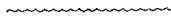


MEMORIAL DE INGENIEROS.



MEMORIAL
DE INGENIEROS

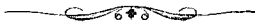
DEL EJÉRCITO.

COLECCIÓN DE MEMORIAS.

~~~~~  
CUARTA ÉPOCA.—TOMO XVIII.

(LVI DE LA PUBLICACIÓN.)  
~~~~~

Año 1901.



MADRID
IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

1901

INDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO,

publicadas en el año 1901.

ANDRADE.—*Influencia estratégica de los campos atrincherados*, por el capitán de Ingenieros D. Luis Andrade.—Consta de 83 páginas y 8 láminas.

FRITSCHI.—*Memoria descriptiva sobre los túncles y perforación por el aire comprimido*, por D. Roberto Fritschi y García, capitán de Ingenieros.—Consta de 53 páginas y 38 figuras intercaladas en el texto.

MALDONADO.—*Memoria de la conducción de aguas á través de la bahía de la Habana, desde la Capitanía del puerto á la casa Martí, al pié de la Cabaña*, por D. Senén Maldonado y Hernández, capitán de Ingenieros.—Consta de xii-68 páginas y 24 figuras intercaladas en el texto.

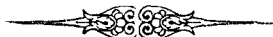
PERALTA.—*Foto-Taquimetría, nuevo procedimiento de Topografía-fotográfica*, por Don Rafael Peralta, teniente coronel de Ingenieros.—Consta de 32 páginas y 2 láminas.

RECACHO.—*Armaduras de cubierta construídas con hierros de sección anular*, por D. Fernando Recacho, teniente coronel de Ingenieros.—Consta de 40 páginas y 7 figuras con detalles, intercaladas en el texto.

RUÍZ MONLLEÓ.—*Causas frecuentes de siniestro en las vías férreas*, por D. Manuel Ruíz Monlleó, comandante de Ingenieros.—Consta de 39 páginas y 2 figuras intercaladas.

VIDAL.—*Defensa de costas y baterías económicas*, por D. Antonio Vidal y Rúa, teniente coronel de Ingenieros.—Consta de 36 páginas y 2 láminas.

A. M.—*Memoria sobre la organización de las tropas de Ingenieros en España*, por A. M.—Consta de 24 páginas.



INFLUENCIA ESTRATÉGICA DE LOS CAMPOS ATRINCHERADOS

INFLUENCIA ESTRATÉGICA
DE LOS
CAMPOS ATRINCHERADOS

FOR

EL CAPITÁN DE INGENIEROS

D. LUIS ANDRADE



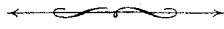
MADRID

IMPRESA DEL *MEMORIAL DE INGENIEROS*

—
1901



INTRODUCCION.



«Les places sont le seul moyen que l'on ait pour retarder, entraver, affaiblir, inquieter un ennemi vainqueur.»

NAPOLÉON.

Nos tan íntima la relación que hay entre el armamento, la táctica y la fortificación, que todo progreso del primero ha determinado la evolución de los otros, que por lo tanto ha respondido á una necesidad, pero siempre de tal manera que permaneciese fijo é inmutable el principio que desde los tiempos más remotos ha regido sus relaciones. Así, la fortificación ha sido siempre el medio de que se ha valido el débil para resistir al fuerte, tratando de equilibrar las fuerzas, y éste en cambio se ha servido de ella cuando por consecuencia de los desgastes naturales de una campaña, se ha visto precisado á aumentar la masa. De igual manera el campo atrincherado, en el concepto más ámplio de esta calificación, podemos decir que ha existido siempre, pero en relación con el armamento y la táctica.

Efectivamente, considerando al campo atrincherado como la posición fortificada donde un ejército débil ó batido encuentra protección, ya apoyándose en ella para combatir, bien guareciéndose cuando sus fuerzas no le permiten hacer otra cosa, observaremos que en relación con la potencia del armamento, en casi todas las guerras han figurado posiciones de esta índole. Cuando el armamento era elemental y la lucha no podía tener lugar más que cuerpo á cuerpo ó por artificios de muy corto alcance, un núcleo de población rodeado por murallas junto las que tiene lugar la contienda, constituye un campo atrincherado, y como tales podemos considerar á Troya y Cartago, centros de defensa que, con abundantes recursos encerrados en su recinto, ofrecieron larga resistencia, sin que en la lucha tuviera necesidad de intervenir la población ci-

vil, más que cuando el patriotismo les obligaba. Los romanos, al dominar con un número limitado de legiones todo el mundo conocido, tuvieron que valerse de ellos, que no otra cosa eran sus campamentos fortificados, centros de las líneas radiales que formadas por las calzadas romanas que van siempre por la divisoria, y permiten la dominación del bárbaro por el ciudadano. Cápua, en Italia, fué el campo atrincherado que sirvió á Anibal de apoyo para amenazar á Roma, y más tarde de refugio hasta su salida para Africa.

En la Edad Media la fortificación se amolda al carácter individual de la época, desaparecen los campos atrincherados en el concepto de apoyo de grandes ejércitos, y únicamente en España, donde la guerra de reconquista imprimía carácter de nacionalidad á los dos rivales, podemos citar á Granada como campo atrincherado natural, último reducto de la dominación sarracena.

Con el descubrimiento de la pólvora toman incremento las guerras de sitios de plazas, en que á medida que aumenta el alcance del armamento, tienen éstas que adquirir más fuerza para contrarrestar sus efectos, y exigiendo la táctica mayores contingentes, se desarrollan para proporcionarles líneas de fuego y encerrar más recursos. De esta suerte aparecen primero las líneas sobrepuestas, luego las obras avanzadas que apenas se atreven á separarse de la plaza, y á medida que ésta puede proporcionar más protección y necesita mayor amplitud, se alejan para convertirse en destacadas, que, cada vez más fuertes, pueden gozar de relativa independencia, y abandonando la forma regular, se aplican al terreno, constituyendo la actual plaza con fuertes destacados, que, según su misión y objeto, es el campo atrincherado; pero todavía el enorme contingente de los ejércitos modernos no tiene espacio donde desarrollar su acción en el estrecho círculo de los fuertes destacados, y estas plazas extienden líneas radiales que facilitan el despliegue en sus amplios sectores, y como enormes tentáculos transmiten la fuerza del centro á considerables distancias; y si aún esto no basta para encerrar todos los recursos necesarios, se forman grupos de plazas y regiones fortificadas, donde la naturaleza proporciona elementos de larga resistencia, y la ciencia y el arte acumulan todos los modernos recursos aplicables á la guerra.

Esta rápida ojeada sobre el desarrollo de la fortificación, respondiendo á la evolución del armamento y la táctica, nos prueba, como dijimos al principio, que el concepto del campo atrincherado ha existido siempre; y sin entrar en la perpétua discusión de nombres, que sólo sirve para involucrar ideas y producir confusión, pues siendo el mismo el concepto general, cada aplicación ofrece distintas circunstancias, y por lo tanto se presta á diferente calificación, pasaremos al estudio estratégico de estas posiciones, ó sea á la influencia que ejercen en la marcha general de la campaña, para lo cual no debemos entrar en el estudio técnico de estos campos, pues sus detalles varían con los principios tácticos y el armamento, mientras que los principios estratégicos permanecen inmutables.

Para ello, es lo más lógico recurrir á la historia, que es la única que por los hechos consumados puede prestar autoridad á opiniones que de otra suerte pudieran parecer aventuradas; pero como la organización de los ejércitos y sus medios de acción han variado tanto, nos concretaremos, por su mayor analogía con su estado actual, al estudio estratégico de aquellas campañas del siglo xix en que han desempeñado algún papel los campos atrincherados, limitándolo al bosquejo del conjunto y detallando lo que convenga á nuestro fin. No nos detendremos en la campaña de 1800, porque si bien Ulman reúne condiciones de campo atrincherado, deteniendo Kray durante cinco semanas á Moreau con 80.000 hombres, capituló precisamente en el momento en que podía haber desempeñado más papel la plaza. Examinaremos la de 1810 de Portugal, por la importancia que tuvieron las líneas de Wellington; pero no la de 1812 de Rusia, pues aunque Drissa se preparó como campo atrincherado, resultó inútil y abandonado por quedar fuera del sistema defensivo de Rusia, que comprendía desde Smolensk á Moscou. En cambio, Dresde en 1813, juega un importantísimo papel en manos de Napoleón, que sabe aprovechar su influencia. Estudiaremos también Sebastopol, que nos da idea de la defensa que puede hacerse en una posición cuando se organiza bien, con un gobernador inteligente y activo y un ejército de socorro que no desmaya, y cuya defensa es aplicable á las de los actuales. En cambio, Olmütz en 1866, podía haber jugado un gran papel si Benedek, después de Konigsgratz, se hubie-

ra valido de esta plaza como apoyo, pero llamado á Viena por el Emperador, su estudio no interesa por no haber alcanzado importancia.

Las guerras franco-alemana y turco-rusa, relativamente cercanas, con enormes contingentes puestos en juego, valiéndose de toda clase de elementos, desarrollando vastos planes estratégicos, con preparación y ejecución dignas de estudio, ofrecen los modelos de donde se pueden deducir más consecuencias para las campañas del porvenir. En las anteriores campañas encontraremos casi todos los casos que pueden presentarse, pero como atañéndonos más directamente, y por la importancia que en nuestro país han tenido, recordaremos ligeramente nuestras campañas carlistas, que también nos permiten deducir útiles consecuencias.

Guiados del más recto espíritu de imparcialidad, expondremos los hechos tal como los narran los autores más acreditados é imparciales, tratando de acomodar las versiones á la más estricta verdad y más clara exposición, para, sin prejuicios de ninguna clase, deducir del relato de los hechos las consecuencias naturales, que luego resumiremos en la última parte de este trabajo, que puede considerarse como filosofía de la historia de los campos atrincherados, y que no tiene más mérito que el lento y concienzudo estudio necesario para reunir y coordinar los elementos repartidos en numerosas obras y folletos, entresacando lo oportuno y rechazando todo lo que es producto de la pasión ó interés por una idea determinada.


El objeto principal de esta Memoria es coadyuvar al deslinde del estudio estratégico de la fortificación, que á todo militar interesa, del estudio táctico, de detalle, exclusivo del ingeniero y artillero; y al propio tiempo precisar el concepto de campo atrincherado, tan equivocado generalmente, puesto que se aplica esta calificación según la magnitud y forma de las obras, cuando debe ser por el papel que debe desempeñar en las operaciones de la campaña, papel que deduciremos del estudio histórico.



INFLUENCIA ESTRATÉGICA DE LOS CAMPOS ATRINCHERADOS

PORTUGAL.

1810—1811.

ERSISTIENDO Napoleón en despojar á los ingleses de la base de operaciones que tenían en Portugal, organiza en la primavera de 1810 la tercera expedición para ocupar este reino.

La primera hecha en noviembre de 1807, de acuerdo con España, que coadyuvó con 10.000 hombres para el cuerpo principal además de los amagos del Alentejo sobre Setubal, y del Norte sobre Oporto, marchó sin resistencia por la Beira Baja á Lisboa, y aunque el ejército francés no contaba más que con 20.000 hombres, el auxilio de los españoles permitió hacer la invasión racional á la vez por el Duero y ambas orillas del Tajo, logrando apoderarse de la capital. El levantamiento general de España de 1808, hizo que se insurreccionaran los 10.000 auxiliares de Lisboa que fueron desarmados, y habiéndose retirado al Norte del Ebro las fuerzas francesas que operaban en España, quedó aislado el ejército de Portugal, y obligado á fortificarse para dominar el país y resistir á los ingleses que habían invadido por la desembocadura del Mondego. Y de este modo empieza á ocupar la atención militar la posición de Torres-Vedras, á donde se retiran los 8500 franceses que restan del ejército de Portugal, después de la derrota de Vimieiro, sufrida al ir á contener el ejército inglés; pero insuficientes para defenderla, y bloqueados por el ejército y escuadra ingleses, hacen con Sir Arthur Wellesley, más tarde lord Wellington, una convención mediante la cual son transportados por mar á Francia, quedando Portugal en poder de los ingleses.

La segunda expedición fué más desastrosa, pues Soult, después de

rechazar á los ingleses á la Coruña, baja hacia Oporto, y cortada su línea de comunicaciones, atacado desde Lisboa, sin el socorro de Victor que es detenido, tiene que marchar á España por malísimos caminos, en los que pierde toda la artillería y material.

TORRES-VEDRAS.—En la primavera de 1810, la situación había cambiado por completo, en beneficio de los franceses. En efecto, ajustada la paz con Austria, el horizonte se despejaba en el teatro del Danubio, lo que permite enviar cerca de 100.000 hombres á España, y como lord Wellington estuviera en desacuerdo con los generales españoles, se retiró á Portugal, con lo cual los franceses quedaron dueños de toda España, excepto Cádiz, que era el único centro de resistencia.

En esta situación se forma un ejército con el 2.º cuerpo, que, á las órdenes de Reynier, estaba sobre Badajoz; el 6.º, al mando de Ney, situado en Salamanca; el 8.º, con el duque de Abrantes en Valladolid, y el de caballería á las órdenes de Montbrun, los que puestos bajo el mando del general Massena, príncipe de Essling, debían dirigirse á Lisboa. Con una fuerza que no pasaba de 40.000 hombres y 6000 caballos, no podía hacerse más que una invasión, y se optó por llevarla en la zona comprendida entre el Duero y la sierra de Gata. Como preliminares de la campaña, ocupan Astorga, para que asegure las comunicaciones desde Galicia, y sitian y se apoderan de Ciudad-Rodrigo y Almeida, para que sirvan de centros de abastecimiento del ejército.

El 15 de septiembre comienza el avance ante el cual lord Wellington, que tenía su ejército de 35.000 hombres colocado de Viseo á Almeida, lo concentra sobre el Alva, para acudir donde sea preciso. Los franceses, en lugar de tomar por la izquierda del Mondego, toman la derecha, que aunque alarga la línea de operaciones, ofrece más recursos para la alimentación y no presenta tantas dificultades como las estribaciones de la sierra de Estrella. Los ingleses toman posición en la sierra de Alcobá, donde son atacados de frente el 27 de septiembre, rechazando á los franceses, pero sin perseguirlos, lo que da lugar á que el 28 envuelvan éstos la posición de Busaco, teniendo que retirarse los ingleses al otro lado del Mondego dejando abandonada á Coimbra, donde entra Massena casi sin resistencia.

El 5 de octubre continúan el avance, hasta que los ingleses se reti-

ran tras las líneas preparadas de antemano, cuyo punto avanzado, Sobral, ocupan los franceses, atrincherándose en él el 8.º cuerpo.

La posición de Torres-Vedras, preparada con antelación, la formaban tres líneas. La primera con su derecha apoyada en el Tajo á la altura de Alhandra y la izquierda en el mar entre Torres-Vedras y Mafra, estaba formada por 32 obras cerradas, ocupando las alturas de Arruda á Puente Real, con Monte Grace como llave de la posición; tenía una extensión de 60 kilómetros y estaba armada con 140 cañones. La segunda línea tenía su derecha en Alberca y por Bucellas y Montachique llegaba hasta Mafra: la formaban 65 obras armadas con 150 cañones. La tercera defendía el fuerte de San Julián, en la desembocadura del Tajo, ocupando desde Belém á Cascaes, asegurando con 11 obras, armadas de 93 cañones, el reembarco de los ingleses en el caso de una retirada. Tenía la posición los inconvenientes de todas las líneas, con muy difícil retirada de una á otra, puesto que las obras cortaban los caminos; pero su situación topográfica, armamento y guarnición, que con las milicias alcanzaba á 150.000 hombres, la hacían inexpugnable. Como el ejército regular inglés no se consideraba suficiente en número, ni con condiciones para oponerse á los franceses en campo abierto, como lo demuestra la sucesiva retirada desde Coimbra, sólo tenía confianza en las líneas para contenerles, y efectuando el levantamiento en masa del país, cortar las comunicaciones con España, obligándoles á retirarse por falta de recursos, y aprovechando la ocasión para aniquilarles con gran economía de fuerzas y trabajo. Los franceses, por su parte, insuficientes para atacar tan fuertes líneas, tampoco podían hacerlas sucumbir por el bloqueo, toda vez que estaba libre la comunicación por el mar y con el Sur de Portugal; pero estando frente á ellas, obligaban á los ingleses á ocuparlas fuertemente, restando así fuerzas regulares y dirección á las que operaban en España. Ambos contendientes conseguían su fin estratégico, y las operaciones iban á entrar en una época de pasividad, turbada sólo por ligeros incidentes, y cuya duración no era posible prever, pues sólo circunstancias extraordinarias debían hacerla variar.

Los franceses se alejan de la costa para evitar el fuego de flanco de la escuadra y toman posiciones en Villafranca; pero agotados los recursos que les ofrece esta parte del país, deciden retirarse á Santarém, mo-

vimiento que, conocido por los ingleses que lo juzgan como retirada definitiva, les decide á seguir sus huellas, obligando á los primeros á formar escalones desde Santarém á Sobral; pero viendo que los ingleses no se deciden á atacar, se concentran el 21 de noviembre alrededor del primer punto.

Difícil es á los franceses racionarse, dada la devastación del país, y estando ocupado Coimbra por las tropas de Trant, y tratando de enlazar con Soult, que operaba por el Guadiana, pasan con éxito el Zéze; mas al tratar de salvar el Tajo por Punhete, sale Hill con 15.000 ingleses á impedirlo, logrando malograr esta tentativa. Las falsas noticias dadas al general Gardanne, que con 10.000 hombres avanzaba conduciendo un convoy que llega hasta Castello Branco, le hacen volver sobre sus pasos, dejando en malísima situación á las fuerzas de Massena.

En enero de 1811 una división del 9.º cuerpo, fuerte de 8000 hombres, aleja todas las partidas que merodeaban por retaguardia y consigue unirse á Massena, que sabedor de que dos divisiones españolas y portuguesas habían salido en socorro de Badajoz, y que el ejército inglés había recibido un refuerzo de 25.000 hombres, con objeto de impedir que, confiando en sus líneas, enviaran socorros á Andalucía, y tratando de conocer la verdadera situación del enemigo, ordena el 19 de enero un reconocimiento desde Alcanede. Efectúan éste 5000 hombres y 300 caballos al mando del duque de Abrantes, y aunque logran tomar á Rio Maior, tienen que suspender la operación por caer herido el duque.

En vista de que la situación era cada vez más grave, siendo los víveres más escasos, el 5 de marzo emprenden los franceses la retirada sobre Coimbra, seguidos de cerca por los ingleses, que picando constantemente la retaguardia mandada por Ney, quieren impedir el paso del Mondego, dando lugar á los combates de Pombal y Redinha.

Temiendo verse desbordados, se retiran sufriendo mil penalidades entre el Mondego y la sierra de Estrella, y llegan el 21 á Celórico, pasando enseguida á Guarda para entrar en España antes de que les corten la retirada. Bloqueada Almeida por lord Wellington, vuelve Massena con 35.000 hombres y 5000 caballos, reunidos en Zamora, Toro y Salamanca, y tiene lugar la batalla de Fuentes de Oñoro, en la que el

inglés, con 45.000 hombres, sostiene su posición, y tomada Almeida, vuelven á España los franceses, terminando esta fatal campaña.

Del ligero estudio que de ella hemos hecho, indispensable para apreciar el conjunto de las operaciones, pero sin descender á detalles innecesarios para nuestro objeto, podemos deducir que las líneas de Torres-Vedras, satisfaciendo al concepto formado del campo atrincherado, sirvieron al inglés de refugio cuando se creyó inferior á los franceses; que contuvo su avance, y sirvió de eje para impedir el paso del Tajo, no sacando de él todo el partido que era de esperar, tanto por la naturaleza del terreno como por la falta de acometividad del inglés, poco apto para la ofensiva. Su fuerza, como último reducto de la Península, es muy grande, si bien la falta de elementos de que disponían los franceses para el ataque, no permite saber la resistencia que estas líneas habrían opuesto, aun cuando es presumible que, abastecidas por el mar y Sur de Portugal, teóricamente debía ser ilimitada.

Esta campaña nos proporciona el ejemplo de un campo atrincherado como último reducto de una nación, caso que puede presentarse con frecuencia, si la campaña se prolonga mientras hay elementos materiales y morales de resistencia.



ALEMANIA.

1813.

La campaña de 1813 ofrece un notable ejemplo del apoyo que puede prestar un campo atrincherado á un ejército débil, acosado por el número, cuando se sabe emplearlo como eje de maniobra.

Los restos del ejército, después de la desastrosa retirada de Rusia, reunidos por Murat en Königsberg, tienen que retirarse al Vístula, y el 22 de febrero á Berlín, hasta que el príncipe Eugenio, en vista de que no se podía contar con la alianza de Austria que permanecía recelosa, se retira detrás del Saale, donde logra contener al enemigo. Por fin, el 27 de marzo, Prusia declara la guerra á Napoleón, hácelo algo más tarde Suecia, y no obteniendo Austria las ventajas que deseaba, queda en una neutralidad peligrosa.

Napoleón, que agotando todos los recursos consigue reunir un nuevo ejército, decide entrar en campaña inmediatamente, antes de que las circunstancias sean más desfavorables, y organizándolo en doce cuerpos, forma tres grupos: uno de 78.000 hombres, á las órdenes del príncipe Eugenio, lo deja en el Saale; otro, á las de Davoust, fuerte de 32.000 hombres, en el bajo Elba; y el tercero, formado por los cuerpos de Ney y Marmont, de 53.000 y 27.000 hombres respectivamente, el de observación de Italia de 42.000 y la guardia situada en Maguncia con 18.000. Este ejército, de una gran preponderancia de artillería, sólo contaba con 15.000 caballos, y además le faltaba la consistencia de las antiguas tropas, de las que sólo conservaba los cuadros, pues los soldados eran casi todos noveles, con pocos meses de instrucción.

Sale Napoleón el 16 de abril de París para Maguncia, marcha á Erfurt el 25, reúne el ejército detrás del Saale y desembocando en masa sobre Leipzig, ocupa el Elba, y con las victorias de Lutzen y Bautzen logra imponerse á los aliados, con los que firma el 8 de junio el armisticio de Pleiswitz, por mediación de Austria, á quien no quiere disgus-

tar, para evitar se una á la coalición, quedando como zona neutral la comprendida entre el Oder y el Elba.

Napoleón reparte su ejército en la baja Silesia, país rico donde puede vivir con holgura, mientras en Dresde empiezan las negociaciones, que no tienen otro objeto que ganar tiempo, en que pueda preparar sus tropas para la próxima campaña, donde intenta batir aisladamente cada uno de los ejércitos aliados. Con este objeto, recorre constantemente las poblaciones, revista con febril actividad los cuerpos, tomando con esto pretexto y tiempo para no resolver sobre las proposiciones que desde hace cuatro meses presenta Austria, pues juzga que cada día que pasa debilita la fuerza de los aliados y aumenta la propia.

Cubre el flanco derecho del ejército amenazado desde Bohemia con Saint-Cyr, que con 30.000 hombres se coloca en Königstein; Vandamme, con otros 30.000, pasa á la derecha del Elba para cubrir el paso á Lusacia; y Poniatowski con el cuerpo polaco y Víctor cierran el paso de Zittau, introduciéndose como cuña entre Austria y Silesia. Para extender desde Dresde su acción á Sajonia, Prusia y Lusacia, Macdonald, con 100.000 hombres, debía marchar al Bober para oponerse á Blücher, mientras Oudinot, con tres cuerpos, iría por Luken sobre Berlín, quedando como reserva la guardia en Bautzen, para acudir con el emperador donde hiciera falta. De esta manera, si los aliados se dirigían sobre Dresde, en cuatro días reunía 170.000 hombres que oponerles; si trataban de penetrar por Zittau, los reunía en dos días; si se concentraban en el Norte ó en Bohemia, podía poner enfrente 250.000, y si desde Bohemia pasaban á Leipzig, volviendo atrás, caía sobre las comunicaciones de los austriacos y los aislaba del resto de los aliados.

Estos formaban tres grupos: uno al Norte sobre Berlín, con 150.000 entre alemanes, ingleses, rusos y suecos, mandados por Bernadotte, que por Magdeburgo debía dirigirse á Leipzig; otro en Silesia, al mando de Blücher, compuesto de 100.000 entre rusos y prusianos, que por Bautzen debía atacar el Elba; y el de Schwarzenberg en Bohemia, que con 120.000 prusianos y otros tantos austriacos iba á operar contra el flanco derecho de los franceses. El plan general era rehusar el combate con Napoleón, y aprovechando la excesiva longitud de los radios, batir á

sus lugartenientes, contando para ello con 800.000 hombres entre el ejército de primera línea y las tropas en reserva.

DRESDE.—Napoleón había preparado esta desmantelada plaza, que podemos considerar como campo atrincherado, para eje de sus operaciones, cercándola con un vallado y defensas accesorias, rodeándola con ocho reductos, y acumulando en ella material, en especial de puentes, para las futuras operaciones.

Denunciado el armisticio el 10 de agosto y terminadas oficialmente las negociaciones, aun cuando particularmente siguen para retrasar la entrada de Austria en la coalición, se rompen por fin, declarando ésta la guerra el día 12, por lo que queda Napoleón con sólo 380.000 hombres para resistir toda la masa del ejército aliado. Sin perder momento, para no dar muestras de debilidad, se presenta en Bohemia, vuelve por Zittau, donde examina el terreno y situación de las fuerzas, y al llegar el 20 á Gorlitz se entera de que Blücher, el 15, sin respetar el armisticio que debía durar hasta el 17, había invadido la zona neutral, con lo que marcha con la caballería y tres divisiones de la guardia á rechazarle.

Blücher, que el 19 había batido á Ney en Katzbach, aunque á costa de grandes pérdidas, pudo avanzar, pero llegando el 21 Napoleón, toma la ofensiva contra los 80.000 hombres con que contaba Blücher, por haberse quedado retrasados los rusos, pasa el Bober y le ataca, teniendo que retirarse Blücher al comprender que tiene delante al emperador. El día 22 renueva éste el ataque, castigando duramente al enemigo, que tiene que repasar el Katzbach y retirarse á Golberg; pero la noticia de que los austriacos pasando por Peterswalde se presentaban á espaldas de Dresde, hace que abandone la persecución de Blücher, y con la guardia y el cuerpo de Marmont se dirige rápidamente atrás, dando al propio tiempo orden á Vandamme y Víctor de que se replieguen sobre el Elba; pero rebasando el mismo 23 á Blücher por la derecha, le rechaza, obligándole á retirarse á Jauer, después de haber perdido 8000 hombres en los diferentes combates. Macdonald se encargó de este cuerpo, partiendo Ney con el emperador.

Napoleón, comprendiendo que Dresde no tiene suficiente resistencia para la masa que le viene encima, no puede abandonarla, siendo como

es su eje; á pesar de que le contraría no deshacer por completo á Blücher, pero juzga comprometida la situación de Saint-Cyr, que sólo con 30.000 hombres ha tenido que replegarse, si bien defendiendo el terreno palmo á palmo. En vez de atacar de frente á los austriacos, se le ocurre pasar el Elba por Königstein para cortar sus comunicaciones con Bohemia y caer sobre el flanco de Schwarzenberg para echarlo sobre Dresde, concluyendo así con el núcleo más formidable de la coalición: para ello, con los 120.000 hombres que ha reunido, marcha á colocarse en las proximidades de Pirna, que debe ser tomada por Vandamme, defiende todos los pasos del Elba para evitar que lo pasen los austriacos, y envía á Dresde la caballería para hacer creer al enemigo que va á ser atacado desde esta plaza. Sin embargo, este hermoso plan no puede llevarlo á efecto, por los temores manifestados por Saint-Cyr, que hacen presumir á Napoleón que no resista Dresde los dos días que le son necesarios para bajar desde Königstein, y en su consecuencia adopta un nuevo plan, mediante el cual, Vandamme, con 40.000 hombres, tomará este camino, mientras él acude con 100.000 á Dresde. Los aliados, que preparaban el ataque á esta plaza, sabedores el 26 de la entrada de Napoleón, acuerdan suspenderlo, pero no llegan oportunamente las órdenes, y sin poderlo evitar tiene lugar á las tres de la tarde, siendo rechazados con pérdida de 8000 hombres. El 27 toma Napoleón la ofensiva, destrozando el ala izquierda del enemigo, que al saber que Vandamme se ha hecho dueño de Pirna, teme ver cortadas sus comunicaciones y ordena la retirada á Bohemia después de perder 30.000 hombres; Napoleón se dispone á perseguirlos, mientras Vandamme les ataca de flanco, pero tiene que modificar su proyecto al saber que á Oudinot, que debía estar ya en Berlín, le han detenido las inundaciones y ha sido rechazado uno de sus cuerpos, y que Macdonald había sido sorprendido por Blücher.

Aumentando el contingente de Vandamme á 40.000 hombres, continúa con éxito la operación hasta Kulma, donde encuentra inesperada resistencia; se mantiene en este punto en espera de refuerzos, pero atacado antes de llegar Saint-Cyr y Mortier, que Napoleón juzgó suficientes para asegurar la frontera de Bohemia, tiene que retirarse, y al hacerlo por Peterswalde, tropieza con las columnas prusianas que desembocaban, y es completamente deshecho.

Por una parte la suerte, y por otra la excesiva longitud de los radios que partían de Dresde, y la poca fuerza de esta plaza, iban facilitando el plan de los aliados de derrotar á los lugartenientes de Napoleón, haciendo en cambio imposible su proyectada marcha sobre Berlín, que había preparado el 30, enviando en su lugar á Ney, mientras él se colocaría entre Berlín y Górlitz para acudir donde fuera necesario; pero como Blücher continuara avanzando, deja á Dresde el 3 de septiembre para socorrer á Macdonald, haciendo el 4 repasar el Neisse á Blücher, á quien persigue hasta Górlitz, pero sin tener la satisfacción de derrotarle, pues la reaparición del ejército de Bohemia por Peterswalde, le hace retroceder, llegando el 6 á Bautzen y el 7 á Dresde.

Vencido Ney en Deunevitz, permanece Napoleón á la defensiva con sólo 250.000 hombres que le quedaban, pero en actitud amenazadora para caer sobre el punto débil; mas estrechando el círculo de hierro, determina restringir la posición, concentrando las fuerzas alrededor de Dresde. El 16 de septiembre hace una demostración sobre las montañas de Bohemia que le lleva hasta Kulma, pero al ver reunido todo el ejército austriaco, se retira por Pirna, mientras los aliados intentan la concentración en Leipzig. El 22 y 23 hace un reconocimiento ofensivo sobre Blücher para conocer la intención de los aliados, y en su vista toma posiciones hacia Leipzig, Mittweyda y Freiberg. El 3 de octubre es batido Blücher en Wartenburgo, persigue Napoleón á éste y á Bernadotte, pero el 12 sabe que marchan los otros cuerpos sobre Leipzig, y en su vista dispone allí la concentración de todo el ejército y toma posiciones para dar una gran batalla. Tiene ésta lugar los días 16, 17 y 18 de octubre, y derrotado Napoleón se retira á Francia con sólo 70.000 hombres, mientras Dresde, falto del apoyo del ejército, defendido sólo por 32.000 hombres, y habiendo terminado su cometido, capitula una vez rebasado por los aliados, sin tener esperanza alguna de socorro.

Como se vé por el anterior estudio, Napoleón se valió de Dresde, como eje de maniobras, que le sirviera para contener á los aliados, muy superiores en número, y si no le dió todo el resultado que deseaba fué porque su poca fortaleza no le permitía perderla de vista, dando con esto lugar á no poder desarrollar sus planes, que seguramente le habrían

dado resultado, si Dresde hubiese sido un campo atrincherado permanente, en cuyo caso, confiado en su fuerza, habría acudido en socorro de los lugartenientes, impidiendo su derrota, hubiera terminado las persecuciones y realizado los ingeniosos planes estratégicos que tenía concebido. Cuando juzgó que esta plaza no podía prestarle utilidad, la abandonó en vez de encerrarse en ella, que habría sido un gran error, tanto por su poca fortaleza, como porque no podía contar socorros de Francia, mientras los aliados aumentarían constantemente su fuerza; retirándose á Francia, donde sólo personalmente podía acumular recursos para una nueva campaña.



GUERRA DE CRIMEA.

1854.

En la primavera de 1854 declaran Francia é Inglaterra la guerra á Rusia, y concentrando sus fuerzas en Constantinopla y Gallipópoli, las transportan por mar á Varna, reuniendo 80.000 hombres; pero la desgraciada expedición á la Dobrutscha, que hace sufrir tantas penalidades, les hace desistir de la campaña en el Danubio para emprenderla en Crimea. El 14 de septiembre comienza en Eupatoria el desembarco de las tropas, que dura hasta el 19, formando un ejército de 65.000 franceses, ingleses y turcos, en que los primeros forman cuatro divisiones al mando de Saint Arnaud, y otras cuatro con diez escuadrones los segundos, á las órdenes de lord Raglan.

SEBASTOPOL.—Esta plaza, situada en el Oeste de la península de Crimea, tiene por el Norte la rada de Sebastopol, perfectamente defendida por baterías de costa acasamatadas, y el fuerte del Norte situado á la otra orilla de la plaza. Por tierra estaba defendida por un incompleto recinto formado por muro de piedra, con cuarteles defensivos, pues aunque había el proyecto de unir el fuerte de la Cuarentena á la bahía de la Carena por un recinto abaluartado, la seguridad de que no podía tener lugar un ataque por tierra, había hecho descuidar estas obras, que puede decirse que estaban en sus comienzos. La bahía Norte divide en dos la población: la parte inferior, que es el núcleo de la ciudad, limitado por las obras de fortificación y la bahía de la Cuarentena, y la de encima, que es el barrio de los marinos. El valle de Tschernaja, que corre de Este á Oeste y desemboca en la rada, limita la meseta, cuyo punto culminante, situado en el vértice, es Monte Sapoun; más al Norte corre paralelamente al anterior el de Alma, que forma una primera línea de defensa para las fuerzas que parten de Eupatoria. Al Sur está Balaklava, que, como veremos, tuvo bastante importancia en estas operaciones.

El proyecto de los aliados era, una vez en Eupatoria, correrse sobre el fuerte Norte con el apoyo de la escuadra, y tomándolo por asalto anular las baterías de costa, con lo cual podrían entrar los buques en la rada y bombardear á Sebastopol; pero echando á pique los rusos varios buques para cerrar la entrada, hicieron imposible este proyecto, no quedando factible más que el ataque por tierra.

El ejército de Menschikoff, fuerte de 35.000 hombres, toma posición en la orilla izquierda del Alma, á caballo sobre el único camino que de Bachtchisarai conduce á Sebastopol, posición que, aunque tiene buenas condiciones tácticas, resultaba débil, tanto por la excesiva longitud, como por no poder apoyar la izquierda en el mar, por flanquerla los fuegos de las escuadras aliadas.

El día 20 tiene lugar el ataque á la posición de Alma, marchando el cuerpo francés contra el ala izquierda, los ingleses contra la derecha y en reserva los turcos. La izquierda rusa, falta de apoyo, tiene que retroceder, y el centro y derecha siguen el movimiento ante el temor de verse envueltos, teniendo lugar la retirada sin persecución por no contar los aliados con otra caballería que la inglesa, que es rechazada. Los rusos, no queriendo perder sus comunicaciones con el continente, de donde únicamente pueden recibir recursos, ni desamparar la plaza, dejan en ella ocho batallones y ejecutan una hábil marcha de flanco por su izquierda, con lo cual tratan al mismo tiempo de cortar las comunicaciones de los aliados, mientras éstos la realizan por la derecha para pasar el Tchernaja y colocarse al Sur de Sebastopol.

El 22 los franceses avanzan á lo largo del río, incomunican el fuerte Norte y el 25 atacan á Balaklava, que defendido sólo por una compañía, aunque lo hace brillantemente, tiene que sucumbir, quedando la bahía de Balaklava ó de Kamiesch como base de operaciones del ejército aliado.

El entonces teniente coronel Totleben, comandante de ingenieros de la plaza, desplegando una actividad infatigable, refuerza las bosquejadas defensas para ponerlas al abrigo de un ataque á viva fuerza, que si hubieran efectuado los aliados inmediatamente, de seguro habría dado resultado. En vez de esto el 27 comienzan el desembarco de los parques, disponiéndose á un sitio regular; refuerzan Balaklava con obras de cam-

paña, que forman una primera línea de cuatro reductos, y otro en Kadikoï y encomiendan á los turcos su defensa.

El 17 de octubre tiene lugar el primer bombardeo de Sebastopol por la artillería del ejército y escuadra; pero Totleben, que había colocado 200 piezas en batería, respondió con vigor, causando bastantes destrozos en los barcos, lo que convence á los aliados de que no es tan fácil la toma de la plaza y continúan los trabajos de aproche. El ejército ruso, que entretanto ha recibido refuerzos, ataca á Balaklava el 25 de octubre, apoderándose de los reductos de primera línea, pero tiene que retirarse ante la llegada de fuerzas de refresco, no sin llevarse tres cañones que en vano trata de recuperar la caballería inglesa. En vista de esto, los aliados suspenden los trabajos de sitio para reforzar sus líneas ante la eventualidad de otro ataque, colocándose los franceses en el ala izquierda y los ingleses á continuación, con su derecha en Monte Sapoun; aumentan la fuerza de Balaklava con una brigada y la caballería inglesa y dejan dos divisiones francesas en observación. Hecho esto continúan los trabajos de aproche, mientras los de la plaza, á cada obra de los sitiadores responden con otra de contraaproche, empleando de 5 á 10.000 hombres diariamente en estos trabajos, con los que consiguen formar un obstáculo que ofrece respetable resistencia.

Sitiados y sitiadores reciben refuerzos, que alcanzan á 20.000 hombres para los primeros, cuyo ejército asciende á 90.000, habiendo reducido las bajas el contingente primero á 70.000; los rusos, entre la plaza y el ejército de socorro, reunían 82.000, pero el tener que emplear tantos en los trabajos de defensa establece una notable inferioridad. A pesar de ello toman la ofensiva contra el único punto débil de la inexpugnable línea del ejército aliado, que era por Inkerman sobre su ala derecha, con objeto de enlazar con la plaza en el caso de que el éxito les favorezca; y al efecto, el 5 de noviembre, Menschikoff, al frente de 30.000 hombres dispuestos en dos columnas, ataca Monte Sapoun, sorprendiendo á los ingleses, mientras otras dos columnas que salen de la plaza efectúan una diversión para llamar la atención; la situación de los ingleses llega á ser tan apurada que transigen con el auxilio de los franceses, gracias al cual logran rechazar el ataque, si bien sus pérdidas alcan-

zan á 5000 hombres por 8000 rusos, lo que prueba lo encarnizado del combate.

El 6 de noviembre rompen el fuego las baterías de la segunda paralela francesa, pero el mal tiempo hace que desde este momento vayan las operaciones con lentitud, quedando la guerra reducida al sitio de la plaza, y limitándose el ejército de socorro, escarmentado en la batalla de Inkerman, á enviar refuerzos á la guarnición, que cada día tiene mayor desgaste.

Tanto los trabajos de ataque como de defensa que desde este momento tienen lugar, merecen detenido estudio, pudiendo citarse como modelos; pero entrando en el orden táctico dejan de pertenecer al estudio estratégico que hacemos de esta campaña, que terminó gracias á los refuerzos recibidos por los aliados, por un asalto verificado el 8 de septiembre al fuerte de Malakof, tras de lo cual los rusos tuvieron que evacuarla, después de haber contenido durante once meses á más de 80.000 hombres.

De la rápida reseña que hemos hecho de esta campaña podemos deducir las graves consecuencias que tiene la falta de preparación de una plaza, aun por donde se pueda considerar más asegurada, pues es lógico que si tiene un punto débil, siempre el ataque tendrá lugar por él, por dificultades que ofrezca su preparación, tanto más cuanto en la guerra lo más inverosímil es lo que suele dar mejor resultado: si en Sebastopol se hubieran construído las obras que desde hacía mucho tiempo estaban proyectadas por los ingenieros militares, no habría corrido el riesgo de verse tomada por asalto, como pudo serlo fácilmente después de la batalla de Alma, ni habría necesitado de 5 á 10.000 hombres empleados diariamente en las obras de defensa, que, además de ser restados al ejército, hacían necesaria una reposición numerosa y constante, pues lo penoso del trabajo y el estar muy expuestos al fuego enemigo hacen que sus bajas sean mayores. Respecto al papel estratégico de la plaza, su situación aislada del resto de la nación hizo que el ejército ruso no pudiera apoyarse en ella para detener el avance de los aliados, pues una vez derrotado no tenía más remedio que encerrarse en Sebastopol, precipitando su caída; por esta razón ocupa la posición de Alma, á pesar de tener el flanco izquierdo sin apoyo, y, derrotado, hace la marcha de flan-

co para situarse donde pueda recibir refuerzos y socorrer á la plaza. Así lo hace primero atacando Balaklava para aislar á los aliados de su base de operaciones y más tarde en la batalla de Inkerman; pero escaso de fuerzas no puede conseguir un éxito que hubiera puesto á los aliados en muy difícil situación y reforzadas las líneas de contravalación no tiene más misión que cubrir las bajas del sitiado, y al fin proteger y facilitar la evacuación.



GUERRA FRANCO-ALEMANA.

1870-71.

La controversia sobre el influjo que en esta guerra han tenido los campos atrincherados, á los que muchos han atribuído los desastres del ejército francés, el ser modelo de planes estratégicos el del ejército alemán y la importancia de esta campaña por los contingentes puestos en juego, nos obligan á estudiarla algo más detenidamente que las anteriores, pues para deducir consecuencias exactas y desapasionadas es necesario en historia tener presentes factores de toda clase y estudiar con atención los hechos en conjunto para formar un imparcial criterio.

Aunque las operaciones de Metz y Paris están íntimamente enlazadas, siguiendo el orden cronológico estudiaremos Metz, hasta el momento en que los sucesos nos obliguen á ocuparnos del conjunto de la guerra.

Metz.—A la orden de movilización dada el 15 de julio para Alemania del Norte, el 16 para Baviera y Baden y el 17 para Wurtemberg, respondió Francia con la movilización y concentración en la frontera y el 19 declaraba la guerra. Extraña al objeto de este estudio no entraremos en la comparación de ambas movilizaciones, de sobra conocidas por todos los que han seguido con algún detenimiento esta campaña, y únicamente haremos constar, que mientras en Francia, á pesar de la actividad desplegada, todo era confusión y desorden, acumulándose en la frontera cuerpos con la mitad del efectivo, reservistas sin conocimiento de su destino, material incompleto y desordenado; Alemania movilizaba en siete días sus cuerpos de infantería, en ocho y nueve la caballería y artillería respectivamente, y hacía la concentración sobre el Rhin á los dieciocho días de la primera orden, sin tropiezos ni dificultades, marchando todo harmónicamente como los diferentes engranajes de una máquina. Mientras la primera, pensando tomar una loca ofensiva, no se

preocupa de armar y abastecer las plazas, revestir los parapetos y cerrar las golgas de los fuertes destacados, la 'segunda, más previsora, refuerza sus plazas, las arma y acumula en ellas elementos de defensa y resistencia para el caso eventual de una retirada. Mientras Francia discute el plan de operaciones en el momento de entrar en campaña, pensando primero en tres ejércitos que ocuparan Alsacia, Metz y Nancy, para organizar luego ocho cuerpos que disemina por la frontera, formando un cordón desde Thionville á Muhlhausen, Alemania ejecuta con ligeras variaciones el plan concebido y preparado por Moltke hacía dos años.

Limitado el teatro de la guerra por el Luxemburgo y Basilea, obligados los beligerantes á respetar la neutralidad de Bélgica y Suiza, era lógico suponer que la concentración francesa debía hacerse sobre la línea Metz-Strasburgo, para pasar el Rhin, y avanzando sobre el Mein separar los estados del Norte de los del Sur, y en combinación con éstos, caer sobre aquéllos; en su consecuencia, los alemanes tenían que hacer la concentración en el Rhin entre Coblenza y Strasburgo, y siendo en el plan de Moltke el objetivo de las operaciones el ejército francés, que batido había que rechazar al Norte para tener libre el camino sobre Paris, resultaba que el despliegue estratégico debía hacerse concentrándose para conservar siempre la superioridad numérica. Para ello organizan tres ejércitos, que forman centro y alas, constituyendo el de la derecha el 1.º con los cuerpos VII y VIII y un efectivo de 115.000 hombres; el 2.º, que es el centro, lo forman los III, IV, IX, X y XII, que con 150.000 hombres estaba formado en dos escalones, contando con que tenía que enlazar con el 3.º á través de los Vosgos y parte de su fuerza estaba destinada al sitio de las plazas del Norte; si se le agregaban los cuerpos situados á retaguardia, á dos jornadas, podía alcanzar hasta 180.000 hombres; el 3.º ejército, destinado á operar en Alsacia aisladamente, lo formaban los cuerpos V y XI, con los contingentes bávaros, de Wurtemberg y de Baden, llegaba á 150.000 hombres. El conjunto formaba un arco de círculo, cóncavo hacia el enemigo, apoyado en el Mosela y el Rhin, quedando el centro más retirado, en situación defensiva, con un efectivo real, á principios de agosto, de 330.000 hombres, que podía elevarse á 484.000 hombres y 1500 piezas; ó sea un grupo de 800.000 para dirigirse desde el Palatinado por Nancy á Paris, observan-

do á Metz y plazas del Norte, que quedaban en el flanco derecho, y otro de 150.000 para invadir la Alsacia.

Los franceses tenían agrupadas sus fuerzas en dos grupos, separados por los Vosgos, quedando en la extrema izquierda el 4.º cuerpo, y el 2.º y 3.º sobre la línea Metz-Saarbruk; el 7.º en la extrema derecha, ocupando el 1.º la zona entre Hagenau y Strasburgo; el 5.º establecía el enlace entre los dos grupos de Bitché á Sarreguemines; y el 6.º, que cubría Paris, formaba la reserva, situándose el emperador con la Guardia en Metz. El efectivo que se suponía á los franceses eran 180.000 hombres en la izquierda y 100.000 en la derecha; por lo que se vé eran muy superiores los alemanes y todavía más cuando, por efecto de las deficiencias de organización, los franceses no alcanzaron en total á más de 210.000 hombres con 924 piezas.

El 2 de agosto un reconocimiento del 2.º cuerpo francés sobre Sarrebruck da lugar al combate de este nombre, que careció de importancia; y el 3, el cuartel general alemán da la orden de la ofensiva general, empezando inmediatamente el 3.º ejército por el ataque de Wissemburgo para dividir la línea francesa, desembarazando el flanco de los otros dos ejércitos. La posición, que reúne buenas condiciones defensivas, estaba ocupada por la 2.ª división del 1.º cuerpo francés, á las órdenes del general Abel Douay, fuerte de 5500 hombres, con una batería; prohibido tocar la propiedad particular, no se habían atrincherado ni organizado defensa alguna, ni establecido el servicio de seguridad y vigilancia, de manera que la mañana del día 4, después de la rutinaria descubierta sin novedad, mientras están tomando la sopa, son sorprendidos por el fuego del cañón bávaro, y aunque resisten valerosamente á la vanguardia de este cuerpo, no pueden hacerlo cuando acuden el V y XI, y muerto gloriosamente el general, las fuerzas francesas se dispersan, desaparecen ó se rinden sin dar lugar á la persecución. Las pérdidas de los alemanes, que alcanzan á 1500 hombres de los 40.000 que entraron en combate á las órdenes del príncipe heredero, prueban lo encarnizado del combate y el valor individual que demostraron los franceses, anonadados por el número, que en caso de necesidad podía haber ascendido á 183.000 hombres, dada la orden alemana de acudir al cañón.

A consecuencia de este descalabro el terror se apodera del cuartel

general francés, al que no se le ocurre cosa mejor que adoptar una nueva organización, reuniendo en el mando de Bazaine los cuerpos de la izquierda y en el de Mac-Mahon los de la derecha, mientras la Guardia seguía siendo de honor del emperador. Mac-Mahon, con el 7.º cuerpo, los restos del 1.º é invitando al 5.º á que le preste apoyo, avanza á tomar posición en Woerth para oponerse al movimiento del 3.º ejército, que pasado el Lauter se dirigía al Seltz. La posición, que tiene unos 6 kilómetros de frente, reúne buenas condiciones defensivas, que aprovechan reforzándola con atrincheramientos, bien apoyada la derecha, que no puede ser envuelta, y la izquierda, más débil, organizada en ángulo defensivo; tres divisiones ocupan la primera línea y otras dos la segunda, sumando 45.000 hombres, con 102 cañones y 30 ametralladoras. Un reconocimiento de la posición, hecho por el II cuerpo bávaro, es origen involuntario de la batalla, pues acudiendo al fuego el V cuerpo, parte del VII y la vanguardia del XI, todos mezclados, pasando el mando sucesivamente al de más categoría, obedeciendo al que está más próximo, pero todos dirigiéndose al mismo objeto, renuevan los ataques cada vez que llegan refuerzos, sin quebrantar la línea francesa, que los rechaza con denuedo. A la una de la tarde toma el mando el príncipe heredero, que aceptando la situación tal como la encuentra, dispone un ataque al centro y derecha francesas, logra cortar este ala, y aunque la caballería trata de restablecer el equilibrio, las dificultades del terreno y el fuego enemigo la destrozan, haciendo inútil su esfuerzo, en vista de lo cual se retira Mac-Mahon hacia Saverna. Los alemanes pierden 11.000 hombres en la lucha y 4000 los franceses, á más de 6000 prisioneros, pues fueron arrollados por el número considerable de enemigos y la falta de tropas de refresco con que reforzar la línea, dado que las del 5.º cuerpo, dudando si acudir á la derecha ó á la izquierda, en la indecisión dejan pasar el tiempo sin prestar ningún servicio, hasta que tienen que retirarse.

