galería con tierra y



con madera puede tener solo vez y media dicha línea; así la esplosion se verifica hácia la parte superior. Puede evitarse el cierre aumentando convenientemente la carga, y se ha observado que el espresado objeto se logra duplicando la carga que sería precisa en el caso ordinario.

503. Queda ya dicho que cuando la línea de menor resistencia no escede de 4<sup>m</sup>, la mina recibe el nombre de fogata. A la cámara de una fogata se llega comunmente por un pozo, y esto facilita la construccion; y esta circunstancia y la prontitud con que pueden ejecutarse, las hace muy recomendables para las obras de fortificacion de campaña, de tal modo que no se usan de otra especie.

504. Hay tres especies de fogatas, que se distinguen entre sí con los nombres de *ordinarias*, *de bombas* y *pedreras*: pero de cualquier especie que sea la fogata que se construya, debe colocarse siempre en los sitios por donde el enemigo tenga que pasar precisamente, y en los que deba detenerse algun tanto, para poder lograr que el éxito de la esplosion sea lo mas completo posible; por estas razones se colocan comunmente en las capitales de los salientes, y con preferencia en las de los que sean de mas fácil ataque; tambien suele colocarse alguna fogata ordinaria en el fondo de un foso ancho y próxima á la contraescarpa, teniendo por lo general en este punto la ventaja de que es donde el enemigo se vé precisado á detenerse mas y en mayor número, pero debe tenerse sumo cuidado en la eleccion de su sitio, para evitar la destruccion de los declivios y sobre todo del de escarpa. Para mayor seguridad del éxito, puede colocarse junto al terreno que debe volarse, una estacada ú otro obstáculo, de modo que el enemigo se vea precisado á detenerse en su destruccion, el tiempo que se considere necesario para que se llene el objeto citado, pero no debe hacerse un obstáculo tan poderoso, que obligue al enemigo á cambiar la direccion de su ataque, á menos que los accidentes le impidan hacer esta variacion, como por ejemplo, en un desfiladero, en un dique, &c.



505. No debe tampoco olvidarse que en general será mas conveniente para la defensa la reparticion de la carga, de modo que se formen varias fogatas pequeñas en vez de una grande, porque la esplosion, con tal que llegue á elevar el terreno, es suficiente siempre para herir y aun matar á los enemigos por ella arrojados; y asi lo mas conveniente es elevar mucha superficie de terreno para cojer á mayor número de contrarios, y esto se consigue mejor con dos fogatas pequeñas que con una grande.

506. Cuando se construya mas de una fogata en una misma direccion y muy inmediatas unas á otras, en general convendrá volarlas todas á la vez: para esto será preciso que el salchichon que ha de comunicar el fuego á los hornillos, sea de una misma longitud en todas las fogatas; y aun lo mas económico será hacer que un solo salchichon conduzca el fuego hasta un punto equidistante de todos los hornillos, y desde ese punto debe ramificarse hácia cada uno de ellos. A esta operacion se la llama compasar los fuegos, y para la determinacion de ese punto equidistante de los hornillos, puede hacerse lo siguiente: si son dos las fogatas, será dicho punto el medio de la línea que une los centros de sus hornillos; si son tres las fogatas, se busca primero el punto medio de la línea que une los dos mas inmediatos, se une este punto con el tercer hornillo y el punto medio de la distancia de la tercera fogata á una cualquiera de las dos primeras, será un punto equidistante de los tres hornillos: si fuesen cuatro las fogatas, se unen de dos en dos, y se hallan los puntos medios de estas distancias, unidos estos puntos por medio de una línea, el punto medio de esta última equidistará de los cuatro hornillos: y de un modo análogo se procederá cuando sean mas de cuatro las fogatas que deban volarse á un mismo tiempo, sin olvidarse que por cada recodo hay que calcular que la longitud del salchichon debe considerarse como que aumenta en 0<sup>m</sup>,08, para compasar del mejor modo los fuegos. Finalmente en el sitio donde se abre el pozo para formar una fogata, debe removerse la tierra á su inmediacion en suficiente estension, para que el



enemigo no pueda conocer este sitio con precision, y desviándose de él pueda evitar los efectos de la esplosion.

507. Pasando á ocuparnos de cada una de las distintas especies de fogatas, diremos solo respecto de las ordinarias, que se forman de un pozo de 3 á 4<sup>m</sup> de profundidad, que en su fondo ó en una de sus paredes laterales se abre la cámara y que colocada la caja que contiene la pólvora y el medio que se quiere emplear para darla fuego, es preciso cerrar y apuntalar cuidadosamente la entrada de dicha cámara y que se ha de cegar completamente el pozo, apisonando fuertemente las tierras é interpolando con la tierra si se puede, algunos trozos de viguetas bien encajados contra las paredes del pozo.