El mismo día 6, la 1.ª división del 2.º cuerpo cubría en Spicheren la retirada del resto del ejército, movimiento que, observado por el general Kameke que mandaba la 14.ª división, le hace entrar en deseos de coparle, sorprendiéndola con su fuego y obligando á las otras dos divisiones del 2.º cuerpo francés á volver para ayudar á la 1.ª El resto del VII

cuerpo alemán acude á reforzar las tropas que se habían empeñado en combate, llega luego el III, y tras repetidos ataques, aunque los franceses se baten con su habitual valor, no pueden resistirlos y tienen que abandonar la posición, perdiendo 4000 hombres á más de 8000 prisioneros, siendo 5000 las bajas de los alemanes.

Señalado el ataque para el día 7 por el cuartel general alemán, estos dos combates no preparados, debidos únicamente al oportunismo, iniciativa ó impaciencia de los generales de división, cuyo éxito se obtuvo únicamente por la acumulación de fuerzas que acuden sucesivamente al lugar del combate, tuvieron por consecuencia hacerse dueño el 3.^{er} ejército de la Alsacia, y dejando libre el flanco de los otros dos, obligar á las fuerzas francesas de la izquierda á una rápida retirada, consiguiendo así el resultado previsto por el Estado Mayor alemán, que estando inculcado como catecismo en todo el ejército, le hacía marchar al unísono bajo una sola inspiración.

Bazaine, confirmado general en jefe de los cinco cuerpos de la izquierda, quiere lógicamente retirarse á Chalons para cubrir Paris, pero por un lado, el temor de que alcanzado por los alemanes sea arrollado, y por otro, razones dinásticas que le aconsejaban conservar íntegro su ejército, hicieron que con los 200.000 hombres que reunía, buscara el apoyo de las plazas del Norte, dirigiéndose para ello al Nied francés, mientras Mac-Mahon con sus fuerzas se había eclipsado, ignorándose su situación. Los alemanes creyendo lo más lógico, es decir, que los franceses marchaban á Chalons, pierden por un momento el contacto, que obtenido bien pronto gracias á la excelente instrucción de la caballería, observan la retirada al Mosela, y variando algo el primitivo plan, toda vez que el objetivo principal es el ejército francés, comienzan la gran conversión alrededor del 1.^{er} ejército, dirigiéndose el 3.^o por Saar-Union y Dieuze al Sur; el segundo más lentamente por Saint-Avold á Nomeny y el primero como eje por Sarre-louis á Boulay, lanzando lejos la caballería para no volver á perder el contacto. El 10 de agosto fué día de descanso para el 1.^o y 2.^o ejércitos, que eran los que debían atacar el Nied francés, mientras el 3.^o envolvía el ala izquierda é interceptaba la comunicación con el Sur; pero Mac-Mahon, en vista de los inconvenientes que ofrecía el Nied, se retira el 12 á buscar la

defensa del Mosela y el apoyo de Metz, que, sin alguna preparación, como ya hemos dicho, necesitaba ser cubierta en vez de cubrir; por lo cual, el ejército alemán, para impedir la retirada al Sur, continúa la conversión, pero adelantándose el eje, ó sea el 1.^{er} ejército, mientras el 2.^o se dirige á los puentes del Mosela. El 3.^o despliega el 12 sobre el Sarre, tomando las pequeñas plazas que encuentra al paso, que le ofrecen escasa resistencia, hasta el punto que alguna, como San Marcial, dispara un solo cañonazo, por no tener artilleros con que servir las piezas. Cercado Strasburgo, se colocan en el Mosela, lanzando la caballería al camino de Metz á Verdun buscando el contacto con las avanzadas francesas, y para entorpecer en lo posible la retirada: como hecho notable podemos hacer constar que una punta de exploración, compuesta de un cabo y cuatro hulanos, se apodera de Nancy el 14, que le abre sus puertas.

En vista de que los franceses no habían tenido la precaución de volar los puentes del Mosela comprendidos entre Metz y Luneville, ordena Moltke que el 2.^o ejército avance á ocupar Pont-à-Mousson, Dieulouard y Marbache, toda vez que evacuando los franceses á Metz, no era factible un ataque de frente contra el 1.^{er} ejército, y en cambio convenía cortar el camino á Paris. En efecto, Bazaine, en vez de atacar con sus 220.000 hombres al 1.^{er} ejército, mientras el 2.^o estaba en movimiento, que quizás le hubiera dado resultado, ó de tomar posición en el ángulo formado por el Mosela y su afluente el Ache, apoyándose en Metz, ordena á los cuerpos 2.^o, 4.^o y 6.^o que pasen el Mosela para dirigirse á Verdun, quedando la Guardia en Metz y el 3.^{er} cuerpo cubriendo la plaza.

El general Goltz que manda la vanguardia del VII cuerpo, comprende la difícil situación en que queda este 3.^{er} cuerpo, y por iniciativa propia le ataca el 14, siendo rechazado; acuden las fuerzas francesas más próximas, que alentadas por el resultado avanzan en persecución de la vanguardia alemana, con la desgracia de que en aquel momento llegaban los cuerpos VII y I, que habían sido avisados, los que destrozan á los franceses, que se retiran tras los fuertes de la plaza que evitan la persecución, continuando el paso del Mosela. En esta batalla de Borny las pérdidas alemanas son muy superiores á las francesas, pero la

detención que con motivo de ella sufre la retirada de éstas, sugiere á Moltke la idea de encerrarlos en Metz.

Tres caminos tiene Bazaine para salir de la plaza: el más meridional que por Gravelotte, Rezonville y Mars-la-Tour conduce á Verdun; otro que desde el mismo Gravelotte va por Conflans á Etain, y el más septentrional que conduce al mismo punto por Briey. El 15 lanza la caballería de reserva por esos caminos, tomando la división Du Barail el de Conflans y la Torton el de Mars-la-Tour, tropezando ésta ya con dos escuadrones y una batería alemana, que retroceden á Pusieux perseguidos por los franceses, á los que detiene el fuego de cañón, acudiendo la caballería próxima, que asciende á 15 escuadrones á las once de la mañana, llegando á 34 á las dos de la tarde, en vista de lo cual, Torton retrocede á Vionville.

Entretanto los alemanes pasan el Mosela y comienzan la difícil y peligrosa marcha de flanco alrededor de Metz, en un círculo de 30 kilómetros de radio, separados los cuerpos sin poderse prestar apoyo mútuo: el IV era el más meridional que había pasado el río por Marbache; seguían la Guardia, el X y el III, quedando en la derecha del Mosela el el IX y XII del 2.º ejército y frente á Metz el 1.º. El general Bazaine, sin fuentes de información, á pesar de estar en país propio, con una caballería impropia para la exploración, no supo aprovechar este momento para atacar las cabezas de las columnas en movimiento, si bien hay que reconocer que la espesa cortina formada por la caballería alemana le impidió conocerlo, y seguramente habría dado tiempo á concentrarse. En vez de esto, da la orden de marcha para el 16, seguida al poco tiempo de contraorden, para esperar al 3.º y 4.º cuerpos; pero en vista de la aparición de las tropas alemanas al Oeste, creyendo que su objeto es separarle de Metz, escoge una posición defensiva sobre el camino de Mars-la-Tour, con la izquierda apoyada en la plaza, la derecha retirada á Saint-Privat, un arroyo por delante que sirve de foso, y reforzándola con trincheras, coloca en una extensión de 15 kilómetros 162.000 hombres, formando la primera línea el 2.º cuerpo y la Guardia.

Los alemanes habían dado orden al III y X cuerpos de avanzar á lo largo del Mosela para colocarse á la derecha de la Guardia y IV, y el 16 la artillería alemana rompe el fuego sobre Vionville, sorprendiendo

á la caballería francesa, que desaloja el pueblo y en su huida arrolla á parte del 2.º cuerpo, siendo estos desórdenes los preliminares de la batalla de Mars-la-Tour. Empezado el fuego por el III cuerpo alemán y caballería, á duras penas pueden contener á los franceses hasta las tres de la tarde en que llegan el VII y más tarde el IX y logran rechazarlos, no acudiendo el X hasta última hora, por haberse desorientado. El resultado táctico de esta batalla fué nulo, pues los franceses sostienen la posición, y las pérdidas por ambas partes oscilan alrededor de 16.000 hombres; pero estaba conseguido el fin estratégico de cortar el camino meridional á Verdun, por donde sólo podían pasar los franceses después de desalojar de su posición á los alemanes. Todavía era posible á Bazaine salir por los caminos de Etain ó de Briey, ó bien tomar en ellos posición; pero amedrentado por los reveses sufridos, convencido de la superioridad alemana, teme muy fundadamente ser batido en marcha, arrollado, ó bien obligado á internarse en el Luxemburgo, y opta por tomar posición al Oeste de Metz, desde el bosque de Vaux á Saint-Privat. Esta posición ofrece excelentes condiciones defensivas, con gran campo de tiro, y la refuerza con atrincheramientos, excepto en el flanco derecho, por no tener tiempo de hacerlos y juzgar poco probable el ataque á Saint-Privat, cuya defensa encomienda al 6.º cuerpo.

Durante el 17 se termina la conversión alrededor de Metz, llegando el XII cuerpo al camino de Étain; quedando el X y la Guardia en el de Mars-la-Tour, formando ésta el centro del grupo destinado á atacar la derecha francesa, mientras el IX hacía un movimiento envolvente por la derecha contra la Guardia de Napoleon, que lo recibe con certero fuego. Hasta medio día del 18, la situación de los alemanes fué bastante comprometida, y gracias á la falta de municiones de los franceses y al refuerzo del II cuerpo, á última hora puede tomarse Saint-Privat, objetivo de la operación, pues aunque por el Sur la victoria está indecisa, se había conseguido el objeto de cerrar las salidas de Metz al Oeste. Cara costó á los alemanes esta victoria, donde perdieron 20.000 hombres y solo 12.000 los franceses, pero habían logrado impedir la unión de Bazaine y Mac-Mahon, quedándoles sólo batir á éste para tener libre el paso á Paris.

Deteniéndonos un momento en la rápida exposición que hacemos,

salta á la vista la influencia de Metz en este primer período de la campaña, recordando que al organizar los ejércitos alemanes, se dió más fuerza al 2.º en previsión del sitio de esta plaza; que á su observación estaba destinado el 1.º, en el caso de que el ejército francés se hubiera dirigido á Chalons y en Metz hubiera concentradas fuerzas de importancia que amenazaran el flanco de la línea de operaciones alemana. Después de los descalabros del 6 de agosto, sirvió de refugio á las desmoralizadas fuerzas francesas, que podían haberlo utilizado como apoyo para disputar á los alemanes el paso del Mosela, teniendo la previsión de volar los puentes, y como eje de maniobras, operar á su alrededor para atacar las cabezas de las columnas en movimiento, después del paso del río. Contando con la plaza, que aseguraba la retirada, pudo aceptarse la batalla del 14, en la que las fuerzas derrotadas se substraieron á la persecución, gracias á los cañones de los fuertes del Este que las protegían, sin que esta derrota fuera obstáculo para que el resto de las fuerzas francesas pasaran al otro lado del Mosela; sus fuertes fueron el apoyo del ala izquierda en la jornada del 16, y en la del 18 impidieron la persecución del ala derecha batida. Los detractores de la fortificación, y por tanto de los campos atrincherados, acusan á Metz de ratonera, donde cayó el ejército de Bazaine atraído por el apoyo de sus fortificaciones; pero aparte de que la marcha á esta plaza obedeció más á razones políticas que estratégicas, es posible, que de haberse retirado sobre Paris, alcanzado por los ejércitos alemanes, muy superiores en número, hubiera sido derrotado en una sola batalla en campo abierto, y dispersado, quedaba reducida la campaña al asedio de la capital, con lo que se habría abreviado mucho; marchando al Norte obligó á los ejércitos 1.º y 2.º á una conversión que duró diez días, dando con ello tiempo á que Mac-Mahon se reorganizara. Tampoco es tan absoluto lo del encierro del ejército, puesto que hasta después de la batalla de Borny no se les ocurrió la idea á los alemanes, tanto más cuanto el 16 podían haber salido de Metz y llegar al Mosa, no habiendo más que el 3.º cuerpo que pudiera oponerse, y aun el 20 tenía facilidad para marchar á Thionville, pero dado que las fuerzas francesas solo recorrían de 12 á 15 kilómetros por jornada, es más que probable fueran alcanzados, ó bien obligados á entrar en Bélgica.

Encerrados en Metz los 156.000 hombres de Bazaine por los 300.000 del 1.º y 2.º ejércitos alemanes, empiezan inmediatamente los trabajos de circunvalación para poder disponer de más fuerzas; forman el 15 el sub-ejército del Mosa, á las órdenes del príncipe real de Sajonia, con los IV y XII cuerpos, la Guardia y las divisiones 5.^a y 6.^a de caballería independientes, el que dirigiéndose por Verdun y Saint Menehould, debe colocarse á la derecha del 3.^{er} ejército, que por la línea Nancy-Chalons se dirige sobre las fuerzas de Mac-Mahon. Quedan, por tanto, el 1.º formando el ejército de bloqueo, con cuatro cuerpos del 2.º y una división de reserva, llamada para este objeto.

Mac-Mahon, que había reconcentrado en Chalons los cuerpos 1.º, 5.º y 7.º, y el 12.º de reciente creación formado por los llamados batallones de marcha, lucha entre las órdenes de Paris de acudir al socorro de Bazaine, ó su iniciativa de cubrir la capital, y adoptando un término medio se dirige el 21 á Reims, donde recibe el 22 un pliego de Bazaine, fechado el 19, en que le dice que evacuará á Metz por el Norte, cuando Mac-Mahon ya había dado las órdenes para la retirada. Contrariado por esta noticia emprende el movimiento hacia Metz, pero tan lentamente que el 26 de agosto recorre 8 kilómetros y 12 al día siguiente, y queriendo todavía retroceder el 27, recibe la orden terminante de Palikao de avanzar hacia Metz, pues su retirada sobre Paris podía dar lugar á la revolución.

Los dos ejércitos alemanes que se dirigían sobre Chalons, yendo el del Mosa una marcha atrasado para formar la escuadra y preparada la conversión á la derecha para apartar de Paris el ejército de Mac-Mahon, al saber la evacuación de Chalons, reciben la orden de acelerar la marcha en igual forma, pues creían que los franceses se proponían una defensa de flanco de la capital; pero noticiosos por la prensa de Paris de que el objeto de la operación es unirse con el ejército de Bazaine, Moltke, todavía incrédulo, prepara la conversión, pero de tal modo que al propio tiempo detenga á Mac-Mahon en el Mosa, á cuyo fin da orden de avanzar al sub-ejército y que dos cuerpos de los de Metz estén preparados para cerrar el paso, mientras los dos bávaros establecen el enlace entre los grupos de ejércitos. Al paso acordonan Toul y Verdun y toman Vitry, y el 25 el XII cuerpo, que forma la extrema derecha, se ade-

lanta por el Aire para cortar el Mosa en Dun, mientras la izquierda, formada por el 3.^{er} ejército, va formando el otro lado de la escuadra.

El día 28 de agosto llega Mac-Mahon á Mouzon, teniendo ya la línea desbordada por los alemanes, que habían tomado el puente de Ste-nay, teniendo lugar el combate de Nouart entre el XII cuerpo y el 5.^o francés, mientras el ala izquierda consigue pasar el río; el resultado es malo para los franceses, pues aunque parte de los cuerpos 7.^o y 12.^o le auxilian, no pueden resistir el empuje del IV cuerpo y los bávaros, que dan lugar á que el ejército del Mosa se introduzca como una cuña entre los franceses y Metz, mientras el 3.^o termina la conversión.

El 30 son sorprendidos los 15.000 hombres del 5.^o cuerpo por el I bávaro, y aunque la defensa es heroica no pueden resistir á los 60.000 que se les vienen encima, y completamente destrozado es recogido por el 12.^o cuerpo, dejando en poder de los alemanes 3000 prisioneros y toda la artillería. En esta batalla de Beaumont tuvieron 3500 bajas los alemanes y 1800 entre muertos y heridos los franceses.

Mac-Mahon se retira á Sedan el 31, y concentrando todas las fuerzas se establece en arco de círculo apoyado en el Mosa, alrededor de esta pequeña plaza; pero ni tiene la precaución de volar los puentes del Mosa, ni atrincherar las posiciones creyendo poder descansar, pues juzga por el propio cansancio el del enemigo. Pero éste, que no desmaya ni siente desalientos, rompe el fuego el 1.^o de septiembre contra las posiciones francesas, y herido Mac-Mahon, le substituye Ducrot, que opina internarse en Bélgica; pero tomando el mando Wimpfen quiere romper el paso á Metz que cierra el ejército del Mosa, y mientras tanto el III cierra el círculo, y los 200 cañones que al principio hacían fuego contra los franceses y que destrozan la caballería de Marguerite, se convierten en 500 á las cuatro de la tarde, en que después de tentar el último esfuerzo, capitulan los 81.000 hombres del ejército de Mac-Mahon, después de tener 17.000 bajas y 21.000 prisioneros durante la batalla. En ella tomaron parte 100.000 franceses con 400 cañones y 245.000 alemanes con 800: sólo pudieron escapar á Bélgica unos 3000 hombres y el 13.^o cuerpo al mando de Vinoy, que servía de enlace, se retira á Paris.

El día anterior 31, después de reforzar la línea Este de Metz con trincheras, prepara Bazaine una salida, y con 120.000 hombres ataca á

los 69.000 alemanes del 1.^{er} ejército, que permanecen á la defensiva, y pierden Noisville; pero el día 1.^o de septiembre acuden los cuerpos X y VII y mediante un fuego concentrado de artillería logran recuperar Noisville, retirándose los franceses bajo el apoyo del fuerte de Saint-Julien. Esta es la última tentativa que hicieron los sitiados para impedir el cerco, y en la que el citado fuerte les sirvió de apoyo para la retirada, y puede decirse que termina el primer período del bloqueo de Metz, que comprende desde el 19 de agosto al 1.^o de septiembre.

Comparando la suerte y resultados obtenidos por los dos ejércitos franceses, vemos que el de Mac-Mahon, después de una serie de movimientos para esquivar el encuentro con los ejércitos 3.^o y del Mosa, en una sola batalla en campo raso se ve completamente aniquilado y sus vencedores en libertad de poder dirigirse sobre Paris, mientras que el de Bazaine, apoyado en Metz, libra diferentes batallas, en que la suerte es más ó menos adversa, y encerrado en la plaza inutiliza siete cuerpos y tres divisiones para otra operación, lo que, como ya hemos indicado, no habría conseguido sin el concurso del campo atrincherado, pues no siendo sus tropas mejores que las de Mac-Mahón, es más que probable tuvieran igual suerte. También hay muchas probabilidades de que ocurriera lo mismo, de haberse verificado la unión de los dos ejércitos franceses, y entonces los alemanes, sin temor alguno por sus comunicaciones, habrían llevado al bloqueo de Paris las mismas fuerzas que llevaron, destinando las que estaban inmovilizadas alrededor de Metz á impedir la formación de nuevos ejércitos de socorro. Prueba el interés que tenían los alemanes en disponer de estas fuerzas el proyecto de colocar por la noche los 50 cañones de 12 centímetros que llegaron el 2, á 2000 metros de la plaza, sin hacer caso del fuego de los fuertes, que en la oscuridad sería bastante incierto, y en una noche lanzar sobre Metz y los vivacs del ejército francés 1000 granadas, obligándole así rápidamente á capitular, plan que, según los alemanes, no se llevó á la práctica por no tener más que doce avantrenes para conducir las piezas; pero en realidad la operación era difícilísima, no sólo por el fuego de los fuertes, sino también porque era posible una reacción ofensiva de los franceses, que no habían de estar inactivos recibiendo proyectiles,

la que quizás les diera por resultado apoderarse de las piezas, con gran ventaja para la defensa.

Como desde este momento tiene lugar el sitio de la plaza, conviene recordar sus condiciones antes de continuar adelante.

Los dos brazos en que se abre el Mosela, al entrar en Metz, dividen la plaza en dos partes con una isla intermedia: la del Este ú orilla derecha, es la verdadera plaza, cerrada por cinco frentes Vauban, con foso de agua y buenas condiciones para resistir un ataque á viva fuerza, pero sus escarpas, muy descubiertas, son fácilmente batidas en brecha: el terreno se presenta por esta parte en pendiente suave, formando una llanura dividida por el Seille, batida por el fuerte Belle-Croix, que es una doble corona con un magnífico sistema de contraminas, pero sin ningún abrigo. La isla está cerrada, por la parte del bajo Mosela, con un muro de recinto, defendido por una obra con foso de agua y un gran caballero que domina las avenidas. La orilla izquierda está cubierta por un frente nuevo, acasamatado, pero que estaba sin terminar en 1870, y delante estaba la cabeza de puente llamada fuerte del Mosela, también abaluartada: el terreno de la orilla izquierda forma una serie de mesetas que encajonan los caminos, mereciendo especial mención las de Saint-Privat y Amanvillers, donde tuvo lugar el combate del 18, y cuya posesión permitió á los alemanes cortar la salida á Verdun. Agua arriba de la población, un puente-esclusa permitía inundar los fosos, y al pié del glásis había varias lunetas que completaban la fortificación del cuerpo de plaza.

Las obras exteriores consistían en cuatro fuertes: en el Sud-Oeste, el de Saint-Quentin, vigilando las avenidas de Verdun, batía Amanvillers y Point-du-Jour; en el Nord-Este, el de Plappeville para los caminos de Briey y Thionville; en la orilla derecha, el de Saint-Julien vigilaba los caminos del sector Nor-Oeste, y el de Queuleu los de Strasburgo y Nomeney. Eran abaluartados, con un alto caballero para la artillería, debajo del que estaban las bóvedas, con fosos estrechos y profundos, pero sin flaqueo inferior. En su construcción habían ocurrido muchos percances, y los de la derecha tenían la gola sin cerrar, y, como ya hemos apuntado, todos casi sin armar.

Aunque la plaza por sus condiciones tácticas se presta á la ofensiva

contra Alemania, el tener adosados al recinto los barrios de Montigny y des Sablons en el Sur, y sobre todo, existir paralelamente á este frente una profunda trinchera del ferrocarril completamente desinflada y un enorme terraplen del de Thionville, le quita muchas de sus condiciones defensivas. De todas maneras, era suficiente para imposibilitar un ataque á viva fuerza, con elementos bastantes para cubrir de fuegos los parapetos; tampoco era factible un bombardeo con sólo piezas de campaña, por lo cual se hicieron venir los 50 cañones de 12 centímetros, que llegaron el 2 de septiembre, pero que ya hemos dicho por qué razón se desechó el proyecto. El mejor punto de ataque era por el fuerte de Queuleu, pues la trinchera del ferrocarril facilitaba la colocación de las piezas en batería y su servicio, pero en cambio era el fuerte que tenía mejor armamento. El ataque por la izquierda tampoco era factible, pues invirtiéndose el frente estratégico de los alemanes, las comunicaciones se harían con mucha dificultad, á más de las malas condiciones del terreno; por lo tanto, quedaba el fuerte de Saint-Julien como el más á propósito para hacer el ataque, cuya derecha se apoyara en el río. Aun así ofrecía muchas dificultades llevar el tren necesario, por lo que se desistió del sitio regular, y muy á su pesar decidieron los alemanes esperar á que la plaza se rindiera por hambre, puesto que creían no había en ella provisiones más que para tres ó cuatro semanas.

El mismo 2 de septiembre llegó el XIII cuerpo á reforzar el ejército de bloqueo, que en este segundo período se organizó, ocupando el 1.^{er} ejército la orilla derecha, dejando en primera línea los cuerpos I, XIII, y VII, la 3.^a división de reserva y la 3.^a de caballería, el III cuerpo en el ala derecha y el IX en la izquierda, y en la orilla izquierda los X, VIII y II. Al llegar la artillería de 12 centímetros formaron dos baterías de 20 piezas cada una, que agregaron á los cuerpos VII y VIII, y una de 10 al X, y dada orden de concentración al Sur, que es por donde era más probable una salida una vez destruido el ejército de MacMahon, pasó el VIII cuerpo á la orilla derecha.

Según noticias de los prisioneros y desertores, en Metz empezaban á escasear los víveres, pues decían se había disminuído la ración y comían carne de caballo; pero en cambio los fuertes se habían terminado y armado, como lo probaba el que frecuentemente tiraban sobre los acanto-

namientos avanzados de los alemanes y se habían hecho obras y atrincheramientos para reforzar la plaza. Los alemanes volvieron á pensar en un bombardeo general desde los 4500 metros, pero en vista de que los fuertes lo impedían decidieron el constante y lento, que empezó el 9 de septiembre y no dió ningún resultado. Durante el mes de septiembre, en que tuvo lugar el segundo período del sitio, los franceses hicieron diferentes salidas á partir del 15, siendo el único objeto proporcionarse víveres, obteniendo éxito las del 22 y 23, por lo que los alemanes dieron orden de destruir todos los depósitos existentes en primera línea.

La inmovilización de las tropas alemanas delante de Metz preocupaba al Estado Mayor alemán, que las necesitaba para el sitio de Paris, discurriendo infinidad de medios para rendir con rapidez la plaza, entre ellos formar un dique agua abajo de ella para hacer subir el nivel del Mosela y producir la inundación, pero como su construcción exigía cuatro meses se desistió de estos procedimientos, conformándose con el bloqueo como hasta entonces.

PARIS-METZ.—El 3 de septiembre se dió la orden al 3.^{er} ejército y al del Mosa de dirigirse sobre Paris, dando los itinerarios para la marcha hasta el día 16. Al paso intentaban rendir á Montmedy, que se resiste, entran en Reims, evacuado por los 12.000 hombres que lo guarnecían, y sin dificultades siguen la marcha á apoyar el flanco derecho, que es el del 3.^{er} ejército en el Marne, y el izquierdo, en el Mosa, recibiendo el 15 la orden de bloqueo, según la cual el sub-ejército debía ocupar el semicírculo Norte y Nor-Este, entre Sena y Marne, y el 3.^o la parte meridional, extendiéndose al Oeste. El 16 ocupaba su sitio el 3.^{er} ejército, con un frente de 40 kilómetros, á 45 de Paris, y el 19 tuvo lugar el acordonamiento, mediante ligeros combates para ocupar los puntos que los franceses poseían en la que iba á ser línea de circunvalación. Se dividió ésta en seis sectores, ocupando la parte Norte el IV cuerpo, por cuya derecha hasta el Sena se extendía la caballería; el Nor-Este lo ocupaba la Guardia, que siguiendo el ferrocarril llegaba hasta el Ourcq; desde éste hasta el Marne estaba encomendado al XII; la parte comprendida entre el Marne y el alto Sena ó sea el sector Sud-Este lo ocupaban la división wurtemberguesa y el XI cuerpo; desde el Sena al Bievre, el VI cuerpo; y desde éste al Sevres el II bávaro, quedando el

V cerrando hasta el bajo Sena. Los franceses permanecieron inactivos sin hacer tentativa alguna para oponerse á este despliegue, á pesar de contener en el circuito de sus fuertes cerca de 400.000 hombres y ser sólo 160.000 los que en esta primera operación componían el ejército de bloqueo.

Paris, situado agua abajo de la confluencia del Sena y Marne, es atravesado de Sud-Este á Oeste por el primero, que después de salir de la población forma un recodo hacia el Norte, con el que cubre por el Oeste, ó sea por la parte del Bosque de Bolonia, la capital, y al llegar á Saint-Denis retrocede otra vez, formando otra vuelta en Bougival y dejando una península dominada por la meseta de Mont-Valerien. El Marne, que trae la dirección Este-Oeste, forma otra península antes de unirse al Sena, y en el primer recodo de este río confluye el arroyo de Sevres; antes lo hace el de Bievre, que por el Sur penetra en Paris. En un radio de 6 á 10 kilómetros se encuentran una serie de colinas, uniformemente repartidas de Sud-Este á Nor-Oeste, que en la parte superior forman meseta. Por su población de dos millones de habitantes, que se elevan á tres contando los de las afueras y poblaciones próximas; por las numerosas comunicaciones, que irradiaban á toda la nación; por sus canales, por la centralización de su política, es Paris el corazón de Francia, por lo que su posesión era con razón considerada por los alemanes como el fin de la guerra.

En 1706, Vauban, adelantándose á su época, había proyectado la construcción de un campo atrincherado alrededor de Paris, pero nada se había hecho, dando lugar su falta de defensa á que en 1814 y 1815 cayese en poder de los aliados, en vista de lo cual, en 1841, después de vivas discusiones y adoptando un término medio entre las contradictorias opiniones emitidas, se comenzó la construcción de las fortificaciones, siguiendo en el detalle las ideas del gran maestro, cuyos principios consideraban como dogma y su defensa cuestión nacional para los ingenieros franceses, con lo que resultó que en 1870 estaban anticuadas, con relación á las fortificaciones extranjeras de la misma época. El recinto lo formaban 94 frentes abaluartados, con 34 kilómetros de desarrollo, y los fuertes, también abaluartados, eran en número de 15, de cuatro ó cinco lados, á distancias comprendidas entre 1900 á 4000 metros del re-

cinto, ocupando uno 105 kilómetros de perímetro. En el Oeste un solo fuerte en la meseta de Mont-Valerien, era suficiente para contener los ataques por esa parte, dado el foso natural formado por el Sena; en el Norte los tres fuertes de Briche, Doble Corona y del Este convertían á Saint-Denis en posición avanzada de la plaza. En el Este forman línea entre el canal del Ourcq y el Marne los de Romainville, Noisy, Rosny y Nogent con varios reductos intermedios, ocupando el fuerte de Aubervilliers el claro que queda entre los dos grupos; la península que forma el Marne está batida por los reductos de la Faisanderie y de la Gravelle, cuya gola bate el castillo de Vincennes, que puede considerarse como arsenal militar de Paris; y por el Sur, la línea de mesetas está ocupada por los fuertes de Charenton, Ivry, Bicetres, Mont-Rouge, Vauves é Issy; el primero entre el Marne y el Sena, y el último enlazando con Mont-Valerien.

Después de las derrotas del 7 de agosto se dió orden de armar los fuertes y preparar la defensa, acumulando municiones y víveres, reforzando las partes débiles con atrincheramientos de campaña, trabajos que tomaron más incremento después de la rendición de Sedán; pero reducidas las obras á enlazar los fuertes, se abandonaron las ejecutadas en posiciones fuera de la línea. Como capital de gran importancia, centro fabril é industrial, contaba con toda clase de elementos de defensa, como aerostatos, reflectores eléctricos, vagones blindados y cuantos progresos eran aplicables á la guerra; se preparaban y cargaban hornillos y organizaba una flotilla para el Sena. Contando con 13.500 marinos que se habían concentrado de los arsenales, el ejército regular ascendía á 60.000 hombres como núcleo de la guarnición, que con la guardia nacional alcanzaba á 400.000; pero necesitándose 170.000 para cubrir el recinto y fuertes, el ejército para operaciones activas quedaba reducido á 75.000 hombres, pues sólo la tercera parte del resto era apta para entrar en fuego. Podían contar con 3000 cañones, pudiendo calcularse como término medio en 70 por fuerte y 124 baterías de campaña, en su mayoría improvisadas.

Esta ligera descripción del campo atrincherado de Paris, hace comprender la dificultad de tomarlo por los procedimientos de sitio regular, á pesar de la corta distancia de los fuertes al recinto y de las malas

condiciones de éstos, pues teniendo mucha profundidad eran verdadero receptáculo de proyectiles. Por el Oeste el Sena y luego Mont-Valerien hacían imposible toda tentativa; por el Este tampoco podía emprenderse en el sector comprendido entre Sena y Marne, y más al Norte la cintura de defensas era muy fuerte y alejaba el ataque; por el Norte era necesario vencer primero las obras de Saint-Denis, muy alejadas de la plaza; así que resultaba la parte Sur la más vulnerable, por estar los fuertes bastante próximos á la plaza, pero aún así, las baterías del recinto coadyuvaban á la defensa y después de tomar los fuertes era necesario atacar ésta. Por estas razones, y á pesar del interés de los alemanes de vencer cuanto antes á Paris, para evitar la organización de nuevas fuerzas ó el levantamiento en masa del país, decidieron el bloqueo como único procedimiento para obligarles á rendir por hambre.

Del 23 al 30 de septiembre, los franceses hicieron pequeñas salidas con el único objeto de aguerrir sus noveles tropas, siendo la última la más importante, hecha desde Bicetre contra el IV cuerpo, mientras desde Issy é Ivry se hacían demostraciones contra los V y XI. Entre tanto Toul y Strasburgo habían sucumbido con gran ventaja para los alemanes, pues además de la importancia del segundo, ambos facilitaban el abastecimiento por ferrocarril del ejército sitiador de Paris, y sus tropas vinieron á aumentar á éste, que siendo sólo de 150.000 hombres con 600 cañones el 19 se elevaron á 200.000 con 900 piezas, en un círculo de 83 kilómetros.

A principios de octubre, Gambetta, demostrando una actividad asombrosa, hace un llamamiento á filas de todos los hombres útiles para la defensa nacional, y aprovechando que los cuatro ejércitos alemanes estaban asediando Metz y Paris, logra organizar medianamente 600.000 hombres, que distribuídos en cuerpos correlativos del 15 al 26 forman el ejército del Loire, que con 1400 cañones, á las órdenes del general Lamotte, comienzan su instrucción. El cuartel general alemán tuvo noticias el 6 de la formación de este ejército, que el bloqueo de los campos atrincherados impedía entorpecer y que colocaba á los alemanes en difícil situación, por lo cual, y en previsión de lo que pudiera ocurrir, toda vez que la caballería había tenido que retroceder ante el ataque de las fuerzas francesas, forman un cuerpo de observación de 40.000 hombres,

compuesto del 1.^{er} cuerpo bávaro, la 22.^a división de infantería y la 2.^a y 4.^a de caballería, que con 152 piezas á las órdenes de von der Tann cubra la parte Sur; bate el 10 en Artenay á los franceses y el 11 entra en Orleans; otro cuerpo, formado por 3 batallones y 3 baterías, cubre la parte Norte, y el Nor-Oeste, entre Oise y Sena, otros 3 batallones, 8 escuadrones y 2 baterías.

El 13 de octubre los sitiados hicieron una salida contra el II cuerpo bávaro y otra el 21 sobre Buzenval, por el Norte, para unirse con el ejército del Loira; siendo el combate de Bourget en el Nord-Este, en el que los franceses obtuvieron mejor resultado, ocupando algunas posiciones de los alemanes, que tuvieron que abandonar el 30 por falta de apoyo y elementos para conservarlas.

Los alemanes, con objeto de empeorar la situación de los sitiados, dieron orden de cortar el canal del Ourcq, que abastece de aguas la capital, y lo mismo que en Metz, proyectaron hacer una presa en el Sena á la altura de Sevres para producir la inundación, pero fué desechada la idea por larga y penosa é impedir su construcción el fuego de los fuertes próximos y baterías avanzadas.

Durante este mes tuvo lugar el tercer período del sitio de Metz, cuyo término fué la rendición de este campo atrincherado. Sabedores los alemanes de que en Luxemburgo se acumulaban víveres en gran cantidad, reforzaron el sector Nord-Este, concentrando la 3.^a división de reserva y el X cuerpo al Norte de la plaza, toda vez que cerrados los sectores Sur y Este y bien fortificados en el Oeste, no quedaba á Bazaine otra salida que por la derecha del Mosela á Thionville, operación que podía hacer con 80.000 hombres y cuyo objeto era el abastecimiento, mientras el resto del ejército hacía demostraciones para distraer fuerzas; pero de todas maneras no era ventajosa, pues si era alcanzado y libraba batalla, estaba perdido ú obligado á pasar la frontera, pero en cambio disminuía en Metz el número de bocas, con lo que se alargaba la resistencia, y en su consecuencia la inmovilización de fuerzas alemanas, aun cuando en menor cuantía.

La noche del 1 al 2 de octubre, Bazaine, al frente de dos divisiones del 6.^o cuerpo, llega hasta Ladouchamps, que formaba parte de la primera línea alemana, pero sin lograr romper el círculo; el 7, mientras los

cuerpos 3.º y 4.º hacen demostraciones por derecha é izquierda, Canrobert, con el 6.º y la Guardia, intenta nuevamente romper la línea, atacando en Woippy al I cuerpo, pero reforzado con los X y III logran conservar la posición, siendo ésta la última tentativa de los franceses, pues los alemanes, en vista de estos ataques, reforzaron la primera línea, haciendo en ella reductos de batallón, y tratando de abreviar la situación pidieron 10 cañones de 15 para poder bombardear la plaza y vivacs exteriores.

Entre tanto la miseria se dejaba sentir en Metz cada vez más, de tal suerte que las compañías habían quedado reducidas á unos 50 hombres, los escuadrones sólo contaban con 15 á 20 caballos y la artillería no podía atalajar más de dos piezas por batería; en su consecuencia, Bazaine entabló negociaciones para neutralizar su ejército, que, desechadas por el Estado Mayor alemán, le obligaron á capitular el 27, dejando 173.000 prisioneros, de los que 15.000 estaban enfermos ó heridos.

Analizando estos dos períodos del sitio de Metz, observaremos que la mala organización de Bazaine para la defensa de la plaza le impidió sacar todo el partido de las fuerzas de que disponía, con las que pudo hacer una defensa mucho más activa é intentar el abastecimiento por el Norte, así como tampoco supo economizar desde el primer momento los elementos de subsistencia, lo que le hubiera proporcionado el medio de alargar el sitio uno y quizás dos meses más, con lo cual, inmovilizados durante este tiempo los ejércitos alemanes, no habrían podido efectuar las operaciones siguientes y quizás hubiera sido otra la suerte de Francia, dada la incertidumbre é intranquilidad que por esta época existía en el gran cuartel general alemán. Y buena prueba de ello es que el 16.º cuerpo francés que iba á marchar sobre Orleans pudo ser detenido por las fuerzas que se concentraron en este punto, gracias á que parte de las de Metz pudieron reforzar el ejército de sitio de Paris.

Efectivamente, después de la capitulación de la plaza quedó guarneciéndola el VII cuerpo, relevado muy pronto por fuerzas de la landswer, marchando el 1.º ejército al Nor-Oeste para sitiar las plazas del Norte, rechazar al ejército que se estaba formando y cubrir por esta parte el ejército sitiador de Paris, mientras el 2.º se dirigía rápidamente al Loira. Organizándose nuevas fuerzas en Lion, á cuyo levantamiento coadyu-

vaban los voluntarios garibaldinos, el XIV cuerpo, á las órdenes de Werder, se dirige sobre ellos para impedirlo. De esta suerte el 7 de noviembre la situación de los ejércitos alemanes era: el del Mosa y 3.º, con fuerza de 300.000 hombres, sitiando á Paris; el 2.º, con 25.000, sobre el Loira; el 1.º, con 100.000, en el Norte en distintas fracciones, sitiando plazas y acudiendo á las tropas que se organizan; y el de Werder, con 50.000 en Dijon, y además los cuerpos de sitio de Belfort y Verdun, es decir, que fuera del grupo central, las fuerzas, en grupos relativamente pequeños, ocupaban toda la nación para sofocar los núcleos franceses.

Organizado el ejército del Loira, el general Aurelles, con 70.000 hombres y 150 cañones, toma la ofensiva á principios de noviembre contra Orleans, obligando á Tann á evacuarlo con sus 20.000 hombres y 110 cañones, para tomar posición en Coulmiers. El 9 de noviembre es atacado, obteniendo los franceses un éxito, pues obligan á los alemanes á retirarse hacia Chartres, cuyo fracaso no es mayor gracias á que el cuerpo de Gien llegó tarde al lugar de la acción, y la caballería francesa, mal dirigida, no cortó en Saint-Peravi la retirada de los alemanes como pudo haberlo hecho, destrozando por completo el cuerpo de Tann; pero en vez de esto y de continuar inmediatamente la marcha sobre Paris, se quedan inactivos cubriendo á Orleans, y el 28 el ala derecha es rechazada al marchar sobre Beaume le Rolande. El día anterior habían sido destrozadas en Amiens las fuerzas que se habían reunido en el Norte, y entonces los alemanes reúnen cinco cuerpos para envolver á Orleans, oponiendo así 160.000 hombres á los 200.000 del ejército del Loira, que presumían que iban á tomar la ofensiva sobre Fontainebleau.

Los defensores de Paris organizaban una salida por el Este, pasando con 130.000 hombres y 400 cañones el Marne por varios puntos, mientras se hacían demostraciones por el Norte y Sur. La poco sigilosa concentración de fuerzas, las maniobras para echar puentes y la tentativa de paso sobre las cañoneras, desenmascaró la operación, que comenzada el 29 de noviembre continuó el 30, pasando Ducrot el Marne, desplegando en la izquierda, llegando hasta Brie, Villiers y Champigny, desalojando á los alemanes y no pasando más adelante gracias al auxilio que el 3.º ejército presta al del Mosa. Conservan las posiciones hasta el 2 de diciembre, en que tratan de avanzar, mas el quebranto producido por

los días anteriores impide el éxito, en vista de lo cual el 3 repasan el Marne. Al propio tiempo en Orleans era destrozado el ejército del Loira, y los alemanes, después de ocupar la población, se dividen para perseguir sus restos.

Durante el mes de diciembre los franceses desplegaron bastante actividad, haciendo diferentes contraataques, siendo el de más importancia el del día 21 entre Saint-Denis y el Marne, en combinación con el ejército del Norte, pero no obtuvieron resultado alguno, permaneciendo los alemanes á la defensiva. En enero de 1871 puede decirse que se abre el sitio formal de Paris, comenzando el 5 el bombardeo de los fuertes del Sur y población á distancias de 5000 y 7500 metros, con 235 cañones, de los que 165 eran de 15 centímetros, 84 de 12 y el resto morteros; los fuertes y plaza contestaron á este fuego, no desmereciendo en acierto y actividad. El general Chanzy tiene el proyecto de socorrer Paris, poniéndose en combinación con Bourbaki, que operaba en el Doubs, y con Faidherbe, para lo cual avanza sobre Mans, para ir por Chartres á Paris; pero detenido el 10 por el 2.º ejército tiene que retirarse, mientras el ejército del Sud-Este se ve obligado á entrar en Suiza. El 19, 40.000 hombres de la guarnición de Paris hacen la última tentativa atacando por Mont-Valerien, pero aún suponiendo que hubiese tenido éxito, destrozados los ejércitos de socorro en que pudieran apoyarse, habrían sido aniquilados; así que es de presumir que esta salida no tuvo más objeto que dejar bien puesto el honor de las armas. El 26 se celebró un armisticio, y el 28 tuvo lugar la capitulación, que significaba el fin de la guerra, debiendo únicamente recordar como contraste, que en esta fecha todavía resistía Belfort, sitiada desde el 2 de noviembre, y permanecía francesa la guarnición de Bitché, en los Vosgos.

A medida que hemos reseñado esta campaña, en la que nos hemos detenido algo más por las razones apuntadas al principio y para poder abarcar el conjunto del plan estratégico, hemos analizado la influencia de Metz y Paris; deduciendo del estudio de esta segunda parte, que mientras las dos plazas estaban sitiadas hubo posibilidad de organizar ejércitos que continuaran la lucha; que el del Loira seguramente habría levantado el sitio de Paris si Metz no se hubiera rendido, pues pudo oponerle el 2.º ejército alemán. Respecto al detalle del sitio de Paris obser-

varemos que, á pesar de lo enorme de la guarnición, su falta de instrucción permitió á los alemanes efectuar la circunvalación casi sin resistencia, la que quizás no habría realizado de haberse opuesto con fuerzas regulares; y la misma causa hizo que se descubrieran las disposiciones para los contraataques, que de otro modo es muy probable que hubieran roto la línea alemana, sobre todo si los hacían combinados con alguno de los ejércitos de socorro. Respecto á las condiciones técnicas de ambos campos atrincherados, recordaremos que si Metz hubiera tenido sus fuertes á 7 kilómetros, ocupando las mesetas de Amanvilliers y Saint-Privat, no habría sido posible encerrar á Bazaine, por no tener suficiente fuerza para ello los dos ejércitos alemanes; así como Paris no podía ser bloqueado si sus fuertes en vez de estar situados á unos 3 kilómetros de la plaza ocuparan las posiciones que hoy tienen, distando como mínimo 9 kilómetros.

Respecto al papel estratégico de Metz y Paris como campos atrincherados, podemos resumirlo diciendo que alargaron la lucha, pues sin su existencia el desastre hubiera sido mucho más rápido; y si su defensa hubiese sido más activa, quizás habrían variado las consecuencias de la campaña.



GUERRA TURCO-RUSA.

Las insurrecciones de Bosnia y Herzegovina el año 1875; la guerra con Servia y Montenegro el 76 y la turco-rusa, consecuencia de las anteriores, nos ofrecen diferentes ejemplos de campos atrincherados, de cuyo estudio pueden deducirse consecuencias importantes para el fin que nos proponemos, tanto por la influencia que han tenido en la marcha de las operaciones, como por el contraste que ofrecen según el mejor ó peor empleo que de ellos se haya hecho. Por esta razón, y por la semejanza de los elementos empleados en estas campañas á los hoy disponibles por los ejércitos modernos, nos detendremos también algo más en su exámen, para poder formar juicio sobre este asunto y todo lo que con él tiene relación.

NIKSICK.—Resalta en primer lugar, como ejemplo de pequeño campo atrincherado de campaña, organizado para la dominación de un país rebelde, el de Niksick, que jugó importante papel en la insurrección de Herzegovina desde el año 1875 al 77. La ficticia dominación turca en esta provincia se conseguía guarneciendo las poblaciones importantes y con pequeños destacamentos en los fortines, llamados *koulas*, que atacados y cortados en su mayoría por los insurgentes, obligaron á sus guarniciones á concentrarse en las poblaciones, toda vez que el alzamiento del país era general. En estos centros, las guarniciones resistieron algunas mejor que otras y la guerra se redujo á su abastecimiento por medio de columnas volantes de poca consideración, pero que llegaron á apaciguar el país, hasta el momento en que el apoyo de los montenegrinos la hizo tomar otra vez cuerpo.

Los herzegovinos, comprendiendo la importancia estratégica de Niksick, nudo de comunicaciones en un país en que son muy contadas, punto por el que podían darse la mano con los montenegrinos, y verdadero campo atrincherado natural en que la fuerte posición de Monte-Duga forma un largo desfiladero con su entrada en Bilek, y Gatzo como

punto intermedio, acumularon sobre él todas las fuerzas, consiguiendo en septiembre de 1875 bloquear la guarnición, compuesta de 800 turcos, que con los de la ciudadela y koulas podían ascender á 2500 con 18 piezas.

Formaba este pequeño campo: Niksick, como núcleo, defendido por un recinto amurallado, antiguo, con torres flanqueantes y la correspondiente ciudadela; y alrededor ocho koulas eran las obras exteriores.

Durante octubre y noviembre la guarnición resistió las tenaces acometidas de los insurgentes, y en diciembre, siendo ya muy crítica su situación, llega un convoy con municiones y vituallas, que levantando el asedio aleja las fuerzas insurrectas y proporciona nuevos elementos de resistencia. Así continúa hasta abril de 1876, en que bloqueados por completo, deben la salvación á otro convoy que llega en junio, pues los montenegrinos, una vez asegurado su territorio por la parte de Podgoritza, marcharon en mayo, al mando del príncipe Nicolás, á coadyuvar con sus aliados, haciendo que Suleyman Pachá, con una fuerte columna, vaya á levantar el asedio, lo que consigue el 14 de junio de 1877. Pero obligado á abandonar la guarnición á sus propias fuerzas, por tener que acudir al Danubio, amenazado por los rusos, vuelve el 22 el príncipe Nicolás á bloquear Niksick, logrando el 31 tomar el fuerte de Tchadialitza, evacuado por sus defensores antes de que les cortaran la retirada; ocurren diferentes escaramuzas durante el mes de agosto, y á pesar de ser asaltados y tomados el 20 de este mes los koulas, la plaza se resiste hasta el 8 de septiembre, en que tuvo lugar la rendición por falta de recursos.

A pesar de la poca importancia que técnicamente tenía este campo atrincherado, pues su fortificación era por demás insignificante y anticuada, observaremos la grandísima que estratégicamente tenía, y cómo realizó su fin de interceptar la comunicación entre Montenegro y Herzegovina, atraer todas las fuerzas insurgentes dejando libre el resto del país, ser abastecida siempre que otras atenciones más importantes no lo han impedido, servir de apoyo á las columnas volantes y resistir durante dos años todos los esfuerzos de la insurrección, gracias á su valor natural y á la buena defensa de su guarnición. Si Suleyman Pachá no hubiera tenido que atender al Danubio, una vez levantado el asedio de Niksick, con lo que aseguraba la dominación de los herzegovinos, po-

día, apoyándose en esta plaza que le cubría la retirada, caer sobre Montenegro desde los Alpes Dináricos, con lo que en muy poco tiempo se hacía dueño de él.

DELIGRAD.—Aprovechando la insurrección de Herzegovina y Montenegro, Servia concluye con éste una alianza ofensivo-defensiva, y á fin de junio de 1876 rompe las hostilidades contra Turquía, para lo cual divide sus fuerzas en cuatro grupos destinados á operar en Morava el principal, cuyo objetivo es Nissa, otro en el Timok, para atacar Viddin, y el tercero en el Ibar, para apoderarse de Novi-Bazar y dar la mano á los montenegrinos, y el del Drina, que debía invadir Bosnia. Estos esfuerzos aislados, dieron, como era de esperar, mal resultado, teniendo que retirarse de sus empresas, y reuniendo Tschernaïeff la mayor parte del ejército se coloca en el valle del Morava, cerrando el desfiladero desde Alexinatx al campo atrincherado de Veliki-Siljegovatz, pues desde luego comprendía que perdida esta posición, los turcos podían fácilmente descender al corazón de Servia y apoderarse de Belgrado. Los turcos, que estaban en el valle del Timok, tardaron algún tiempo en emprender las operaciones sobre el Morava, dando lugar á que los servios organizaran la posición de Deligrad.

El 23 de agosto y siguientes hubo diferentes combates en la línea del Morava, y entre tanto, Deligrad, situado en el centro de la línea servia, era convertido en campo atrincherado de campaña, formado por este punto y Bobovitz en la orilla derecha del río y Djunis en la izquierda, siendo Deligrad el vértice del ángulo recto que formaban las posiciones. En este punto se hicieron doce obras en dos líneas, con emplazamientos para artillería; Bobovitz, que barreaba el Morava, se organizó en tres líneas, la primera en forma de herradura con sólo pozos de tirador en la parte baja, la segunda constituída por un reducto para batallón y dos baterías, y la tercera por cuatro baterías y trincheras flanqueantes; en Djunis también se hicieron tres líneas en los escalones que formaba el terreno, siendo la primera de trincheras, con dos lunetas intermedias y obras cerradas en los flancos; la segunda la formaban dos lunetas, y otras dos obras y trincheras la tercera. La situación de todas ellas era muy mediana, dado que quedada mucho terreno sin batir, y la organización y construcción dejaban bastante que desear, debido sin duda á la falta de

dirección técnica, pues las hicieron sub-oficiales de ingenieros, que sin plan general ni unidad de criterio comenzaron el trabajo, y lo fueron reforzando á medida que notaron las deficiencias.

Los turcos, fieles á sus procedimientos de pasividad y encariñados con el movimiento de tierras, formaron frente á Deligrad otra fuerte posición, que los servios atacaron los días 29 y 30 de septiembre, sin obtener ningún resultado por la diseminación de las fuerzas. El mes de octubre fué fecundo en escaramuzas, obteniendo éxito el ataque que el 19 hicieron los turcos, que el 23 lograron tomar á Djunis, gracias á la mala organización de las obras, pues asaltada la primera línea pronto quedaron anuladas las otras dos. El 29 dieron el ataque decisivo, quedando los turcos dueños de la posición y como consecuencia de Servia, lo que no tuvo lugar gracias á la intervención de Rusia.

A pesar de que las fuerzas servias eran superiores en número á los turcos, pues disponían de 45.000 hombres frente á sólo 40.000, éstos tenían en su favor que eran tropas regulares, aguerridas y disciplinadas, mientras el ejército servio estaba formado por milicias mal organizadas, con cuadros muy inferiores y muy mediana instrucción, y sin embargo, pudieron contener durante algún tiempo á los turcos, gracias á las fortificaciones, que aunque muy defectuosas les proporcionaron apoyo, que no hubieran tenido en campo abierto, donde habrían sido fácilmente arrollados. Si dada la importancia estratégica de esta posición, que podemos considerar como barrera de la única entrada de Servia, toda vez que por el Oeste era muy difícil de envolver, hubiera estado defendida por un campo atrincherado permanente ó por lo menos sus obras de campaña tuvieran mejor emplazamiento y organización, no habrían corrido los servios tan gran peligro, pues era muy difícil que los turcos vencieran sus dificultades. Alguna analogía por su situación y papel que está llamada á desempeñar tiene esta posición con el llamado campo atrincherado de Oyarzun, cuyas obras desde hace tiempo está realizando nuestro gobierno.

PLEWNA.—CUADRILÁTERO BÚLGARO.—La intervención de Rusia en la guerra de Servia hace que los turcos celebren un armisticio para que las potencias se ocuparan de la cuestión de Oriente en conferencias que duraron desde noviembre de 1876 hasta el 24 de abril de 1877 en que Ru-

sia declara oficialmente la guerra á Turquía, atravesando el mismo día la frontera europea tres columnas y penetrando otra en Armenia. Los turcos, cuyas fuerzas estaban reconcentradas para dominar las insurrecciones, las mueven rápidamente para formar tres grupos: uno, el más importante, en el cuadrilátero y la Doubroutscha, otro en Sophia y frontera de Servia y el tercero cubriendo á Constantinopla.

Mediante una convención con Bulgaria atraviesan los rusos este principado, presentándose frente al Danubio el 21 de mayo. Ocupada toda la orilla izquierda de este río, gracias á la desidia de los turcos, que permanecen inactivos en la derecha, se ofrecían á los rusos tres líneas de operaciones para llegar al objetivo primero, que era Andrinópolis, para desde ese punto dirigirse al principal, ó sea Constantinopla. La más corta es la que, atravesando el bajo Danubio, penetra en la Doubroutscha para dirigirse á Varna, pero aunque el paso entre Hirsova é Ismail es el más fácil y la longitud de la línea es sólo de 24 jornadas, la aridez del territorio que era preciso atravesar y la dificultad de forzar las plazas del cuadrilátero, donde cuatro veces en el siglo se han estrellado los rusos, no pudiendo seguir adelante ni ocuparlas, son inconvenientes que neutralizan por completo las otras ventajas. La segunda y tercera líneas, atravesando el Danubio en su parte media, conducen, una por Tirnova y los pasos de los Balkanes, de los que el principal es Schipka, á Andrinópolis, con longitud de 36 jornadas, y la otra por Sophia y Phillippopoli al mismo punto, con longitud de 48 jornadas. Entre ambas desde luego es preferible la primera, aun teniendo sobre el flanco las plazas del cuadrilátero, pues sobre ser de menor longitud, no tiene que vencer las dificultades que ofrece la meseta de Sophia, pudiendo ver cortada desde los pasos de los Balkanes la línea de comunicaciones. Estas consideraciones sin duda decidieron á los rusos para elegir la segunda, quedando por dilucidar el punto preferible para pasar el río. Desde luego tenía que realizarse próximo á una de las plazas, que una vez ocupada serviría de cabeza de puente que protegiera el despliegue, y como las de Roustchuc y Silistria habían sido reforzadas por los turcos; Tuturkai conducía al centro del cuadrilátero y Nicópolis estaba en regular estado de defensa. Quedaba Sistova, que dotada sólo de una mala ciudadela, no habían tenido los turcos la precaución de fortificar.

Los turcos tenían sus fuerzas distribuidas para oponerse al paso, con 16.000 hombres en el bajo Danubio, 6000 en Nicópolis, 2500 en Sistova, 4500 en Tirnova, 1500 en Plewna y 2000 en Lovatz, cuyas fuerzas daban pequeños destacamentos que vigilaban toda la orilla. Los rusos, para disimular el punto de paso, distraer las fuerzas del cuadrilátero y evitar que desde la Doubroutscha les corten la línea de comunicaciones, pasan por sorpresa el bajo Danubio por Zimmermann la noche del 21 á 22 de mayo, y después de vencer las enormes dificultades que ofrecía el pantanoso terreno de aquella parte, se apoderan de las casi desguarnecidas plazas del río, con lo que pueden pasar 60.000 hombres, que realizan su objeto durante el mes de junio; los 16.000 turcos que ocupaban esta zona se van retirando hasta el muro Trajano, arrasando el país y haciéndose fuertes en Bazardjik, punto avanzado del cuadrilátero, manio- bran á su alrededor para contener el avance ruso, hasta que vencidos más tarde abandonan la población y se retiran al cuadrilátero, donde los rusos no llegaron á penetrar en toda la campaña.

Entre tanto tenían lugar frecuentes combates de artillería entre ambas orillas del Danubio, hasta que el 27 de junio fuerzan los rusos el paso por Zimnitza-Sistova, toman esta plaza y tiene lugar el despliegue del ejército en la Bulgaria meridional, siendo la línea de operaciones la que por Tirnova se dirige al centro de los Balkanes, donde los pasos estaban peor fortificados. Para no dejar á los turcos tiempo de prepararse, el general Gourko, con la vanguardia y el VII cuerpo, avanza inmediatamente, toma á Tirnova el 7 de julio, y atravesando el 12 los Balkanes por Haïn-Kioï, que por creerlo impracticable no habían defendido los turcos, se presenta en el valle del Toundja para atacar de revés el importantísimo paso de Schipka, necesario para el avance del grueso del ejército.

Con el fin de prevenir los ataques de flanco de las fuerzas turcas concentradas en el cuadrilátero ó de las procedentes de Viddin y Sophia, los cuerpos XI y XII, reforzados más tarde por el XIII, formaron el ejército de observación de Roustchuc, destinado á contener las fuerzas del Este y á ser posible dar la mano al cuerpo invasor de la Doubroutscha, y el IV cuerpo se dirige sobre Nicópolis para proteger el flanco derecho, quedando los rusos dueños de la zona comprendida entre los ríos Jantra, Osma, el Danubio y los Balkanes.

Osman Pachá, al frente de 19.000 hombres, acude desde Viddin á socorrer á Nicópolis, pero llegando tarde, pues la plaza cae rápidamente en poder de los rusos, se queda en el Vid, donde, comprendiendo la importancia estratégica de Plewna, toma posición en ella el 19 de julio; Schilder, desde Nicópolis marcha con solo 10.000 hombres sobre Osman Pachá, cañonea durante seis horas la posición y la ataca el día siguiente 20, pero es rechazado, teniendo cerca de 4000 bajas. Desde este momento, gracias al error de los rusos de no acumular inmediatamente grandes fuerzas que arrollarían á Osman Pachá antes de fortificarse, adquiere Plewna una importancia extraordinaria, que creciendo cada día se convierte en el principal objetivo de los rusos.

Plewna, población de 17.000 almas, situada sobre el Vid, á 30 kilómetros del Danubio, tiene gran importancia estratégica como centro de comunicaciones que conducen á Nicópolis, Sistova y Roustchuc por el Norte y Nord-Este; á Sophia, Rahova y Viddin por el Oeste; y á Lovotscha, Tatar-Bazardchik y Philippopoli por el Sur; también la tiene como posición situada sobre el flanco derecho de la línea de invasión, reuniendo además excelentes condiciones tácticas para la defensiva. A la izquierda, el Vid á 3 kilómetros de la población, sirve de foso natural, cuyas ventajas desaparecen en parte por lo escarpado de las alturas de la orilla derecha, que dejan un ángulo muerto considerable, á pesar de la suave pendiente de la otra orilla, que sólo puede batirse á larga distancia, por lo que como gola de la posición no puede reputarse como mala. Por el Norte el Grivitza sirve también de foso, alzándose dos elevadas lomas, en las que están enclavadas las aldeas de Opanetz, Bukova y Grivitza y hacia el Este se desprenden á poca distancia de la población una serie de merlones, que continuando hacia el Sur bajan en rampa suave al Tutschenitza y el vértice de los dos lados lo ocupa Radischine, que puede considerarse la llave de la posición.

Osman Pachá, juzgándose débil para perseguir á los rusos, comprende el resultado que puede obtener desde esta posición, por lo cual llama refuerzos, ocupa Lovostcha, que le permite comunicar con los Balkanes, y fortifica la posición haciendo dos reductos en Grivitza, uno en Bukova, que dota de una batería para barrear el valle, otro y dos baterías en el Sud-Oeste, dos en el Oeste, uno en Krichine y otro en el Este.

Por su parte los rusos se hacen cargo del peligro que ofrece esta posición colocada en su flanco, por lo que envían 32.000 infantes, tres brigadas de caballería y 186 cañones, que á las órdenes de los generales Krüdner y Schakovskói, cada uno por su lado atacan el 30 de julio á Grivitza y Radischevo, siendo rechazados con más de 7500 bajas.

Entre tanto Gourko toma el 17 de julio á Kezanlik y conforme á lo convenido se dirige á atacar Schipka por retaguardia mientras las fuerzas procedentes de Gabrova lo hacían de frente; pero rendidas las tropas por la batalla, después de seis jornadas de marcha, no verifica el ataque hasta el 18, con lo cual tanto el de frente como éste resultan infructuosos por el momento, pues los turcos, ante el temor de verse cortados, el 19 abandonan la posición, que los rusos se apresuran á ocupar y atrincherar fuertemente. Suleyman Pachá, que con 50.000 hombres del ejército que operaba en Montenegro acudía en auxilio de los defensores del paso, consigue derrotar el 31 á los rusos en Eski-Sagra, lo que unido al infructuoso resultado de la batalla de Plewna, que había tenido lugar el 30, obliga á Guorko á mantenerse á la defensiva en los pasos conquistados, tanto más cuanto el VII cuerpo que acudía á reforzarlo es llamado precipitadamente á Plewna; el general ruso, temiendo ver cortada su retirada si los turcos toman la ofensiva, deja Schipka bien guarnecido y se retira el 8 de agosto á Tirnova. Si en este momento los generales turcos, olvidando celos y rivalidades, hubieran atacado desde Roustchuc, Plewna y los Balkanes, la situación de los rusos se habría visto seriamente comprometida, teniendo divididas las fuerzas, de suerte que no podían prestarse apoyo y en ningún punto eran superiores.

El general en jefe Mehemet-Alí, comprendiéndolo así, toma la ofensiva desde el cuadrilatero, apoyado en las plazas, arregla Rasgrad, levanta el asedio de Roustchuc, vence en los combates del 21 y 22 de agosto sobre el Lom y continuando el avance rechaza á los tres cuerpos rusos, que pierden 40 kilómetros, y entreteniéndolos impide que hasta el 14 de septiembre puedan reforzar las tropas de Plewna. En cambio Suleyman Pachá, en vez de cumplir las órdenes del general en jefe de atravesar los Balkanes y dejando refuerzos á Osman Pachá para que pueda tomar la ofensiva, caer sobre el alto Lom para completar y coadyuvar á su esfuerzo, se empeña en inútiles reconocimientos por el

Toundja, ataca á los 10.000 rusos atrincherados en Schipka, perdiendo 3000 hombres el 21 de agosto y 8000 el 23 y en vista de que las tentativas que sigue haciendo hasta el 26 le cuestan tan caras, se atrincheró en las posiciones conquistadas y cubre su retaguardia organizando en Senova un campo atrincherado, con 16 reductos y sus correspondientes baterías y trincheras.

Osman Pachá, reducido á la defensiva por falta de refuerzos, da gran desarrollo á la posición de Plewna, haciendo en Grivitza los reductos números 1 á 6, los 7 á 17 sobre Opanetz, que forma el extremo más avanzado, á 6500 metros de Plewna, todos los cuales constituyen la línea Norte, cuyo centro es Boukova; desde Grivitza á Tutschenitza los reductos números 38 á 48 forman la línea Este á Sud-Este de 4 kilómetros de desarrollo, á 3200 del poblado; y desde Tutschenitza al Vid, la Sud-Oeste, de 9 kilómetros de desarrollo, está ocupada por los reductos 18 á 37. En cada línea se organizan tres órdenes de fuego para infantería, de suerte que las de retaguardia batan perfectamente el interior de las obras anteriores, lo que se consigue á pesar de que las trincheras tienen 1 metro á 1^m,50 de desmonte: se establecen buenos emplazamientos para artillería, se refuerzan los perfiles, haciendo los parapetos revestidos, á los que se da 6 metros de espesor, se organizan traveses, entre ellos los tan conocidos en cruz en el interior de las obras; los fosos varían de 4^m,50 á 6^m,50 de ancho por 3 de profundidad, haciendo camino cubierto en la contraescarpa, en una palabra, substituyen por un enorme trabajo todo aquéllo que, dada la importancia de la posición, debía haber sido permanente.

Como hemos dicho anteriormente, los rusos echan mano del VIII cuerpo para reforzar las tropas que estaban frente á Plewna y de 25.000 rumanos que colocan en el ala derecha y fortifican sus posiciones durante todo el mes de agosto, al fin del cual puede considerarse que hay 50.000 hombres en cada lado. Del 2 al 3 de septiembre y con objeto de aislar Plewna de los Balkanes, atacan á Lovotscha, obteniendo resultado, y con el mismo fin destacan al Vid ocho regimientos de caballería con tres baterías y concentran frente al campo atrincherado hasta 75.000 hombres, que durante los días 7 á 10 de septiembre preparan con ataques parciales el general, que iba á tener lugar el 11 como tercera ten-

tativa del ataque á viva fuerza. Este día las 450 piezas de que disponían los rusos rompen el fuego desde las obras situadas á 2000 metros de las turcas y se verifica el ataque á la vez por tres puntos. Los rumanos, que ocupaban el ala derecha, atacan el Nord-Este, teniendo como objetivo los reductos de Grivitza, de los que toman el primero, que pueden conservar gracias á las fuerzas de zapadores que llevaban las columnas de asalto, que lo invirtieron rápidamente aprovechando el momento de retirada de los turcos; en el centro el ataque contra el reducto de Radischevo fué infructuoso, perdiendo la mitad del efectivo las fuerzas encargadas de realizarlo; la izquierda tuvo mejor resultado, pues tomó algunas obras de primera línea y llegó hasta la segunda, pero la falta de refuerzos les impidió continuar el avance, y tomada el 12 por una reacción ofensiva la obra de segunda línea, tienen que evacuar las de primera, que estaban perfectamente batidas y no habían podido invertir. Esta batalla costó 16.000 bajas á los rusos y 8000 á los turcos, lo que prueba lo encarnizado del combate y la dificultad de atacar obras bien organizadas, con extensión proporcionada á la fuerza que las defiende; su resultado fué escaso, pues no consistió más que en la ocupación por los rumanos del reducto de Grivitza, y después de ella permanecieron unos y otros reforzando sus posiciones hasta el 18. Este mismo día Suleyman Pachá ataca con escaso éxito las posiciones rusas de Schipka, y el 17, escalando un acantilado tenido por impracticable, logra apoderarse por sorpresa de la posición avanzada de San Nicolás, centro de los atrincheramientos rusos; pero rechazado, en el momento en que éstos iban á ceder, por las fuerzas que llegan de refresco, pierde todo lo adquirido, con pérdida de la mayor parte de la gente que había tomado parte en la acción.

Llegado el invierno los rusos tienen la idea de repasar el Danubio, pero fué aceptado el plan del conde de Tottleben de permanecer á la defensiva en el Este y Sur, y acumulando fuerzas sobre Plewna emprender el ataque regular en vista de la imposibilidad de tomarlo á viva fuerza, preparando atrincheramientos con las mayores comodidades posibles para prevenirse contra los rigores de la estación. Por su parte los turcos refuerzan las obras, que toman el carácter de semipermanentes, y para evitar las incursiones de la caballería rusa en el camino de abas-

tecimiento, que era el que por el Isker conduce á Sophia por Orkhanie, lo organizan defensivamente, fortificando los puntos de etapa, con guarniciones y escoltas en los puntos intermedios que aseguraran el paso.

Las operaciones que desde el cuadrilátero emprendió Mehemet Alí desde el 21 al 24 de septiembre, tuvieron mal éxito, lo que fué motivo para que lo relevara Suleyman Pachá, que con 80.000 hombres permanece inactivo entre las plazas, por lo cual las tropas rusas del Este quedan á la defensiva para poder enviar refuerzos al ejército sitiador de Plewna, que á fines de octubre alcanza la respetable cifra de 130.000 infantes, 2000 caballos, 500 piezas de campaña y 50 de sitio, para sólo 50.000 turcos con 100 piezas, es decir, que estas fuerzas en un campo atrincherado contuvieron fuerzas triples, deteniendo las operaciones de los otros frentes.

Organizado el ataque regular, especialmente en el sector encomendado á los rumanos, que desde Grivitza estaban en mejores condiciones para hacerlo, á fin de octubre llegaban con la quinta paralela á 30 metros de los fosos enemigos, emprendiendo desde ella el ataque á la mina, que llegó hasta tener cargados siete hornillos para volar los parapetos. Los turcos no desmayaron, trabajando constantemente en los contraaproxos, sin grandes penalidades, pues la artillería hacía poco efecto en las obras, á pesar de contar los rusos con cuatro morteros de 25 centímetros. En los otros sectores también se trabajó en obras y baterías y como mientras el bloqueo no fuera efectivo sería muy difícil vencer la resistencia de Plewna, se decidió cortar toda comunicación con el exterior. Para ello, Gourko con 40.000 hombres y 150 piezas cae sobre Telisch, defendido por solos 12.000 con 12 piezas y logra tomarlo el 24 de octubre, y lo mismo Gorny-Doubniak, si bien después de un sangriento combate. Al mismo tiempo caía Rahova el 21, así que los turcos quedaban encerrados, con víveres para solo dos meses.

Osman Pachá quería aprovechar un ataque á viva fuerza para evacuar el campo, pero en vista de que los rusos no tenían intención de hacerlo, decidió romper el cerco el 27, formando dos columnas de 20.000 hombres cada una, que atacaran por la parte del Vid. La primera columna de ataque consiguió romper la línea de circunvalación y después de una fogosa y brillante acometida estaba á punto de abrirse paso; cuando la llegada de refuerzos rusos se lo impidió; la segunda columna,

que según el plan adoptado estaba á retaguardia, no tuvo tiempo de renovar el ataque y rehechos los rusos contuvieron á las fuerzas de Osman Pachá, mientras en los otros sectores eran tomadas por asalto la mayoría de las obras que habían quedado desguarnecidas, y penetrando los rusos en la población cortaron la retirada á las columnas turcas, que no tuvieron más remedio que capitular.

La capitulación de este campo atrincherado, que durante cinco meses había inutilizado la mayor parte del ejército ruso, dejó á éste en libertad de atravesar los Balkanes, tomar de revés el paso de Schipka y el campo de Senova que lo protegía, atacar á Sophia y Andrinópolis y apoderarse de las evacuadas líneas de Tschataldscha que defendían Constantinopla. No llegó á atacar á esta capital, gracias á la intervención inglesa que hizo firmar el armisticio el 31 de enero.

Esto nos enseña la importancia extraordinaria del campo atrincherado de Plewna, que en combinación con las plazas del cuadrilátero impidió que los rusos pudieran avanzar, aún después de atravesar los Balkanes, que se vieron obligados á repasar; no dejó acudir con fuerzas suficientes á ninguno de los frentes atacados, prolongando por tanto la campaña, cuyo fin tuvo lugar cuando la caída de Plewna permitió una rápida invasión de la Rumelia. De haber sido los turcos más aptos para la ofensiva, ó aceptado el plan de Mehemet Ali, seguramente habría sido otro el resultado de la campaña, pues reforzado Osman Pachá, habría podido operar, sirviéndole Plewna como eje de maniobras y coadyuvar á la acción de las tropas del cuadrilátero, poniendo en situación muy comprometida al ejército ruso. También podemos hacer notar que Osman Pachá tuvo posibilidad de evacuar la posición hasta el día 24 de octubre, pudiendo tomar otra en el camino de Sophia, pero alcanzado, seguramente le habrían batido, dada la enorme superioridad de las fuerzas rusas. Igualmente el 27 pudo romper el cerco si acude á tiempo la segunda columna de ataque, y en este caso es donde más resalta la diferencia entre el campo atrincherado de campaña y el permanente, pues si hubiera tenido este carácter, dado el mayor obstáculo, no habrían sido asaltadas las obras con tanta facilidad, ni tomada la plaza si hubiera tenido el correspondiente recinto, con lo que aun rechazadas las columnas turcas podían haber resistido todavía dos meses, prolon-

gando la duración de la campaña y dando quizás ocasión á que un ejército de socorro pudiera libertarlos.

En cuanto al cuadrilátero, impidió el avance por el lado Este, detuvo la invasión por la Doubroutscha, sirvió de base para las operaciones contra el Lom, permitiendo las reacciones ofensivas del 3 de diciembre, que hicieron á los turcos dueños de los caminos á Tirnova, y aun retiradas las fuerzas para acudir á Rumelia se defendieron sus plazas, que no llegaron á caer en poder de los rusos.

KARS.—Las operaciones que tuvieron lugar en Armenia nos ofrecen también un ejemplo muy digno de tenerse en cuenta en el estudio que venimos realizando.

Recordaremos que el mismo día de la declaración de guerra pasaba la frontera el cuerpo ruso destinado á operar en Asia. Esta frontera, comprendida entre el mar Negro y el monte Ararat, partía desde 24 kilómetros al Norte del puerto turco de Batoum, y salvando la divisoria general de aguas de los mares Negro y Caspio, iba á buscar los orígenes del Arpa-Tchai para seguir por este río, afluente del Aras. Aparte de la estrecha faja de costa donde está el puerto ya citado, la frontera es un intrincado terreno montañoso, muy árido, con escasa población y raras y difíciles comunicaciones. En esta comarca el objetivo es Erzeroum, centro de los caminos que radian al puerto de Trebizonda y costas del mar Negro, al Eufrates, al Tigris y Persia y donde se reúnen los que parten de la frontera rusa. Se comprende que el plan de los rusos fuera ocupar este punto, para lo cual el general en jefe Loris Melikoff, con 30.000 hombres, tomó por línea de invasión la que partiendo de Alexandropol por Kars conduce á Erzeroum, mientras por la derecha, Devel, con 15.000 hombres, salía de Akhalkalaki, y remontando el curso del Koura se dirigía á Ardahan, y por la izquierda, Tergonkasoff, con 20.000 hombres, desde Erivan, iba á tomar el camino de Bayacid á Erzeroum. En la extrema derecha, Rion, con 20.000 hombres, penetraba en la zona comprendida entre la cordillera de Kolova-Dagh y el mar Negro, siendo su objetivo Batoum; á estas operaciones coadyuvaban 20.000 cosacos, en su mayoría ginetes. En cambio Mouktar Pachá, encargado de la defensa de Armenia, sólo contaba con 40.000 hombres, que divididos en cuatro cuerpos colocó en las vías citadas y 30.000 de tropas irre-

gulares que dejó en Erzeroum como reserva, sin contar con más recursos ni refuerzos, pues el gobierno otomano sólo se preocupaba de las operaciones que tenían lugar en Europa.

La extrema derecha, aunque no tenía que recorrer más que 24 kilómetros para llegar á Batoum, marcha lentamente, pues tiene que vencer la resistencia que hacen en los ríos, que perpendiculares á la línea de invasión son líneas sucesivas de defensa, reforzadas por los recursos que se reciben por mar; de suerte que en seis semanas sólo pueden avanzar 12 kilómetros después de una porción de combates, y llegados el 28 de junio cerca de Batoum son rechazados, teniendo que replegarse á la frontera, retirada que coincide con la general de las fuerzas rusas de Asia.

El general en jefe concentra el 28 en Zain sus fuerzas y manda el 29 avanzar á la caballería para cortar la comunicación de Kars con Erzeroum, en vista de lo cual Mouktar Pachá, con 10 batallones, sale de Kars, que deja guarnecida, y marcha á retaguardia para tomar posición en Zewin, desde la que puede acudir donde sea más conveniente. La circunstancia de caer en poder de los rusos el portador de un despacho que el comandante de Ardahan enviaba á Mouktar, dándole cuenta del estado de la plaza, sitiada por Devel desde el 28, hace cambiar de idea á Loris Melikoff, que, conocedor de sus puntos débiles, marcha con 15.000 hombres á reforzar á Devel y abreviar el ataque, con la oportunidad de coincidir con el pedido de refuerzos que hacía este general. La plaza de Ardahan estaba reforzada con antiguas obras situadas de 2 á 300 metros del recinto, sin ofrecer obstáculo alguno ni abrigo al defensor y dominadas por posiciones á menos de 3 kilómetros que los turcos habían ocupado con ligeras obras de campaña, así que podía ofrecer muy poca resistencia, dado lo escaso de la guarnición y el conocimiento que tenía el sitiador de ser la parte Sur la más débil. El 16 de mayo la artillería rusa, compuesta de 14 piezas, preparó el ataque á la llave de la posición, que era la obra de Gheliaverdi, y una vez tomada, los turcos tuvieron que abandonar la línea exterior, donde emplazada la artillería dominó la plaza, que tuvo que rendirse el 17.

Las fuerzas del centro permanecían entre tanto inactivas frente á Kars, ocupando las posiciones del Norte de la plaza, hasta que acudiendo el 24 de mayo las que habían tomado parte en el ataque de Ardahan

pueden circunvalarla, rechazando 4000 caballos que Mouktar Pachá envió en su socorro.

La plaza de Kars, que ha tenido mucha importancia en todas las guerras entre Rusia y Turquía, había sido reforzada hasta convertirla en campo atrincherado, aun cuando sus condiciones no eran las más á propósito para ello. En efecto, si bien es verdad que su situación á caballo sobre el principal camino de Erzeroum le da importancia estratégica como posición barrera, puede ser envuelta por las fuerzas que partiendo de Bayacid se dirijan á Erzeroum. Tampoco tácticamente reúne buenas condiciones, pues dividida la posición por el Kars-Tchai, aunque el camino recorre el desfiladero que el río forma, era necesario dar á la plaza mayor desarrollo para que cerrara por completo. El núcleo del campo lo forma la población, dividida por el río, cercada de un antiquísimo muro flanqueado por torres, al que están adosadas tres barriadas en los lados Sur, Este y Oeste y en el Nor-Oeste hay una ciudadela; el terreno exterior de la derecha lo divide el camino de Alexandropol, siendo alta la parte Nord-Este, que está defendida por dos obras flanqueadas por baterías que barrean el río y el camino, estando enlazadas todas las obras por trincheras y pozos de lobo; la parte Sud-Este es llana y defienden el valle que forma, tres obras cerradas y una luneta intermedia, unidas también por trincheras, siendo próximamente de 1 kilómetro los intervalos entre estas obras y no mucho mayor su distancia á la plaza. A la izquierda del río hay dos series de alturas, ocupada la más próxima á la plaza por tres obras y una batería aneja, una de cuyas obras está formada por tres baterías; la más alejada la ocupan cuatro obras, de las que dos sólo son baterías y otra batería de campaña, enlazando á todas un atrincheramiento. El conjunto del campo atrincherado afecta la forma de una elipse, cuyo radio medio es de 2500 metros, con desarrollo de 18 kilómetros; las obras, en su mayoría abaluartadas, algunas sin fosos ni traveses, con golas mal defendidas, otras consistentes en un simple cuartel defensivo, no ofrecían obstáculo serio al asaltante, de suerte que su organización técnica no respondía al objeto. En total contaban con 100 piezas rayadas de á 24 á cargar por la boca, 54 lisas y 66 de campaña, y su guarnición era de 25.000 hombres, con víveres para seis meses.

El gran duque Miguel envió artillería de sitio, con la que en la primera quincena de junio se organizaron 10 baterías para atacar el sector Nord-Este, ó sean los fuertes de Arab, Hafiz-Pachá y Suvary, cuyos trabajos de aproche interrumpieron los turcos el 14 haciendo una salida, en la que consiguieron destruir una parte, pero á costa de tales pérdidas que en adelante no volvieron á intentarlo, por lo que continuadas las obras dió pronto comienzo el duelo de artillería. El 23 de junio, con objeto de ocultar la salida de las fuerzas que acudieron á socorrer al cuerpo de la izquierda, se hizo un ataque á los tres fuertes, que fué rechazado con grandes pérdidas, y continuó el bombardeo hasta el 8 de julio en que los turcos hicieron una reacción ofensiva, y el 10 se levantó el sitio por tener lugar la retirada general de los rusos. Las malas condiciones tácticas de esta plaza explican cómo fuerzas iguales y aun inferiores á los defensores pudieron cercarlas, pues para ello era suficiente hacerse fuertes en las dos únicas salidas que tiene, no permitiendo desplegar; además de que la guarnición, aunque numerosa, estaba compuesta en su mayoría de tropas irregulares, lo que explica el pequeño resultado obtenido en las salidas. De todas maneras, durante un mes detuvo este campo atrincherado á los rusos, impidió que acudieran con todas sus fuerzas al flanco amenazado, obtuvo como consecuencia la retirada general, y aunque de poco valor sus fortificaciones fueron suficientes para, bien defendidas, rechazar el ataque á su sector Nord-Este, á pesar de la debida preparación por el fuego concentrado de las 10 baterías de sitio.

El cuerpo de la izquierda, que sin encontrar más obstáculos que los que ofrecía el terreno había recorrido los 80 kilómetros que hay hasta Bayacid, pues los turcos, confiando en la fragosidad del país ni siquiera tenían patrullas de vigilancia, llegó á este punto el 30 de abril, y sorprendidos los 2000 hombres de guarnición por la presencia de los rusos la evacuaron y se retiraron, recogiendo en su camino las fuerzas irregulares. Envalentonado Tergoukasoff por tanta facilidad, deja en Bayacid 900 hombres para asegurar su comunicación, y sin temor á las fuerzas turcas que van retirándose ni á las que se organizan en su izquierda, avanza otros 115 kilómetros y establece el contacto con el cuerpo del centro. Después de ocupar Sedikain quiere envolver la izquierda de las

fuerzas turcas, que reforzadas habían tomado posición en el camino á Erzeroum, y contando con el efecto de sus 30 cañones frente á sólo siete turcos, muy mal servidos, ataca el 14 de junio, y gracias á las malas disposiciones adoptadas por el general turco, que además cae herido al principio del combate, y al efecto de la artillería, los vence, arrojándolos de la posición.

Mouktar Pachá, que como ya hemos dicho había tomado posición en Zewin, al ver amenazado su flanco derecho por el avance de Tergoukassoff, acude contra éste con 12.500 infantes, 2000 caballos y 18 piezas, ante lo cual el general ruso, que sabe también que Bayacid está cercado por las tropas irregulares, se retira con 8000 infantes, 3000 caballos y 30 cañones y toma posición á retaguardia de Sedikain, esperando refuerzos, y fortifica los pasos de Halijas. El 20 de junio Mouktar Pachá ataca la posición, y aunque la artillería rusa es superior y se defienden con tenacidad, puede, gracias al refuerzo de tres batallones que por telégrafo había pedido á Erzeroum y que llegan con oportunidad, hacerse dueño de parte de la posición, aunque á costa de más de 2000 bajas, y sin poder envolver ni desalojar del todo á los rusos por falta de caballería; éstos, por su parte, sin municiones para defender la posición, la evacuan al día siguiente, retirándose hacia Bayacid.

Enterado Loris Melikoff de la situación difícil del cuerpo de la izquierda, se dirige hacia Erzeroum para llamar sobre sí la atención de Mouktar, llegando el 27 de junio frente á la posición de Zewin con 17.000 hombres y 8 baterías. Esta posición, perfectamente organizada, constaba de una primera línea para tiradores, que servía de vigilancia y seguridad; una segunda, en forma de semicírculo, bien atrincherada, con obras en los puntos más importantes, que cortaba el camino, y la tercera, que podía considerarse como abrigo de las reservas. No siendo fácil envolver la posición, el 25 la ataca de frente el general ruso con 15 batallones y aunque rebasan la primera línea, se estrellan en la segunda, perdiendo más de 3000 hombres; este fracaso obliga al general ruso á retroceder hasta la frontera, levantando de paso el 8 de julio el sitio de Kars, al propio tiempo que Tergoukasof, sin persecución ni obstáculo regresaba, volviendo á salir sólo para socorrer á Bayacid, y retrocediendo otra vez á su territorio.

Los turcos toman la ofensiva y recuperan todo el terreno perdido, quedando durante dos meses el teatro de operaciones circunscripto al triángulo formado por el camino de Alexandropol á Kars, y el río Arpa-Tchai hasta las ruinas de Ani, obteniendo los turcos algunos éxitos, pero sin resultados positivos.

Reforzado el cuerpo ruso vuelve á tomar la ofensiva el 2 de septiembre y tiene lugar el combate de Yagni, indeciso en el primer momento, pero tras el cual el gran número de bajas que tienen los turcos les obliga á retirarse en los días 8 y 9 y alcanzados el 13 tiene lugar la batalla de l'Aladja-Dagh, donde destrozados completamente los 16.000 turcos que quedaban se retiran á Erzeroun.

Los rusos, avanzando con rapidez, cercan segunda vez á Kars con 41 batallones, 53 escuadrones y 150 cañones, de los que la tercera parte eran de sitio. La guarnición de la plaza se componía de restos desmoralizados del ejército turco y tropas irregulares, al mando de un hombre pusilánime, sin ilustración ni energía, que jamás había tomado parte en funciones de guerra. El 11 de noviembre rompe el fuego la artillería, que escasamente es contestada por la de la plaza y sin que su guarnición diera muestra alguna de actividad, lo que comprendido por los rusos, que tienen prisa en apoderarse de ella para marchar sobre Erzeroun antes de que se reorganice el batido ejército turco, deciden tomar Kars á viva fuerza. Para ello eligen el sector Sud-Este, que era el peor defendido, y al efecto la noche del 19 forman siete columnas encargadas unas del ataque á los fuertes de este sector, mientras otras hacían demostraciones para evitar el refuerzo. El fuerte más meridional, que es el de Suary, fué tomado sin disparar un tiro por la columna que se dirigía á la orilla izquierda; el de Kany, que es el central, aunque sorprendida también su guarnición, ofrece alguna resistencia, pues tras una lucha al arma blanca con las columnas de ataque se hacen fuertes en el cuartel defensivo, donde se ven obligados á capitular al ver que son acuchilladas las fuerzas que venían á socorrerlos; otro tanto ocurre en los otros fuertes de la orilla derecha, aunque con menor resistencia, y una vez tomados, las fuerzas rusas se dirigen á la plaza y á apoyar á las que habían pasado á la orilla izquierda. En ésta, las guarniciones se defienden mejor y logran alejar á los asaltantes, pero al día siguiente, vién-

dose sin apoyo, evacuan las posiciones, siendo copados por la caballería rusa. La toma de Kars deja libertad al ejército ruso para concentrar sus fuerzas sobre Erzeroum, al que asedian y no llegan á tomar gracias al armisticio.

A pesar de las malas condiciones de Kars como campo atrincherado, contrasta notablemente la duración y resistencia del primer sitio con la escasa defensa del segundo, lo que se explica por la diferencia de guarnición y su estado moral, pues desmoralizados por los últimos reveses, en manos de un gobernador inepto, sin esperanzas de próximo auxilio, el fatalismo musulman les quitaba todo vigor é iniciativa, descuidando la vigilancia hasta tal punto que hubo fuerte que fué tomado por tropas de caballería, que al ver que no les hacían fuego desmontaron para ocuparlo. El verdadero campo atrincherado de esta región es Erzeroum, con extensión suficiente para ocupar Zewin por el Norte y los desfiladeros del Este, donde es muy difícil envolver y cortar á las fuerzas que lo defiendan, que en cambio tienen muy fáciles salidas, siendo Kars tan solo una posición barrera, que de todas suertes podía haber estado mejor organizada. De haber sido así, es muy posible que, á pesar de los pocos elementos de que disponía Mouktar Pachá, hubiera logrado defender mejor el territorio encomendado á su mando y quizás tomar en Asia la revancha de los descalabros del ejército turco de Europa.



CAMPAÑAS CARLISTAS.

Nuestras campañas carlistas nos ofrecen el ejemplo de un campo atrincherado natural que ha tenido gran importancia en el teatro de operaciones vasco-navarro, de cuyas condiciones supo aprovecharse Zumalacarregui en la primera guerra, adquiriendo más forma y desarrollo en la de 1872 á 1876.

Nos referimos á la zona que por el Norte limitan la Borunda y la Barranca, desde Vitoria á Pamplona; por el Sur, el Ebro; al Este, el Arga y el Zadorra al Oeste, que defienden por el Norte los montes de Vitoria, Iturrieta, altos de Encía, sierras de Urbasa y Andía y cuyo núcleo fueron las Amezcoas en la primera guerra y Estella en la segunda. Y le llamamos campo atrincherado natural, por que efectivamente reúne las condiciones de tal, sirviendo como eje de maniobras, de apoyo en el combate, de refugio en caso de contratiempo, de centro de resistencia en el que es difícil penetrar, imposible de bloquear y que tiene siempre fáciles desembocaduras, encerrando además cuantiosos recursos.

Un ligero exámen de estas campañas nos probará este aserto, permitiendo formar idea de las excelentes condiciones de este territorio y de su extraordinaria influencia.

AMEZCOAS. (1833-35).—A la muerte de Fernando VII, los realistas de Castilla y Vascongadas, que formaban 30 batallones de voluntarios, armados todavía, se sublevaron á favor del infante D. Carlos, respondiendo al chispazo dado en Talavera de la Reina el 3 de octubre, pero fueron derrotados y dispersados por las tropas de la Reina. Los fugitivos se reunieron en las provincias en guerrillas, que faltas de organización no hacían más que molestar á las fuerzas del gobierno, teniendo las de Navarra, mandadas por Iturralde, su centro en el valle de Araquil.

El 30 de octubre de 1833 se presenta Zumalacarregui en el campo carlista, tomando en el valle de la Berrueza el mando de las fuerzas de Navarra, que organiza y emplea sólo en interrumpir las comunicaciones

entre los diferentes puntos fortificados, dado el mal estado de las fuerzas, su corto número y escasez de elementos.

Al efecto baja á la Borunda y trata de marchar por Estella á la Ribera, llegando hasta Dicastillo, pero perseguido por Sarsfield, que estaba en Puente la Reina, da la vuelta por Artajona, volviendo á Dicastillo; y el 25 de diciembre, vencido por Oráa y Lorenzo en la Berrueza, marcha á Santa Cruz de Campezu para esperar la entrada de año en su centro, que era el valle de las Amezcoas.

Viendo Zumalacarregui que los liberales le iban á cercenar parte del territorio donde podía moverse, toda vez que iban á fortificar Estella, Los Arcos y Puente la Reina, decide hacer una excursión á Roncesvalles, para llamar la atención sobre aquella parte, dirigiéndose á Lumbier, con lo cual logró que los liberales creyeran que trataba de internarse en Aragón, por lo que acuden rápidamente, y entonces el carlista divide sus fuerzas en pequeñas fracciones que pasan por entre los cristinos, y mientras sus lugartenientes los distraen, él, libre de persecución, cae sobre Orbaiceta, vuelve á Lumbier, y perseguido por Valdés se interna en el valle de Salazar, donde alcanzado y batido se dispersa, concentrándose de nuevo en Navascués; marcha al Norte de Pamplona, donde intenta sorprender á Oráa en Zubirí y se retira á Lizarraga para esperarle, pero el general liberal, que conoce las condiciones del terreno, rehuye el ataque.

Después de amagar el territorio de Estella pasa á Calahorra, y perseguido por Lorenzo, que acude en socorro de aquel punto, llega Zumalacarregui á verse en los montes de Alda, entre aquél, Quesada que estaba en el valle de Lana y Oráa en Contrasta, á pesar de lo cual pasa á Urbasa sin ser visto. Hace una excursión al Baztán, volviendo á la Borunda para detener á Quesada, que con fuerte convoy marchaba á Pamplona, poniéndole en grave aprieto en la acción de Alsasua, de tal suerte que, si puede llegar á Pamplona, lo debe á la protección de los otros generales liberales.

Zumalacarregui, que hasta aquí no había tenido más plan que rehuir el combate, adiestrar sus fuerzas y procurarse recursos, decide hacer una excursión á Logroño, llegando hasta Viana, desde donde tiene que retirarse al valle del Arga, y habiendo pasado Quesada al Baztán, pues trataba de sorprender la Junta, marcha Zumalacarregui á Belate para

impedirle la salida, que tiene que hacer por Vera y Tolosa, después de lo cual vuelve el carlista á la Borunda.

Entonces Quesada quiere encerrarle, combinando su acción con la de las fuerzas que salen de Pamplona, pero Zumalacarregui se retira á la Ulzama; con 3500 hombres invade Alava, y perseguido por Espartero se retira al Baztán, donde espera á D. Carlos, volviendo luego á las Amezcoas, desde donde trata de sorprender á Rodil.

Rodil, que había tomado el mando de las tropas liberales, prepara un ataque general á las Amezcoas, marchando él por el centro, Espartero por la derecha y Lorenzo por la izquierda; Zumalacarregui toma posición en Artaza y tiene lugar el choque, en que es desalojado de la posición, pero quedando indeciso el resultado de la acción no se le persigue y contramarcha á las Amezcoas mientras Rodil se dirige contra D. Carlos. Se retira por Eraul y ataca en Peñas de San Fausto á Carondelet, que con un fuerte convoy salía de Estella para Pamplona, deshaciendo por completo su columna y cogiendo rico botín, pero al acudir Oráa marcha á Abarzuza, y para eludir la persecución de Carondelet, Rodil, Espartero, Oráa, Lorenzo y Figueras divide sus fuerzas, que reune en Galdeano, cae sobre Figueras en Eraul, se dirige á Santa Cruz de Campezu para deshacer á Carondelet en Viana el 4 de septiembre, tras lo cual se retira á Lodosa.

Salvando el Ebro intenta una correría por la Rioja, consiguiendo únicamente hacerse dueño de un convoy de 2000 fusiles, y frustrada en parte, dirige sobre Vitoria por Santa Cruz de Campezu, y adelantándose á Oráa y Lorenzo una jornada cae sobre O'Doyle, que desde Vitoria salía creyendo á Salvatierra en peligro, y en Alegría consigue derrotarle, así como á Osma, que le ataca el 28. Después por Sesma y Peralta se dirige al Arga, toma Villafranca, y habiéndose colocado Córdoba en Estella y López en Lerín para observarle, se retira á la Berrueza, y batido en Mendaza por Córdoba, marcha á tomar posición en Arquijas. En este punto rechaza el ataque de Córdoba, obligándole á retirarse sin grandes pérdidas, gracias al auxilio de Oráa, tras lo cual se dirige á las Amezcoas á pasar las Pascuas, quedando los liberales replegados en la línea Estella, Los Arcos y Viana.

En enero de 1835, considerando Zumalacarregui que en Navarra ha-

bía conseguido bastante resultado, pasa por el puerto de Idiazabal á Guipúzcoa, marcha á Villarreal y Zumárraga, choca con Carratalá en Ormaistegui, al que produce gran quebranto obligándole á retirarse á Vergara, y antes de que acudan las fuerzas liberales, vuelve por Contrasta á la Amezcoa y baja á defender el puente de Arquijas, donde rechaza los ataques de Lorenzo, que en vista de la inutilidad de sus esfuerzos se retira, incorporándose á Oráa.

El 5 de febrero pasa al Baztán para llamar la atención de Mina, y aprovechando el ataque de éste á aquel valle, contramarcha, baja á Los Arcos, cae sobre Larraga, donde es rechazado, y por Cirauqui y Mañeru sube para impedir el paso á Mina, que desde el Baztán iba á Pamplona, pero llegando tarde se retira de nuevo á las Amezcoas, atacando y tomando de paso á Echarri-Aranaz. Acosado por los planes de Mina se vé obligado á penetrar en Alava y Guipúzcoa para buscar apoyo y recursos, hasta que tomando Valdés el mando de las tropas liberales puede volver á su refugio acostumbrado.

Valdés quiere invadir las Amezcoas para quitar á Zumalacarregui su refugio, y al efecto con 20.000 hombres sale de Vitoria y por Contrasta sube á Artaza, donde es rechazado el 23 de abril, y obligado á retirarse á Estella, sus mismas fuerzas se dispersan en medio del mayor desorden.

Desde Artaza baja Zumalacarregui á atacar á Irurzun, y teniendo que abandonar el sitio por el socorro de Oráa se dirige por la Borunda á las Amezcoas, y como las tropas liberales evacuaran Salvatierra, Estella y Maestu, pues en el nuevo plan de operaciones no se querían dejar fuerzas que pudieran verse cortadas, Zumalacarregui sitia y toma á Treviño, y tomando gran incremento la facción marcha sobre Villafraanca de Guipúzcoa, á la que quiere socorrer Espartero, pero notada su presencia por Eraso lo sorprenden en Descarga, obligándole á retirarse, y evacuada Tolosa, tomada Vergara, ocupados Eibar, Durango y Ochandiano, los carlistas se encuentran en disposición de bloquear á Bilbao, en cuyo sitio pierde la vida Zumalacarregui.