508. FOGATAS DE BOMBAS. Algunas veces se sustituye la fogata ordinaria con cuatro ó seis bombas cargadas á lo menos con la pólvora necesaria para hacerlas reventar, lo que puede efectuarse antes de que las bombas lleguen á la superficie del terreno, ó cuando lleguen á ella: en el primer caso no se coloca pólvora alguna suelta, y el salchichon con que se quiera darlas fuego, llega hasta las mismas espoletas; pero en el segundo caso, se coloca junto á las espoletas la pólvora necesaria para formar un embudo, teniendo en cuenta, que la línea de menor resistencia se hace comunmente de 4<sup>m</sup>,50 á 2<sup>m</sup>, y aun puede ser algo menor. Para sujetar á las bombas en la posicion conveniente, se las coloca en una caja, en la que hay una especie de taza para cada una de ellas, y de dimensiones convenientes para que encajen aquellas bien: en el fondo de cada taza hay un taladro por donde pasa la espoleta, de modo que por la parte inferior se coloca la caja de la pólvora cuando se quiere que los espresados proyectiles revienten despues de haber llegado á la superficie del terreno. En vez de bombas pueden emplearse granadas, y unas ú otras deberán cargarse cuando menos con la cantidad de pólvora suficiente para hacerlas reventar.

509. FOGATAS PEDRERAS. Llámanse asi á unas fogatas cuya esplosion debe hacerse en una inclinacion de 45° al horizon-



te ó con menor inclinacion, y á las que se las carga con una cantidad de piedras, proporcionada á la pólvora que constituye el hornillo, y las que en el momento de la voladura, son arrojadas con mucha fuerza y á muy sobrada distancia para que produzcan un grande efecto sobre las columnas enemigas que se dirijan al ataque de una obra. Pueden construirse formando el embudo cónico y cuyo eje tenga los  $45^\circ$  de inclinacion sobre el horizonte: la seccion causada en este embudo por la superficie del terreno puede considerarse como una elipse; pero son de mas fácil construccion y casi de un igual efecto, las que se construye su embudo por tres planos convenientemente inclinados al horizonte y que constituyen la bajada á la cámara, donde debe encerrarse la pólvora. Para mejor fijar las ideas, nos concretaremos á una fogata tipo ó modelo y despues será fácil generalizar las dimensiones para poderlas aplicar con fruto en cada caso singular que se nos presente. Sea (fig. 82) la proyeccion horizontal y vertical de esta fogata: la magnitud de la línea de menor resistencia  $A' a'$  será de  $1^m,80$ ; la distancia horizontal entre el centro de la carga y el arranque desde el terreno

del plano inferior  $= A B = 0,33 + \frac{1,80}{a + \frac{1}{3}}$ , representando

por  $a$  la inclinacion del terreno tomada en la direccion del eje; la  $B b$  puede ser igual á  $\frac{2}{3} A B$  y  $A H = 0^m,80$ . La excavacion debe ser simétrica respecto del plano vertical determinado por  $A B$ : los declivios deben formarse con sumo cuidado, en el del fondo está espresada su inclinacion por  $\frac{3}{4}$  y las de las caras por  $\frac{1}{6}$ , el plano superior está inclinado en contra de obra con base  $= 1$ , por 3 de altura: cuando las caras ó el plano superior no pueden construirse en el terreno natural con la inclinacion prefijada, deben sostenerse en ella por medio de un revestimiento ó tongada de tepes ó céspedes. Llegada la construccion al término de los declivios, se forma otro plano en su fondo, cuya inclinacion respecto del horizonte debe determinarse por la condicion de que sea



perpendicular al eje ó direccion del tiro; en este plano se abre la cámara de modo que sus caras laterales sean perpendiculares á este plano; las dimensiones de esta cámara deben ser las convenientes para la colocacion de la caja que contenga la pólvora.

540. La fórmula de que se puede deducir el peso de pólvora que constituye la carga es  $P = 1 + 0,666 V$ , representando por  $P$  el número de kilogramas de pólvora y por  $V$  la carga de piedras que se quiera colocar en la fogata espresada en metros cúbicos. Con la carga suministrada por esta fórmula, las piedras caen en una superficie de 90<sup>m</sup> á 150<sup>m</sup> de longitud, y de 20<sup>m</sup>, á 50<sup>m</sup> de latitud, y la mayor parte de las piedras caen de 50<sup>m</sup>, á 100<sup>m</sup>. Sobre el plano que forma el testero de la fogata se ajusta un tablero cuadrado, sólidamente unidas las tablas que lo forman y de 4<sup>m</sup> de lado y unos 0<sup>m</sup>,15 de espesor, que comunmente se forma con una doble fila de tablas, cruzándose á ángulos rectos los tablo- nes de una fila con los de la otra. Antes de fijar definitivamente este tablero, se coloca el medio con que se quiera comunicar el fuego, con su correspondiente canal, si es una salchicha, que desde la caja que encierra la pólvora, se eleva por una mortaja abierta en el plano superior, hasta cerca de la superficie del terreno, y desde allí se la dirige al sitio elegido para darla fuego, como queda dicho en las fogatas ordinarias. Cuando se emplea el cordon porta-fuego ó los alambres para la electricidad, puede ahorrarse la caja, colocándolos solos en una ranura que se abre en el plano superior, y teniendo cuidado al tiempo de establecer la carga de piedras, el disponer á estas de un modo conveniente, para que por ellas no sean rotos ó deteriorados los mencionados conductores.

544. Las piedras mas á propósito para cargar una fogata, son los cantos de forma esférica y de 0<sup>m</sup>,10 de diámetro próximamente; á falta de ellos podrán emplearse piedras cualesquiera, y aun ladrillos y medios ladrillos. Conviene no aumentar mucho la carga, porque cuanto mayor es ésta tiene