Aunque la relación que acabamos de hacer no ha podido ser más ligera, pues no hemos hecho más que citar los movimientos principales del general carlista, sin entrar en detalles que de sobra son conocidos, ha podido verse el acertado empleo que de las Amezcoas hizo Zumalaca-

rregui, teniendo en ellas seguro refugio, donde pudo penetrar siempre que le hizo falta, apoyo para extender su acción á todo el teatro de operaciones, logrando con un pequeño núcleo tener desde una posición central en jaque á todas las columnas que trataban de cercarle y á las que conseguía burlar, cayendo sobre aquella que se descuidaba, y cuando se vé obligado á combatir, excelentes posiciones donde apoyarse para rechazar los ataques, haciendo frente á generales como Oráa y Quesada, á quienes no se hubiera atrevido á oponerse en campo abierto sin tener segura la retirada. Este hábil empleo del terreno, aprovechando sus condiciones naturales, es el mayor mérito de Zumalacarreui, que se dió cuenta del papel estratégico y táctico de tan buena posición, que á poca costa puede convertirse en formidable.

ESTELLA. (1872-76.)—Sofocadas por el ejército liberal las partidas que en el verano de 1869 se levantaron en León, la Mancha, Toledo, Valencia, Navarra y las Vascongadas, quedó apaciguado el alzamiento carlista hasta el 6 de abril de 1872, fecha en que tuvo nuevamente lugar en Cataluña adelantándose á la orden dada por D. Carlos el 14 de que el 21 se echaran al campo los comprometidos. Faltaron muchos de éstos, pero los que lo hicieron fueron suficientes para animar al Pretendiente á ponerse á su frente, y al efecto entra por Vera en España el 2 de mayo, pero el 4, vencidas sus fuerzas en Oroquieta y dispersado el contingente navarro, tiene que huir á uña de caballo y repasar la frontera. Este contratiempo, unido al convenio de Amoravieta, mediante el cual consiguió el general Serrano que los guipuzcoanos depusieran las armas, hizo que en junio la facción sólo contara con los restos dispersos de las partidas navarras, algunos alaveses y vizcainos en el Norte y Savalls y Castells en Cataluña.

Estos restos fueron la base para que en diciembre se recrudesciera con mayor brío el alzamiento, y encargándose Ollo de las fuerzas de Navarra ataca el 2 á Estella, y burlando la persecución de las columnas liberales se reúne con Radica en Echauri, marchando juntos á la Ulzama, desde donde, separándose, se dirige Ollo á Guipúzcoa, mientras Radica marcha á la frontera para luego bajar á la ribera, reuniéndose las facciones de Ollo, Pérula y Radica en Galdeano.

Las columnas liberales que tienen conocimiento de esta unión ejecutan las marchas necesarias para envolverlos, lo que consiguen, pero

aprovechando una nevada toma Ollo por Zudaire, sube á Urbasa, pasa por Larraona á Contrasta, por donde escapa á Alava, haciendo una excursión que tiene que terminar por falta de cartuchos, regresando á Navarra. Unido á Dorregaray marchan juntos por Leiza al Baztán y acosados por las fuerzas liberales que tratan de encerrarlos en Vera, salen por Goizueta y subiendo el puerto de Lizarraga pasan á colocarse en Abarzuza, con lo que logran burlar la persecución.

En esta primera época de la campaña carlista, el plan de la facción es levantar el país, esquivar el encuentro con las columnas liberales, superiores en fuerza y organización, y adiestrando las fuerzas caer sólo sobre los pequeños destacamentos para proporcionarse armas y municiones.

Reunidos todos, incluso las fuerzas de Lizarraga, intentan un golpe de mano sobre Haro, pero son rechazados en San Vicente y acosados por las columnas tienen que retirarse por Contrasta á Galdeano, buscando el refugio de las Amezcoas. Como el espíritu de la facción decayera notablemente con tanta persecución, Dorregaray toma posiciones en Eraul, donde consigue derrotar la columna de Navarro, y reanimadas las fuerzas carlistas, hacen una expedición al mando de Elío por las cuatro provincias, elevando su contingente, que arman gracias á los depósitos de Arechulegui y Peñaplata, puntos fuertes naturalmente, que les sirven además de refugio, contra el que nada pueden las columnas liberales.

A principios de julio había 12.000 carlistas en armas, lo que anima á D. Carlos á entrar de nuevo en España, efectuándolo el 16, y regularmente organizado el ejército carlista del Norte y en vista de las noticias que había sobre la desmoralización del ejército republicano, se acordó tomar la ofensiva, atacando las guarniciones hasta quedar dueños del territorio hasta el Ebro. Al propio tiempo Lizarraga en Guipúzcoa ataca á Loma, toma Mondragón, vuelve á atacar á Loma en Vergara, entra en Eibar, donde se proporciona armas, quedando dueños de la provincia, excepto la parte comprendida entre Tolosa é Irún.

El 18 de agosto atacan los navarros el fuerte de Estella, que hace una brillante defensa, pero rechazadas en Dicastillo las fuerzas que iban á socorrerlo, tienen que capitular sus defensores, quedando Estella con-

vertida en capital del carlismo y atrincherando todas las posiciones que la rodean con reductos, obras de campaña y provisionales, la convierten en un campo atrincherado de excelentes condiciones.

En septiembre se inicia un ataque á Estella por Allo, que contienen los defensores en las posiciones de Montejurra; lo mismo ocurre con el que desde Puente la Reina se estrella contra Santa Bárbara de Mañeru; reúnen los generales Moriones y Primo de Rivera 16.000 hombres, 1000 caballos y 24 cañones y emprenden un nuevo ataque por la Solana, que es rechazado los días 7 y 8 de noviembre desde Montejurra, que defienden solo 8000 hombres, 200 caballos y seis piezas, y en vista de este resultado se retiran á los Arcos los jefes liberales.

Desde este momento el interés de las operaciones se reconcentra en el sitio de Bilbao y su liberación, que da lugar á las acciones de Somorrostro del 24 y 25 de febrero de 1874, donde el ejército liberal se estrelló contra las inexpugnables posiciones carlistas, ocurriendo lo mismo en las que tuvieron lugar del 25 al 27 de mayo, logrando al fin el general Concha levantar el sitio, mediante las acciones de las Muñecas y Galdames. Realizado este importante cometido, trata de atacar al carlismo en su corazón, para lo cual con 50.000 hombres, 2500 caballos y 80 cañones marcha sobre Estella, encontrando gloriosa muerte en Abarzuza el 27 de junio, cuando trata de alentar á las guerrillas liberales, rechazadas en los fuertes atrincheramientos carlistas.

Faltas de unidad las fuerzas liberales con la pérdida del general en jefe, hacen una retirada general á Tafalla y Logroño, con lo que dueños los carlistas de Navarra, se dedican á aumentar la fortaleza de sus posiciones, entretienen su actividad poniendo sitio á Pamplona en el mes de septiembre y organizan el Carrascal para que cubra al ejército sitiador. Moriones hace que Laserna amague á Estella, obligando á Mendiri á acudir en su socorro, ocasión que aprovecha Moriones para entrar en Pamplona, dejando 6000 hombres en Biurrun que protejan el paso de convoyes por el boquete de Tiebas, pero atacados, tienen que retirarse á Tafalla, quedando otra vez el Carrascal en poder de los carlistas.

Al advenimiento al trono del rey Alfonso XII, se organiza el ejército liberal en cuatro cuerpos, destinados los de los generales Moriones, Primo de Rivera y Despujols á operar en Navarra y el del general Loma

en Guipúzcoa, tomando en esta fecha gran incremento las operaciones contra Estella. El cuerpo de Moriones, por Caseda y Sangüesa bordeando la Higa de Monreal, se dirige á Pamplona, con lo que apareciendo á la espalda del Carrascal obliga á los carlistas á evacuarlo, y envolviendo la sierra del Perdón, consigue entrar en Puente la Reina. Al mismo tiempo el general Despujols desde Tafalla pasa á Artajona y es rechazado en Puente la Reina; y el general Primo de Rivera, atravesando el Arga por Larraga, llega á Oteiza y toma Monte-Esquinza, ocupando Lorca y Lacar para tomar de revés las posiciones que había de Estella á Puente la Reina; pero al retirarse los carlistas por Mañeru y Cirauqui para seguir el movimiento de retroceso por Guirguillano á que les obliga Moriones, tropiezan con las fuerzas de Lacar y Lorca, á las que sorprenden y ponen en precipitada fuga.

Durante el resto del año 1875, ambos ejércitos continuaron ocupando sus posiciones alrededor de Estella, sin que variara gran cosa la situación, hasta que en enero de 1876, el general Quesada invade Alava y Guipúzcoa; el general Primo de Rivera amaga un ataque á Estella desde Oteiza y Mañeru, para llamar la atención de las fuerzas carlistas, que concentrándose en esta parte permiten la difícil marcha del general Martínez Campos, que con tres divisiones sale el 29 de Pamplona y por la estrecha y abrupta regata de Zubiri penetra en el Baztán, entrando el 31 en Elizondo. Esto constituye el golpe de gracia á la facción, que derrotada en las provincias vascongadas, falta de los recursos que recibía por el Baztán, tiene que evacuar á Estella; y derrotadas en Vera y Peñaplata las últimas fuerzas carlistas, tienen que pasar la frontera, escapando D. Carlos por Burguete y Valcarlos, con lo que quedó terminada la campaña.

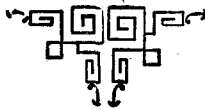
El examen de conjunto que de ella hemos hecho, sólo para refrescar la memoria de hechos relativamente recientes, nos enseña que mientras el ejército carlista no estuvo organizado tuvo por refugio las Amezcogas, como Zumalacarregui, de las que hicieron un empleo muy parecido, si bien con menor acierto; pero en cuanto el ejército tuvo una organización regular y fueron dueños del territorio, supieron sacar partido de las magníficas posiciones de alrededor de Estella, que perfectamente elegidas contuvieron durante mucho tiempo al ejército liberal, facilita-

ron la comunicación del defensor del campo atrincherado con las fuerzas que operaban en el Baztán y en las provincias, sirvieron de apoyo para dominar el país hasta el Ebro, y á no haber sido por la arriesgada operación del general Martínez Campos, que no puede juzgarse más que conociendo las dificultades del paso por la regata de Zubiri, habría tardado mucho tiempo el ejército liberal en apoderarse de Estella, que sólo la evacuación pudo poner en sus manos.

Esta posición, debidamente preparada y ampliada, constituye un verdadero campo atrincherado natural, que reúne todas las condiciones que deben exigirse, por lo que puede considerarse como modelo. Por su situación estratégica está sobre el flanco de la invasión que desde Francia se hiciera por Guipúzcoa para dirigirse á Vitoria y Miranda; también lo está sobre la que penetrando por los Alduides marchara á Pamplona para pasar el Ebro en la parte comprendida entre Lodosa y Alfaro; y se opone de frente á la que desde Pamplona se dirigiera á Logroño. Por su extensión es imposible bloquearlo, por cuanto siendo numerosísimas las salidas y difícil prestarse apoyo las fuerzas que las obturaran, habría que contar con que en cada una de ellas, ó por lo menos en cada punto de reunión de un grupo, hubiera tantas fuerzas como quisieran encerrarse, y como las comunicaciones son radiales desde Estella, es muy difícil encontrar estos puntos de reunión que obturaran. La riqueza del suelo proporciona elementos más que suficientes para alimentar un ejército durante mucho tiempo, pero si no fueran bastantes los recursos propios, la facilidad de las salidas permite obtenerlos del Baztán, de Guipúzcoa, de Alava, de la Rioja, de Pamplona, y aun por Aoiz de los altos valles de Aragón. La fortaleza de las sierras que la circundan, desde los montes de Vitoria á la sierra de Andía por el Norte, dejando como foso la Borunda y la Barranca; las sierras de Toloño, Cantabria, Sonsierra de Navarra y estribaciones de la de Codes, que enlazando con las de San Bartolomé la cierran por el Sur, de cuyo frente forma el Ebro el foso; los montes de Guirguillano, Sierra del Perdón y Carrascal por el Nord-Este, y más próximas al centro, Monte-Esquinza, Santa Bárbara de Mañeru y San Bartolomé, con el Arga por delante; las conocidas posiciones de Montejurra y Monjardín, hacen impenetrable este campo atrincherado, siempre que haya fuerzas que quieran y sepan defen-

derlo. Las múltiples comunicaciones interiores, no sólo irradiando de Estella, sino enlazando el valle de las Amezcoas con la Borunda y la Barranca por un lado, con la Berrueza y la Solana por otro, las que unen este valle con los del Ega, Arga y Zidacos, facilitan los movimientos rápidos del ejército defensor, permitiéndole acudir en fuerza á los puntos amenazados, amagar un punto para caer sobre otro, en una palabra, maniobrar dentro del campo atrincherado, apoyándose en sus defensas. Y por último, cuando agotadas las fuerzas del ejército defensor y sin posibilidad de obtener y recibir apoyo ó recursos tenga que evacuarlo, tiene siempre facilidades para hacerlo, llevando la guerra á otra comarca, ó diseminándose escapar por entre las columnas que lo persigan.

Estas condiciones de que ha dotado la naturaleza á la posición de Estella son las que debe reunir todo campo atrincherado, que ya natural ó preparado se trate de emplear, y aunque será difícil que pueda reunir las todas en tan alto grado, por lo menos debe aproximarse todo lo posible, para que por su organización y empleo pueda producir análogos resultados.



CONCLUSIONES.

Cuando después de hacer un estudio de historia militar en cualquier concepto, pero principalmente si este estudio es estratégico, se fija la atención en los puntos luminosos, alrededor de los que se concentran las ideas adquiridas, las opiniones formadas y las conclusiones deducidas, resalta siempre en todos que el factor primordial, el más importante para la guerra, es el hombre. Pero no nos referimos al individuo de filas, al elemento que con más ó menos iniciativa, mayor ó menor instrucción, con entusiasmo ó desmoralizado, voluntario ó forzoso, ejecuta lo que se le ordena, siendo un átomo de la enorme masa que hoy se pone en juego, cuyas condiciones se aprovechan, mejoran ó desperdician, cuyos entusiasmos se excitan ó dejan decaer, cuya instrucción se dirige á un fin práctico ó se embota en las rutinas, al que en el éxito no le cabe más gloria que la mínima, á repartir entre la colectividad, ni en la desgracia reponsabilidad alguna, siempre que su conciencia le diga ha cumplido con su deber; nos referimos al elemento director, á la cabeza que piensa, que organiza, que transmite á los que tiene á sus órdenes su manera de ser y sentir, que les comunica su entusiasmo ó desaliento, su actividad ó apatía, su energía ó debilidad, condiciones que por el intermedio de las categorías pasan más rápidamente que la corriente eléctrica, formando una corriente sugestiva desde el que dirige al último soldado de filas. De nada sirve organizar ejércitos, acumular elementos, preparar material, formar depósitos, reforzar posiciones, si el encargado de hacer uso de todo ello no tiene facultades para aprovecharlos; y por el contrario, cuando las facultades existen, se sabe sacar partido de los cortos elementos de que se dispone. Ejemplos palpables de lo que decimos, los que acabamos de recordar en las anteriores páginas, pues dejando á un lado á Napoleón, que como genio constituye sus ejércitos de suerte que son su propia personalidad, en cambio vemos á sus lugartenientes en Dresde, con las mismas tropas, no saber sacar el partido que

les ha enseñado su caudillo, y con sus errores, entorpecer y desbaratar los planes concebidos por éste; de igual manera contrasta el ejército alemán en 1870, hechura de Moltke, inspirado en su plan, al lado del francés, que con mucho valor y excelentes condiciones personales de las tropas, puesto en manos inhábiles, no obtiene el fruto merecido; en la guerra turco-rusa vemos á Osman Pachá que sabe aprovechar las buenas condiciones del soldado turco para el movimiento de tierras, creando una posición que convierte en el objetivo principal de la campaña; en Kars podemos notar más claramente la diferencia en el mando comparando ambos sitios, y en las dos campañas carlistas es donde mejor se puede apreciar la influencia del que manda, puesto que sus caudillos, empezando sin elementos de ningún género, emplean sus tropas en armonía con su número, organización y recursos, hasta convertirlas en ejército regular. No hace falta que este primer elemento sea un genio, pues estos son muy contados en la historia de las naciones, pero es necesario que sepa emplear los medios de que dispone, aplicarlos lógicamente y sacar de ellos el mejor partido posible, y entonces estos elementos, entre los que pueden contarse las fortificaciones, y por lo tanto los campos atrincherados, adquieren importancia y el éxito los declara indispensables; pero si por el contrario la ineptitud del que dirige conduce al descalabro, viene enseguida el desprestigio de estos mismos elementos, con gran satisfacción para sus detractores, que adquieren armas con que defender sus apasionamientos.

Pero no cabe duda que siendo iguales las demás circunstancias, el que disponga de más fuerza lleva ventaja en la lucha, y claro es también que buena parte de esta fuerza la proporciona la fortificación, que desde la más remota antigüedad ha jugado importantísimo papel en todas las guerras. Formando con el terreno el esqueleto de los ejércitos, cuya musculatura son las tropas combatientes, es indudable que análogamente á lo que sucede en el individuo, cuanto más adelantada esté la osificación, más difícil será de romper, y por lo tanto, los miembros estarán en mejor aptitud para luchar. Mas no debe pretenderse que la fortificación por sí sólo sea suficiente ni dársele una importancia exagerada en detrimento de otros elementos, pues así como el hueso sólo no tiene acción si los músculos no le mueven, de igual suerte la fortificación ne-

cesita del ejército activo para no ser una masa inerte, y recíprocamente, éste necesita de aquélla, como los músculos necesitan puntos de apoyo, sobre todo si es débil ó tiene inferioridad. Insistimos en que el elemento principal es el ejército combatiente, al que en manera alguna se debe perjudicar, toda vez que en las guerras modernas la lucha es y será de ejércitos en el campo de batalla y no de ejércitos contra fortificaciones. Mientras el ejército existe y vive, por debilitado que esté, hay posibilidad de rehacerlo, de resistir y aun de vencer; pero si sólo hubiera fortificaciones, aunque resistieran más ó menos tiempo, el final sería sucumbir, pues es rara la excepción del tan conocido dicho, «plaza sitiada, plaza tomada.» Esta es la razón por la que no deben multiplicarse las fortificaciones, pues á medida que su número aumenta, lo hace también la cifra del ejército destinado á guarnecerlas, con grave perjuicio del ejército activo, que ya hemos dicho que por ningún concepto se debe disminuir. Como ejemplo entre los que hemos estudiado, recordaremos la inactividad á que se vió sometido el ejército ruso de Crimea en cuanto tuvo que proporcionar fuerzas para la defensa de la plaza.

Por esta razón el ejército que tiene superioridad no se vale de la fortificación más que para precaver de un golpe de mano sus depósitos y base de operaciones y cubrir las comunicaciones, evitando así tener que emplear en ello gran parte del ejército, que si la línea es larga pronto quedaría desgastado, convirtiéndose en inferior. Pero el ejército débil, aquél que es inferior en número, organización, instrucción, material ó armamento, necesita, puesto que el resultado del choque es producto de la masa por la velocidad, aumentar aquélla, lo que consigue con el empleo de la fortificación. Así vemos á los turcos usarla constantemente en el campo de batalla, hacer nacer rápidamente campos atrincherados y posiciones fortificadas; á los mismos rusos emplearla en Schipka cuando se creen inferiores; á Napoleón valerse de ella cuando acosado por la coalición tiene que retirarse á la línea del Elba; á Wellington emplearla para compensar su inferior organización, á pesar de ser más en número; á los turcos servirse de ella para dominar provincias levantiscas; y á los carlistas aplicarla para cerrar las entradas de su refugio.

Mas debiendo estar la fortificación en relación con la topografía del

terreno, no es dable reforzar una posición que no tenga condiciones defensivas, ni preparar otra ofensivamente cuando su situación ó comunicaciones no la hacen apta para este objeto; por lo cual, lo primero que hay que hacer es buscar la que reúna las condiciones que se desean, condiciones que la historia de las campañas que han tenido lugar en aquel teatro hace resaltar y la configuración del terreno desde luego indica, no empeñándose en convertir en fuerte lo que es naturalmente débil, pues muchas de las decepciones sufridas han sido consecuencia de hacer plazas donde no había condiciones favorables para ello, como por ejemplo le sucede á Kars.

La experiencia enseña que la plaza que no puede ser tomada por sorpresa ó asalto en el primer momento, reforzándose á medida que el tiempo pasa, se hace cada vez más difícil vencerla, no á viva fuerza, si no también por los procedimientos de un sitio regular, no quedando más recurso que sitiaria por hambre, que hemos visto fué el fin de Metz, Paris y Plewna; y esto nos dice que como primera condición de las que debe reunir un campo atrincherado, es que tenga recursos propios suficientes, no sólo para proveer durante algún tiempo á su numerosa guarnición, sino para abastecer al ejército que en él se apoye. Esto da una cierta idea de la extensión que debe resguardar con sus defensas y de la necesidad de que el núcleo sea un centro productor de importancia, pues de otra suerte, aunque puedan substituirse los recursos propios con grandes almacenes, es sabido lo difícil que es sostener en éstos la debida y periódica renovación para que estén utilizables en cualquier momento y que casi siempre suele acontecer, que fija la atención en otros asuntos que parecen más urgentes, llega el momento del asedio sin haber tenido lugar ni ocasión propicia para preparar debidamente el campo atrincherado: el ejemplo de Metz es muy frecuente en la conocida imprevisión meridional.

Otra de las condiciones que debe reunir y que en parte puede compensar las deficiencias que presente la anterior, es que no puedan cerrarse las desembocaduras de la posición, con lo cual no podrá ser bloqueada, á menos que en cada desembocadura se emplee tanta fuerza como hay en ella, con lo cual, si son numerosas, no habrá ejército capaz de encerrar á los defensores y éstos podrán abastecerse continuamente,

aunque con las dificultades que siempre origina el paso de convoyes; y sobre todo, tendrían siempre posibilidad de salir, extendiendo su acción á zonas no devastadas. Hemos visto que la mayor dificultad de los franceses ante las líneas de Wellington era su alimentación, y que al tratar de extender el territorio de abastecimiento, el no tener franca desembocadura por Punhete malogró la operación, poniendo al ejército francés en situación de obligarle á retirarse. Hay posiciones que, á pesar de su extensión, es fácil cerrar sus desembocaduras, por ser éstas pocas en número y estar en circunstancias desfavorables; cual hemos visto sucede á Kars, que colocado en un desfiladero basta obturar sus dos salidas: una cosa análoga ocurre con nuestra plaza de Pamplona, que en la segunda campaña carlista fué suficiente ocupar San Cristobal y el Carrascal para realizar su bloqueo. Estas posiciones no son aptas para el objeto que se persigue, á no ser que se extienda su acción hasta más allá de las desembocaduras, con el consiguiente peligro de debilitar los tentáculos que de ella parten, á medida que aumenta la longitud.

Como hoy no pueden admitirse fortificaciones pasivas, es necesario que la posición tenga acción sobre el probable enemigo, acción que se obtiene por su situación relativa á la línea de invasión; por sus múltiples comunicaciones, estudiadas de suerte que sean aptas para los movimientos de la defensa é inhábiles para el ataque; por sus posiciones que tengan acción sobre la zona de ataque y permitan el empleo eficaz de las armas, al propio tiempo que no ofrezcan gran blanco á las del contrario, por su configuración, que oculte los movimientos propios, facilitando las maniobras envolventes, las evoluciones y cambios de frente que sean necesarios.

Por lo tanto, la configuración del terreno, vías de comunicación, recursos y situación estratégica determinarán en cada nación las zonas aptas á fortificar y relacionándolo con los elementos de que se puede disponer, se deducirá la importancia que han de tener en armonía con los recursos pecuniarios, adoptando en cada caso la solución que mejor se amolde al terreno y recursos, sin prejuicios de escuela, que no hacen más que coartar la libertad del que proyecta, que siempre debe ser oportunista.

Si al verificar este exámen de las condiciones defensivas de una frontera se encuentra una localidad, zona ó población, que reúna las ya apuntadas y pueda servir de apoyo al ejército defensor, se fortificaría formando un campo atrincherado, región fortificada ó centro de resistencia, según su amplitud y circunstancias, y no cabe duda que tendrá una importancia decisiva en aquel teatro de operaciones, como la han tenido todos los campos atrincherados de que nos hemos ocupado en este estudio, convirtiéndose muchos de ellos en el objetivo principal de la campaña.

Enseñándonos la Historia que en un teatro de operaciones han tenido importancia siempre los mismos puntos, lo cual es lógico, pues íntimamente ligado el terreno con la estrategia, aquél no varía, y permaneciendo inmutables los principios de ésta, se puede desde luego prever y preparar en tiempo de paz aquellas posiciones, pues así serán más fuertes que empleando la fortificación improvisada ó del campo de batalla, mejor dispuestos, pues han obedecido á un plan detenidamente estudiado y discutido y con más recursos si se ha tenido la previsión de acumularlos cuando las comunicaciones estaban expeditas. Por estas razones no juzgamos práctica la solución de los autores que, entusiasmados con los resultados obtenidos en Plewna, proponen que el ejército lleve los elementos necesarios para organizar campos atrincherados de campaña, donde lo juzgue conveniente, pues aparte de aumentar considerablemente la voluminosa impedimenta, que sin ésto acompaña necesariamente al ejército, hay la posibilidad de no tener á mano estos elementos cuando hagan falta, ó aun teniéndolos, como siempre es el débil el que los emplea para compensar su inferioridad, con fundamento podemos suponer que hechas con precipitación las defensas nunca tendrán las condiciones que las permanentes y por lo tanto no obtendrán el mismo resultado. Es indudable que el mismo Plewna, preparado de antemano con obras permanentes, habría sido más eficaz, sin obligar á la capitulación cuando no tuvo éxito el ataque para romper el cerco; pero aun contando con que se obtuvieron grandes resultados hay el contraste, casi en la misma campaña con Deligrad, que á pesar de lo excelente de la posición ofreció escasa resistencia y no cumplió con su objeto. De igual manera, si Dresde hubiera sido un campo atrincherado permanen-

te, no habría obligado á Napoleón, falto de confianza en él, á abandonar las operaciones contra Blücher.

Respecto á la situación de estas posiciones, lo expuesto ya nos dice que estará dada por el mismo terreno; pero en el caso de que varias reunan condiciones favorables, como no deben multiplicarse, se elegirá aquella que las reuna en mayor grado. Desde luego ofrece ventajas el que esté á caballo sobre la línea de invasión, sobre todo si ésta marcha, como es natural, junto á una vía férrea, pues el abastecimiento del invasor y la seguridad de su línea de comunicaciones no le permiten despreciarlo, obligándole á apoderarse de él; pero vencido el ejército que en él se apoyaba y obligado á retirarse, el invasor puede dejar un cuerpo en observación del campo y seguir adelante si dispone de otras vías ó puede hacer una desviación de la principal. Prueba las ventajas que ofrecen las posiciones á caballo de la línea de invasión, el que en la campaña de 1870 los alemanes tuvieron que sitiar á Strasburgo, situado á 10 kilómetros del empalme de Vendemheim, que con solo 16.000 hombres entretuvo un cuerpo de ejército desde el 11 de agosto al 26 de septiembre, pero falto del apoyo del ejército, los alemanes pudieron continuar el avance valiéndose de otras líneas y únicamente cuando esta plaza y Toul estuvieron en su poder tuvieron facilidades para el sitio de París.

Los campos atrincherados situados en los flancos de la línea de invasión ofrecen mayores ventajas, porque, en primer lugar, reducen el número, siendo factible que uno solo sirva para dos líneas, como pudo acontecer á Plewna si los rusos hubieran hecho dos invasiones; cual sucede á Estella con relación á las invasiones procedentes de Francia, por Navarra y las Vascongadas. En segundo lugar alarga la línea de invasión puesto que hay que desviarse para su ataque, no siendo factible solo su observación por un contingente más ó menos numeroso, desde el momento en que satisfaciendo las condiciones enumeradas tengan los defensores libre la desembocadura para, burlando al cuerpo de observación, caer sobre la retaguardia del invasor ó cortar su línea de comunicaciones. Así hemos visto cómo Plewna conteniendo la invasión de la Rumelia obligó al ejército ruso á cambiar su frente, hizo que Gourko, temiendo por sus comunicaciones, repasara los Balkanes y

aún hizo dudar al Estado Mayor ruso si convendría retirarse tras el Danubio, todo por la amenaza constante que por una parte este campo atrincherado y por otra el cuadrilátero búlgaro constituían para su línea de invasión. También en esta situación es más difícil el bloqueo, pues que para ello tiene el invasor que cambiar el frente estratégico, para tomar los sectores de bloqueo paralelo y perpendicular á la invasión, lo que siempre la coloca en situación desventajosa, cual sucedía en Metz y proporcionando más facilidades para romper el cerco por esos sectores, siempre quedarán más débiles y por lo tanto se podrá abastecer y desembocar por ellos.

No conviene que el campo atrincherado esté muy cerca de la frontera, si su cometido es defensivo, por cuanto las primeras operaciones deben servir para medir las fuerzas del ejército activo, que aprovechará las posiciones naturales que ofrezca el terreno para contener la marcha del invasor y cuando su quebrantamiento no le permita hacer frente en el campo de batalla, es la ocasión de buscar el apoyo del campo atrincherado, donde puede reponer sus perdidas fuerzas y coadyuvar á sus operaciones las de la guarnición, con lo cual, contando con que el invasor habrá perdido algunas en los combates anteriores y empleado muchas en la ocupación de los puntos ganados y defensa de la línea de comunicaciones, resultará que cuanto más larga sea ésta, por estar más alejado el campo atrincherado, más posible es el equilibrio de fuerzas y aun en algunos casos la superioridad del defensor. Pero no conviene exagerar la nota, retirándolo demasiado, pues entonces, sin servir de apoyo en la retirada del defensor, daría lugar á que su desmembramiento fuera total después de una activa persecución y entónces, aunque el campo atrincherado pudiera servir de refugio, resultaría que los que á él se acogieran no estarían aptos para una defensa activa y por lo tanto el campo atrincherado quedaría reducido á un refugio, centro de resistencia ó último reducto, que si no tenía las condiciones del de Lord Wellington, acabaría por sucumbir, como Paris y Sebastopol.

Hoy que la tendencia general es tener preparada la caballería en tiempo de paz para en el mismo momento de la declaración de guerra lanzarla en grandes masas sobre la frontera, para impedir la concentración y cortar las comunicaciones, efectuando en mayor escala la opera-

ción de Gourko, es muy probable que si el campo atrincherado estaba muy próximo á la frontera fuera el objetivo de un ataque á viva fuerza, que si no estaba preparado le sería costoso rechazar, y de todas maneras que cortando algunas de sus comunicaciones, como se hizo en Schipka, se dificultara su armamento y abastecimiento.

En los grandes ríos, que sirven de fosos, tras los que puede resguardarse el débil, resultan ventajosos los campos atrincherados con el carácter de dobles cabezas de puente, que proporcionan la facilidad de desembocar para tomar la ofensiva ó caer sobre las comunicaciones del adversario, pero deben tener á su frente suficiente terreno despejado y protegido donde desplegar, comunicaciones fáciles y numerosas y perfectamente defendida su retaguardia, para que una vez rebasados no los inutilicen ó asalten con facilidad. En cambio son muy peligrosos en país de montañas, que generalmente ofrecen pocos recursos, las comunicaciones son escasas y fácilmente interceptables y que pueden anularse pasando por otros caminos, que aunque á primera vista parecen impracticables para un ejército, con energía y constancia se salvan todos los obstáculos y dificultades y en la guerra suele dar mejor resultado lo que parece más difícil, como lo prueban el paso de Gourko por Hain-Kioï, el de Tergoukasoff desde Erivan á Bayacid y el del general Martínez Campos por la regata de Zubirí.

Respecto al papel que con relación al ejército han de jugar los campos atrincherados, repetiremos que además de satisfacer al fin de toda fortificación, que sirve para oponer un obstáculo al invasor, detenerle durante un cierto tiempo, que depende del objeto que se persiga, proporcionar recursos al ejército propio, desembarazarle de todo aquello que le quite movilidad, proteger sus movimientos, cubrirlos y servirle de apoyo en sus maniobras, deben satisfacer el papel estratégico que por su situación y condiciones tienen asignado. Pueden ser posiciones barrera, análogas á Kars, á Deligrad, á nuestro Oyarzun, que cierren la línea natural de invasión y detengan al invasor durante el tiempo necesario para que el defensor se concentre, organice sus posiciones y pueda acudir en su socorro; cuanto mayor sea este tiempo, en mejores condiciones se encontrará el defensor; pero no puede asignárseles una resistencia ilimitada, pues sobre no ser esto posible son posiciones que por

su proximidad á la frontera no es difícil encontrar otras líneas por donde penetrar, y aunque á fuerza de dificultades llegar á rebasarlas. Pueden también desempeñar el papel de posiciones de despliegue, á cuyo amparo pueda el defensor colocar sus fuerzas para rechazar el ataque; estas posiciones tienen más aplicación en la ofensiva, pues la base de operaciones, además de ser el centro de abastecimiento y municionamiento, debe facilitar el despliegue, que aun á pesar de la superioridad debe hacerse siempre con precaución, como hemos visto lo hicieron los alemanes el 70, pues es el momento de más exposición, por poderlo impedir ó interrumpir la caballería lanzada desde el primer momento al territorio del enemigo. Así hemos visto á Bazaine no poder efectuar el despliegue al Oeste de Metz y ser arrollado por la caballería alemana.

Otro de sus cometidos es el de campo de batalla preparado en aquellas posiciones que, como la de Zewin, son puntos de paso obligados para el invasor. Otras veces, como Dresde, sirven de eje de maniobras alrededor del cual opera el ejército defensor, el que puede tener las líneas radiales preparadas de antemano para evitar la debilidad de las fuerzas cuando se alejan del centro. Y en último caso, sirven de refugio al ejército débil, batido ó perseguido, pues si bien es cierto que debe evitarse todo lo posible el ser encerrado en un campo atrincherado, es siempre preferible á ver por completo aniquiladas las fuerzas, tanto más cuanto que si el campo cumple con las condiciones necesarias debe tener siempre franca la salida ó por lo menos recursos para resistir largo tiempo.

Ya satisfaciendo uno ú otro de estos cometidos, ya cumpliendo varios á la vez, la posición que formada por una sola plaza, un grupo de ellas ó una comarca convertida en región fortificada sirva al ejército para realizarlo, estará comprendida en la acepción de campo atrincherado, aun cuando se la denomine con el calificativo de su especial misión. Los campos atrincherados que con este nombre nacen en la época de Vauban, no eran más que un anexo de las plazas fuertes con objeto de aumentar la guarnición, pero en la Memoria dirigida al rey sobre la defensa de Paris en 1689 ya proponía la adopción de fuertes destacados alrededor del núcleo, considerando las plazas como ejes de maniobras y refugio de grandes ejércitos. Estas ideas, adelantándose á las de la época, no

fueron aceptadas por los ingenieros posteriores, que siguieron considerando los fuertes destacados sólo como un aumento de fuerza y medio de alejar la defensa de la población, evitando el bombardeo, como las plazas marítimas propuestas por Montalembert.

El príncipe Federico Carlos comprendía en parte su objeto, pues recomendaba las plazas de armas como medio de conservar los abastecimientos de todas clases, recibir al derrotado, favorecer su organización y armamento y reunir los reclutas, y Napoleón, al hablar de las plazas en general como único medio para retrasar, entretener, debilitar é inquietar á un enemigo vencedor, comprendía el objeto de los campos atrincherados, y buena prueba es el que trató de organizar en Dresde. El proyecto de Sainte-Suzanne, hecho en 1819 para la defensa de Francia, comprendía plazas de gran desarrollo, que eran Laon, Langres, Clermont y Auch, con Orleans en el centro, á las que llama posiciones atrincheradas, como apoyo del ejército; y más tarde Rogniat en 1823 habla ya de campos atrincherados que sirvan de refugio momentáneo al ejército defensor, formados por un núcleo y cuatro fuertes, que sean el apoyo de las alas de un ejército de 100.000 hombres, idea ya más clara en Marmont (1846), que quiere plazas de depósito grandes, fuertes, una por frontera, que sirvan de apoyo al ejército batido y otras de maniobras para facilitar sus movimientos.

Posteriormente estuvieron en auge los campos atrincherados formados por un núcleo y una cintura de fuertes, pero el haber sido bloqueados Metz y Paris, el aumento de alcance de la artillería y el enorme contingente de los ejércitos ha obligado á aumentar el perímetro, alejando en unos los fuertes, en otros formando con ellos verdaderas plazas agrupadas, en algunos defendiendo líneas radiales que parten de un núcleo central y llegando hasta la organización de las regiones fortificadas. Una ú otra solución dependerá, como hemos dicho, de la forma del terreno, sin sujetarnos á patrón determinado, pues hemos visto en el curso de este estudio diferentes formas teniendo influencia en las campañas, como el cuadrilátero búlgaro, de condiciones ofensivas y defensivas, el campo atrincherado natural de Estella y podemos colegir la importancia y fuerzas del de Amberes y del que se organiza en Paris, y sin embargo, sus formas son completamente distintas. Pero siempre su orga-

nización en armonía con la configuración del terreno debe ser tal que reuna las condiciones apuntadas, que pueden reducirse á tres: seguridad, protección y apoyo.

La primera se consigue haciéndolo permanente, con lo cual es mayor el obstáculo, necesita menor guarnición, disminuyendo los artilleros necesarios al estar á cubierto las piezas y almacenes y es suficiente tener menos cañones, pues preparados de antemano los emplazamientos puede aumentarse el campo de tiro obteniendo superioridad. El tener buenos abrigos, hechos con anticipación, disminuye el número de bajas probables y sostiene la moral de los defensores que están más aptos para las penalidades que ocasiona la resistencia. Es necesario también ponerla al abrigo del bombardeo para evitar la embarazosa situación que ocasiona al que manda el malestar de la población civil, que más egoísta hoy y acostumbrada á mayores comodidades no es fácil tome parte activa en la defensa y menos si ve amenazados sus intereses materiales, por lo que conviene alejar todo lo posible la lucha del elemento civil. Es verdad que el alcance actual de la artillería, que en los cañones de 15 centímetros puede llegar hasta 18 kilómetros, hace muy difícil este alejamiento, pero de todas maneras debe contarse con que á estas distancias es muy problemática la certeza del tiro, aún en blancos tan grandes, por la imposibilidad de hacer la observación de los disparos.

La protección se obtiene mediante la acción que el campo, por sus condiciones tácticas, pueda tener y parece á primera vista que si esta protección se obtiene mediante líneas radiales, será más ventajoso cuando éstas más se alejen; pero como cuanto más largas serán más débiles, por estar más separadas del que podemos llamar su empotramiento y ser más amplio el sector que comprenden, resulta que no conviene extenderlas más allá del punto en que estas líneas dejan de prestarse mútua protección. Condición de esta misma protección es que las desembocaduras, así como la retirada, estén aseguradas.

El apoyo lo dan, además de las condiciones topográficas, que facilitan las comunicaciones interiores, las estadísticas, siempre que la comarca sea rica, industrial, con recursos propios, porque aunque es verdad que hoy no es fácil hacer el sitio en regla de un campo atrincherado permanente y por lo tanto el único medio de rendirlo es el blo-

queo, aunque por su extensión y condiciones no pueda hacerse completo, son tantos los elementos necesarios para el abastecimiento diario de una masa de población grande y un ejército numeroso, que basta entorpecerlo para hacer su situación aflictiva.

Muchos creen que es suficiente la fortificación mixta ó semipermanente para la organización de los campos atrincherados, pero aparte de las razones ya aducidas en apoyo de que sea permanente, debemos añadir que la ejecución de obras de aquel carácter exige un período de tiempo que varía de seis semanas á dos meses, muy superior al necesario para la movilización, concentración y primeros encuentros, como hemos podido apreciar en el estudio de la guerra de 1870; y como tampoco sale económico, pues aprovechándose de las circunstancias y de la dificultad y escasez de elementos suben las unidades de precio, resulta que conviene tener las obras hechas de antemano, ó sea permanentes, dejando para el momento aquellas menos importantes destinadas á rellenar los intervalos. La única objeción que á esto puede hacerse es que las obras permanentes resultan anticuadas al cabo de algunos años, pero la experiencia de infinidad de sitios demuestra que las obras permanentes, por antiguas que sean, son capaces de buena defensa si se saben aprovechar y además que siempre cabe su modificación para aumentar su resistencia y corregir los defectos, que nunca es lo mismo que improvisarlas, pues aun durante la reforma existe el obstáculo y abrigo relativos.

No creemos encaja en la índole de este estudio general que de los campos atrincherados hemos hecho fundándonos en la filosofía de su historia estratégica, entrar en los detalles de los mismos, cuyo armamento y disposición es de la exclusiva competencia de los artilleros é ingenieros, pero sí expondremos como final algunas consideraciones, que como complemento de lo dicho nos sugiere el estudio hecho.

No conviene para la forma general de los campos atrincherados la convexa, por cuanto desparrama los fuegos de la defensa, mientras el ataque los hace convergentes, por lo que son preferibles las líneas rectas y aún mejor los ángulos de líneas radiales, que dando lugar á la forma en escuadra tienen la disposición más á propósito para amenazar frente y flanco enemigos.

También recordaremos, fijándonos en los ejemplos que nos proporcionan Deligrad, Kars en su segundo sitio y Paris, que no es conveniente encomendar su defensa á milicias, reservas, ni tropas mal organizadas, contra la opinión generalmente admitida, si no que el núcleo principal de las fuerzas que lo defiendan sean del ejército de primera línea, sin perjuicio de que las demás coadyuven con ellas.

Podemos ya resumir lo expuesto en estas conclusiones, diciendo:

1.º Los campos atrincherados tienen, en general, beneficiosa influencia en los resultados de una campaña.

2.º Esta dependerá en primer lugar, siempre que satisfaga á las demás condiciones, del empleo que de él haga el que mande.

3.º Su situación dependerá de la forma del terreno, siendo la más favorable cuando está en el flanco de la línea de invasión.

4.º Deben contar con elementos propios de vida, fáciles desembocaduras, numerosas comunicaciones interiores, impidiendo todo lo posible que puedan ser bloqueados.

5.º El núcleo ha de estar al abrigo del bombardeo, alejando la lucha del elemento civil.

6.º Han de ser activos, permitiendo en cada caso realizar la misión que les está encomendada.

7.º La forma variará según la del terreno, pero es ventajosa aquella que proporciona líneas en escuadra.

8.º La mayor parte de la guarnición ha de ser del ejército de primera línea.

Y 9.º Como principio general de toda fortificación deben separarse los elementos de defensa próxima y lejana, para que aquéllos estén siempre dispuestos para impedir un golpe de mano.

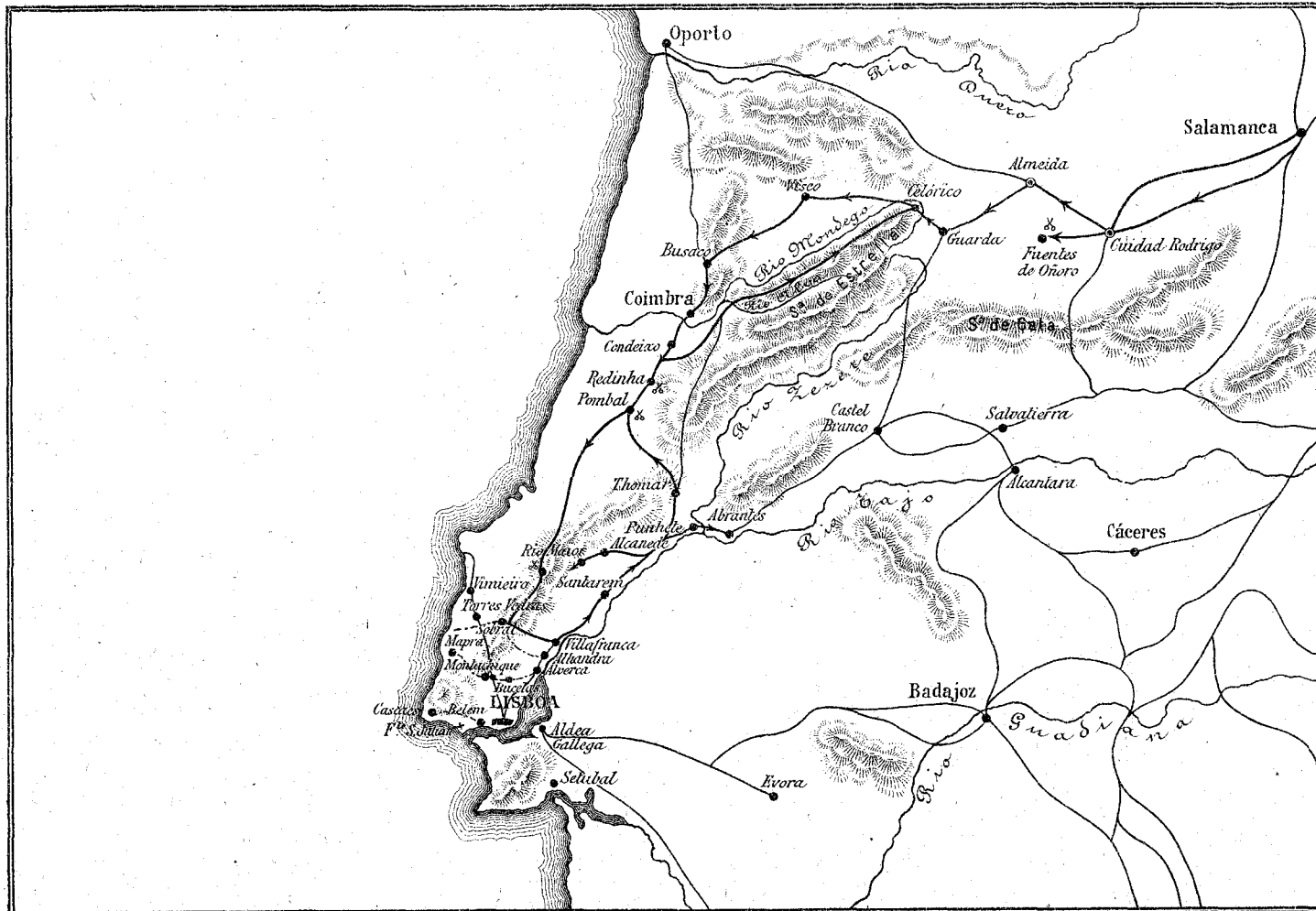
Estas son las ideas que nos ha sugerido el anterior estudio, mediante el cual creemos haber realizado, en la medida de nuestras fuerzas, el fin que nos proponíamos al principio, que es formar concepto suficientemente claro del papel que está llamado á desempeñar en lo futuro el campo atrincherado.

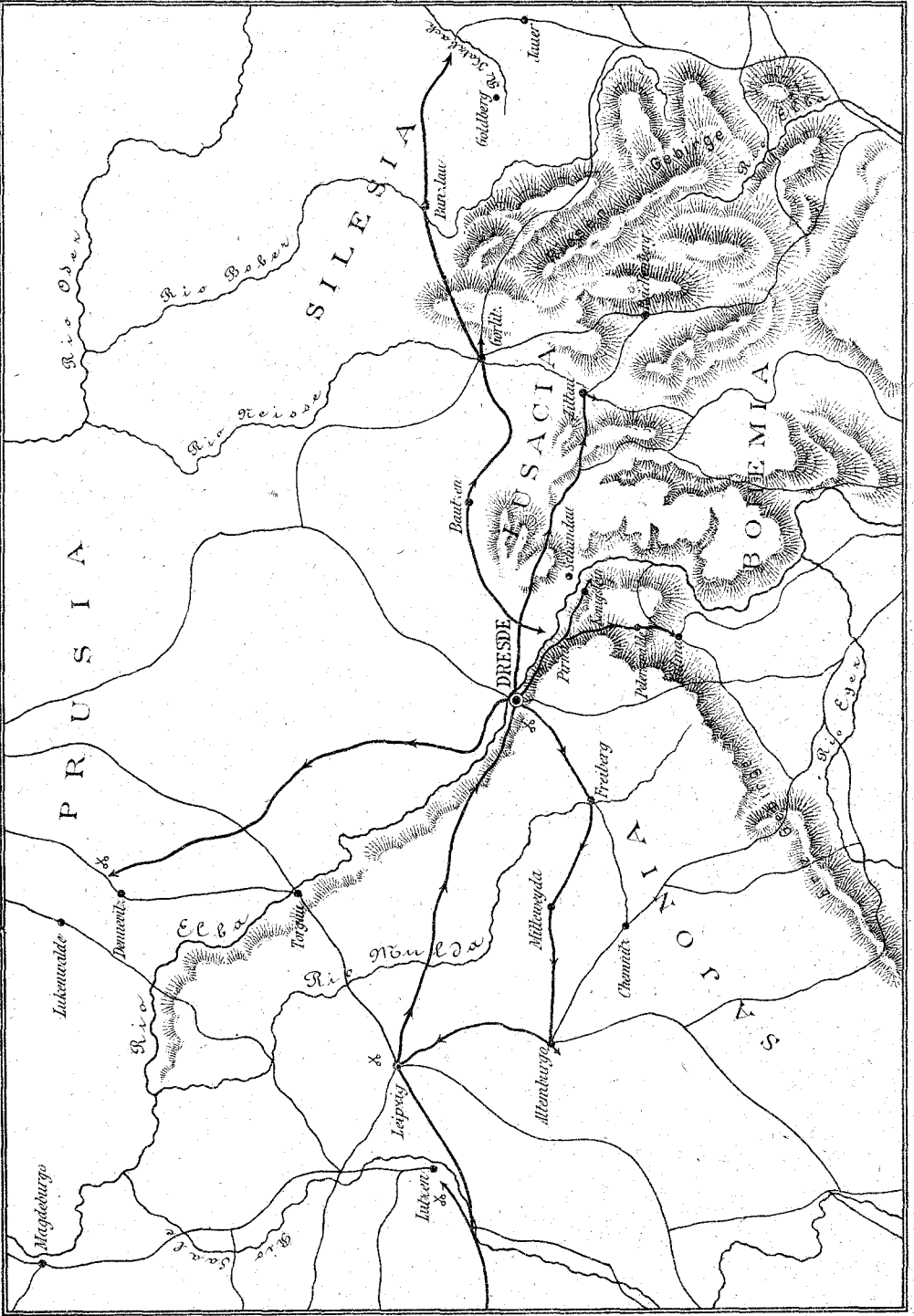
FIN.

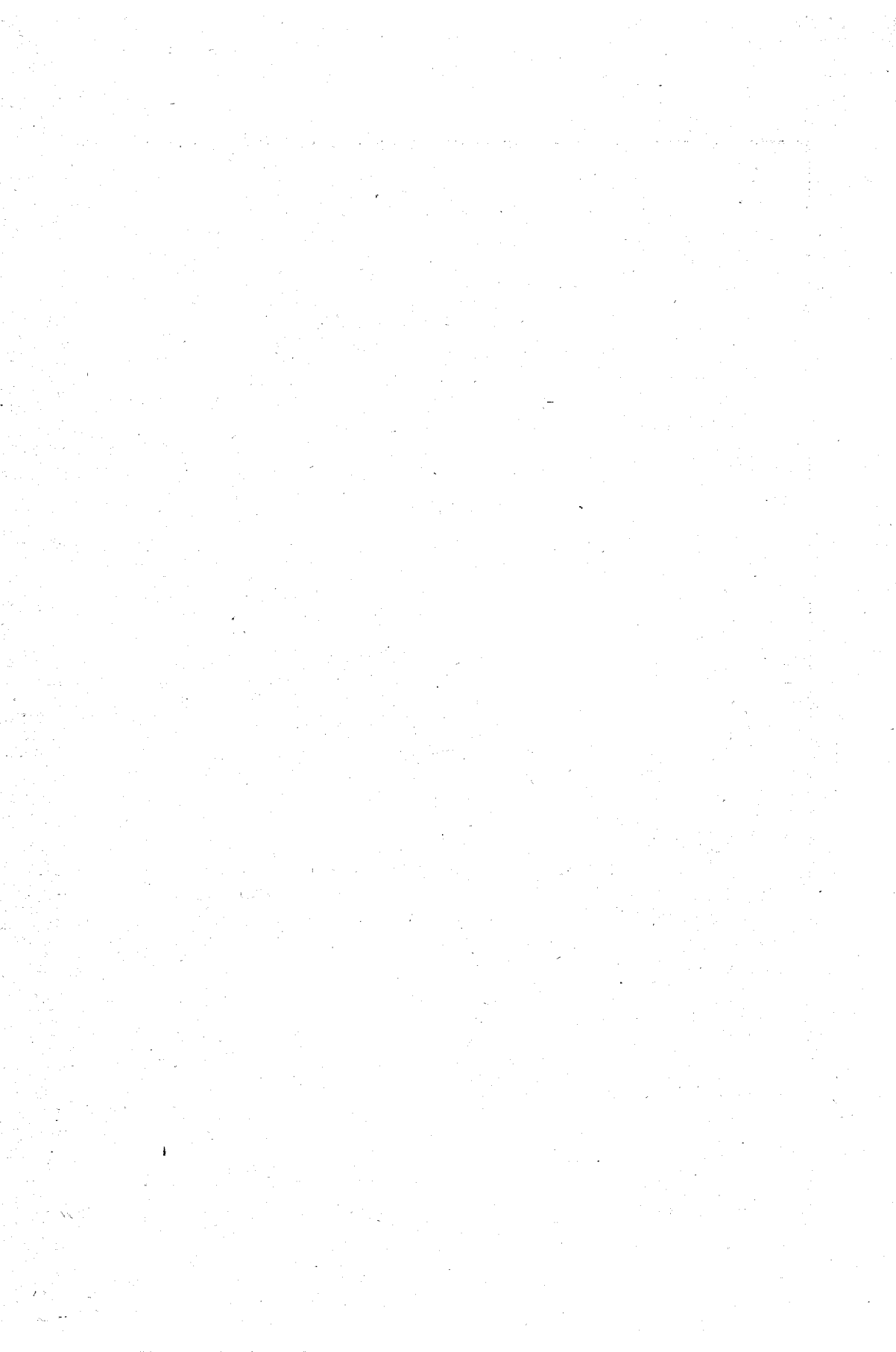
ÍNDICE.

	<u>Páginas.</u>
Introducción.....	v
Campaña de 1810 en Portugal.....	1
Campaña de 1813 en Alemania.....	6
Guerra de Crimea (1854).....	12
Guerra franco-alemana (1870).....	17
Metz.....	17
Paris.....	31
Guerra turco-rusa.....	40
Niksick.....	40
Deligrad.....	42
Plevna.—Cuadrilátero búlgaro.....	43
Kars.....	52
Campañas carlistas.....	59
Amezcoas (1833 á 1835).....	59
Estella (1872-1876).....	63
Conclusiones.....	69

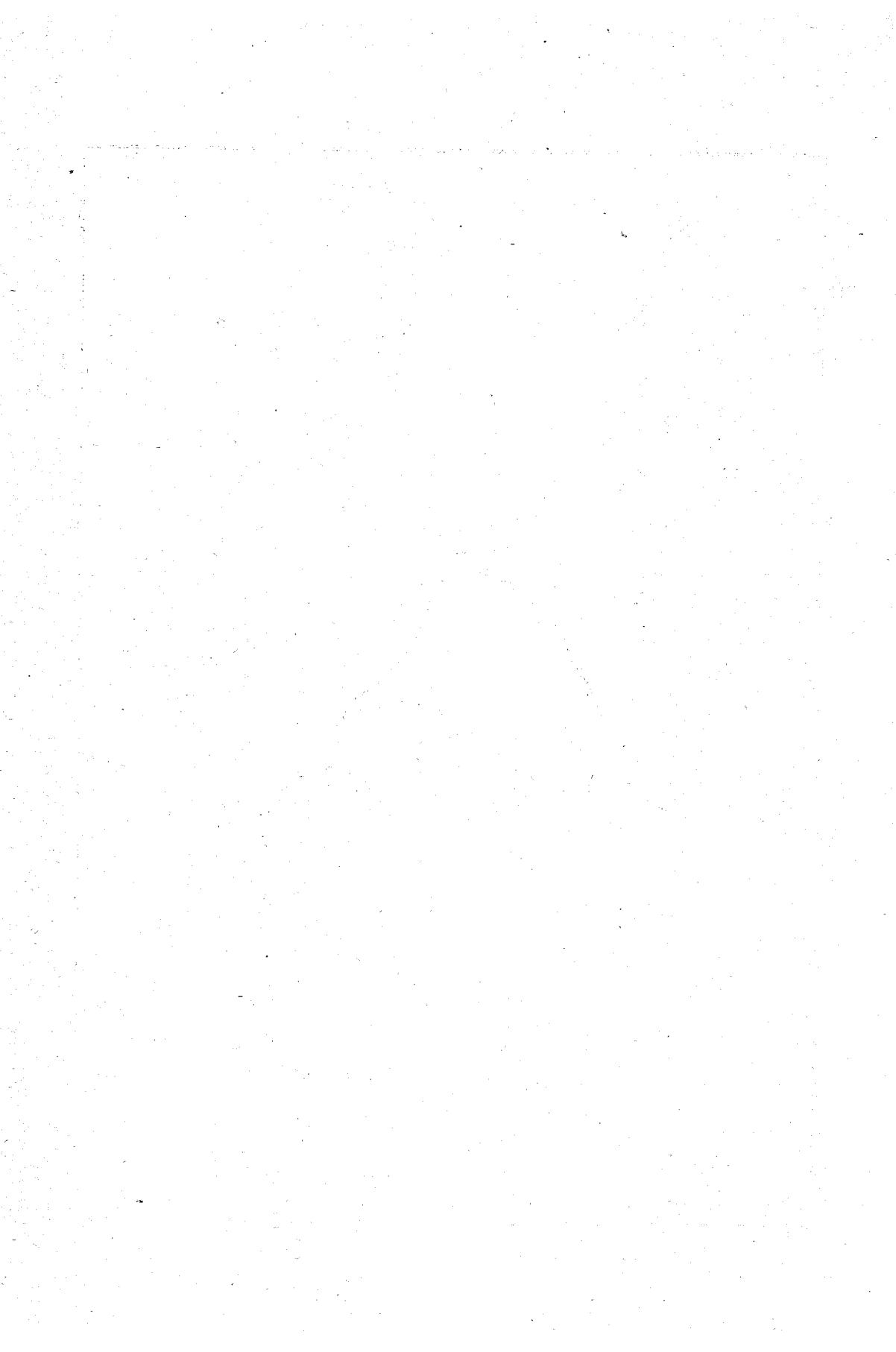


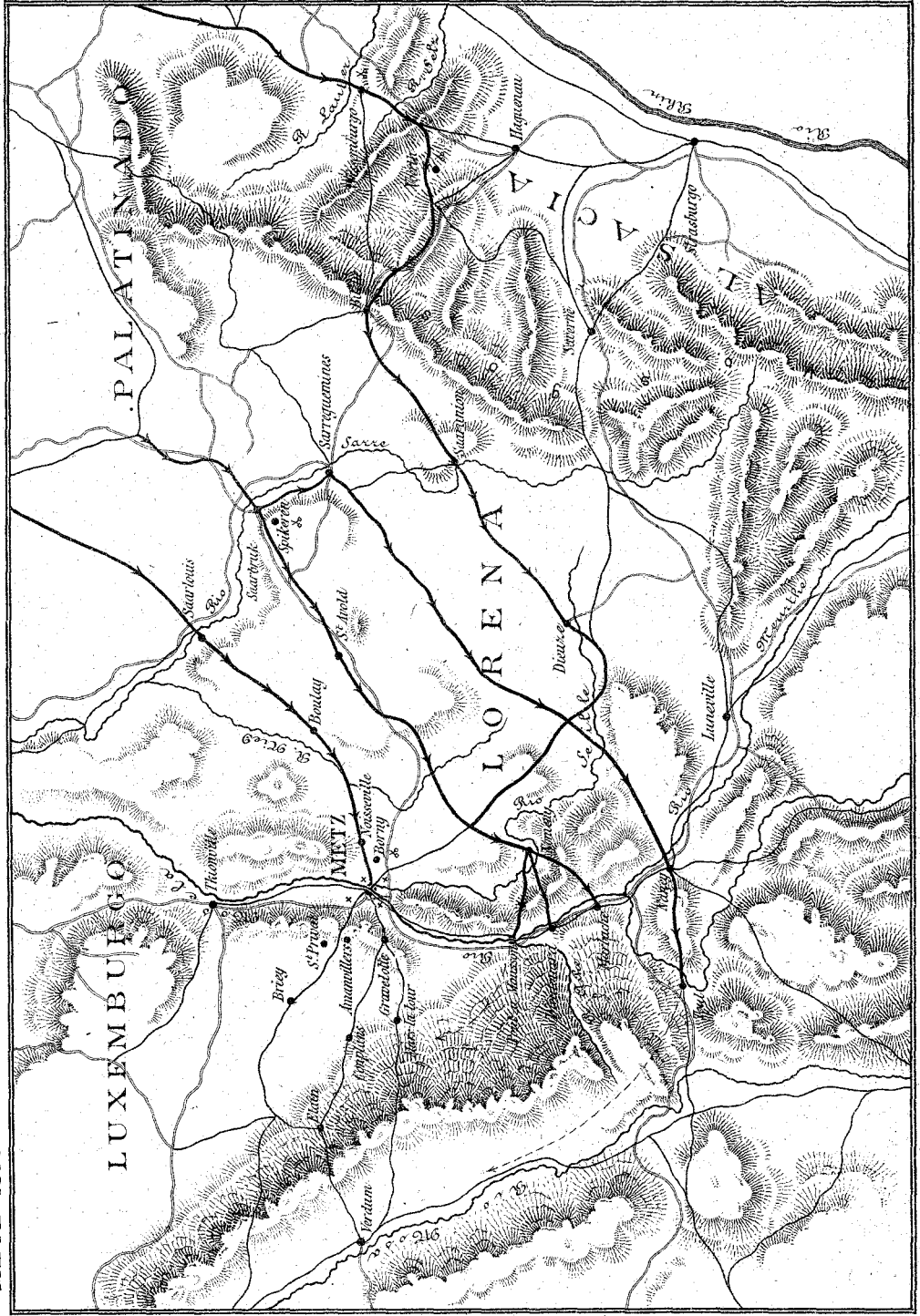




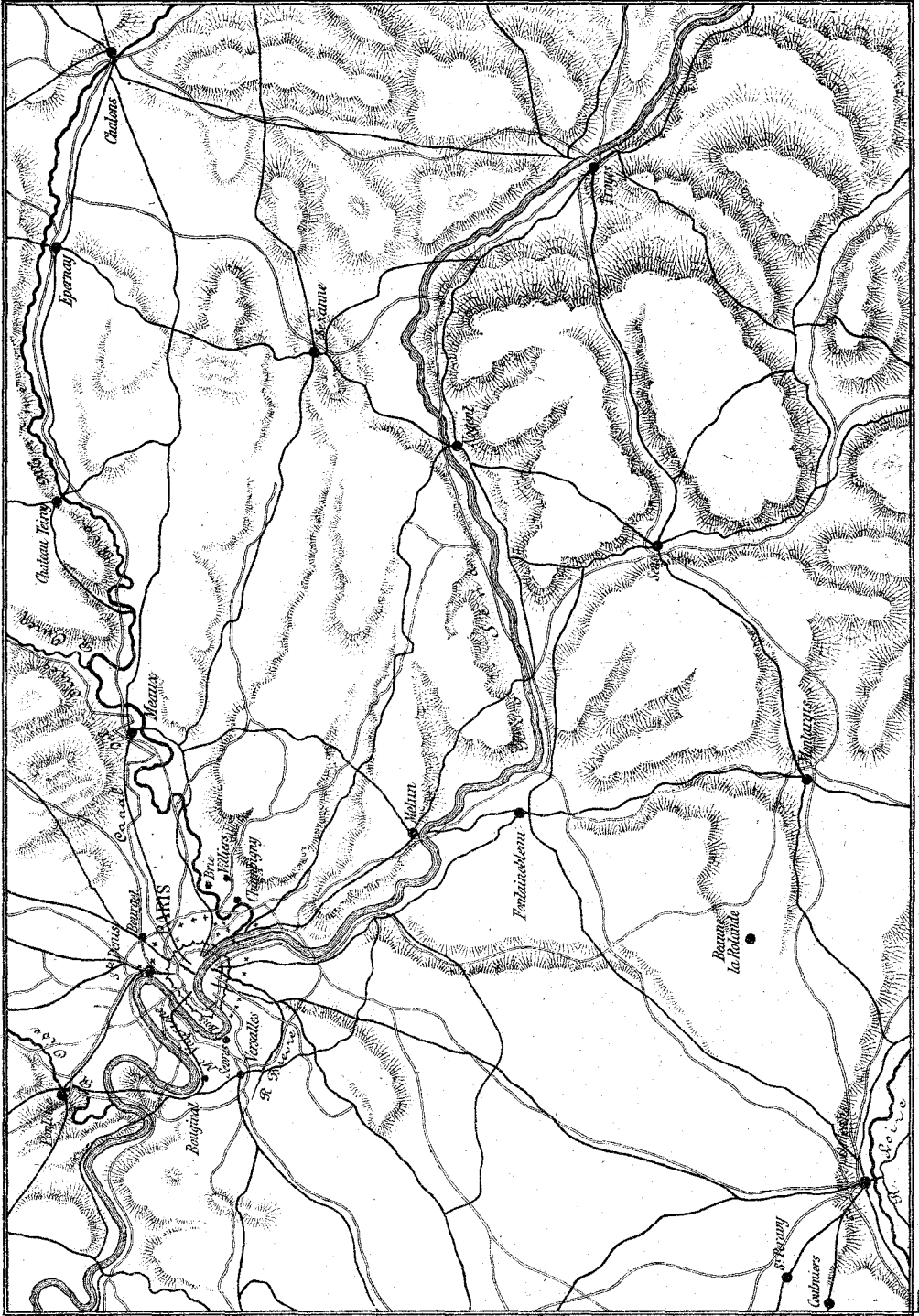


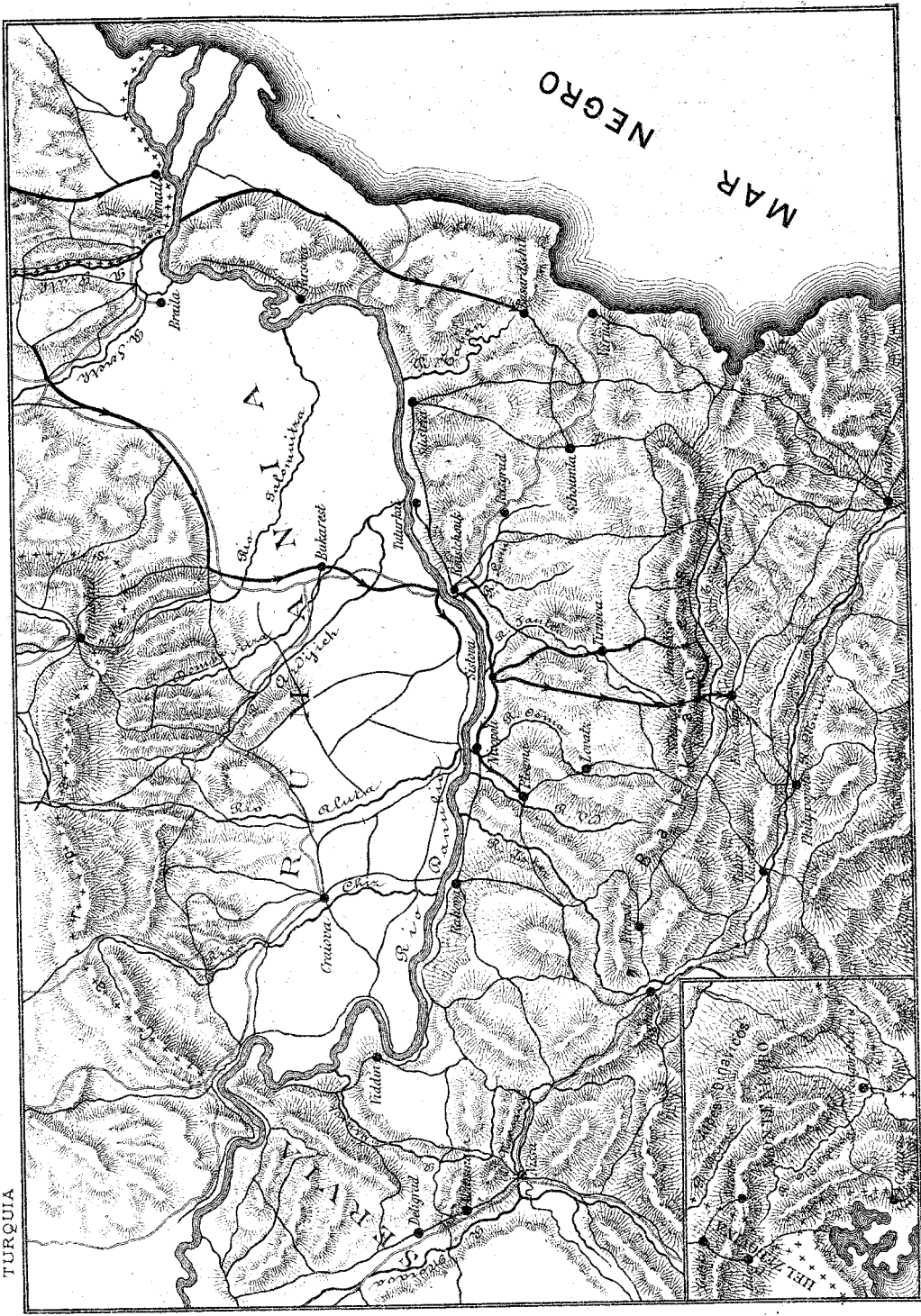




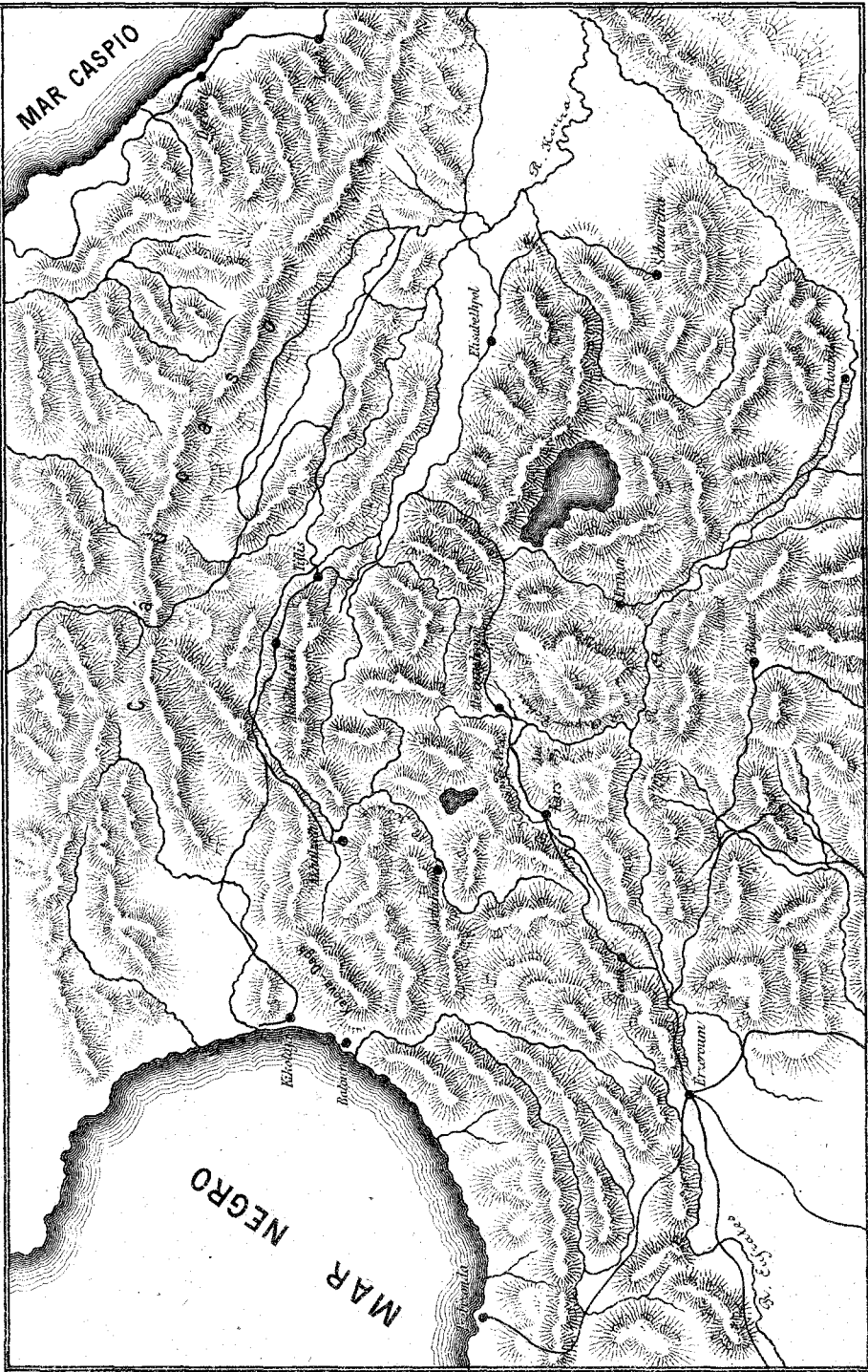






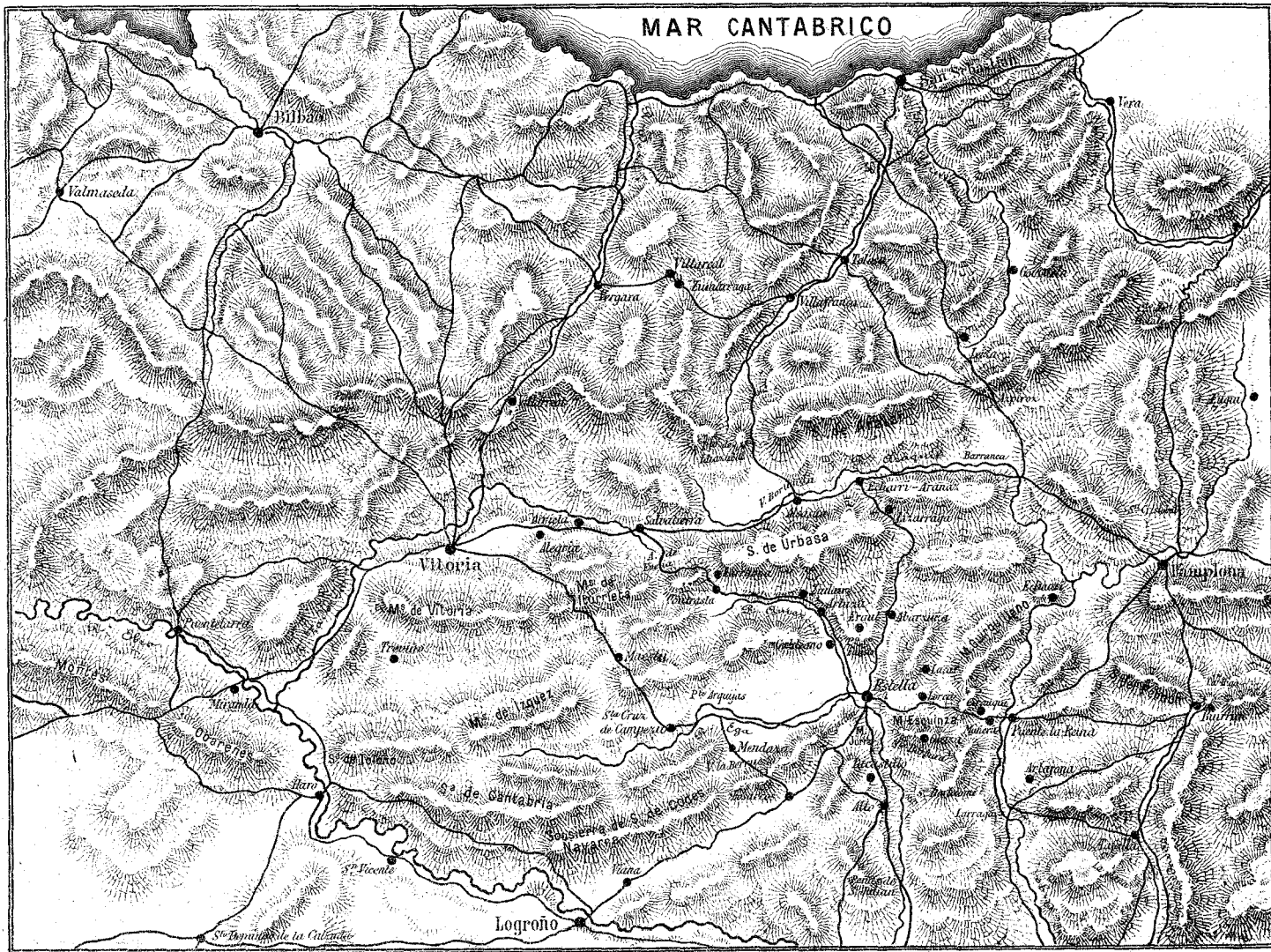


CROQUIS 7°



ARMENIA







TÚNELES Y PERFORACIÓN POR EL AIRE COMPRIMIDO.

MEMORIA DESCRIPTIVA

SOBRE LOS TÚNELES

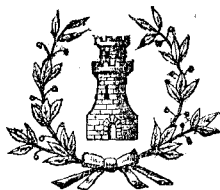
x

PERFORACIÓN POR EL AIRE COMPRIMIDO,

POR

D. ROBERTO FRITSCHI Y GARCÍA,

Capitán de Ingenieros.



MADRID:

IMPRESA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS»

1901.

I.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS TÚNELES.

Antecedentes históricos.

Es indudable que el conocimiento de los túneles se remonta, por lo menos, á los tiempos de la antigua Roma, y que más tarde, en la Edad Media, se construyeron galerías subterráneas para desagüe de las minas; pero cuando los túneles adquieren su verdadero desarrollo es en la época moderna, en la que se multiplican las obras de este género, sobresaliendo por su importancia los de Mont-Cenis, Alberg y San Gotardo, de 12.849, 10.240 y 14.984 metros de longitud respectivamente.

Entre el tiempo empleado para la construcción de los primeros túneles y el plazo de cinco años y medio que, á resultar ciertos los cálculos, se ha de invertir en el del Simplon, de 19.731 metros de largo, hay una diferencia muy notable, que sólo han podido salvar los progresos de la ciencia, ayudados eficazmente por la industria, pero sin que esto sea óbice para considerar tan dignos de veneración y respeto los nombres de aquellos ingenieros que, luchando con la niñez de la ciencia y sus aplicaciones, llegaron á penetrar en el interior de la tierra, como los ilustres de Brandt, Braudou y Locher, directores del gran túnel del Simplon en nuestros días.

Importancia de su estudio.

Hecha esta pequeña digresión histórica, conviene recordar que el estudio de los túneles, además de su importancia general en las vías estratégicas, tiene otra característica para el ingeniero militar, pues la buena organización defensiva de una plaza estriba, no sólo en la existencia de sus fuertes y baterías, sino que también exige un cierto nú-

mero de locales convenientemente resguardados del fuego enemigo, donde puedan almacenarse en caso de sitio las municiones y víveres, servir de parques y hospitales de sangre y de abrigo ó refugio á las tropas ó á los habitantes que por su sexo, edad ó estado sean inútiles para la defensa.

Bajo este último punto de vista, si las condiciones geológicas y topográficas del terreno se prestan á ello, será más rápido y económico el abrir un túnel que ejecutar grandes excavaciones á cielo abierto, con toda su impedimenta de estribos, bóvedas y masas cubridoras de gran espesor, aparte del mayor relieve que presentan los terraplenes, no tan fáciles de disimular ni de amoldarlos, por decirlo así, á los accidentes naturales del terreno.

Creemos, por tanto, que procediendo con lógica no estará de más exponer, aunque sea á la ligera, las dificultades de construcción y algunas operaciones preliminares que en general son comunes á todos los túneles, por entender que ambas cuestiones se hallan directamente relacionadas con el objeto ó título del presente estudio.

Dificultades de construcción.

A nadie se oculta que no es lo mismo trabajar en pleno día sobre la superficie de la tierra que á centenares de metros y en el interior de ella, donde la más pequeña contrariedad, el menor descuido, aumenta los efectos y predispone el ánimo del obrero, que vacila y pierde la serenidad ante el temor de un accidente fortuito.

A este estado moral del minero ú operario *subterráneo*, valga la frase, hemos de agregar que con frecuencia ocurren grandes desprendimientos en el interior de los túneles ó galerías, causando roturas, retrasos y aun desgracias personales; otras veces hay que luchar con el crecimiento insoportable de temperatura, la cual, según las experiencias del San Gotardo, aumenta un grado por cada 44 metros de profundidad; también son temibles en esta clase de construcciones las aguas filtradas á través de las capas superiores, y aún más los veneros de importancia que puedan inundar las labores; por último, la atmósfera interior, ya deficiente en sí, se vicia con las emanaciones y respiración del cuerpo humano, los gases de los explosivos empleados en los barrenos y las lu-

ces (si no son eléctricas), necesitándose, en resumen, una buena ventilación que neutralice estos efectos tan perjudiciales y nocivos, así como cuantas entibaciones y agotamientos sean precisos para garantir en todo tiempo la seguridad de la obra y de los operarios encargados de su ejecución.

Reconocimiento del terreno.

Antes de proceder al tanteo y trazado definitivo de una construcción de esta clase, debe hacerse un reconocimiento minucioso del terreno, tanto topográfico como geológico, estudiando la forma exterior de la montaña que ha de atravesar el túnel, para conocer los mejores puntos de ataque y la dirección probable de los veneros subterráneos, practicando asimismo sondeos ó mejor galerías de ensayo para averiguar la formación de las capas de roca, su inclinación, rumbo y estado.

Dicho reconocimiento preliminar es absolutamente indispensable y constituye la base de ulteriores estudios, que ha de realizar el ingeniero con mucho detenimiento, para huir de las soluciones costosas ó sujetas á riesgos que siempre deben evitarse.

Trazado más conveniente del túnel.

Conocidas las dificultades de construcción que en general son propias de todos los túneles, natural es que se investiguen en su trazado los medios de reducir, ó por lo menos atenuar, los inconvenientes más arriba mencionados. En su virtud, si el reconocimiento practicado en el terreno acusa diferencias notables de constitución geológica, será mucho mejor que el túnel atravesase las capas duras y secas, ó ménos expuestas á los hundimientos interiores, pero sin escoger las muy resistentes, por ser más difícil y costoso el trabajo de perforación, y tampoco debe dirigirse el trazado, á ser posible, por debajo del fondo de una corriente, sobre todo en terrenos permeables.

La longitud del túnel se reducirá cuanto se pueda, formando una línea recta ó curva de desarrollo mínimo, según lo permita la configuración topográfica, y al propio tiempo se aproximará su cota lo más cerca de la cúspide de la montaña, porque de este modo no sólo se disminuye la longitud de la obra principal, sino que también se acortan las

de los pozos ó galerías de ataque, y se mejoran igualmente las condiciones de temperatura y ventilación en el interior del subterráneo y las obras auxiliares.

Al llegar á este punto, es necesario en la práctica determinar la cota de desmonte más ventajosa para abrir el túnel, problema bastante indeterminado, á causa de la variabilidad de algunos de los factores que entran en su composición, y sin que se halle exento de reparos el simbolismo algebraico que lo generaliza, admitirémos como buena la fórmula de Vallée:

$$p x^2 + p l m x - P = 0,$$

en la cual, P es el coste del metro lineal del túnel, p el precio del metro cúbico de excavación á cielo abierto, l la anchura de la explanación, m el talud del desmonte, y x la cota buscada. El valor de x , según los cálculos de varios autores, fluctúa entre 15 y 20 metros, pero estas cifras no deben considerarse como absolutas, pues en muchos casos convendrá seguir el desmonte con alturas superiores á 20 metros, y en otros, por el contrario, será preferible entrar en túnel antes de los 15, como sucederá, por ejemplo, en los terrenos de buena consistencia. La fórmula anterior sólo resuelve la parte económica del problema, muy digna de tenerse en cuenta, pero sin que su aplicación entrañe, en manera alguna, el abandono ú olvido de las condiciones puramente técnicas, cuyas premisas ha de sentar el ingeniero, fundado en el reconocimiento minucioso del terreno y en su práctica y experiencia, para escoger en cada caso particular la solución más conveniente bajo todos los puntos de vista, cuidando siempre de no sacrificar por una economía mal entendida, y á veces ilusoria, la seguridad de la obra y de los operarios.

Número de puntos de ataque.

Se denominan puntos de ataque los sitios donde se comienzan los trabajos, y que son generalmente las dos bocas del túnel, si éste es de pequeña longitud ó no se ha fijado tiempo para terminarlo; pero si su trazo es de gran desarrollo, y solo se dispone de un plazo relativamente corto para ejecutar los trabajos de perforación, no bastará entónces atacar la obra por ambas bocas, sino que será preciso aumentar los puntos de ataque, abriendo pozos ó galerías provisionales.

Para fijar en qué casos será conveniente recurrir al empleo de nuevos puntos de ataque, puede hacerse uso de la fórmula

$$T = \frac{L}{e + s} + \frac{L' + L''}{a + b'}$$

en la cual T representa el número de días laborarios que hacen falta para terminar el túnel con sus trincheras inmediatas; L , la longitud de la obra subterránea; L' y L'' , las longitudes de los desmontes de acceso por ambos lados; e y s , los avances medios diarios de las dos bocas; y a y b , los correspondientes á las trincheras de entrada y salida; en su consecuencia, si el plazo señalado para la terminación del túnel tiene un cierto valor T' , sólo podrá admitirse el ataque por las dos bocas cuando $T' > T$, pero si por el contrario $T' < T$, habrá necesidad de buscar nuevos puntos auxiliares. Ahora bien, de la fórmula anterior puede decirse otro tanto de cuanto apuntamos al hablar de la cota más ventajosa para penetrar en túnel, por que realmente e , s , a y b no son datos fijos é invariables, toda vez que las dificultades, accidentes é imprevistos, aumentan á medida que avanzan los trabajos y nunca podrán conceptuarse los coeficientes más arriba dichos como representación fiel de cuanto ha de ocurrir en las distintas secciones del subterráneo; así es, que para prevenirse contra todas las eventualidades deberán asignarse á e , s , a y b , valores medios prudenciales y más bien por defecto entre ciertos límites que ha de sancionar la práctica, el estudio del terreno, los medios de perforación y extracción de los productos, sistema de agotamiento, etc., analizando detenidamente en cada caso la cantidad y cualidad de todos los recursos que puedan emplearse.

El tiempo de duración de un túnel, donde adquiere verdadera importancia es en las grandes vías estratégicas ó comerciales, pues se ventilan altos intereses del Estado, ó de compañías poderosas, y el retraso en un punto cualquiera del trazado basta para detener la explotación de todas las secciones; así se explica que la empresa concesionaria del gran túnel de Simplon haya ofrecido una prima de 5000 pesetas á los contratistas de dicha obra por cada día que anticipen el plazo de cinco años y medio señalado para terminarlo, ó descontarles igual por cada día de retraso.

Sistemas de ataque.

El ataque auxiliar en un túnel puede hacerse por pozos ó galerías, ó empleando ambos á la vez, y su elección depende de la forma exterior del terreno y de otras circunstancias locales que varían según los casos, por cuyo motivo no es posible dar reglas fijas, y sólo nos limitaremos á enumerar las ventajas é inconvenientes de los dos sistemas.

Los pozos, en general, tienen que ser de profundidad limitada, no conviniendo exceda ésta de 300 metros, pues si es mayor, la ejecución se hace difícil, costosa y expuesta á accidentes desgraciados, como hemos tenido ocasión de comprobar en las minas de Río Tinto, donde el pozo de San Dionisio llega hoy día á más de 400 metros de profundidad. Aparte de estas consideraciones y refiriéndonos solamente al emplazamiento de los pozos, haremos observar que si éstos se abren verticalmente en el centro del subterráneo, presentan la ventaja de facilitar el trazado interior del túnel, haciendo también más sencillo el transporte y desalojo de los productos. En cambio sus inconvenientes son: que el macizo natural situado encima del subterráneo es más susceptible de conmoverse, y los desprendimientos en éste y los pozos, más probables; la unión de la obra de ataque con la principal ofrece grandes dificultades cuando el terreno es poco consistente; no es tan fácil desviar las aguas de los puntos de trabajos; los operarios que están en el túnel corren el peligro de sufrir algún accidente si al pasar por debajo del pozo cae en éste algún objeto; y últimamente, que con las construcciones anejas á las bocas de los pozos, se hace más difícil la prolongación de las alineaciones exteriores.

Se han tratado de evitar estos inconvenientes, peculiares á la situación de los pozos, conservando la verticalidad de ellos, aunque separándolos del eje del túnel y unidos al subterráneo por medio de una galería transversal de poca longitud; pero este sistema dificulta mucho los transportes.

Las galerías pueden ser sensiblemente horizontales ó inclinadas; con ellas se facilita la extracción de los productos y la circulación interior es más cómoda; su apertura no ofrece tantas dificultades como en los pozos; el obrero es más dueño de sus movimientos, porque puede entrar,

salir y alejarse cuando da fuego á los barrenos, sin necesidad de ayuda extraña; y por último, no hay que paralizar los trabajos de perforación para consolidar la galería.

La primera solución de este sistema de ataque en galería, ideado por Toni Fontenay, se adoptará cuando el subterráneo marche por una estribación y sea fácil llegar á él desde la superficie de la ladera, y la segunda está indicada para el caso en que un túnel atravesase una montaña de gran carga y con vertientes abruptas. Es indudable, hablando en términos generales, que todas las ventajas enumeradas para las galerías serán tanto más dignas de tenerse en cuenta, cuanto menor sea la pendiente de ellas, pues si ésta es grande, el aumento de longitud puede ser tal que resulte preferible el empleo de los pozos, y lo mismo sucederá cuando haya varias galerías de ataque y su desarrollo total exceda con mucho de la que hubiera resultado haciendo la perforación por el sistema de pozos.

Distancia entre los puntos de ataque.

Es muy frecuente considerar esta cuestión de modo que sea un mínimo el coste del transporte por galería, y al efecto se hace uso de la fórmula de Thirión

$$E = \frac{l}{n} = 2 \sqrt{\frac{P}{ps + p's'}};$$

en la cual E , representa la distancia buscada; l , la longitud del túnel, supuesto el terreno sensiblemente horizontal; n , el número de partes en que resulta dividido l por los pozos de ataque; P , el gasto de construcción de uno de éstos; s y s' , las secciones transversales de la excavación subterránea y revestimiento de fábrica; y p y p' , los precios del transporte en galería de 1 metro cúbico de desmonte á 1 metro de distancia y el de igual volúmen de materiales en análogas condiciones. Esta fórmula no es más que aproximada, porque el autor ha supuesto en primer término que el terreno es horizontal, es decir, que todos los pozos tienen la misma profundidad y además el valor de P no puede fijarse en absoluto, ni los de s y s' están exentos de variaciones, aunque no de tanta entidad, si se tiene sumo cuidado en los trabajos de perforación.

Cuando se ha marcado un plazo para la terminación de la obra, es factible resolver el problema bajo dicho punto de vista, determinando la distancia entre los pozos por medio de tanteos ó consideraciones analíticas, sobre cuyo procedimiento creemos inútil insistir con detalle, por ser de todos bien conocido.

En la práctica la separación de los pozos es variable con la profundidad y dificultades del ataque; así, por ejemplo: para túneles de poca carga oscila entre 40 y 60 metros si la profundidad es pequeña, y en las mayores de 100, 200 y 300 metros la distancia suele ser de 300, 400 y hasta 500 metros; habiendo algunos casos en que no será conveniente su empleo, como sucedió en el Mont-Cenis y otros muchos, en que habrá necesidad de trasladar los pozos á sitios distintos de los marcados en las fórmulas, para buscar puntos más bajos y disminuir así la longitud de estas obras auxiliares.

Rasantes.

En los túneles largos no debe haber una sola rasante ni puntos bajos que impidan la salida de las aguas, para lo cual se dividirá su longitud en dos pendientes que desciendan del interior hacia las bocas, pues de otro modo, dando una inclinación uniforme y única á las galerías de avance, pudiera muy bien suceder que un pequeño error en el punto de partida se tradujera en una gran diferencia de nivel en el centro de la montaña, no llegando á efectuarse el encuentro de aquellas obras de ataque; en cambio, con dos pendientes inversas, como es más fácil la permanencia en un mismo plano vertical que el cruce de las galerías se verifique un poco antes ó un poco después, nada importa, pero siempre hay la seguridad de que ha de realizarse.

Las pendientes que tienen los túneles principales, como son: los de Mont-Cenis, Alberg y San Gotardo, varían desde el 2',2 al 5',82 por 100 como máximum; las del Simplón en curso, no exceden del 7 por 100; y por último, en las galerías auxiliares de ataque, nunca será la inclinación mayor del 50 por 100.

Sistemas de perforación.

Una de las cuestiones más importantes y que hay necesidad de estu-

diar con mucho detenimiento, es la elección del sistema más conveniente para ejecutar la apertura del túnel. Ya sabemos que los trabajos de perforación pueden hacerse á mano, ó por medio de perforadoras mecánicas cuyo agente impulsor sea el aire ó agua comprimida, el vapor ó la electricidad; el primer sistema ó manual, con la lentitud y mayor gasto que le distingue, será de escasa aplicación en la mayoría de los túneles, pues basta fijarse para ello en que, según la experiencia resultante de varias obras modernas, el trabajo así ejecutado es la mitad próximamente del obtenido por diversos procedimientos mecánicos, hecho práctico robustecido hoy día por la generalización de los segundos, hasta el punto de que, no sólo en los grandes túneles de las vías férreas, sino también en las labores subterráneas de minas de importancia, se emplean frecuentemente, como lo demuestran, entre otras, las de Almadén y Río Tinto en España, y muchas más, fuera de nuestro país, que pudiéramos citar.

Los sistemas de perforación mecánica en uso actualmente son tres, según que la acción motora del útil la ejecute, el aire, el agua comprimida ó la electricidad; de ellos, el último no ha recibido aún la sanción definitiva de la práctica, y tanto éste como el segundo tienen el inconveniente de ser costosa su instalación y entretenimiento; así es que su empleo estará justificado únicamente cuando exista cerca de las bocas un salto de agua de la potencia necesaria para el trabajo de las perforadoras, como sucede, por ejemplo, en el Simplón (Suiza) y en la Madrague (Francia).



II.

PERFORACIÓN POR EL AIRE COMPRIMIDO.

Preliminares.

La primera vez que se aplicó el aire comprimido para la construcción de los túneles fué el año 1860, con motivo de la apertura del Mont-Cenis (Suiza), gracias á la perforadora Sommeiller, que lleva el nombre de su autor, quien mejorando la de Bartlett y sustituyendo en ella el vapor por el aire comprimido, obtuvo los resultados favorables que todos sabemos, confirmados más tarde en el túnel de San Gotardo con las máquinas útiles de Mac Kean y las locomotoras Faure para el transporte de los productos y ventilación artificial.

Las ventajas características de este sistema en los trabajos subterráneos son: que como no hay necesidad de preocuparse del retorno del aire comprimido después de haber obrado en el útil, está exento de las dificultades especiales que puede presentar la evacuación del vapor ó el agua; el diámetro de los tubos empleados en la canalización es mucho más pequeño que para los otros agentes de transmisión; además, la pérdida resultante de la longitud de la tubería bajo el concepto de carga ó presión, es menor que con el vapor ó agua comprimida, á causa del enfriamiento del primero, y mayores rozamientos de la segunda; también es de notar la débil influencia que ejercen en la tensión del aire comprimido las diferencias de nivel y recodos, y finalmente, que con su empleo se contribuye á mejorar las condiciones de aireación del subterráneo.

En contra de las ventajas que acabamos de exponer, se pueden citar dos inconvenientes únicos, que son: el precio elevado de una instalación de esta clase, debido á la necesidad de montar una máquina especial para comprimir el aire, y su pequeño rendimiento; pero hay que tener en cuenta que dichas objeciones son también peculiares á los sistemas

de perforación por el agua comprimida ó la electricidad, cuando no hay un salto natural que proporcione una fuerza motriz gratuita, y que estas circunstancias desfavorables no excluyen las ventajas de su empleo en las construcciones subterráneas de gran desarrollo.

Una instalación completa por medio del aire comprimido se compone de tres elementos principales, que son: *compresor*, donde se eleva el aire á una presión constante y mayor que la de la atmósfera; la *tubería* ó canalización, que transporta la fuerza al punto donde ha de servir como motor, y la *máquina útil*, en la que el aire trabaja por expansión.

Compresor de aire.

El compresor está formado esencialmente por un cuerpo de bomba ó cilindro provisto de un émbolo y dos válvulas, si es de simple efecto (fig. 1.^a); una *e* para la entrada del aire atmosférico, y otra *s* para la salida del aire comprimido, y en comuni-

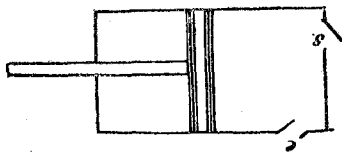


FIG. 1.

cación con el recipiente donde ha de almacenarse aquél á la presión necesaria.

Dicho esto, se comprende que su mecanismo es bien sencillo, pues si suponemos que el pistón retrocede, su aspiración determinará la entrada del aire ambiente

por la válvula *e*, que se abre hacia el interior del cilindro, llenándose éste con dicho fluido y á la presión atmosférica; al avanzar después el émbolo reduciendo el volumen del aire encerrado en el cuerpo de bomba, lo comprime y eleva á una cierta presión *P*, y en este momento la válvula *s* que cierra la comunicación entre el cilindro y el recipiente, se abre y el pistón continúa su marcha hasta la base anterior del cuerpo de bomba, é introduce en el depósito el aire que ha comprimido en la primera parte de su curso, repitiéndose los mismos fenómenos en cada carrera completa del émbolo. Si el compresor fuera de doble efecto, entonces los movimientos alternativos del pistón originan en la parte inmediata á una de las bases del cilindro, la admisión del aire atmosférico, y en la opuesta, la salida del aire comprimido.

Los compresores que se emplean en los trabajos subterráneos son de alta presión, y se clasifican en dos grupos, según que el volumen de aire

comprimido gastado por minuto sea de 1 $\frac{1}{2}$ metros cúbicos, ó mayor, designándolos bajo los nombres de *compresores de pequeño ó gran consumo*. Los primeros pueden ser locomóviles ó semifijos, y su empleo está indicado para instalaciones provisionales, ó en que haya de ejecutarse la perforación con un pequeño número de máquinas útiles; pero cuando éstas sean más de cuatro, por ejemplo, será necesario acoplar varios de ellos, y aún mejor recurrir á los segundos, que hoy día se construyen sólo ó agrupados, para 6, 8, 10, 20 y hasta 30 perforadoras.

A fin de evitar en los compresores el calentamiento del aire, se han ideado diferentes sistemas, que varían desde el más sencillo, donde está sumergido el cilindro en un depósito de agua fría corriente, hasta el más perfeccionado, debido á Colladon, en que se consigue dicho efecto por medio de una inyección de agua pulverizada en el cilindro compresor, y haciendo al propio tiempo que el líquido circule en las paredes de este último y en el interior del pistón.

Sin entrar en detalles relativos á los distintos compresores conocidos, diremos que los de uso más frecuente están combinados con una máquina de vapor, evitándose en ellos el calentamiento del aire por el primer sistema que hemos citado más arriba, y que, en general, las condiciones técnicas exigibles á un buen compresor, deben ser: solidez, regularidad en la marcha, sin esfuerzos ni vibraciones violentas, y producción continua de aire comprimido, con la mayor economía posible de carbón para el motor de origen.

Durante nuestra permanencia en las minas de Río Tinto hemos tenido ocasión de asistir á las pruebas de un compresor, tipo análogo al llamado *económico de Mac Culloch*, y con la fuerza necesaria para el trabajo de diez perforadores *Pequeño Hércules*, también del propio inventor, y construído en los talleres de Wigan (Inglaterra), por los Sres. Walker Hermanos. Dicho compresor, accionado por una máquina Compound, tiene dos cilindros de aire é igual número de ellos el motor; la compresión en él se efectúa por gradaciones, es decir, que primeramente se comprime el aire en el cilindro de baja, á la presión de 3 atmósferas, y pasando luego por un depósito refrigerante, colocado entre aquél y el cilindro de alta, sufre en este último una segunda compresión hasta elevarse á 6 atmósferas.

Las ventajas principales de este nuevo sistema consisten en que, estando conectados los cilindros de vapor y aire á un eje cigüeñal de ángulo recto, la fuerza máxima del vapor tiene lugar cuando el aire comprimido ofrezca su mayor resistencia; y que la primera presión de 3 atmósferas, ayuda á el trabajo de la segunda ó definitiva; por todo lo cual, los esfuerzos en esta máquina están repartidos con uniformidad, siendo su desgaste mucho menor, la compresión rápida y continua y el rendimiento útil y grande. Esto no obstante, el empleo de la condensación para la máquina motriz puede constituir un defecto del sistema, por el excesivo consumo de agua fría que representa; pero este inconveniente, que es cierto y positivo cuando no se disponga de un manantial abundante, puede subsanarse fácilmente aun á costa de un poco mayor gasto de carbón, sin más que prescindir del condensador de superficie, conforme ha hecho, con muy buen acuerdo, el director facultativo encargado de la explotación de las minas.

Hoy día se fabrican igualmente otras tres clases de compresores Mac Culloch, combinados con máquinas de vapor; en dos de ellos hay para un sólo cilindro de aire, donde se comprime éste á 6 atmósferas, uno ó dos cilindros de vapor, y en el tercero, la disposición es análoga al adquirido por la compañía minera de Río Tinto, con la diferencia de comprimirse el aire á 8 atmósferas.

Sin que pretendamos dar reglas fijas sobre la elección del compresor más conveniente, por no ser esto posible, haremos observar que en instalaciones provisionales se atenderá sobre todo á la cuestión económica; pero si se trata de establecimientos permanentes y en grande escala, entonces los factores más dignos de tenerse en cuenta serán la regularidad en el funcionamiento del sistema, la potencia y la economía de la producción. En el primer caso estarán indicados los compresores locomóviles ó semifijos de pequeño gasto, y en el segundo las máquinas de gran consumo y rendimiento útil.

Tuberías.

Ya digimos que uno de los elementos principales del sistema que estamos estudiando era la tubería ó canalización, encargada, según sabe-

mos, de transmitir la fuerza al punto ó sitio en que haya de actuar como motor para el trabajo de las perforadoras.

El material que se emplea para las tuberías puede ser el hierro fundido ó forjado, el cobre y el caucho con espiral interna de alambre y envoltura exterior de tela fuerte ó filástica; pero en general, las cañerías se forman con tubos de hierro fundido, si aquéllos tienen gran sección, reservando el uso del hierro forjado para los diámetros inferiores á 0^m,10 ó 0^m,15.

Las ventajas del hierro forjado son su ligereza y flexibilidad, circunstancias favorables que harán preferible su empleo muchas veces á el del hierro fundido, aun á costa de mayor gasto; en primer término, porque se facilitan las maniobras, sobre todo en los pozos, donde es necesario colocar de distancia en distancia piezas elásticas, y en segundo lugar, porque se adapta fácilmente y en frío á curvas de pequeño radio, poseyendo también la propiedad de que, dentro de ciertos límites, no es necesario preocuparse de los movimientos debidos á la dilatación ó á los terrenos.

Será preciso recurrir á los tubos de fundición, no obstante sus inconvenientes, cuando la cañería se halle expuesta á frotamientos ó á la acción de aguas corrosivas, que pudieran inutilizarla en poco tiempo.

El uso del cobre está muy restringido en las canalizaciones subterráneas, á causa de su elevado precio, y únicamente se emplea para los enlaces que exigen cierta flexibilidad, ó parte del conducto que haya de tomar alguna forma especial sobre el propio terreno; otro tanto puede decirse de los tubos de caucho, que sólo se utilizan para la unión del aparato distribuidor con las perforadoras y la cañería principal.

Diámetro de los tubos.

Los tubos empleados nunca tienen gran diámetro, porque estos últimos son caros, de no fácil manejo ni colocación, y en el tipo que se adopte para cada caso particular, se tratará de mantener en un justo límite la pérdida total de presión producida desde el compresor al útil, pudiendo decirse que para una fuerza determinada, el diámetro de los tubos será tanto más pequeño cuanto mayor sea la presión del aire y más prolongado su trabajo de expansión.

De los ensayos practicados con motivo de la apertura del Mont-Cenis, por los ingenieros Graudis, Grattoni y Sommeiller, resulta que en las canalizaciones más largas será suficiente una tubería de diámetro inferior á 0^m,30, porque aun suponiendo que la longitud de ella sea de 10 kilómetros y la velocidad máxima en el origen igual á 6 metros, la pérdida total de presión está representada por 0^m,780, ó sea, una atmósfera.

En las instalaciones mejor estudiadas los diámetros de los tubos varían desde 0^m,15 á 0^m,25 para la cañería principal, de 0^m,075 á 0,15 para los ramales secundarios, de 0,05 á 0^m,075 para las uniones extremas y de 0^m,025 á 0^m,050 para las flexibles. Dicho se está que el paso de un diámetro á otro se hace por medio de tubos cónicos de pequeña longitud y que según su forma y dimensiones serán de cobre ó fundición.

Longitud y empalme de los tubos.

Aun cuando la conveniencia de reducir el número de juntas, que son, como sabemos, las partes débiles y de costosa instalación y entretenimiento de una cañería, parece aconsejar á primera vista el empleo de tubos muy largos, no hay que olvidar en la práctica que dicha longitud está limitada por la necesidad de que cada uno de los tubos sea manejado fácilmente en los pozos y galerías; así es que deberán tener 7 á 8 metros para los primeros y 5 á 6 metros para las segundas.

Los empalmes entre dos tubos contiguos serán de tal naturaleza que puedan hacerse fácilmente y desmontarse de igual modo, al objeto de conservar entre todos los elementos de la canalización la independencia necesaria. Los medios más en uso se

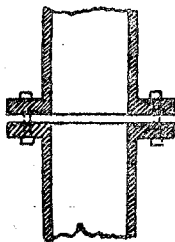


FIG. 2.

detallan en las figuras 2 y 3; el primero para las tuberías de hierro fundido y el segundo para la unión de los tubos forjados. Tanto en uno como en otro se interpone entre los collares planos de la junta una redondela de caucho de 0^m,010 á 0^m,015 de espesor y

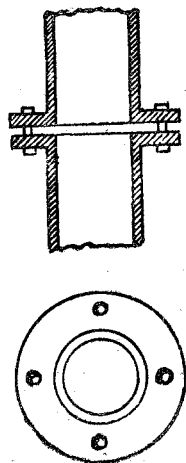


FIG. 3.

luego se aprieta fuertemente el conjunto por medio de un cierto número de pernos, que es variable según el diámetro de los tubos. Para unir un tubo de caucho con otro metálico se recurre á uno de estos últimos, que sea de cobre, de la longitud necesaria y fileteado exteriormente en uno de sus extremos, y sobre él se enmanga por torsión el primero, cubriendo el enlace con hilo de latón bien apretado; hecho esto no hay más que empalmar el tubo auxiliar de cobre con la cañería de hierro, lo cual se consigue fácilmente empleando la ensambladura á tornillo. Por último, si los dos tubos fueran de caucho, se unirían ambos adoptando el procedimiento tan sencillo y conocido que se sigue en las tuberías de las bombas de incendios ó en las máquinas de aire para los trabajos marítimos.

El empalme de un ramal secundario con la cañería principal se hace mediante una pieza de la forma que se expresa en la figura 4; el tubo mayor tiene 0^m,50 á 0^m,75 de largo y el perpendicular ó menor, de 0^m,15 á 0^m,20 de longitud, es precisamente donde se enlaza el conducto derivado. Ahora bien, si la unión de este último con la tubería maestra se verifica en el extremo de la segunda, entonces se recurrirá á alguno de los procedimientos indicados en las figuras 5 y 6, según sean uno ó do

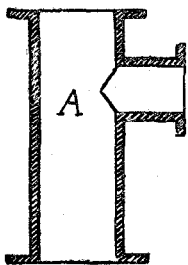


FIG. 4.

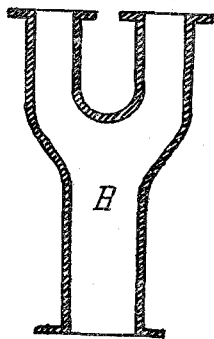


FIG. 5.

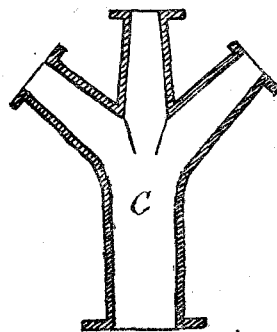


FIG. 6.

los ramales que hayan de empalmarse con la canalización general. Las tubulares *A*, *B* y *C* son de hierro fundido para los conductores de gran diámetro y de cobre para los pequeños.

Colocación de las tuberías.

Los tubos se colocan en las galerías haciéndolos descansar directa-

mente sobre el suelo y próximos á los estribos de aquéllas (fig. 7), pero de este modo se dificulta la vigilancia y entretenimiento de las juntas,

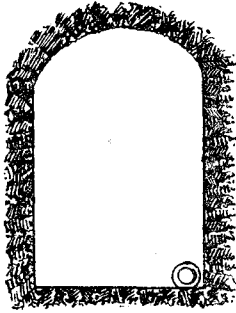


FIG. 7.

sin contar que la tubería está más expuesta á deteriorarse con los choques producidos por las piedras ó los útiles durante los accidentes propios del trabajo. Algunas veces, para obviar el segundo de los inconvenientes apuntados, se entierran los tubos en una

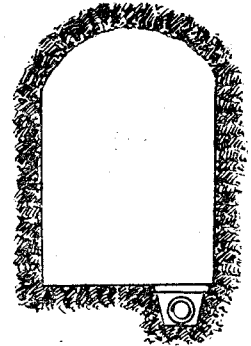


FIG. 8.

pequeña zanja (fig. 8), cuya profundidad es algo mayor que el diámetro de la cañería y cubierta de trecho en trecho con losas ó piedras planas; pero esta disposición agrava en cambio los inconvenientes señalados en primer término para la colocación al descubierto. Lo mejor es que, cuando se trate de obras de importancia,

se coloquen los tubos en las galerías de avanzamiento, adoptando uno cualquiera de los medios de suspensión representados en las figuras 9,



FIG. 9.

10 y 11, y recurrir al empleo de consolas metálicas, en las partes del túnel en que estén ya termi-

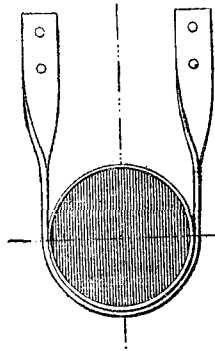


FIG. 10.

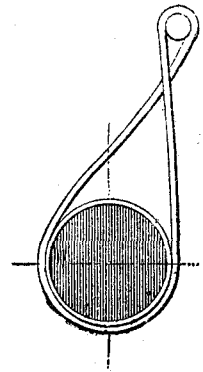


FIG. 11.

ados los revestimientos de fábrica; fijando los primeros á las maderas de las entibaciones y empotrando las segundas en la mampostería de los estribos.

Si en las canalizaciones exteriores son de temer cambios bruscos de temperatura, se hará uso del sistema dibujado en la figura 12, en el cual los tubos descansan sobre pilares de fábrica de ladrillo, establecidos cada 7 ú 8 metros, por el intermedio de rodillos de hierro

fundido, que dejan en libertad á la cañería para obedecer á los fenómenos de la dilatación; pero en este caso, si la tubería es de gran longitud y para evitar que pudiera desplazarse fácilmente, se fijarán de un modo invariable algunos puntos bien escogidos, como son, por ejemplo, los codos y cambios de dirección, empleando al efecto (fig. 13), dos tirantes

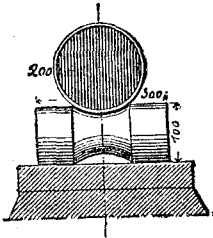


FIG. 12.

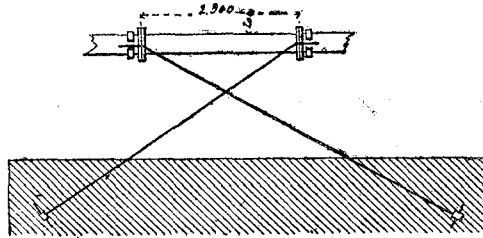


FIG. 13.

de hierro en cruz, anclados en un macizo de obra firme y unidos á la cañería por medio de horquillas, cuya parte curva ó garganta se apoya contra los rebordes de las juntas del conducto, teniendo además sus extremos rectos doblados en la dirección del eje de la tubería, y á la cual se aseguran con un collar de dos bridas.

En el interior de los pozos se suspenden las tuberías empleando grapas (fig. 14) empotradas en la pared, ó zunchos (fig. 15), sujetos de un



FIG. 14.



FIG. 15.

modo análogo (cuando los collares de juntas son circulares), y si estos últimos tienen la forma cuadrada, se fijan también las cañerías como expresa la

figura 16. Finalmente, en las instalaciones bien hechas y para el caso de tuberías de hierro fundido, se acostumbra á colocar cada 25 ó 30 metros un tubo especial fabricado *ad-hoc* y provisto de dos apéndices (figuras 17 y 18), que descansan sobre igual número de canes de madera dura, convenientemente alojados en los cortes de la excavación.



FIG. 16.

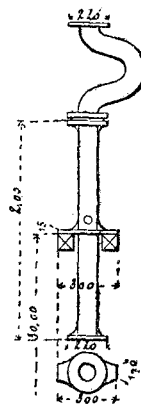


FIG. 17.

Cajas de dilatación y tubos de doble curvatura.

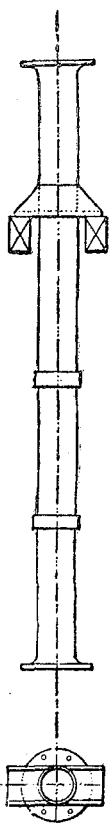


FIG. 18.

Entre los puntos fijos de una canalización exterior ó en los pozos para los tubos soportes, es conveniente interrumpir la continuidad del sistema, estableciendo piezas elásticas llamadas cajas de dilatación ó tubos de doble curvatura, que además de proporcionar una cierta latitud á las cañerías para los cambios de temperatura, hacen que sean más flexibles las distintas partes y facilitan su montaje y desarme.

Las cajas de dilatación se emplean en los conductos de hierro fundido de gran diámetro, y están formadas (fig. 19) por un tubo *a*, de pequeña longitud, en cuya parte ensanchada penetra más ó menos el extremo de otro *b*, perteneciente á la cañería general; la empaquetadura de la superficie de unión entre ambos es de cuero y está sujeta por medio de un anillo de fundición á la boca mayor de la caja de referencia.

Los tubos de doble curvatura se construyen de cobre, tienen igual sección interior que las tuberías en que se emplean y son los más á propósito y de uso corriente para las canalizaciones exteriores de hierro fundido y diámetro inferior á 0^m,15. Estas piezas, elásticas, según puede verse en la figura 20, tienen la forma

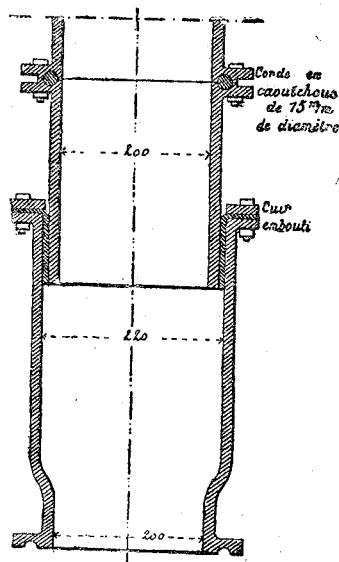


FIG. 19.

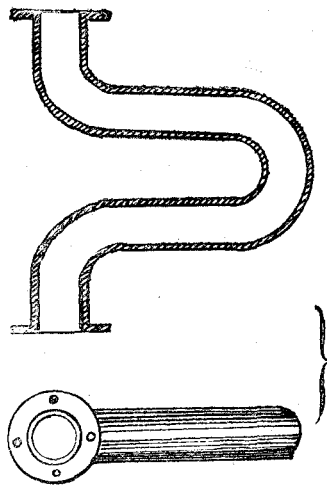


FIG. 20.

de una U, cuya profundidad suele ser 0^m,50 á 0^m,60, uniéndose á la cañería por sus extremos rectos, mediante dos collares de empalme, y dicha disposición es sencilla, de fácil entretenimiento y muy flexible.

En los pozos, si el conducto es de fundición, se establecerá uno de los tubos anteriores cada 25 ó 30 metros, y encima del tubo soporte (figura 17); de este modo, cada trozo de la cañería estará suspendido del tubo más elevado de su sección, y unido al siguiente por el de cobre, cuya flexibilidad pondrá á cubierto las juntas de cualquier esfuerzo debido á los movimientos del pozo ó á las dilataciones de temperatura.

El empleo de estos tubos flexibles es tan ventajoso para el montaje del conducto en los pozos y entretenimiento de las juntas, que aún cuando sean las canalizaciones de hierro forjado, deben colocarse algunos de ellos, si bien á mayor distancia, como, por ejemplo, de 100 en 100 metros.

En las galerías subterráneas, si bien los cambios de temperatura son apenas sensibles, será, sin embargo, conveniente para las tuberías de fundición establecer cada 100 ó 150 metros una pieza de doble curvatura, que facilite las maniobras y buena conservación de las juntas ó uniones de los tubos.

Accesorios.

En todas las canalizaciones de aire comprimido bien instaladas, además de los elementos principales que ya hemos estudiado, hay otros varios auxiliares, que vamos á describir ordenadamente, á fin de completar el sistema que nos ocupa.

Depósito de aire comprimido.

Dos son los objetivos que ha de cumplir este importante accesorio de la canalización subterránea, uno el de *acumulador* y otro el de *regulador*, contribuyendo así de modo eficaz á la buena marcha del trabajo. Bajo el primer punto de vista ó sea considerado como acumulador, tiene la misión de reservar cierta cantidad de aire comprimido, para el caso en que los compresores sean insuficientes y no compensen el gasto necesario, ya por causas de accidentes fortuitos, ó bien porque haya un aumento excesivo de consumo no previsto. En el segundo caso ó sea

como regulador de presión, ha de servir á modo de intermedio elástico, que mantenga un cierto equilibrio entre el gasto del aire comprimido, que es variable en las perforadoras, y la producción, que debe ser regular.

Para que en la práctica puedan los depósitos llenar su doble cometido, se acostumbra á darles las dimensiones necesarias después de haber analizado detenidamente el trabajo de perforación que se ha de ejecutar, la naturaleza y número de los compresores, las máquinas-útiles que trabajen á un tiempo, y también la separación entre éstas últimas y aquéllos. Claro es, que cuanto más numerosos, perfeccionados y susceptibles de marchar á grandes velocidades sean los compresores, y menor y más regular el número y trabajo de las perforadoras, y menos permeable la tubería á través de sus juntas, tanto más reducida podrá ser la capacidad interior del recipiente, que en general es igual á tres ó cuatro veces el volumen de aire comprimido gastado por minuto.

Los depósitos se protegen interiormente contra las oscilaciones, cubriendo las superficies con una capa espesa de alquitrán vegetal, y tienen diversos accesorios, que son: un agujero de hombre, de cierre hermético, para su limpieza y entretenimiento; dos tubulares, una que recibe el conducto del cilindro compresor, y la otra de donde parte la canalización general; una válvula de seguridad y un manómetro cuyo cuadrante se hallará situado en punto muy visible para el maquinista; dos grifos de purga, un tubo indicador de nivel de agua; y algunas veces, en las instalaciones bien estudiadas, hay dos compuertas que sirven para aislar el depósito de los compresores y la cañería principal.

Grifos de purga y colectores.

No solamente en el depósito de aire comprimido, sino también en los puntos bajos de la canalización, se establecen grifos de purga (fig. 21) para extraer las aguas que contengan las tuberías. Si por circunstancias especiales no fuera conveniente esta solución, puede hacerse uso de un pequeño recipiente llamado colector, de 0^m,50 á 0^m,60 de diámetro y 0^m,80 á 1 metro de altura, que se interpone entre las dos ramas de la cañería, para lo cual lleva dos tubulares á los costados y á una misma altura y parte superior, que son las que reciben los extremos del con-

ducto, teniendo, por último, en la base inferior otro tubo más pequeño donde se adapta el grifo de purga.

Aparatos de fraccionamiento, indicadores y de seguridad.

Los aparatos de fraccionamiento se dividen en tres clases: 1.^a, *Compuertas* para las tuberías de gran diámetro; 2.^a, *Válvulas* para las secciones medias; y 3.^a, *Gri-fos* para los conductores de diámetro no mayor de 0^m,08 á 0^m,10; los dos primeros suelen colocarse en la cañería principal, y en los sitios donde se une ésta con los ramales secundarios, y los últimos en las propias derivaciones y encuentro de los tubos flexibles con el distribuidor anejo á varias per-

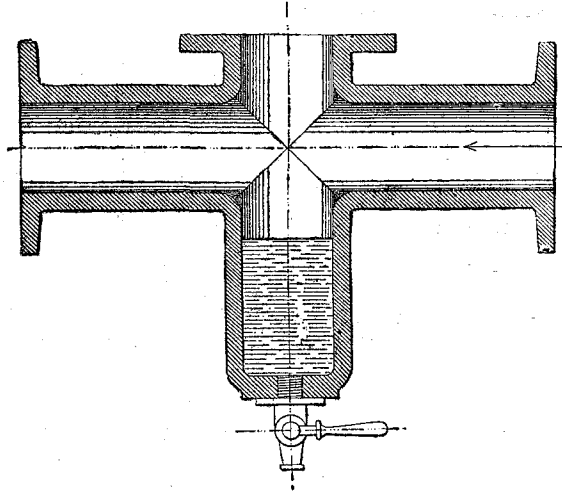


FIG. 21.

foradoras, teniendo todos ellos por objeto, y según su nombre indica, el que puedan aislarse las diferentes partes ó secciones de la canalización. Los aparatos indicadores de presión y nivel de agua se establecen, como ya hemos dicho más arriba, en el depósito de aire comprimido, y los segundos se emplean también en los colectores de la tubería. Las válvulas de seguridad se colocan en el recipiente ya nombrado, que está inmediato al compresor, y otras veces en este último, y además, en las grandes instalaciones, se sitúa á la entrada de la galería de avanzamiento una válvula de seguridad, para que, dejando salir el aire en exceso que pueda haber en la tubería, ventile al mismo tiempo el subterráneo.

Aparatos extremos.

Los aparatos extremos usados en la perforación mecánica de los túneles por medio del aire comprimido son: el distribuidor, el tubo teles-

copio y un sistema cualquiera de cierre, compuerta, válvula ó grifo, que sirva para graduar el consumo inmediato del aire.

El distribuidor (fig. 22) no es más que un depósito tubular de pequeña capacidad y regularmente de hierro fundido, que tiene en la dirección de una de las generatrices tantos ajustes *b*, *c*, *d* y *e*, como perforadoras ha de alimentar, y en los cuales se empalman los tubos flexibles, y en la parte opuesta se encuentra la unión *a* con la cañería principal, llevando todos estos enlaces sus grifos ó llaves de paso correspondientes, siendo, por último, muy conveniente, cuando se tema que pueda llegar aire húmedo á las máquinas útiles, el establecer en dicho aparato un grifo de purga inferior.

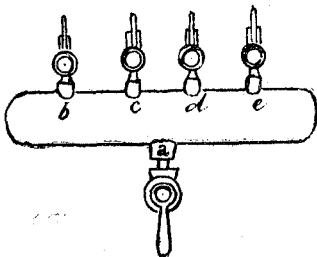


FIG. 22.

El tubo telescopio sirve para unir el aparato que acabamos de ver, con el extremo de la canalización subterránea, lo cual se efectúa mediante un tubo flexible que se interpone entre ambos, y la disposición del tubo telescopio es tal, que puede alargarse tanto como número de metros tenga uno de los elementos parciales de la cañería general; pero en las minas de Río Tinto no lo emplean, y en cambio le dan mayor longitud al enlace flexible, lo cual me parece más sencillo y más práctico.

El tubo telescopio sirve para unir el aparato que acabamos de ver, con el extremo de la canalización subterránea, lo cual se efectúa mediante un tubo flexible que se interpone entre ambos, y la disposición del tubo telescopio es tal, que puede alargarse tanto como número de metros tenga uno de los elementos parciales de la cañería general; pero en las minas de Río Tinto no lo emplean, y en cambio le dan mayor longitud al enlace flexible, lo cual me parece más sencillo y más práctico.

Finalmente, la extremidad de cada ramal de cañería debe cerrarse siempre con una compuerta, válvula ó grifo, que permita regular el gasto del aire, no dejando pasar en cada caso más que el volumen necesario.

Observaciones generales y medidas de precaución.

Si los compresores son locomóviles, como en este caso el depósito de aire comprimido va montado sobre un carruaje de cuatro ruedas y encima lleva los mecanismos del motor, bastará para colocarlo que descansen en terreno firme, é impedir con fuertes calzos de madera dura el movimiento de las ruedas; la caldera, que en este caso será también portátil, se instalará de un modo análogo á su inmediación, pero en locales distintos, y cuya edificación podrá tener un carácter ligero, empleando

maderamen para las paredes y techo, y cubierta de zinc ó palastro ondulado. Dicho se está que el emplazamiento del compresor y caldera será un lugar bien ventilado é inmediato al sitio donde haya de utilizarse, pero á distancia prudente de los primeros trabajos de perforación.

De un modo análogo se instalarán los compresores semifijos, pero si las obras fueran de carácter más permanente, entonces se harán descansar el compresor y el depósito de aire sobre una cimentación de fábrica, uniendo el basamento de hierro fundido del primero á la mampostería por el intermedio de pernos y placas, y las orejas ó apéndices del segundo (fig. 23) se apoyarán en consolas metálicas empotradas en los re-

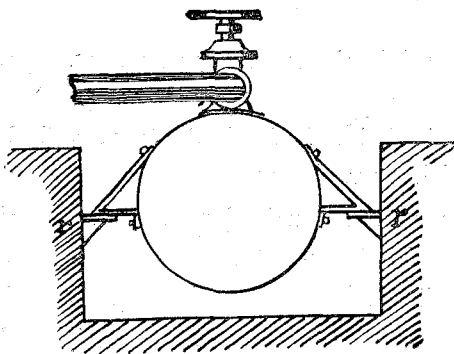


FIG. 23.

vestimientos *r r*, para evitar la acción húmeda del terreno y que puedan ser reconocidas fácilmente. La caldera también se alojará en el interior de un macizo de fábrica de ladrillo, y los locales, que en este caso serán fijos, se construirán en analogía, dándoles las garantías de solidez y condiciones de duración que sean necesarias.

Además, para los depósitos

se adoptarán las precauciones siguientes:

1.^a En su fondo tendrán una pequeña pendiente hacia el sitio donde se halle colocado el grifo de purga, para la mejor salida del agua.

2.^a Si hay varios agrupados en serie se unirán de modo que no formen más que uno solo, pero conservando al mismo tiempo su independencia, por si fuera necesario emplearlos separadamente, y para ello en cada uno de los depósitos se instalarán compuertas, tanto á la entrada como á la salida del aire y los grifos de purga correspondientes.

3.^a El aire comprimido se tomará siempre en la parte superior del depósito, por estar más seco, y el tubo de llegada tendrá una válvula de seguridad para que la presión del aire no aumente más allá del límite calculado.

Los tubos, antes de recibirlos en obra, deberán someterse á una pre-

sión de prueba, doble de la normal de trabajo, haciendo esta operación por medio de la prensa hidráulica, y después, para confirmar su impermeabilidad con respecto al aire y al agua, se sumergirán en esta última, introduciendo en el tubo de ensayo una corriente de aire comprimido á la presión de 6 á 8 atmósferas.

Antes de colocar los tubos se protegen interiormente con dos capas de alquitrán ó pintura al aceite, no sólo para preservarlos de la oxidación, sino también para eliminar los granos de arena que pudieran aún conservar adheridos por efecto del moldeo, cuando la cañería es de fundición, y cuya existencia es perjudicial, por si arrastrados á impulsos del aire comprimido llegasen al distribuidor de la máquina útil.

En la instalación de las tuberías deberán tenerse en cuenta las precauciones siguientes:

1.^a Que haya un acceso fácil alrededor de las juntas para poderlas vigilar con frecuencia y rehacer si llegara el caso.

2.^a Que sea susceptible de renovarse uno cualquiera de los tubos, sin necesidad de levantar ó desplazar todo el conducto.

3.^a En los puntos más bajos de la cañería se situarán pequeñas cajas de agua, con su grifo de purga para la evacuación de los depósitos líquidos que puedan formarse en su interior.

4.^a Se dispondrán asimismo medios rápidos para aislar las diferentes secciones de la canalización, de modo que sea factible el reparar una de ellas sin necesidad de interrumpir ó paralizar todo el sistema.

5.^a y última. Si se trata de obras subterráneas de importancia será conveniente dividir la tubería principal en otras dos al entrar en la galería de avance, para que de una manera alternativa y sin pérdida de tiempo se puedan alargar las cañerías sin suspender los trabajos de perforación. Otras veces, cuando el avanzamiento está muy adelantado y para prevenirse contra las averías en el conducto general, se acostumbra doblar éste, llevando el ramal de reserva hasta la entrada de la galería de avance, y ventilándose con su auxilio los talleres subterráneos, ínterin no tenga oportunidad de ser aplicado para el uso que su propio nombre indica.

Perforadoras.

Las perforadoras, según el modo de obrar el útil ó barrena, se clasifican en máquinas de percusión ó rotación.

Las primeras deben emplearse en las rocas duras, porque su trabajo produce una desorganización ó quebrantamiento intermitente, que no puede obtenerse por medio de un esfuerzo continuo, así es que, aun cuando bajo el punto de vista mecánico sean defectuosas, porque el choque absorbe mucha fuerza viva, es indudable que son muy convenientes para atacar las calizas compactas, el cuarzo y granito.

Por el contrario, en las rocas blandas, tales como la arcilla compacta y los depósitos calizos descompuestos, la boca de una barrena obrando á golpes ó por percusión penetraría con exceso, y sería necesario ejercer un esfuerzo considerable para desprenderla, de modo que en estos casos será preciso recurrir á las perforadoras llamadas de rotación.

Puede decirse, en términos generales é independientemente de la manera de obrar el útil, que toda buena perforadora ha de ser sólida, sus mecanismos sencillos, del mayor rendimiento posible, de fácil manejo, y que su medio de unión con el soporte, permita la apertura de barrenos en todas direcciones y dentro de las necesidades propias de trabajo de unos 6 metros de extensión.

Las perforadoras de aire comprimido pertenecen al primer grupo, y los tipos más modernos se deben al ingeniero inglés Mac-Culloch, contratista durante muchos años en las minas de Río Tinto, y autor de la máquina útil de este mismo nombre, y del *Pequeño Hércules*, su última invención en el año 1894.

La perforadora *Río Tinto* ha sido empleada hasta hace poco tiempo, y con muy buen éxito, en las minas de aquel nombre, donde, entre otros varios trabajos de importancia, ha servido para la apertura de un túnel de vía económica de 1^m,07 de anchura, que une las labores del pozo San Dionisio con la costa Norte, obra en que se invirtieron ocho meses, ejecutándose los barrenos con cuatro máquinas-útiles, y ascendiendo el volumen total excavado á 15.000 metros cúbicos.

La perforadora *Pequeño Hércules* se aplicó por primera vez en Es-

pañá hace dos años y medio próximamente, merced á la iniciativa del ilustrado ingeniero de minas D. Eusebio Oyarzábal, director en aquel entonces de las de Almadén, y donde, según manifestación del interesado, que tenemos á la vista, cumplen perfectamente todas las condiciones exigibles á una buena perforadora, hasta tal punto que aún siguen prestando excelentes servicios las primeras máquinas, y á satisfacción de cuantos han tenido oportunidad de observar el funcionamiento de ellas.

En las minas de Río Tinto, y durante tres meses, han hecho experiencias comparativas entre las dos perforadoras de Mac-Culloch, trabajando con ambas en las labores subterráneas del pozo de San Dionisio; y como resultado de aquéllas, la compañía explotadora se ha decidido por la adquisición de doce máquinas *Pequeño Hércules*, de $3\frac{1}{2}$ pulgadas inglesas, ó sea 89 milímetros, no sólo en vista de su mayor rendimiento y ser más manuales para diámetros iguales del pistón, sino al propio tiempo por la solidez de su construcción, que reduce de un modo notable los gastos de entretenimiento, como lo demuestra la circunstancia de que mientras las perforadoras *Río Tinto* de $3\frac{1}{2}$ pulgadas, han necesitado entrar en el taller de reparaciones cada siete ú ocho días, las otras han resistido perfectamente durante el período de las pruebas, sin sufrir deterioro alguno de importancia.

Puede decirse que las perforadoras *Río Tinto* y *Pequeño Hércules* son perfeccionamientos sucesivos de la *Comish*, representada en las figuras 24 y 25. Esta última se compone, en primer término, de una caja de fundición *M*, provista inferiormente del sustentáculo ó platillo *S*, que sirve para unirla al soporte ó columna, y de un tornillo *t* que por el intermedio de la manivela *n* hace avanzar el aparato percutor colocado dentro de la caja y susceptible de deslizarse á lo largo de ella. El aparato percutor está formado por un cilindro *r*, en cuyo interior se mueve de un modo alternativo, como luego veremos, el pistón *P*; la barra de este último tiene en la parte anterior una cavidad ó manguito *m* donde se aloja el útil, sirviendo la abertura *K* practicada en él para desprender la barrena cuando haga falta; en el otro extremo del émbolo penetra la barra estriada *B*, á la que se ajusta la rueda *R*, constituyendo, en unión de los fiadores *f f*, y resortes *r r*, el mecanismo necesario para el movi-

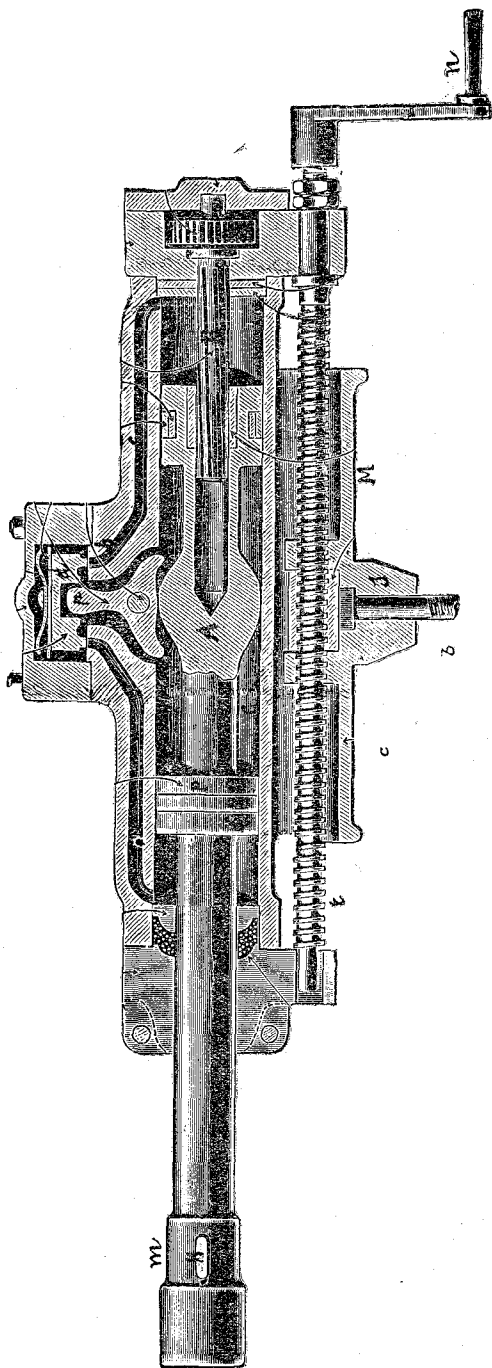


FIG. 24.

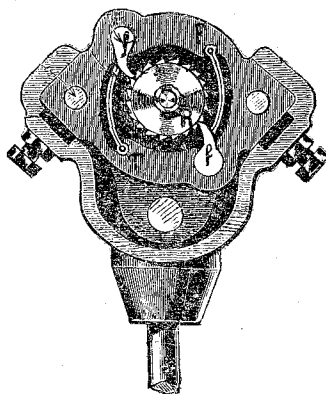


FIG. 25.

miento de rotación del útil; finalmente, el ensanche *A* esferoidal, sirve para la maniobra del distribuidor *d*, mediante la válvula *p*, gira alrededor del punto *O*, y las lumbreras *a* y *b* establecen, por los conductos *c* y *e*, la comunicación alternativa de las dos caras del émbolo con el distribuidor ó la atmósfera.

Supongamos ahora que la máquina está en reposo, ó sea conforme representa la figura 24; si abrimos la llave de paso del aire comprimido, llenará éste la cámara del distribuidor, y por el avance á la admisión de la lumbrera *a* penetrará en el cilindro *C*, imprimiendo al émbolo *P* un

movimiento de traslación hácia la derecha, y al encontrarse el saliente *A* con el brazo del mismo lado de la válvula *p*, lo levantará haciéndolo girar á la izquierda, y moviendo en igual dirección la corredera del distribuidor; en dicho momento quedará descubierta la lumbrera *b*, y la *a* estará en comunicación con el exterior; por tanto, el aire comprimido penetrará ahora por la lumbrera *b*, y se verificarán los mismos fenómenos, pero en sentido inverso, ó sea marchando el pistón de derecha á izquierda. Mientras este último avanza y retrocede, dicho se está que hace oscilar á la barra estriada *B*, convirtiéndose el movimiento en una rotación de la rueda dentada *R*, y, por consiguiente, del útil, merced á los fiadores *ff*. Ya no falta más que ejecutar el avance del aparato percutor, el cual se hace á mano, obrando, según ya hemos dicho, sobre la manivela *n*, y así el operario puede graduar el curso de la barrena, según la dureza de la roca, ventaja que no se obtendría con un mecanismo automático.

En Septiembre de 1882 se hicieron en Inglaterra pruebas comparativas de esta perforadora con otras similares, ante la Sociedad Real Politécnica de Cornwall, dando por resultado el cuadro que á continuación se expresa:

NOMBRE de las perforadoras.	Diámetro del cilindro.	Curso del pistón.	Diámetro de la ba- rrena al principio.	Profun- didad obtenida.	Volumen perforado	Aire gastado á 60 libras de presión.	Pies cúbicos de aire á 60 li- bras de presión por pulgada cúbica de piedra.	Clase de piedra.	Posición del barreno.	Profun- didad obtenida por minuto	Volumen perforado por minuto	
	—	—	—	—	—	—	—			—	—	—
	Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas cúbicas.	Pies cúbicos.	Pulgadas.			Pulgadas cúbicas.		
Cornish.	3 1/2	5 3/4	1 13/16	28 1/2	64	230' 4	3' 6	Granito.	Vertical.	3' 87	8' 7	
Climax.	3 1/2	5 3/4	1 7/8	26	65	295' 8	4' 55			3' 06	7' 64	
Excelsior.	3 3/8	4	1 7/8	27 1/4	65 1/2	267' 2	4' 07			2' 72	6' 55	
Eclipse.	2 1/2	5	1 1/4	22 1/2	29 1/2	152' 0	5' 15			3' 85	5' 06	
Beaumont.	3	5	1 9/16	5 1/4	12 3/4	90' 0	7' 1			1' 75	4' 25	
Cornish.	3 1/2	5 3/4	1 7/8	13	31' 2	121' 9	3' 9	Piedra muy dura recién extraída	Inclinado.	2' 43	5' 85	
Climax.	3 1/2	5 3/4	1 7/8	10	25' 8	234' 1	9' 06			1' 0	2' 58	
Excelsior.	3 3/8	4	1 7/8	4 3/4	13' 1	124' 1	9' 48			0' 79	2' 18	
Eclipse.	2 1/2	5	1 1/4	16	17' 7	244' 9	13' 7			1' 6	1' 77	

Después, el año 1890, Mac-Culloch inventó la perforadora *Río Tinto* (figura 26), disminuyendo el peso de la *Cornish* y aumentando el curso

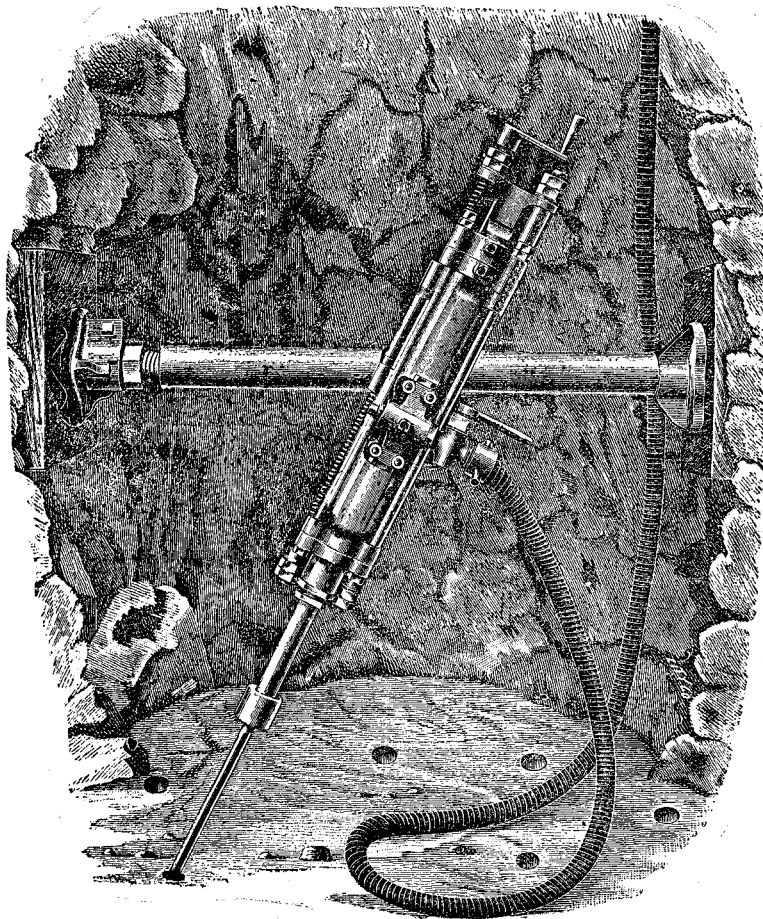


FIG. 26.

del pistón y la carrera de la barrena, obteniendo con ella un brillante éxito en el concurso celebrado en el Palacio de Cristal, de Londres, en Agosto de dicho año, según puede verse por el siguiente cuadro:

NOMBRE de las perforadoras.	Dimensio- nes de las perfo- radoras. — Pulgadas.	Profundidad alcanzada.		Volumen perforado.		Clase de piedra.
		Total.	Por minuto	Total.	Por minuto	
		Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas cúbicas.	Pulgadas cúbicas.	
Río Tinto.. . . .	3 1/2	29' 43	7' 35	80' 00	20' 00	Granito de Aberdeen.
Bikle.	3 1/2	26' 06	6' 31	69' 28	17' 32	
Eclipse.	3 1/2	26' 50	6' 62	52' 70	13' 17	
Daw.	3 1/2	25' 43	6' 35	44' 40	11' 10	
Climax.	3 1/2	14' 56	3' 64	37' 14	9' 28	
Ingersoll Mayue	3 1/2	15' 37	3' 84	26' 19	6' 54	
Coles.	2 1/2	12' 06	3' 01	16' 63	4' 15	

Las dimensiones principales y peso de la perforadora *Río Tinto*, cuyo sistema de distribución es análogo al de la anterior, son: longitud total, 1220 milímetros; curso del pistón, 140 milímetros; carrera de la barrena, 560 milímetros; peso, 133 kilogramos.

Finalmente, el citado Mac-Culloch, modificando la *Río Tinto*, dió á conocer en 1894 su última invención, la perforadora *Pequeño Hércules* (figura 27); el peso es de 99 kilogramos; su longitud, 825 milímetros; el curso del pistón, 152 milímetros; y la carrera de la barrena, 610 milímetros; en ella la válvula ha sufrido una variación radical, pues habiendo observado que las antiguas cerraban antes de tiempo las lumbreras de salida, y quedaba en el cilindro aire comprimido que quitaba efecto percusivo á la embolada siguiente, se le ocurrió la idea de sustituir el sistema de distribución de corredera por una válvula cilíndrica oscilante, que establece alternativamente, y por medio de aberturas practicadas en su interior, el paso del aire comprimido á las dos caras del émbolo, haciendo que éste se mueva con precisión y rapidez. La perforadora *Pequeño Hércules* se compone de veintiocho piezas, que se montan y desarman con facilidad, y cuesta 1500 pesetas aproximadamente.

El trabajo práctico de esta máquina-útil es variable con la naturaleza de la roca, la disposición en que perfora á ésta, y la habilidad ó pericia del obrero; así es, que sólo á título de curiosidad daremos algunos detalles sobre las pruebas verificadas en Julio de 1895 en la mina Wheal Ayar (Inglaterra). Según dichas experiencias, la *Pequeño Hércules*, de 89 milímetros, taladró 343 milímetros en granito duro, al

cabo de un minuto; después hizo un agujero de 1^m,638 en 8 minutos 53 segundos, en el cual se emplearon al principio barrenas de 57 milímetros,

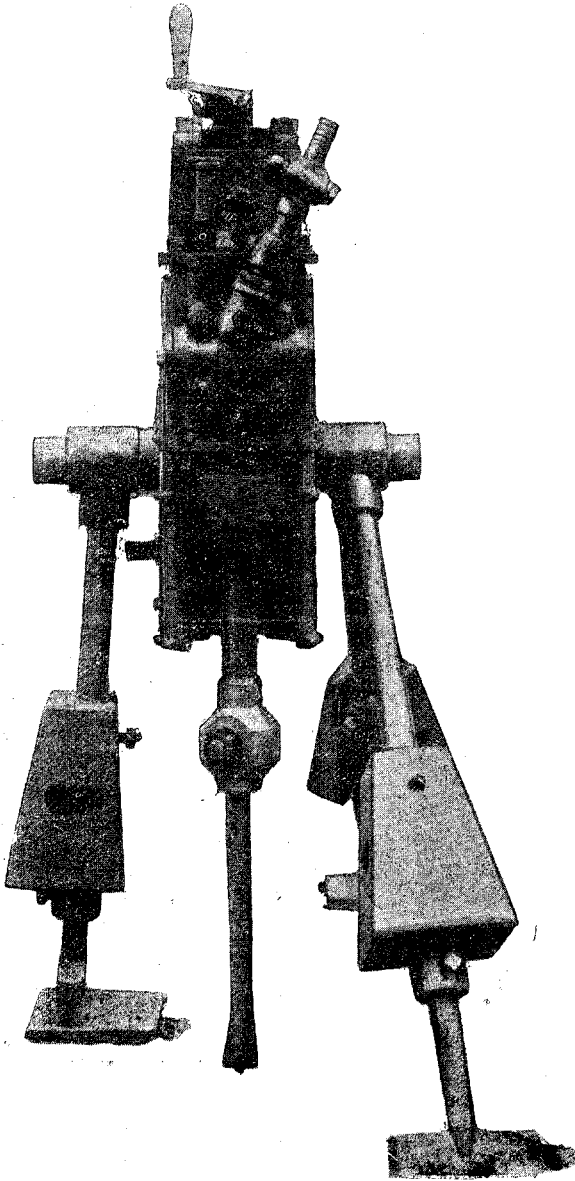


FIG. 27.

y se fué luego disminuyendo el diámetro de la boca del útil hasta terminar con una de 38 milímetros; el tiempo invertido, teniendo en cuenta las paradas, llegó á 18 minutos; por último, con la misma perforadora se abrió un orificio vertical de 890 milímetros, en 6 minutos 38 segundos, habiendo sido de 9 minutos 30 segundos la duración total de la prueba.

Barrenas.

Todas ellas tienen la forma que se indica en la figura 28; su extremidad tronco cónica es la que encaja en el manguito exterior de la barra del



FIG. 28.

pistón y la otra más ancha es la boca del útil. El juego completo se

compone de cuatro barrenas, cuyas longitudes respectivas son: 0^m,60, 1^m,00, 1^m,50 y 2^m,00, y las dimensiones correspondientes de las bocas, que van en orden inverso ó de mayor á menor, tienen 0^m,63 para la primera y 0^m,57, 0^m,50 y 0^m,38 para las tres restantes. Cuando haya de ejecutarse con estas perforadoras un trabajo continuo y los operarios sean diestros en su manejo, se necesitan para una sola de aquéllas 24 barrenas de cada clase, ó sea un total de 96.

Carros afustes y columnas.

Para ejecutar los barrenos pueden colocarse las perforadoras en carros ó afustes ó columnas, suponiendo el caso concreto que estamos estudiando, puesto que también son susceptibles de montarse dichas máquinas sobre un trípode para los trabajos al aire libre; el primer sistema se acostumbra emplearlo en las galerías de pequeña sección, y el segundo en las mayores y en los pozos. Los carros afustes (fig. 29) están constituidos por varios mecanismos que descansan sobre un fuerte bastidor de hierro montado en cuatro ruedas de fundición y susceptible de trasladarse á lo largo de una vía de 1 metro de anchura, haciendo la tracción á brazo. El bastidor tiene en el centro un árbol *A*, aterrajado en la parte inferior, y que lleva á diferentes alturas dos man-

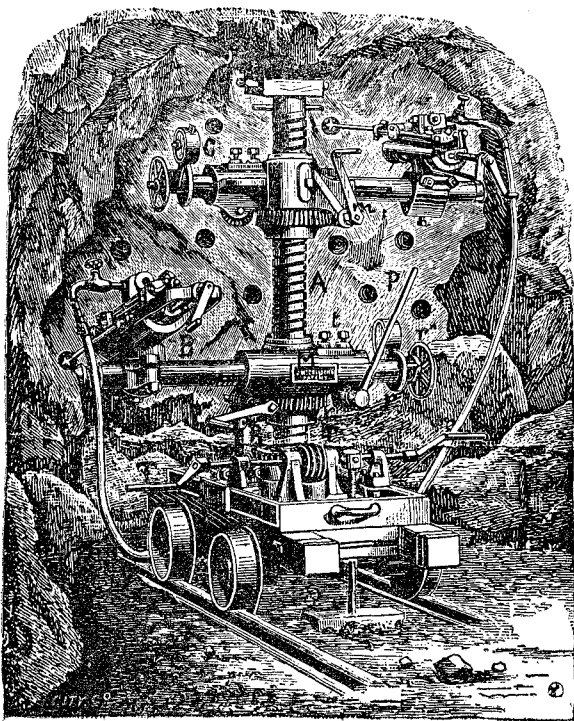
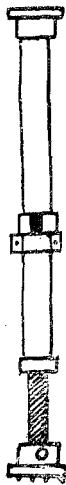


FIG. 29.

guitos M, M , en cuyo interior se alojan los brazos horizontales B, B ; la rueda dentada R y el tornillo T sirven, por el intermedio de las manivelas m, m , para elevar ó bajar el árbol central, y las ruedas r, r y los tornillos t, t ejecutan igualmente, con la ayuda de las manivelas m', m' , el movimiento de rotación de los manguitos M, M , y por consiguiente, de los brazos B, B ; para la seguridad de esta maniobra hay dos ruedecillas r', r' , que accionadas por las palancas P, P impiden todo giro ulterior del mecanismo. Los tornillos t', t' sirven para evitar que los brazos B, B tengan movimiento de traslación dentro de los manguitos M, M , y por último, las ruedas r'', r'' , con los tornillos t'', t'' , se emplean para acuñar los brazos contra las paredes de la galería, asegurándose este movimiento por los contrapesos C, C , que mantienen contra las ruedas r''', r''' unos fiadores, que impiden durante el trabajo cualquier tentativa de retroceso.

El precio de cada uno de estos carros afustes es de 2912 pesetas y en las minas de Río Tinto se emplea, además del tipo que acabamos de describir, otro análogo, pero más pequeño, para vía de 0^m,50 de anchura y propósito para las labores de investigación ó reconocimiento.

Las columnas son también de hierro y de altura variable, según la importancia de la galería; en la parte inferior tienen (figuras 30 y 31) uno ó dos tornillos de presión, para acuñarlas contra el piso y techo de aquélla, y en la base y coronamiento del pie derecho hay unos platillos con varias puntas ó pezones que, al colocar las columnas en su posición de trabajo, penetren en los tacos de madera n, n , haciendo solidario todo el conjunto.



Sistemas de unión de la perforadora al soporte.

El sistema usado en las minas de Río Tinto para unir las perforadoras del propio nombre á la columna, consiste (figuras 32 y 33) en dos medios collares b, b , que abrazan exteriormente el soporte y se afianzan al mismo por igual número de pernos; sobre este apoyo auxiliar se coloca el zuncho c , cuyos orificios d, d son atravesados por el eje e , unido á la caja de la perforadora, y una vez orientada ésta, se

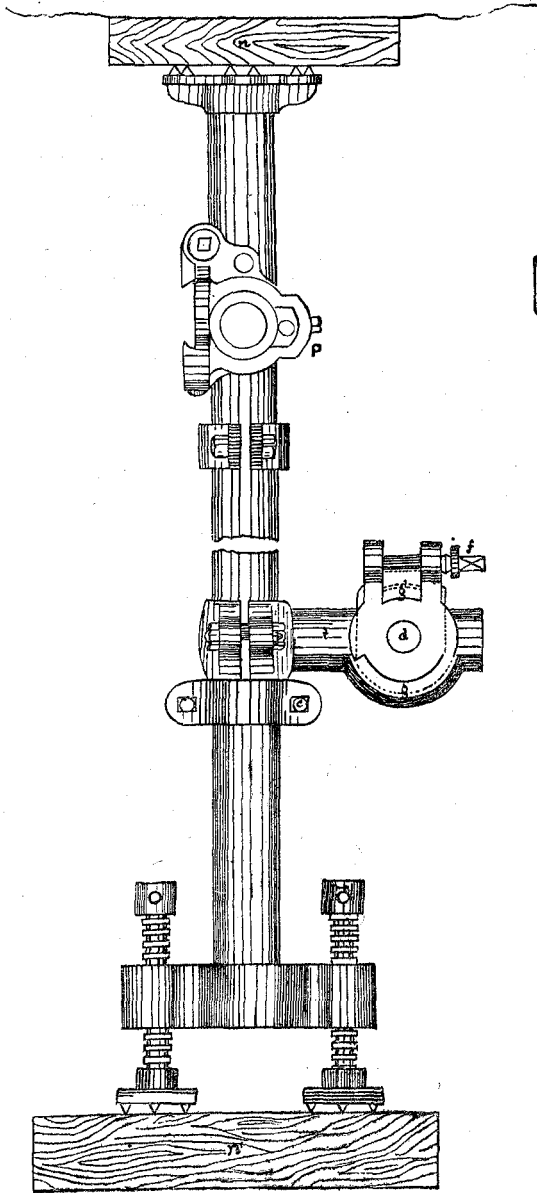


FIG. 31.

éste la perforadora, del propio modo que acabamos de explicar, quedando la máquina encima del brazo y formando el eje de su caja un ángulo de 90 grados con respecto á la posición que ocupaba en la colum-

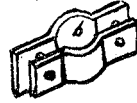


FIG. 32.

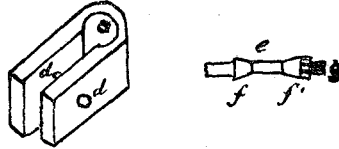


FIG. 33.

gún la inclinación que convenga dar al barreno, no hay más que correr lateralmente la pieza *f'*, que es movable, hasta conseguir que tanto ella como la *f* llenen las aberturas tronco-cónicas *d, d*, en cuyo momento se apretará la tuerca *g* sobre la parte aterraplendada del eje *e*, para que la perforadora se mantenga en posición invariable.

Si se tratase de unir la máquina útil á los brazos horizontales del carro afuste, bastará con instalar en cada uno de aquellos el zuncho *c*, orientado convenientemente, y luego se montará sobre

na. Dicho se está, que tanto el diámetro interior del collar como el zuncho es, en ambos casos, algo más pequeño que el exterior del soporte, con el fin de que el ajuste sea muy preciso, para evitar los cambios de dirección de las máquinas; de todas maneras, este sistema de unión resulta defectuoso en la práctica, á causa de la rotura frecuente del eje de la caja de la perforadora. Otro sistema más aceptable es el que emplea la fábrica Tuc-Kingmill Foundry Compañía Cambome (Inglaterra), representado en la figura 31, y aplicable también por igual á las columnas y carros afustes; según puede observarse, el collar *c* no varía en nada del anterior, pero el zuncho se ha reemplazado por una tubular *t*, unida mediante una abrazadera á la columna y asegurada á ella por el perno *p*; sobre el brazo horizontal *t* así dispuesto, se enchufa el sustentáculo propiamente dicho, de la perforadora, el cual tiene en parte del contorno circular de su platillo *d* una garra fija *g* y otra *g'*, mucho más pequeña y flexible, que después de introducir de costado la perforadora, se mantiene en posición invariable con el auxilio de la barra ó fiador *f*, constituyendo en suma las dos garras un cepo del saliente inferior de la caja de la máquina. Finalmente, una vez que se haya orientado esta última en la dirección necesaria, no hay más que ajustar los tornillos de presión que se ven en la parte superior de la figura, para evitar el resbalamiento de la pieza *P* sobre la superficie exterior de la tubular. De un modo análogo se colocarán las perforadoras en los brazos horizontales de los carros afustes, sin más variante que suprimir el collar *c*, que ya no tiene objeto, toda vez que su misión en las columnas es que la tubular ó el zuncho descansen sobre un apoyo, para impedir su movimiento de traslación hacia la base del soporte.

Reglas para el trabajo.

La primera de las operaciones que es necesario ejecutar para el trabajo subterráneo por medio de las perforadoras, es la colocación de los afustes ó columnas, según se empleen unos ú otras. Para ello, si el soporte es un carro afuste, se empezará por asegurar convenientemente el bastidor de éste último al suelo de la galería, para evitar todo movimiento de avance ó retroceso durante las vibraciones causadas por el trabajo del útil, y al efecto se alojarán en el piso unos tacos de

madera dura d, d (fig. 29) y luego por medio de los tornillos h, h , se unen íntimamente aquéllos con el carro; después se acuñará el árbol A contra el techo, interponiendo entre su extremo superior y el terreno uno ó más trozos de madera; terminada esta operación se orientarán los brazos B, B , normalmente al eje de la vía, asegurando el movimiento con las ruedecillas r', r' , y enseguida se correrán más ó menos los referidos brazos á uno ú otro lado, teniendo al final la precaución de apretar los tornillos t', t' , y por último, se hará el acúñe de los soportes horizontales contra las paredes de la galería, mediante las ruedas r'', r'' , y tornillos t'', t'' , levantando después los contrapesos c, c , para que no se invierta el movimiento con las trepidaciones.

Si los soportes fueran columnas, entonces se comenzará la operación estableciendo sobre el suelo de la galería el taco de madera dura n (figura 31), y encima se colocarán las placas de base, tornillos y columna, cuidando mucho de aplomar muy bien los dos últimos elementos, y que el fuste del apoyo lleve unidos el zuncho y tubular correspondientes. Luego se montarán encima de la columna el platillo superior, el taco de madera inmediato al techo, y cuantas cuñas sean necesarias, según las imperfecciones del terreno, terminando por fin con el apriete de los tornillos inferiores, que se ejecutará gradualmente y de un modo simultáneo hasta obtener el perfecto ajuste, procurando, no obstante, que la altura de los calzos sea conveniente, para que la rosca del tornillo no quede al descubierto más de 6 á 8 centímetros en su parte inferior.

Los brazos horizontales de los carros afustes y las tubulares en las columnas se situarán de tal modo que sus ejes respectivos se hallen á una distancia del punto de ataque igual á $0^m,90$ ó 1 metro; y si hubiera varias columnas en un plano próximamente paralelo al frente de ataque, la separación entre ellas será de $0^m,80$, procurando al distribuirlas escoger para cada sitio aquélla cuya altura sea la más apropiada al terreno.

En el interior de los pozos se emplean exclusivamente las columnas (fig. 26), que se tienden horizontalmente acuñándolas contra dos paredes opuestas, y de modo que guarden entre el eje de ellas y el macizo del fondo la distancia de que se ha hecho mención en el párrafo anterior.

Las operaciones de colocar el carro afuste ó la columna son de suma importancia para la seguridad del trabajo de perforación, y no debe omitirse detalle alguno, ni dejar después de observar con frecuencia, y rectificar si llegara el caso, la perfecta estabilidad del conjunto, para evitar de cualquier accidente desgraciado.

La segunda operación preliminar necesaria es la unión de las perforadoras al soporte, y cuyo enlace se hace conforme ya hemos dicho más arriba; en los carros afustes se instalan las máquinas, colocando una sobre cada brazo y á distinto lado, según representa la figura 29, y terminados los barrenos se quitan los acuñes de las paredes laterales é imprimiendo un giro de 180° á los brazos, se pueden ejecutar otros dos nuevos orificios, invirtiendo la posición de las perforadoras. En una misma columna pueden ponerse hasta dos de estas últimas, separadas $0^m,60$, pero para ello se necesita que los operarios sean muy hábiles, porque una sola pareja ha de ocuparse del trabajo simultáneo de ambas máquinas, en atención á que un número mayor se estorbarían sin resultado práctico alguno; de todos modos, creemos que no debe recurrirse á este procedimiento más que cuando el tiempo apremie, sea estrecho el frente de ataque y se disponga de relevos frecuentes.

La tercera de las operaciones consiste en calar la barrena, para cuyo efecto el obrero denominado *maquinista* en el lenguaje de las minas, echa hacia atrás la perforadora, valiéndose de la manivela situada en la parte posterior de aquélla, hasta obtener entre la pared y el manguito de enchufe un espacio algo mayor que la longitud del útil más corto; entonces, el otro operario, llamado *chavetero*, coge con ambas manos la barrena, y apoyando su boca en el frente de ataque, presenta el otro extremo á la altura del orificio de encaje; llegado este momento, el *maquinista* avanza la perforadora ejecutando el apriete de la barrena en el interior del manguito portaútil, y luego vuelve á retirarla lo necesario nada más, para que el canto ó filo de la boca resulte tangencial al punto de ataque, ó algo más separado, según la dureza de la roca; terminada esta operación en todas las perforadoras, se abren las llaves de paso y empiezan á funcionar las distintas barrenas, estando los *chaveteros* atentos al trabajo de perforación, y los *maquinistas* dispuestos á seguir las indicaciones de aquéllos.

Cuando se atranca una barrena, el *maquinista* cierra la llave de paso del aire comprimido, y hace retroceder la perforadora para sacar el útil; pero si esto no fuera bastante, el *chavetero* sacudirá fuertemente aquél, y en último extremo golpeará con un martillo la cabeza del manguito de encaje hasta que se desprenda la barrena.

Siguiendo el útil su trabajo de perforación, habrá un momento en que sólo descubrirá fuera del agujero 5 ó 6 centímetros, y entonces será necesario hacer la sustitución de la primera barrena por otra más larga ó sea la de un metro. Para quitar la primera, puede hacerse de dos modos: bien sacudiéndola fuertemente á brazo el *chavetero*, ó bien por medio de una cuña ó martillo de hierro, introduciendo aquélla en la escotadura que lleva el manguito portaútil, y golpeando con el segundo hasta despedir la barrena, se retira luego ésta del agujero y se coloca en su lugar la de un metro, siguiendo un procedimiento análogo al explicado para la de 0^m,60, sin más diferencia que la boca se apoyará en el fondo del orificio practicado con la primera, y lo mismo se ejecutará para las de 1^m,50 y 2 metros, si la longitud del barrenos exigiera el empleo del juego completo.

Durante el trabajo de perforación, el gasto del aire comprimido y avance del útil se graduarán en armonía con la dureza de la roca que éste vaya atravesando, y los barrenos se regarán frecuentemente desalojando los detritus, con objeto de evitar el destemple y atranque del útil, así como también para favorecer sus efectos.

El agua necesaria será encauzada por medio de una cañería de hierro hasta la inmediación del frente de ataque, enlazándose con el extremo de aquélla y 4 ó 5 metros antes de llegar al sitio ocupado por las máquinas, uno ó más tubos flexibles de pequeño diámetro, según el número de perforadoras, y provistos de una llave de paso, cuyo orificio de salida sea igual á 3 milímetros. El agua tendrá la presión conveniente para barrer, por decirlo así, todos los residuos de piedra contenidos en el barrenos, y el *chavetero* cuidará de esta operación, introduciendo el líquido por encima del útil, y sin que para ello se detenga el trabajo del mismo; finalmente, también deben limpiarse los taladros cada vez que se cambie de barrena.

Si los operarios son novicios en el arte de perforar mecánicamente,

hay que tener en cuenta la predisposición de ánimo, pues el ruido del aire, pasando por las tuberías, y los choques del útil contra la roca, se centuplican de tal modo dentro de la galería, que imponen verdaderamente hasta acostumbrarse á dichos efectos, y además, hay que agregar el silencio absoluto de los obreros, que sólo pueden entenderse por señas convencionales. Estas, en el período de aprendizaje, pueden ser las siguientes: 1.^a, si el *chavetero* mueve la mano derecha en igual dirección, pide *avance de máquina*; 2.^a, si el referido obrero ejecuta el movimiento anterior con la mano izquierda y hacia el lado de igual denominación, indica *retroceso de máquina*; 3.^a, si el *chavetero* describe á manera de molinete con la mano derecha, es que desea *máquina*, cuando ésta se halle parada, ó *más aire* si está funcionando; 4.^a, si el operario, tantas veces nombrado, baja y sube pausadamente la mano izquierda, es que necesita *menos aire*, y si la levanta en alto, *parada de máquina*; 5.^a, 6.^a, 7.^a y 8.^a, los cambios de barrena los señalará el *chavetero*, colocando la mano derecha á la altura de la cintura para pedir las de 1 metro, y repitiendo movimientos análogos, pero sobre el cuello, y encima de la cabeza, para las de 1^m,50 y 2 metros. Cuando la pareja de operarios encargada de la dirección de una perforadora está ya adiestrada en su manejo, basta la práctica y observación atenta de los obreros del útil para comprenderse perfectamente sin necesidad de señales. Por último, en el exterior y próximo al local de máquinas, se colocará un pequeño taller para el entretenimiento de las perforadoras y barrenas.

Terminada la apertura de los barrenos se limpiarán los detritus que haya en su interior, por medio de un chorro de agua, y luego se retirará á sitio seguro, pero no lejos de los trabajos, todo el material móvil, como son: las perforadoras, columnas, distribuidor y tubería flexible.

Carga de los barrenos.

La carga se efectúa con dinamita, introduciendo los cartuchos uno á uno, y cuando el primero ha llegado al fondo del barreno se aprieta un poco con un atacador de madera, de modo que la envuelta de papel se abra, y la dinamita, que es plástica, se adapte sensiblemente contra las paredes, pero cuidando quede aire interpuesto para que dé resultado la explosión; así se continuará hasta llegar á una distancia conveniente del

fondo, la cual es variable según la longitud del barreno y fluctúa entre $\frac{1}{5}$ y $\frac{1}{3}$ de la profundidad. Encima se coloca el cartucho-cebo, provisto de su mecha y fulminante, sin golpearlo, y sobre éste, como atraque, agua ó un cartucho de arena ó arcilla si el barreno es inclinado de arriba á abajo ó un taco de papel de estraza si está orientado en dirección contraria.

Para preparar el cartucho-cebo se abre uno de sus extremos y se introduce suavemente la mecha en que se ha fijado el fulminante; hecho esto se vuelve á cerrar la envoltura exterior, plegándola alrededor de la salchicha y atándola fuertemente á ella con una ligadura de hilo bramante.

Es indispensable que la cápsula no esté sumergida del todo en la dinamita, ó en otros términos, que la mecha no debe tocar en parte alguna á la carga, porque en este caso un defecto ligero en la salchicha bastaría para inflamar la dinamita antes que hubiera explotado el fulminante y resultaría un fallido casi seguro; pero aun admitiendo que la explosión llegara á verificarse, no por eso sería menos cierta la pérdida del efecto correspondiente á la porción de carga quemada.

Para colocar la mecha dentro del fulminante y después de cortada aquélla á la longitud necesaria, se adelgazará uno de los extremos y se introduce en la cápsula hasta que llegue al fondo. La mecha se asegura en dicha posición, cerrando fuertemente la parte superior de la cápsula con unas pinzas, de modo que la salchicha no tenga movimiento alguno.

La longitud de la mecha será la suficiente para que los operarios tengan tiempo de ponerse en salvo; estos últimos no deben alejarse demasiado, á fin de evitar retrasos y estar atentos á la explosión de los barrenos, para tener en cuenta los que fallen, ya sea por falta de la mecha ó no haber comunicado fuego á la carga el fulminante. De todos modos se dejará transcurrir un intervalo prudencial de cuatro ó cinco minutos después de la salida del último barreno, para estar seguro de que ningún accidente especial ha retardado la inflamación de los que no hayan explotado.

Los obreros pueden refugiarse en pequeñas galerías, cuyo eje forme un ángulo agudo con el del túnel, y en el sentido del avanzamiento, las

cuales bastará que sean de 4 metros de longitud, y 2×2 metros de sección, sirviendo al propio tiempo para guardar en ellas las perforadoras, tuberías flexibles, etc.

Como la dinamita es una substancia que la piel absorbe con facilidad, y que ataca al sistema nervioso, hay que lavarse las manos después de preparar el cebo, teniendo también la precaución de dar lugar á que desaparezcan los gases producidos por la explosión antes de aproximarse al barreno, para cuyo efecto se ventilará después de los disparos el subterráneo, utilizando para ello el compresor, si no hubiera otros medios *ad hoc* más rápidos y eficaces.

Cuando por consecuencia de un fallo sea necesario desatracar un barreno para colocar un nuevo cartucho-cebo, es indispensable obrar con precaución suma, porque un choque sobre la cápsula, si ésta no ha detonado, produciría la explosión, y con ella alguna desgracia; así es, que cuando se haya descubierto una decena de centímetros de la carga, se debe colocar otro cartucho-cebo y dar fuego enseguida. También puede adoptarse otra solución, consistente en abrir un nuevo barreno de poca profundidad é inmediato al fallido, y hacerlo explotar después, pero en ambos casos la operación deberá ejecutarse bajo la inmediata dirección del maestro encargado del trabajo, como dice muy oportunamente el artículo 71 del Reglamento de policía minera.

Extracción de los productos.

Los transportes de los productos resultantes de las excavaciones subterráneas, se efectúan en sentido vertical si se extraen por los pozos, ó bien horizontalmente, ó con cierta inclinación si es por medio de galerías. Los transportes verticales se hacen hoy día con cubas ó jaulas suspendidas de un cable, que se arrolla á un carrete ó tambor, y provistas de ganchos de seguridad ó aparatos paracaídas, utilizando como motor para la circulación, el vapor ó el agua. Como el cable se emplea también para subir y bajar los operarios, se adoptarán las precauciones que á continuación se detallan, y extractadas de las vigentes en España para esta clase de trabajos.

1.^ª Si se usan cubas, estará terminantemente prohibido que los obreros se pongan de pie ó se sienten sobre el borde sin llevar un fiador, pro-

tegiéndolos por una defensa adecuada contra la caída de piedras, herramientas, etc.

Si se emplean jaulas, estarán construídas de modo que eviten en lo posible la caída de las personas y resulten éstas protegidas contra los objetos que puedan caer de los hastiales del pozo ó de la superficie.

2.^a El cable se reconocerá frecuentemente, y no se tolerará que de una vez baje en la jaula mayor número de personas del que prudencialmente se haya fijado.

Al arranque y á la llegada de los cubos ó jaulas, el movimiento de la máquina se hará con lentitud y precaución, y lo mismo se verificará en los cruces, cuando los cubos circulen por un pozo sin tabique divisorio, ni guiaderos rígidos.

3.^a A cierta altura, por encima de la boca del pozo, se aproximarán las guiaderas, y se establecerán topes de seguridad para impedir que la jaula pueda llegar accidentalmente á las poleas, y caer luego en el pozo.

4.^a La máquina de extracción estará provista de un freno aplicado al eje de los carretes ó tambores, y dispuesto de manera que el mecánico pueda manejarlo con facilidad sin cambiar de sitio.

5.^a La máquina de extracción tendrá igualmente un aparato indicador de la marcha de las jaulas por el pozo y una campanilla ó timbre automático que anuncie su llegada á la superficie, sin perjuicio de las señales marcadas en el cable.

6.^a y última. Todos los pozos tendrán una campana para poder avisar desde el interior en caso necesario.

Los transportes horizontales ó inclinados se hacen generalmente por medio de vías económicas, cuya anchura es variable según que la tracción se efectúe á brazo, por caballerías ó locomotoras. Cuando la pendiente es muy rápida, entonces se emplearán los planos inclinados de doble ramal, bajando por uno de ellos los vagones vacíos y subiendo por el otro los llenos, utilizando al efecto máquinas análogas á las empleadas en los transportes verticales.

Sistema de ejecución usado en Río Tinto.

En las minas de Río Tinto los túneles de las labores subterráneas, que tienen de 4 á 5 metros de ancho por otros tantos de altura, se eje-

cutan por sección entera, abriendo en el fondo de ataque 22 ó 24 barrenos, distribuidos conforme se indica en la figura 34. La organización del trabajo es la representada en las figuras 35 y 36, donde *T* es la tu-

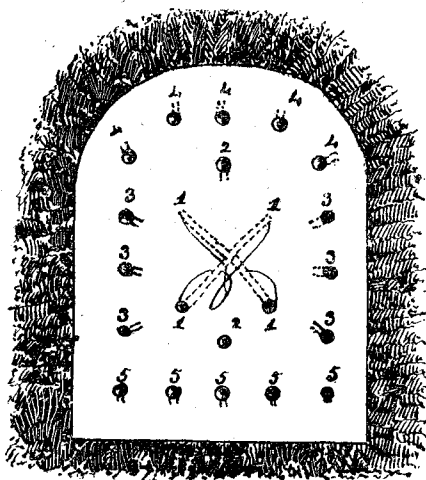


FIG. 34.

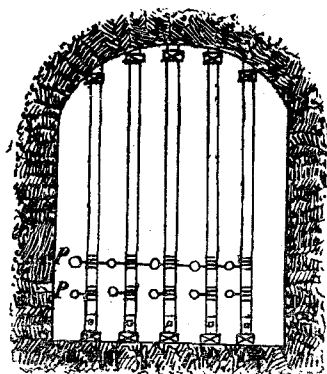


FIG. 36.

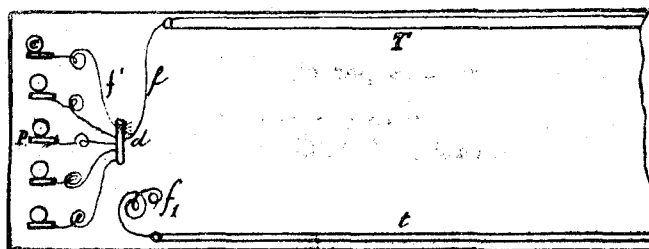


FIG. 35.

bería del aire comprimido; *t*, la del agua; *f*, el tubo flexible que une el extremo de la primera con el distribuidor *d*; *f'*, los ramales de derivación que van á las perforadoras *P*, instalados en las columnas *c*; y *f1*, el conducto flexible que parte de la cañería del agua y sirve para regar los barrenos. Primeramente hacen los agujeros más bajos, luego trasladan las máquinas-útiles á la posición *P'* y cuando la altura de éstos sea tal que no pueda dominarlos el brazo de los operarios, improvisan ligeros andamiajes sobre caballetes, continuando la apertura de los barrenos hasta terminar con los más próximos al techo de la galería ó realce.

Este sistema facilita mucho los trabajos, porque no hay necesidad de estar quitando y montando columnas á cada momento, y aun cuando con los disparos sucesivos se inutilice alguno de los taladros, este inconveniente está compensado con la gran ventaja de ganar tiempo, factor muy importante y digno de tenerse en cuenta para todas las construcciones de esta clase. La dirección que suelen dar á los barrenos es la indicada en la figura 34, y una vez terminados y retirado el material móvil, cargan y dan fuego simultáneamente á los números 1, uniendo las cuatro mechas de igual longitud en un sólo cabo; después hacen lo propio, pero separadamente, con los números 2, cargando éstos y aquéllos con dinamita goma; luego continúan con los números 3 y así sucesivamente para terminar por los números 5, inmediatos al piso, usando en los tres grupos últimos dinamita de 2.^a ó 3.^a, que no es tan rompedora. Algunas veces dejan de hacer los barrenos números 4 ó 5 en toda la longitud de la galería y luego la ensanchan en el techo ó piso, según sea en uno ú otro donde se haya dejado el resalto ó escalón; los operarios dedicados á estos trabajos se relevan de ocho en ocho horas, al igual de los demás y según costumbre general establecida en la mina.

La entibación que emplean cuando el terreno no ofrece las garantías de solidez necesarias y son de temer movimientos, es la representada en las figuras 37 y 38, compuesta de pies derechos *A* de 0^m,40 × 0^m,40 de escuadría, empotrados en el suelo y espaciados á mayor ó menor distancia según los casos; cumbreras *B* de igual sección, ensambladas á los montantes á media madera y tablas de 0^m,035 de grueso, formando un encofrado en las paredes ó bien á claro y lleno, dispuestas alternadamente y tupidas en el techo, rellenándose los huecos resultantes con piedras.

No queremos concluir este mal hilvanado trabajo sin hacer constar, en primer término, el celo y laboriosidad demostrados en la comisión por el maestro de la Comandancia exenta de Ceuta D. Domingo Matres y Pró, cuya constancia y amor al trabajo evidencian una vez más los buenos servicios de este organismo auxiliar de nuestro Cuerpo, muy digno, en mi concepto, de que se le estimulara con mayores ventajas de las que hoy disfruta y de que al redactarse el nuevo Reglamento de obras

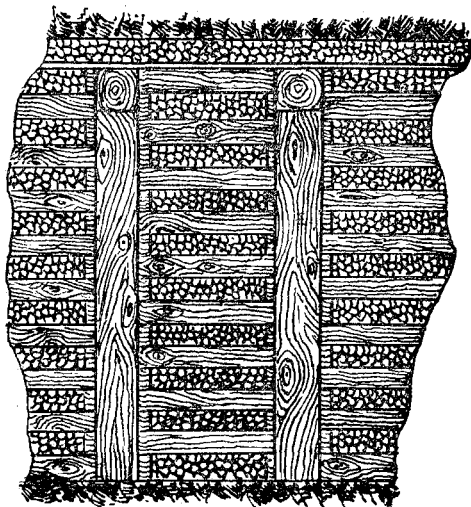


FIG. 73.

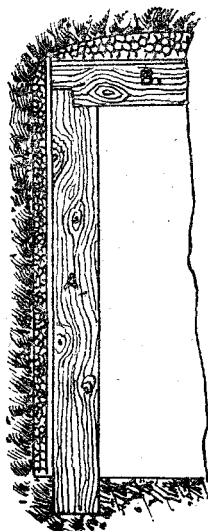


FIG. 38.

se le revistiera del prestigio de autoridad que en la parte técnica le corresponde sobre los demás empleados subalternos.

Por último, no es menos cierto que la buena organización y poderosos medios de que dispone la Compañía de las minas de Río Tinto, están sin duda alguna al nivel de la riqueza y abundancia de sus criaderos; allí nada se pierde, todo se aplica ó transforma útilmente, ya transportando el mineral de mejor ley á Huelva, ya sometiéndolo á la calcinación prévia para obtener más tarde el cobre cementado, ya alimentando con él los hornos de fundición, ya aprovechando las aguas cobrizas, rendidas por las labores subterráneas, ó ya fabricando sulfato de cobre y ácido sulfúrico. Unamos ahora á esta labor bien entendida la vista de los trabajos cruzados por vías, cañerías de aguas potables ó minerales, los grandes diques de Campo Frío y el Sur, las bombas de agotamiento y tornos para la extracción de productos, movidos á vapor, las perforadoras de aire comprimido, el continuo movimiento de los trenes y los ocho millares de operarios, repartidos en Río Tinto y las aldeas inmediatas, y tendremos explicado satisfactoriamente cómo se ha logrado embarcar en Huelva durante los tres primeros meses del año actual 150.000 toneladas de mineral para Inglaterra. El personal está muy

bien retribuido; hay además un hospital sostenido por la Compañía, que tiene afectos á su servicio dos médicos de la localidad y el cura párroco, todos con pingües sueldos ó gratificaciones, y los operarios que se inutilizan en los trabajos los colocan de guarda agujas ú otros destinos sedentarios. Estas consideraciones, á las cuales no hemos podido sustraernos por la impresión natural y grata que producen las grandes obras en cuantos profesamos la honrosa carrera de Ingeniero, nos llevan á fijarnos en la realidad de otro sentimiento aún más alto, cual es el cariño á la madre patria. ¡Cuántos emporios de riqueza análogos se hallan en nuestro país en manos de extranjeros! ¡Cuántos filones metalíferos yacen olvidados ó sin explotar en el feraz subsuelo de España! y sin embargo, la apatía, la timidez, ó la falta de fé de los capitalistas peninsulares, son concausas del crimen de lesa patriotismo, por no alumbrar en las entrañas de la tierra uno de los principales veneros para enjugar el déficit tan grande del Erario público, y aun para conseguir con energía y la vista fija en los elevados ideales del trabajo, la sinceridad y la perseverancia, el principio de nuestra regeneración y el engrandecimiento, quizás, de nuestra querida España.

Ceuta, 30 de junio de 1899.

FIN.

CONDUCCIÓN DE AGUAS Á TRAVÉS DE LA BAHÍA DE LA HABANA.

MEMORIA

DE LA

CONDUCCIÓN DE AGUAS

Á TRAVÉS DE LA BAHÍA DE LA HABANA

DESDE

LA CAPITANÍA DEL PUERTO Á LA CASA DE MARTÍ

AL PIE DE LA CABAÑA,

POR

D. SENÉN MALDONADO Y HERNÁNDEZ,

CAPITAN DE INGENIEROS.

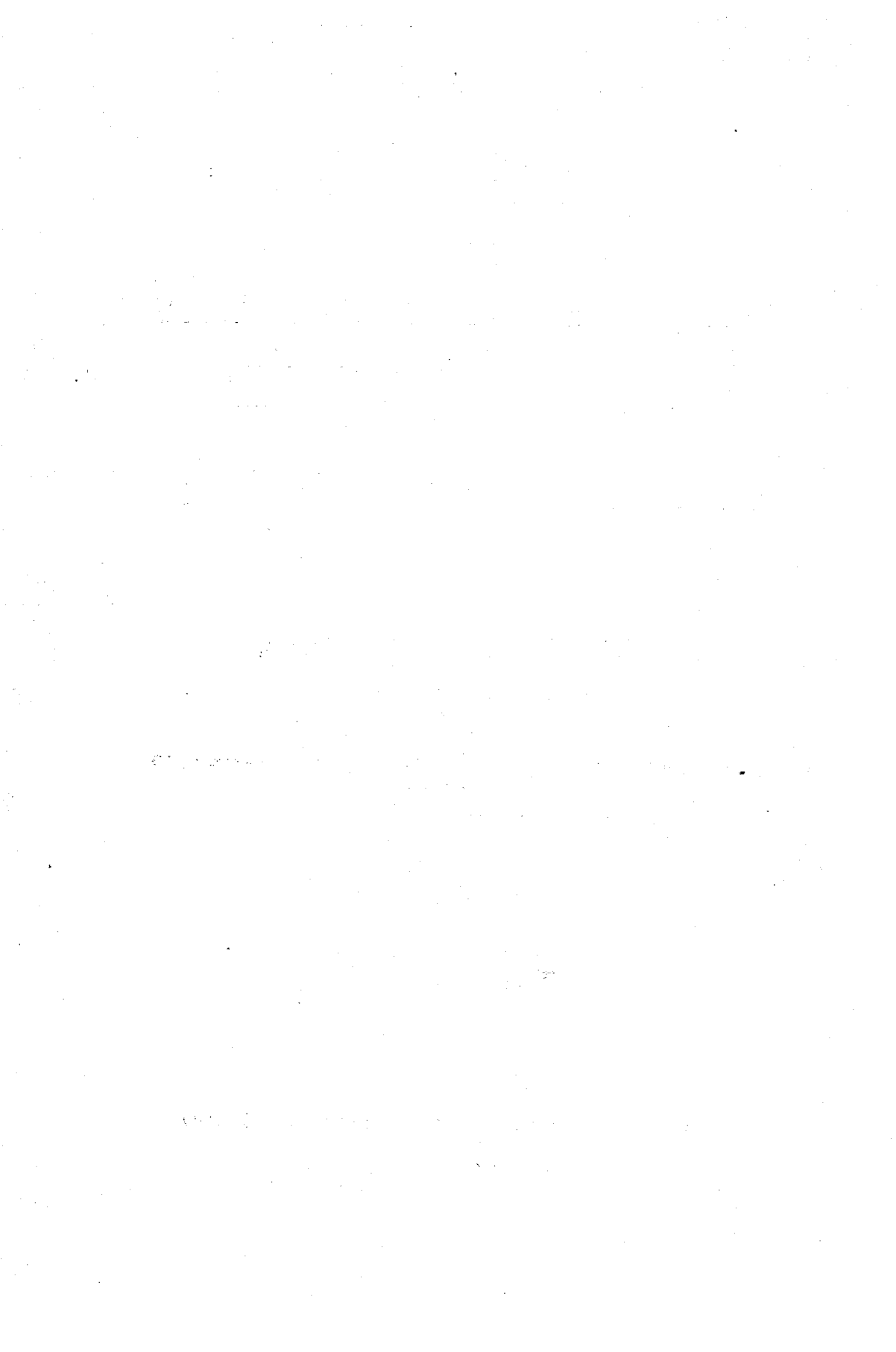
~~~~~  
Empezaron los trabajos el 6 de Abril de 1898 y terminaron el 18  
del mismo mes.  
~~~~~



MADRID:

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.

1901.





PRÓLOGO.



Si pretendo exponer á la consideración de mis compañeros, en nuestra publicación científica, el MEMORIAL del Cuerpo, la Memoria relativa á la conducción de aguas desde la Habana á las fortalezas de la Cabaña y Morro, á través de la bahía, creo deber hacer alguna observación, rindiendo más culto á la verdad que á la modestia.

Desde que tuve la fortuna de salir adelante con mi trabajo, que creí fácil en un principio, y bien pronto me convencí de que estaba corriendo una aventura, dada mi escasa ó nula competencia, ardía en deseos de remitirla al MEMORIAL para colaborar también en la medida de mis fuerzas en un periódico que tan brillantemente sostienen competentes y laboriosos compañeros del Cuerpo.

No lo hice, sin embargo, por temor, pues abrigo el convencimiento de su escasa utilidad desde el punto de vista científico y por tratarse de un trabajo hecho á la ligera, sin previo estudio ni formación de proyecto, y en condiciones tan lastimosas y anormales, que si conservo estos apuntes, débese á que se me ordenó que lo hiciera para poder informar sobre la obra y justificar el presupuesto correspondiente.

Tres días después de terminada la obra, y cuando aún no había escrito la primera letra de estos apuntes, dió principio el bloqueo inícuo de la isla y la injusta guerra con los norte-

americanos, contienda cuyo triste fin no hay que recordar, porque estará siempre fresco en nuestra mente.

Después de esto, me pareció siempre poco oportuno hablar de todo cuanto pudiera tener relación con la isla de Cuba y creí que, aunque sólo fuese por dicha consideración, habría de ser acogido mi trabajo con poco agrado.

Hoy me decido á hacerlo cediendo á las repetidas indicaciones del respetable jefe D. Juan Monteverde y Gómez Inganzo, que durante el mes de abril de 1898 fué subinspector interino del Cuerpo, y ha tenido la bondad de creer útil la publicación de esta Memoria.

Si algún mérito tiene, es accidental, por el poco tiempo y las condiciones en que se ejecutó el trabajo. Por dicha causa pecaré tal vez por minucioso en los detalles demasiado prolijos, pues á falta de otra cosa mejor presento las dificultades con que fui tropezando paso á paso, el modo de resolverlas y las soluciones que se me ocurrieron.

Esto es, pues, lo que encontrará el que tenga paciencia para leer este escrito, no enseñanzas ni fórmulas nuevas, pues no hago otra cosa que tratar de aplicar é interpretar las que todos debemos conocer.

Además, creí que este sistema de conducción de aguas no tendría precedente ni tal vez repetición; y respecto á esto último, empiezo á dudar, en vista de la angustiosa situación por que atraviesan en la actualidad nuestras pequeñas islas de Lanzarote y Fuerte Ventura, dada la pertinaz sequia y la escasez de agua, que obliga hasta á emigrar á sus habitantes. No he estado jamás en dichas islas y por lo tanto nada sé y prematuro es cuanto diga, pero me aventuro á preguntar: ¿no tendría aplicación alguno de los sistemas que propongo para llevar la vida á tan risueñas partes del territorio español?

Convencido como lo estoy de que la mayoría no tendrá pa-

ciencia para leer esta Memoria, ni aun poniendo á contribución toda su inagotable benevolencia, para que al menos se enteren de lo que se trata, les evito aquel trabajo transcribiendo el extracto que de la misma y á título de información, publicó, entre otros, el periódico de mayor circulación de la isla, el *Diario de la Marina* y *Diario Oficial* del apostadero, en su edición de la mañana del domingo 17 de abril de 1898, número 90, dice:

„*Una obra notable.*—Al amanecer de mañana lunes, si el „tiempo es bonancible y el mar está tranquilo, se dará térmi- „no á una obra importantísima, bajo el doble punto de vista „científico y de la defensa de la plaza, confiada por el general „Blanco á nuestro distinguido amigo el joven y brillante ca- „pitán de Ingenieros, D. Senén Maldonado. Se trata de la „conducción de agua de Vento á la fortaleza de la Cabaña y „al caserío de Casa-Blanca, por medio de un cable submari- „no, cuyo primer extremo se conectará á la cañería del canal „de Albear, en el muelle de Caballería.

„Las dificultades de esta empresa son enormes, si se tiene „en cuenta que es la primera de su índole, pues hasta ahora „jamás se ha efectuado ninguna conducción de agua potable „por debajo del mar, ni los tratados de hidráulica é ingenie- „ría mencionan fórmulas para este género de construcciones.

„El sistema de cable, que es de hierro dulce, y tiene, sin „embargo, la suficiente flexibilidad para adaptarse á las si- „nuosidades de la bahía, es, pues, original del capitán Maldo- „nado, quien, además, ha tenido que resolver otros muchos „problemas, entre los cuales deben mencionarse el de la pro- „tección y conservación del tubo conductor y el del transpor- „te de éste desde los almacenes de Santa Catalina, donde ha „sido construído.

„Su instalación se hará aprovechando la pleamar del lu- „nes, por medio de dos vapores remolcadores y un centenar

„de botes aproximadamente. Estas embarcaciones tendrán
„que dar un largo rodeo, llevando el cable debajo de la quilla,
„á fin de evitar unos bajos que hay cerca de los almacenes de
„Santa Catalina.

„El autor de la obra, que la ha realizado en doce días, sin
„contar siquiera con un solo auxiliar técnico, espera que á las
„diez de la mañana del lunes será posible utilizar la nueva
„cañería submarina.


„Aconsejamos á las personas inteligentes y aun á los sim-
„ples aficionados, que vayan hoy por los vapores de Regla á
„los almacenes de Santa Catalina, donde podrán ver en toda
„su longitud el cable de conducción de aguas á la Cabaña.,,



APUNTE

de los trabajos realizados para la conducción de aguas á través de la bahía, desde la Habana á las fortalezas del Morro y la Cabaña, en Abril de 1898.

Órdenes é instrucciones recibidas.

 El día 4 de abril del citado año recibí personalmente orden del señor teniente coronel D. José Abeilhé, primer jefe de la Comandancia, para que, sin abandonar la dirección de los trabajos en la batería número 3 de cañones (costa de sotavento), me presentara al Excmo. Sr. Gobernador militar de la plaza á recibir órdenes. Así lo efectué, y dicho excelentísimo señor me mandó practicar un reconocimiento en las fortalezas del Morro, Cabaña y su campo exterior, para que le propusiese cuantas modificaciones ó ligeras reparaciones se me ocurrieran con caracter de urgentes, por creerse inmediato un conflicto con la república de los Estados Unidos, y con la sola restricción de no disponer de otras cantidades que el producto del impuesto á las cantinas de ambas fortalezas.

Practicado el reconocimiento en el mismo día, entre otras muchas observaciones, como las relativas á los adarves, fosos, glásis y plazas de armas, polvorines inmediatos y al descubierto de San Telmo, Santa Bárbara y el llamado Campamento exterior de la Cabaña, se me ocurrió, repito, que el servicio de abastecimiento de aguas estaba tan mal organizado como era dispendioso para el Estado; y á pesar de la restricción de no disponer más que de pequeñas cantidades, no obstante las muchas dificultades que habría que vencer (especialmente las de caracter técnico que no se me ocurrieron por el momento), la cuestión era de tanta importancia, por afectar hasta el buen servicio y defensa de las fortalezas, y el gasto era tan enorme (más de 40 pesos diarios), que me decidí á llamar la atención de la superioridad hacia asunto de tal trascendencia.

Ambas fortalezas tienen magníficos aljibes, aunque no muy bien conservados, y además la Cabaña dispone de un pozo de agua salobre. Pero la superficie de recogida de aguas llovedizas es muy pequeña, las guarniciones numerosas, así como el depósito de transeuntes, los presos

y el sinnúmero de familias que tienen pabellón y todas las baterías de costa inmediatas; de lo cual resultaba en consecuencia, que el aljibe tenía 0^m,30 de agua en la Cabaña, y nada en el Morro; y si entonces se abonaban cuarenta y tantos pesos por agua al contratista, más adelante, al reforzar las guarniciones, abastecer los fuertes y formar una especie de campo atrincherado en el exterior, donde no hay agua, se gastaría mucho más y las dificultades subirían de punto con la presencia de barcos enemigos, teniendo que transportar el agua en aljibes flotantes á través de la bahía, lo cual no ofrecía garantías de seguridad para el buen servicio.

Con respecto al pozo sólo añadiré que estaba obstruído completamente con trajes de rayadillo, alpargatas viejas y demás prendas de desecho. En su proximidad había varios soldados, quienes me manifestaron que no se lavaban más que de semana en semana, porque tenían que hacerlo en el mar y no se les permitía salir.

Por dichas razones hice presente en mi informe la necesidad de un pronto remedio, y como consecuencia, el Excmo. Sr. General Gobernador me ordenó que estudiara el problema y le propusiese la solución más práctica é inmediata, para (si era posible) presentarla al Excelentísimo Sr. General en Jefe, dándome de plazo veinticuatro horas.

Estudio de tanteo.

Tres soluciones se ofrecían á primera vista para resolver la cuestión:

1.^a Aprovechar las aguas de un abundantísimo pozo que había próximo al mar, á unos 10 kilómetros de la Cabaña, en una heredad del teniente coronel retirado Sr. Albear. Tuve que desistir, pues al enorme gasto de instalar una conducción tan larga, había que añadir la colocación de bombas para elevar el agua á 44 metros de altura, y en situación comprometida por su proximidad al mar.

2.^a La adquisición de un barco-aljibe, y que la administración militar se encargase de hacer con más regularidad y garantía lo que hacía el contratista. El tiempo disponible fué la dificultad insuperable para esta solución, pues no existía otro aljibe que el del contratista, y éste pediría una enormidad al ver que se le concluía tan pingüe renta ó se llegaría á la formación de un expediente de expropiación forzosa, en que seguramente no saldría el Estado muy bien librado.

3.^a Hacer una conducción á través de la bahía, solución cuyas condiciones de posibilidad determiné estudiar, por ser la más económica.

Inmediatamente me propuse hacer algunas experiencias con unos tubos de hierro dulce que había en la batería, como restos de la conduc-

ción parcial á los puntos de obra, pues aparte de considerarme poco fuerte en cuestiones de hidráulica, disponía de escasísimo tiempo, no era ocasión de buscar y adquirir libros que traten la materia con extensión, y por último, presumía que este sería el único material de que podría disponer en la localidad, como en efecto sucedió.

Los esfuerzos á que sometí varios tubos de 0^m,013 de diámetro interior, me hicieron concebir esperanzas de que el problema sería fácil, siempre que el fondo de la bahía no presentase depresiones bruscas y que hubiera presión bastante en el final de la conducción de la ciudad, para evitarme de esta parte la instalación de bombas, de todo punto necesarias del lado de la Cabaña. De este modo instalada la parte más importante y de difícil entretenimiento, la sumergida trabajaría siempre por igual y en perfectas condiciones.

No disponiendo más que de un día, escasamente tuve tiempo para hacer, con una sonda improvisada, unos cuantos perfiles en partes diferentes del canal, así como para buscar á los empleados municipales de la conducción de aguas y rogarles que me facilitasen el manómetro y medios de medir la presión del agua en los puntos de la población inmediatos á la bahía. Procedí enseguida á calcular la pérdida de carga, dado el poco diámetro que necesariamente tendría el nuevo tubo y la longitud del mismo.

Los perfiles me acusaron una curva de bastante regularidad en el fondo (fig. 2). La presión del agua resultó equivalente á una altura de 13 á 16 metros, según los puntos, y la pérdida de altura, debida al rozamiento del agua, codos, etc., la estimé, según los diámetros, desde 0^m,50 hasta 2 metros, tomando siempre los resultados más desfavorables.

Inmediatamente me tracé el plan (á grandes rasgos); hice un presupuesto aproximado, procurando forzar la nota en previsión de las mil contingencias y gastos imprevistos y con estos datos y el valor que da la ignorancia, me presenté á Su Excelencia para manifestarle que la cosa era fácil y el presupuesto, á la ligera, de 3900 pesos, es decir, lo que se abonaba al contratista en tres meses, asegurando así la provisión de agua á los fuertes, que buena falta les hacía y que de otro modo estaba expuesta á mil eventualidades.

Aceptado por el Excmo. Sr. General Gobernador, y propuesto así al Excmo. Sr. General en Jefe, dicha superior autoridad ordenó que se empezasen inmediatamente los trabajos y para el efecto se extendiese un libramiento de preferente pago de 4000 pesos.



PARTES PRINCIPALES QUE HAY QUE CONSIDERAR EN ESTE ESTUDIO.



La ejecución de la conducción que se proyecta, envuelve, á más del problema de hidráulica, otros muchos originados por las condiciones particulares de este trabajo, dificultades de construcción, carencia de medios, etc., etc., que para su mejor exposición y procediendo con orden subdividiremos en las siguientes partes:

1.º Sondas y elección de lugar ó puntos por donde atraviere el canal la conducción. Determinado el punto, hallar el perfil del canal con la mayor exactitud posible.

2.º Condiciones que determinan el problema (deformación máxima que ha de sufrir el tubo, velocidad de la corriente en el canal, tracción del tubo en los amarres), sin perder de vista el problema de hidráulica 5.º

3.º Comparación entre los distintos sistemas que se pueden emplear para construir la conducción y adopción del más apropiado al caso.

4.º Elección del material que se ha de emplear, ateniéndose á lo que haya en la localidad, pues se carece de tiempo para encargarlo fuera.

5.º Problema de hidráulica. Cálculo del diámetro, gasto, etc., de la conducción. Resultados obtenidos según las diversas fórmulas empíricas. De este problema y del 2.º se obtendrá en definitiva el diámetro buscado.

6.º Estudio del mismo, desde el punto de vista mecánico y descripción de los elementos que han de formar la cañería.

7.º Construcción, obreros, taller, herramientas, dificultades, etc.

8.º Transportes, meteorología é inmersión.

9.º Obras auxiliares y medios de aumentar el gasto.

10.º Cuestiones administrativas.



CONDUCCIÓN DE AGUAS Á TRAVÉS DE LA BAHÍA DE LA HABANA


DESDE

LA CAPITANÍA DEL PUERTO Á LA CASA DE MARTÍ

AL PIE DE LA CABAÑA.

PRIMERA PARTE.

Sondas y elección de lugar.

os numerosos perfiles en distintos puntos del canal de comunicación con la bahía (fig. 1), se han obtenido tendiendo de una á otra orilla un hilo ó lienza graduada de 10 en 10 metros, en cuyos puntos de división obtuve la profundidad por medio de la sonda de platillo que me facilitaron en la capitanía del puerto.

Con estos perfiles y los datos recogidos de los prácticos del puerto, se determinaron los puntos entre los cuales había de tenderse la tubería.

En un principio traté de hacer el cruce desde el pescante de la Maestranza de Ingenieros al de la Cabaña, donde está la grúa de artillería, en atención á que es donde presenta menos fondo el canal, y con la sonda improvisada me resultaba el perfil más uniforme y tendido; además de estar próximas las baterías del Sol y la Pastora, ambas con buenos aljibes y al pie de las fortalezas del Morro y la Cabaña, con un nivel de 3 á 6 metros sobre la superficie del mar, circunstancia que quise aprovechar para evitar gastos en construir aljibes ó instalar máquinas elevadoras.

En consecuencia, comencé los trabajos para instalar la cañería en tierra desde el pescante de la Maestranza hasta la tubería maestra más próxima, que termina en el Prado y que reúne la ventaja sobre las demás, también próximas, de las calles de Zulueta y Cuba, de tener 3 metros más de presión, pues la susodicha cañería del Prado sólo tiene la servidumbre del riego y da una presión en el manómetro, equivalente

á una altura de agua de 16 metros, 14 en la calle de Zulueta y 13 en la de Cuba.

Una vez hecha en dos días esta conducción de tierra, surgieron las siguientes dificultades:

1.^a Con la sonda improvisada, sólo se acusaba de un modo imperfecto la profundidad y á distancias no iguales, mas no la calidad del fondo, y por esta circunstancia, unida á la de ser el canal más ancho, resultaba un perfil más tendido y uniforme. Cuando más tarde hice las sondas con la de platillo, y con el debido detenimiento y detalle, resultó que el fondo era de rocas madrepóricas, como en las orillas, que no había tal regularidad, pues si bien el canal aparente era más ancho que en el resto, el canal propiamente dicho, el limitado por dos líneas de boyas, tiene una anchura de 60 metros próximamente, y presenta un descenso brusco de 4 á 6 metros en las susodichas líneas de boyas (fig. 1).

2.^a Habiendo consultado los extremos anteriores con el capitán y prácticos del puerto, me significaron dichos señores, que no sólo eran ciertas mis observaciones, sino que consideraban muy arriesgado tender el tubo donde lo intentaba, pues la mar arbola mucho en los nortes y y noroestes, especialmente en la orilla opuesta, y á las dificultades mayores del tendido habría que añadir el peligro constante de una rotura en los amarres.

A mayor abundamiento, el Excmo. Sr. General Gobernador de la Cabaña, manifestó su deseo de que, á ser posible, se eligiera un punto de paso más próximo á la rampa de acceso á la Cabaña.

Las anteriores razones me parecieron más que suficientes y procedí á hacer nuevos sondajes y perfiles, decidiéndome por el que indica la figura 2, entre el muelle de la capitania del puerto y Casa-Blanca, frente al centro de la casa de Martí, por las siguientes razones:

1.^a Uno y otro punto estaban más vigilados, circunstancia digna de tenerse en cuenta, pues esta conducción perjudicaba en primer lugar al contratista de aguas para los numerosos buques surtos en el puerto, al que proveía los fuertes de la Cabaña y del Morro, y, finalmente, al contratista del barrio de Casa-Blanca y numerosos operarios de la Trasatlántica, los cuales harían bien en aprovecharse de la nueva conducción; y por último, los muchos enemigos que teníamos por aquella tierra, me

hacían temer por la seguridad de la obra, ejecutada entre puntos no vigilados.

2.^a Hallándose entre esos dos puntos los cables eléctricos de comunicación con las fortalezas de la Cabaña y Morro, estaba dispuesto por la Capitanía general del puerto, y lo sabía toda la gente de mar, que en la proximidad de aquellas aguas no era permitido anclar.

3.^a La perfecta regularidad del fondo, aunque el canal en este punto es algo más estrecho y más profundo. Además, el lecho es todo de fango.

4.^a Por estar más lejos de la boca del puerto, el mar no bate tanto en las orillas, con lo cual disminuía las probabilidades de destrucción del tubo.

En vista de todas estas razones y con la vénia del jefe de la Comandancia de Ingenieros, quedó en definitiva elegido dicho punto de paso.

La figura 2 indica el perfil, aunque en lo relativo á distancias horizontales difiere algo de la realidad, pues las lienzas graduadas de que hice uso eran de cáñamo, el cual se contrae al mojarse, y aunque está hecha la corrección, es necesariamente imperfecta. Así me explico la pequeña diferencia que obtuve al emplear el taquímetro; la distancia entre los puntos extremos, obtenida por intersección, fué de 318 metros. La longitud de la curva del fondo, desarrollada, 330. Opté, pues, por los resultados del taquímetro y, con efecto, me resultó con suficiente exactitud.

La toma de agua se hizo á la tubería general que surtía las calles de Weyler y O'Reilly, y sin duda por el mucho gasto llegaba á la capitanía del puerto con una presión sólo de 13 metros y aun menor. Pero esta desventaja estaba compensada con el aumento de presión tan considerable (40 á 42 metros) que experimentaba por la noche cuando casi se anulaba el gasto; y tratándose de la tubería principal que surtía el barrio más populoso é importante de la Habana, estaba siempre muy bien entretenida.



SEGUNDA PARTE.

Condiciones generales que determinan el problema.

Una vez elegidos definitivamente los puntos de paso de la tubería, y dejando para el capítulo 5.º el cálculo propiamente hidráulico, pasamos á ocuparnos de las circunstancias que además hay que tener presentes y que casi por sí solas determinan el problema.

1.º El perfil que representa la figura 2 y del cual nos interesa principalmente el ancho del canal, la regularidad y desarrollo de la curva del fondo, profundidad máxima y constitución del subsuelo.

2.º La velocidad de la corriente en este punto del canal, que es variable según las mareas y la estación, pero dominando siempre la corriente de dentro para afuera cuando el tiempo está en calma; por lo tanto llega á un máximo cuando la marea es baja y en la época lluviosa, y á un mínimo con la pleamar durante la seca, pues dicha corriente es debida á los numerosos arroyos que desembocan en la bahía y al desagüe de la población.

En las mareas gruesas, ó sea cuando hay Norte, Nord-Este ó Nord-Oeste en la superficie, aumenta el efecto de la marea, tanto más cuanto más nos aproximamos á la boca del puerto, y con mar violento el tiempo llega á veces á predominar y la corriente en la superficie es de entrada; pero en el fondo es siempre de salida, variable, según se ha dicho, con las mareas.

También varía la intensidad de la corriente en un momento dado, según la profundidad y proximidad á las orillas, siendo máxima en el tálveg, algo menor en el fondo y superficie, y todavía menor y aún contraria en las orillas.

Siendo muy difícil el perfecto conocimiento de la intensidad de la corriente, y careciendo de tiempo y medios para medirla con exactitud, lo hago, según se indicará, por medio indirecto, bastando por ahora

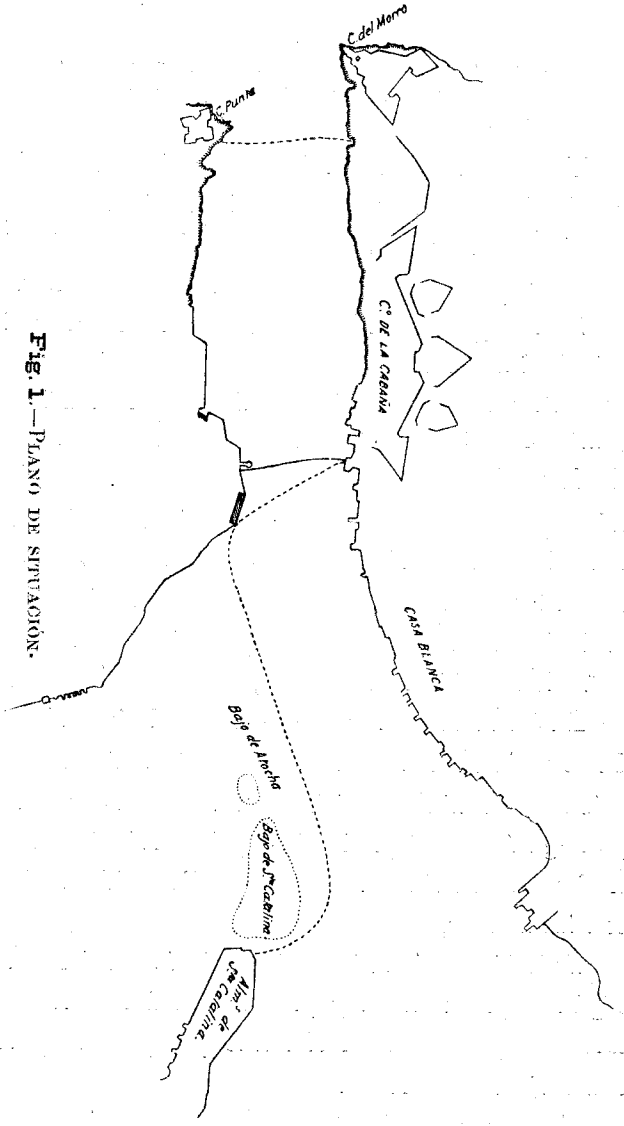


Fig. 1.—PLANO DE SITUACIÓN.

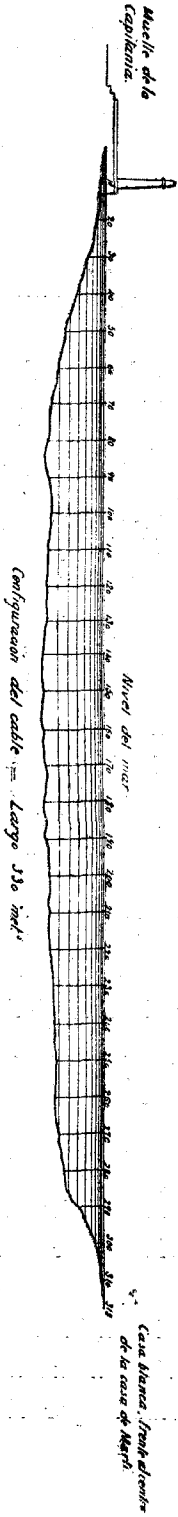


Fig. 2.—CONFIGURACIÓN DEL CABLE.

añadir que lejos de ser perjudicial es provechosa, porque facilita la operación del tendido y conducción de la tubería, según veremos más adelante.

Cuantas veces traté de hacer perfiles y tendí la lienza graduada de una á otra orilla, se me rompió el hilo por el esfuerzo de la corriente, teniendo necesidad de aprovechar la pleamar y colocar flotadores de corcho, formando el hilo una curva muy pronunciada y teniendo que hacer luego las correcciones necesarias para obtener el perfil verdad, de modo que éste sea el corte del canal, por un plano vertical, cuya traza está determinada por los puntos extremos del tendido y no la intersección de este mismo canal, con una superficie cilíndrica de eje vertical.

Esta acción tan enérgica de la corriente se manifestó muy grande en los amarres, siendo tanto mayor cuanto más tendido esté el hilo, resultado previsto en mecánica, pues la tracción en los puntos de amarre, llega á ser infinita si el hilo está en línea recta.

Es, pues, lo cierto que la acción de la corriente ha de ser también muy enérgica sobre la tubería, especialmente en el momento de tenderla y en razón directa de la superficie, y como éstas son semejantes en la cuerda y en el tubo (protegido), en razón de las líneas homólogas, radios ó diámetros.

Efectivamente, representando por r el radio de la sección recta del hilo, R el de la tubería y L la longitud común de ambos, tendremos que la superficie total s del hilo será:

$$[1] \quad s = 2 \pi r \cdot L.$$

y la del mismo expuesta á la corriente

$$[2] \quad s_1 = \pi r L.$$

Las superficies análogas S y S_1 del tubo serán:

$$[3] \quad S = 2 \pi R \cdot L \quad \text{y} \quad [4] \quad S_1 = \pi R L$$

y finalmente,

$$\frac{S}{s} = \frac{R}{r} = \frac{S_1}{s_1}.$$

Por lo tanto me bastará medir la tracción en los amarres con la cuerda auxiliar y el diámetro de ésta para conocer el esfuerzo que se busca, sabido el diámetro de la conducción.

La consideración de que ha de tenderse á través del canal, punto de paso preciso para la navegación en un puerto tan frecuentado, implica la condición de no obstruir el paso, ó de hacerlo, el menor tiempo posible.

Para el efecto, consulté la cuestión con el señor capitán del puerto, pues me figuraba que durante la noche, que descansan los prácticos, no se permitiría la entrada y salida en la bahía, á lo cual me manifestó dicho señor que la salida del puerto era libre y que para la entrada sólo esperaban el día los barcos que necesitan práctico, más no los que pueden prescindir de este auxiliar; pero si tenía necesidad de interrumpir la navegación, aunque fuese por breves instantes, se lo avisase uno ó dos días antes para ordenarlo así á los buques surtos en bahía, así como para cerrar la entrada del puerto.

Esta condición era una nueva dificultad sobre las muchas que tiene el problema, pues no pudiendo efectuar el tendido y conducción más que en un día de calma, si el tiempo fuera variable se correría el riesgo de interrumpir inútilmente la navegación una ó más veces; era, pues, necesario hacer algún estudio meteorológico (capítulo 8.º), ó variar el sistema de construcción, empleando buzos, lo cual era casi imposible, según demostraré en el siguiente capítulo.



TERCERA PARTE.

Sistemas de construcción y su comparación.

1.º La primera idea que se me ocurrió fué construir la cañería por medio de buzos y bien pronto desistí de ella, pues además de carecer de material apropiado, era arriesgadísimo por la abundancia de tiburones en aquéllas aguas, como lo demuestra el desgraciado accidente del *Sanchez Barcáiztegui*.

2.º También se le ocurrió á otro respetable compañero la ingeniosa idea de efectuar la operación tendiendo un cable de acero de una á otra orilla; un extremo de este cable arrollado al torno y el otro amarrado al tubo, que á medida que se iba armando era arrastrado por aquél hasta venir á ocupar la tubería el lugar que antes ocupaba el cable.

Deseché el anterior procedimiento, porque hecha la experiencia con tubos de pequeño diámetro y sobre el piso de madera y uniforme de Santa Catalina, se me rompieron por los puntos de unión ó nudos con sólo 100 metros de tubería. Considérese lo que sucedería con más de 300 metros, mayor peso y apoyado en el fango, cuya adherencia es mucho mayor.

3.º El anterior procedimiento tal vez fuese práctico con el auxilio de flotantes; más aquí es impracticable por el continuo paso de buques, de no cerrar el puerto varios días.

4.º CONSTRUCCIÓN SOBRE PILOTES.—De ser posible es indudablemente el procedimiento de éxito más seguro. Consiste en la colocación de una serie de pilotes casi equidistantes, anclados agua arriba del canal y transversalmente y provistos de un rodillo en su parte superior (figuras 3, 4 y 5).

Construída la tubería, bien directamente sobre los pilotes (excepto en el medio para no interrumpir la navegación), ó mejor en las orillas en tierra firme para irlo corriendo á medida que se construye, se inte-

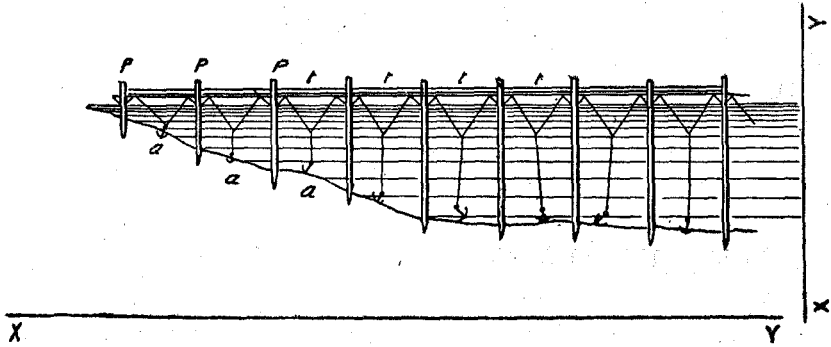


Fig. 3.—PILOTAJE.—PERFIL LONGITUDINAL.

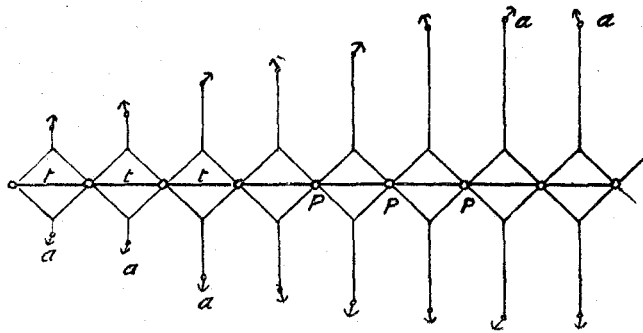
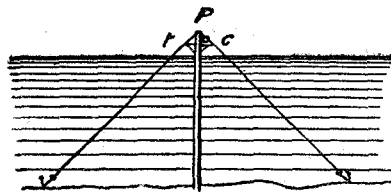


Fig. 4.—PILOTAJE.—PROYECCIÓN HORIZONTAL.



p Pilotes.
t Tablero.
c Tubo cable.
a Anclas.

Fig. 5.—PILOTAJE.—PERFIL TRANSVERSAL.

rumpriría el tráfico sólo el tiempo preciso para armar el tubo central (ó para el corrimiento) y el necesario para fondearlo.

Este procedimiento tiene como inconveniente principal el coste enorme de los pilotes y su colocación, dada la profundidad, que llega hasta 25 metros, y que no guarda proporción con la obra y se puede recurrir á medios más económicos.

5.º CONSTRUCCIÓN SOBRE FLOTANTES.—Otro de los procedimientos susceptible de ser empleado para la construcción é inmersión del cable

tubo, consiste en substituir los anteriores pilotes por flotantes, convenientemente anclados (figs. 6, 7, 8 y 9).

CONSTRUCCIÓN SOBRE FLOTANTES.

Fig. 6.

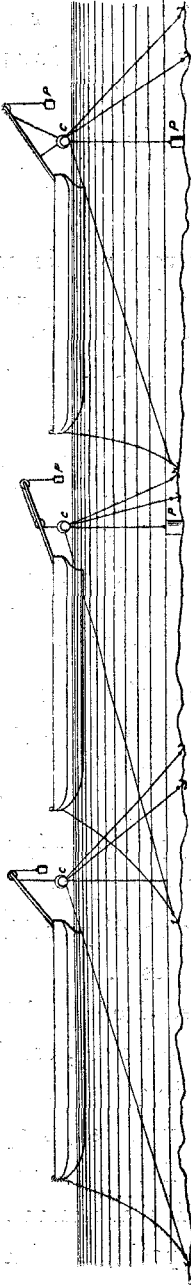


Fig. 7.

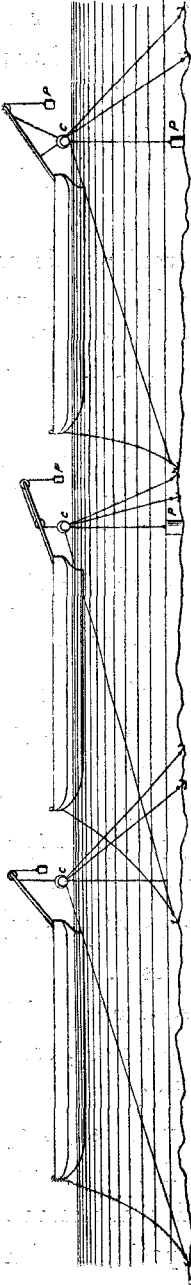


Fig. 8.

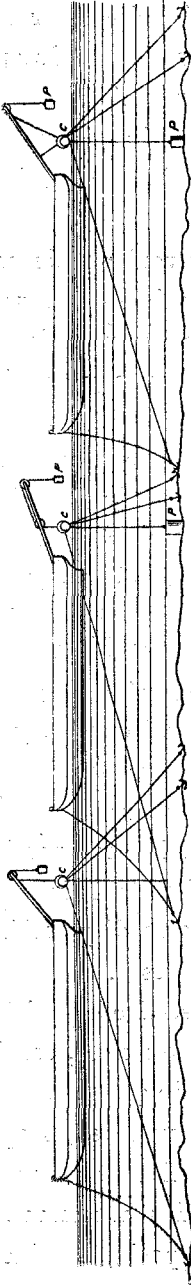
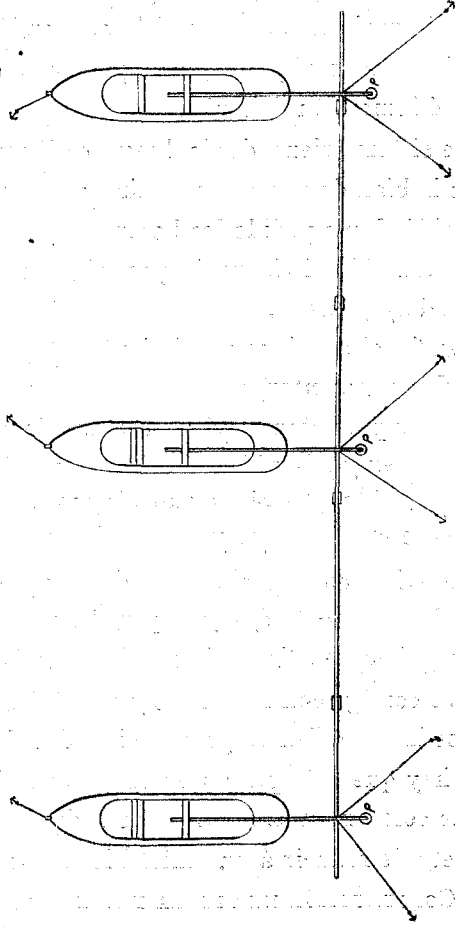


Fig. 9.



Si los flotantes se sitúan de antemano desde la capitania del puerto á la casa de Martí, entre cuyos puntos se proyecta sumergir el tubo, se tendría mucho adelantado en rapidez y seguridad para la obra; pero las necesidades de la navegación obligarían á colocar los botes á lo largo del canal y próximos á la orilla, apoyando uno de sus extremos en la casa de Martí, por ejemplo, y una vez construído el tubo, hacer una especie de variación, análoga á la conversión de un puente sobre pontones, hasta situarlos entre los puntos elegidos, para hacer luego el amarre é inmersión del tubo.

Este sistema tiene desde luego el inconveniente de ser muy caro, pues se habrían de necesitar muchas embarcaciones menores y por varios días, habiéndome pedido los boteros 5 pesos oro, por día y bote.

Hay también el riesgo de que salte un tiempo y se pierda todo lo adelantado y gastado.

Además, el continuo movimiento en que necesariamente han de estar los flotantes, entorpecerá la buena construcción del tubo, cuyas partes deben ir perfectamente unidas, siendo necesario construirlo con la propia solidez y seguridad que hecho en tierra firme, y aún supuesto esto conseguido, estará la tubería moviéndose de un modo desigual mientras se la construye y se hace la conversión é inmersión.

Para evitar en lo posible este defecto se ideó el procedimiento que indican las figuras 6, 7, 8 y 9, por el cual se vé que apoyando el tubo en las argollas, se evita todo movimiento de ascenso ó descenso, pues el lateral se corrige con las anclas y múltiples amarres.

A los inconvenientes ya mencionados de la construcción sobre flotantes, hay que agregar ahora la parte referente á los contrapesos y modo de colocar éstos. Las figuras indican otra disposición de detalle, con objeto de reducir á una mitad los contrapesos.

6.º CONSTRUCCIÓN EN TIERRA FIRME (que es el adoptado).—El procedimiento de construcción que indica el título anterior, consiste en la fabricación total del tubo en un lugar apropiado que garantice una sólida construcción é inmediata inspección en cada una de las operaciones, y en el transporte de dicho tubo por medio de flotantes; por consiguiente, viene a ser un procedimiento mixto de los dos anteriores, procurando tomar de ellos las ventajas y suprimir, en lo posible, los inconvenientes.

Las ventajas de este sistema, son:

1.^a La construcción es más sólida y perfecta, trabajando los obreros en mejores condiciones.

2.^a La inspección del trabajo es también más inmediata, circunstancia digna de tenerse en cuenta, tratándose de una obra nueva, y por tanto difícil el encontrar obreros prácticos.

3.^a Disponer de más tiempo, sin que apremie la necesidad de concluir pronto, el gasto de botes, dificultad de la navegación, ni el temor á un mal tiempo, que son los inconvenientes más salientes de los sistemas anteriores.

4.^a La facultad de poder hacer ensayos preliminares que guien en problema tan complejo y en que no hay tiempo para dedicarlo á estudios especiales. Era inútil consultar tratados de conducción, pues no los hay que se ocupen de caso parecido, y si los hay, paladinamente confieso que lo ignoro. Mucho menos lo habrá para hacer un pedido y esperar la remisión de una tubería especial.

Sólo añadiré que recién salido de la Academia recuerdo haber leído en el apéndice de un tratado de conducción de aguas, que para las conducciones debajo del agua se emplean tubos especiales con juntas reforzadas, también especiales, y procedimientos de construcción especiales, pero sin especificar ni dar luz alguna en el asunto.

Por lo que respecta á dificultades, la principal que encontraba era la de colocar después la tubería sobre flotantes, el transporte y dotarla de la flexibilidad y resistencia convenientes, pues preveía que en esto no valen los términos medios y entre una rigidez casi absoluta y una gran flexibilidad, prefería ésta, dada la longitud del tubo.

Así, pues, no habiendo; ó mejor, no conociendo modelos que imitar, me decidí por el último de los sistemas indicados, confiado más en la suerte que en la bondad del procedimiento.

Claro está que no trato de preconizar como mejor este sistema; pero la brevedad que se me imponía para terminar la obra, la escasez del presupuesto consignado para la misma y sobre todo el tener que echar mano de lo que había en la localidad, que era bien poco y de procedencia norte-americana (léase pacotilla y de pésima disposi-

ción), eran circunstancias en las cuales el único sistema aplicable era el último de los enunciados.

Partiendo, pues, de esta base, analicé los materiales que se podían emplear para este trabajo y á continuación expongo este análisis.



CUARTA PARTE.

Elección del material empleado.

MANGA ORDINARIA.—La primera solución que se me ocurrió, por lo sencilla, rápida y fácil de reparar, fué el empleo de la manga ordinaria para riegos, sin que hubiera necesidad de preocuparse de la presión interior, pues si ésta subía hasta dos atmósferas á los 20 metros de profundidad, estaba ventajosamente contrarrestada por la presión exterior del agua del mar.

Así, pues, bajo este punto de vista, las mangas del comercio eran suficientes, porque están construídas con la solidez necesaria. Tiene además este procedimiento la ventaja de la facilidad y rapidez en su instalación.

Inconvenientes.—1.º Su poca duración y desproporcionado coste, pues trabajando constantemente resistiría escasamente dos meses, y entre valor de la manga, accesorios é instalación, se emplearían de 1500 á 2000 pesos.

2.º Su poco peso, que la haría juguete de las corrientes, con la seguridad, casi absoluta, de que se rompería en los amarres.

3.º Habría que proveerla de contrapesos ó lastrarla, y además es sabido que precisa desarrollarla bien, sin que tome vueltas ó se arrugue, lo cual en una longitud de 330 metros y sometida á los efectos de la corriente, siendo ésta de distinta intensidad en cada punto, era muy difícil de evitar.

4.º Su poca resistencia á los agentes exteriores, como el roce de la quilla de un bote en la proximidad de las orillas, un cable, cadena ó ancla y hasta los peces, son causas más que suficientes para su destrucción en breve plazo.

Por las razones expuestas deseché el anterior procedimiento.

PLOMO.—Aparte la dificultad de encontrar en el comercio tubos de

este metal, del diámetro que se necesitaba, para toda la conducción, tenía el inconveniente de su mucho peso, que dificultaría grandemente la operación del tendido, si bien este mismo peso, una vez colocada la tubería, se traduciría en una ventaja por su mayor estabilidad. Además tenía, aunque en menor escala que la anterior, el inconveniente de su poca resistencia á los agentes mecánicos exteriores y aun á los químicos, y esto era muy de tener en cuenta, puesto que el material había de estar en contacto por el exterior con el agua del mar, que contiene sinnúmero de sales conocidas en disolución, y por el interior con las aguas de Vento, cuyo análisis, hecho por el doctor D. José Luis Casaseca, demuestra que el agua tiene en disolución y suspensión carbonatos de cal y de magnesia, óxidos de hierro, sulfatos cálcicos y magnésicos, cloruro de sódio, materias orgánicas extra-activas, residuos insolubles, hidroclosoratos de magnesia y otra porción de carbonatos y sales, en general procedentes de la selinita, y estas sales, en contacto con el plomo, pueden dar origen á otros compuestos, todos ellos nocivos á la salud desde el momento en que se forman sales de plomo ó bien entra éste en el radical, dando origen á la formación de plumbatos, pues sabemos que el plomo tiene esta doble propiedad, como el estaño y sus congéneres.

Por dicha razón, sin duda, se ha proscripto su uso, á excepción del caso en que las aguas sean muy puras (químicamente), y para cortos trayectos ó distribución domiciliaria.

COBRE.—Una discusión muy parecida á la anterior, me llevó á la conclusión de que era inadmisibile, por nocivo á la salud, por ser carisimo, por la dificultad de obtener el que se necesitaba y por su poca resistencia en los amarres. Otras muchas materias podría haber analizado; pero me limité, desde el punto de vista práctico, á las que había en la localidad, pues no había tiempo para encargarlas á la Península, ni menos al extranjero.

HIERRO.—Los materiales analizados anteriormente, tenían indudablemente la ventaja común de adaptarse bien al fondo de la bahía, una vez colocada la tubería. Era preciso ver si se podría conseguir lo mismo con el hierro y estudiar sus distintas clases.

FUNDICIÓN.—Conocidas son las condiciones de este material, y por lo tanto, teniendo que construir el tubo en tierra firme y transportarlo en

flotantes, creí muy difícil, si no imposible, el salir airoso, por lo quebradiza, poco flexible y menos maleable que es la fundición, á lo cual hay que agregar las dificultades de construcción.

TUBOS DE HIERRO GALVANIZADO.—Este material, acaso el más moderno de los empleados en conducciones, tenía graves inconvenientes en este caso.

1.º Los tubos tienen mucho menos espesor de metales que los de hierro dulce, del mismo diámetro interior, circunstancia digna de tenerse en cuenta, dados los esfuerzos de todo género á que había de estar sometido hasta su colocación en el punto definitivo.

2.º Como consecuencia de lo anterior, tienen poco peso y resultan, pues, muy ligeros para la estabilidad de la conducción. El trabajo en los amarres puede depender del peso total de la tubería.

3.º Si bien es cierto que en un principio están en mejores condiciones para defenderse de la oxidación, también es cierto que en cuanto aquella se inicia ha de ser muy rápida por el contacto de metales de naturaleza tan diferente como el hierro y el estaño, bañados por el agua del mar y de la conducción, que según hemos visto en otro lugar contienen gran número de sales, y no era aventurado suponer que se desarrollarían corrientes voltaicas que precipitarían la oxidación del hierro. Sabido es que el trabajo químico de la pila se mide por el gasto del polo negativo y la oxidación del positivo (hierro). Por consiguiente, había dos causas de destrucción muy sensibles, la disminución de la capa de estaño y la oxidación del tubo.

HIERRO DULCE.—Ahora bien, si la capa protectora del tubo anteriormente descrito, en vez del estaño ú otro metal, fuese un óxido (minio, litargirio, etc.) en contacto con el hierro, como dichos óxidos lo son á saturación, el trabajo químico de la pila sería casi nulo, y por lo tanto, la oxidación del hierro, debida á aquellas causas, lo sería también, quedándonos sólo la interior y las incrustaciones.

Por las razones expuestas, encontré preferible, bajo todos conceptos, el hierro dulce en tubos que se emplean para la conducción del gas y de agua (distribución domiciliaria), los cuales, por sus numerosas aplicaciones, era más fácil encontrarlos en la cantidad necesaria, ventaja grande en estos momentos, á la que había que sumar su mayor espesor de metales y fácil unión.

QUINTA PARTE.

Problema de hidráulica.

Elegido como único material el hierro dulce, pasé á determinar la cantidad de agua que había de conducir y el diámetro necesario para la tubería, á fin de hallar enseguida si ésta tendría la flexibilidad necesaria para adaptarse al fondo de la bahía.

Entre los distintos procedimientos que se pueden seguir para estos cálculos dí la preferencia al experimental, pues son tantas las causas que influyen en cada caso particular, que las fórmulas de hidráulica siempre vienen afectadas de coeficientes que varían notablemente con la presión y calidad de las aguas, longitud y diámetro de la tubería, material de que ésta se compone, etc. Así, pues, pensé que haciendo experiencias en la misma localidad, con las propias aguas y en condiciones análogas á las que en definitiva había de quedar la obra, estaría más próximo á lo cierto que por cualquier otro medio. Esto no obstante, rindiendo el culto debido á las fórmulas, y para dar á la Memoria forma reglamentaria, he dedicado algunas páginas á los cálculos, como medio obligado de comprobación y comparación entre las distintas fórmulas, para deducir cuál de ellas se aproxima más á la verdad en este caso concreto, sin que esto quiera significar que sea la mejor.

La carencia de tiempo fué causa de que estas experiencias no fueran todo lo completas que era de desear.

CANTIDAD DE AGUA.—La guarnición de la Cabaña se componía ordinariamente de 500 hombres, á los cuales había que sumar las numerosas familias que allí tenían pabellones, los presos militares y los políticos. Pudimos sin gran error elevar á 1000 el número de personas que había de abastecer la tubería, en la citada fortaleza.

La guarnición del Morro era algo menor, como menor era también el número de presos y los pabellones; pero sumándoles el personal de las baterías del Sol y la Pastora inmediatas, así como el Depósito de Ultramar y los transeuntes, que solía á veces contener más de 1000 hombres, decidimos asignar 1500 á la fortaleza del Morro.

Finalmente, las baterías de costa de la playa del Chivo tendrían unos 300 hombres, que con los obreros de Administración Militar y marinería en los pescantes del Morro y Cabaña, sumaban otros 500 hombres.

Eran, pues, en junto 3000 personas las que habían de beber el agua de la nueva conducción, y teniendo en cuenta que en esta parte no había carruajes públicos, riego de calles, lavado de ropas, ni nada que originara gran gasto de agua, llevando con abundancia la destinada á beber, aseo personal y policía general del cuartel, bastaba y sobraba con 25 litros diarios por persona ó sean 75 metros cúbicos diarios.

Teniendo en cuenta que todos los tratados de distribución de aguas, al calcular la pérdida de carga, asignan al coeficiente de resistencia del líquido en las paredes del tubo un valor doble para las conducciones después de largo tiempo de uso, que para las nuevas (cuando son metálicas ó de superficies lisas). Teniendo en cuenta también la disminución del diámetro interior de la tubería, por la oxidación, depósitos é incrustaciones y sobre todo el probable aumento de guarnición, no me pareció exagerado duplicar la cantidad de agua necesaria, para obtener así una conducción que durante largo tiempo satisficiera las necesidades que se le exigían.

En vista de lo anteriormente expuesto, había que determinar el diámetro de un tubo que diera 150 metros cúbicos de gasto diario como mínimo y después experimentar si dicho tubo sería susceptible de adaptarse al fondo de la bahía.

En la batería de costa núm. 3 de cañones, llamada de Punta Braba, cuando se hallaba en curso de ejecución sólo se disponía de un tubo de 13 milímetros de diámetro interior, el cual era insuficiente por el consumo de agua que se hacía entre guarnición (más de 1000 obreros) y la necesaria para la obra, por cuya circunstancia, á fin de aprovechar todo el rendimiento de la tubería, coloqué convenientemente 24 barricas de

0^m3,500 de cabida cada una, y á 4 metros de altura la primera, que recibía el agua de la cañería directamente.

Estas vasijas escasamente se llenaban desde las seis de la tarde, en que se suspendía el trabajo, hasta igual hora de la mañana siguiente, en que se reanudaba, y por lo tanto, en doce horas se obtenían 12 metros cúbicos de agua.

El citado tubo tomaba el agua de una conducción de 0^m,039 de diámetro, de 400 metros de longitud, que á su vez tenía la toma en la cañería principal que surte el barrio del Vedado y en un punto cuya presión durante el día oscilaba entre 13 y 16 metros, elevándose considerablemente durante la noche, hasta alcanzar 40 metros ó más á las cinco de la mañana.

Estaba, pues, en las mejores condiciones para suprimir cálculos, y sobre todo, la duda de si resultarían aproximados. Aquí, desde este punto de vista capital, iba ya sobre seguro y no es extraño, hecha esta aclaración, que obtuviese el gasto calculado casi exactamente.

Ahora bien, un tubo de diámetro interior tres veces mayor (0^m,039) que el anterior, tiene una sección recta cuya superficie es nueve veces más grande, y suponiéndole aplicado á la misma tubería principal de la misma longitud y naturaleza, y que las pérdidas de carga sean iguales, nos dará un gasto nueve veces mayor ó sean 9 metros cúbicos por hora y durante las doce horas en que se efectuó la experiencia (de seis á seis)

$$9 \times 12 = 108 \text{ metros cúbicos de agua.}$$

Más adelante demostraremos que este gasto se reducía á la mitad, próximamente, durante las doce horas restantes del día, por reducirse la presión casi á la cuarta parte. Tomando, pues, sin error sensible, para gasto total desde las seis á las diez y ocho, la mitad del obtenido anteriormente ó sean 54 metros cúbicos, tendremos definitivamente para gasto en las veinticuatro horas 162 metros cúbicos.

El gasto aún sería algo mayor, pues no hemos tenido en cuenta el agua que durante la noche gastaba la guarnición; durante el día no á todas horas bajaba la presión al $\frac{1}{4}$ de la de noche y por lo tanto se obtendría un rendimiento algo mayor de 54 metros cúbicos. Las

pérdidas de todo género tampoco son iguales, como hemos admitido, pues son más pequeñas relativamente en los tubos de mayor diámetro.

Por consiguiente, no necesitándose más que 150 metros cúbicos diarios, el tubo de 39 milímetros de diámetro interior, que en las citadas condiciones nos da 162 metros cúbicos, resolvía el problema.

Mientras la tubería pudiera considerarse como nueva, abastecería los 3000 hombres á razón de 50 litros diarios por persona.

Las dimensiones corrientes en el comercio nos dan para tubo de menor diámetro inmediato al de 0^m,039 que acabamos de comparar, el de 32,5 milímetros, el cual, con respecto al de 13 milímetros, es de diámetro 2,5 veces mayor; da, pues, un gasto de 6,25 metros cúbicos por hora, durante la noche, ó sean 75, y 32,50 metros cúbicos por el día. En suma, 112,5 metros cúbicos, cantidad algo menor que la calculada como necesaria. No convenía esto, porque en casos tales se debe buscar siempre el exceso, cuando no sea posible obtener exactamente lo necesario.

Un tubo mayor de 0^m,039 de diámetro no era necesario y se corría el riesgo de que su mucha rigidez lo hiciera inaceptable para esta clase de tubería, á más de resultar bastante más caro.

Veamos ahora si los resultados obtenidos están conformes con los que dan las fórmulas empíricas.

Tenemos como datos para la aplicación de aquéllas los siguientes:

1.º La presión del agua al extremo de la tubería principal, junto á la capitania del puerto y á 1 metro sobre el nivel del mar. Esta presión era de 13 metros en el caso más desfavorable (por la tarde, á la hora del riego).

2.º El otro extremo de la conducción abocaba á un depósito (grande de 80 metros cúbicos), cuya parte superior estaba á 5 metros con respecto al nivel del mar. La carga disponible era, pues,

$$13 + 1 - 5 = 9 \text{ metros.}$$

Dicho depósito estaba al otro lado de la bahía, junto á la casa de Martí.

3.º La distancia horizontal entre ambos extremos de la tubería era 318 metros y la longitud total de la misma 330 metros = *l*.

4.º La presión del agua durante las altas horas de la noche, equivalente á una altura ó carga de 40 metros.

5.º El radio, si se desea buscar el gasto, ó bien el gasto, si de él se quiere deducir el radio.

En el primer caso, $r = 0^m,0195$ y se trata de calcular el gasto Q por segundo.

En el segundo caso se conoce el gasto por segundo $Q = 0,00125$ metros cúbicos, deducido de Q , gasto durante las doce horas del día = 54 metros cúbicos y se desea conocer el radio de la conducción.

Nos concretaremos á hacer uso de varias fórmulas, é indicar los autores consultados, para luego poner de manifiesto el resultado obtenido.

Primer problema.

Dado el radio $r = 0^m,0195$, hallar el gasto.

Llamando u á la velocidad media, tenemos que la fórmula

$$u = \sqrt{2 g h} \begin{cases} g = 9,81 \\ h = \frac{9}{330} \text{ carga por metro corriente} \end{cases}$$

nos da un valor aproximado de $u = 0^m,76$, lo suficiente para tener idea de si u es $> 0^m,10$ por segundo. Más adelante pondremos en vez de h su verdadero valor y así obtendremos el de u , que nos sirva para determinar Q sin grande error.

Siendo $u > 0^m,10$ es aplicable la fórmula de Darcy á la resolución de este problema. (DEBAUVE, pág. 12.)

$$r j = b_1 u^2 \quad \gg \quad \pi r^2 u = Q, \text{ gasto por segundo}$$

y eliminando u

$$r^3 = \frac{b_1 Q^2}{\pi^2 j} \quad (\text{DEBAUVE, pág. 14})$$

y

$$Q^2 = \frac{r^3 \pi^2 j}{b_1} \quad \gg \quad Q = \sqrt{\frac{r^3 \pi^2 j}{b_1}} \quad [A] \quad \text{DARCY.}$$

$$r = 0^m,0195 \quad \gg \quad r^3 = 0,000.000.00282.$$

$$\pi = 3,1415 \quad \gg \quad \pi^2 = 9,869.$$

$$j = \text{carga por metro corriente} = \frac{13 + 1 - 5 \text{ (Diferencia de nivel ó presión entre los dos extremos del tubo.)}}{330 \text{ (longitud lineal de la conducción)}}$$

$$j = 0,0273.$$

b_1 , coeficiente que varía con el radio de la conducción y que para este

caso (tubos nuevos), es mitad del indicado en las tablas, página 266 del DEBAUVE, para $r = 0,02$; así, pues, $b_1 = 0,00083$.

Substituyendo estos valores en la fórmula [A] tendremos para el gasto por segundo en metros cúbicos

$$Q = \sqrt{0,000.0009154} = 0^{\text{m}^3},000.957$$

Dicho gasto durante las doce horas del día será:

$$[1] \quad Q_1 = 41^{\text{m}^3},343$$

Durante la noche, como en otro lugar hemos dicho, se elevaba la presión á 40 metros y la carga por metro corriente será:

$$\frac{40^{\text{m}} + 1 - 5}{330} = \frac{36}{330}$$

El número 36 representa ahora la carga total, ó sea la diferencia de presiones en los extremos de la tubería, ó finalmente, la diferencia de nivel del líquido entre los expresados extremos, suponiendo substituída dicha presión por un depósito de nivel constante, situado á 40 metros de altura, contados sobre la vertical del punto de toma, que ya tiene 1 metro sobre el nivel del mar. Como el otro extremo está á 5 metros sobre dicha superficie de nivel, resulta una diferencia entre ambos extremos de $41 - 5 = 36$.

Podríamos, pues, en la fórmula [A] substituir el valor de

$$j = \frac{36}{330},$$

pero es más fácil y rápido para evitar tantas operaciones obrar de la siguiente manera.

De la fórmula

$$u = \sqrt{2gh} \quad \text{»} \quad \text{se obtiene} \quad [1]$$

$$\pi r^2 u = \pi r^2 \sqrt{2gh} \quad \text{»} \quad [2]$$

El primer miembro de la [2], es el gasto, el cual, como se vé en el segundo miembro, es proporcional á la raíz cuadrada de h .

Por lo tanto, en el caso que nos ocupa, obtenido el gasto

$$Q_1 = 41^{\text{m}^3},343 \text{ durante doce horas}$$

y con

$$h = 9 \text{ metros} \quad \text{para } h' = 36,$$

siendo

$$36 = 9 \times 4$$

y puesto que en ambos casos $l = 330$

$$[2] \quad Q' = Q_1 \times \sqrt{4} = 2 Q_1 = 82^{\text{m}^3},686$$

y el gasto durante las veinticuatro horas

$$Q' + Q_1 = 124^{\text{m}^3},029 \quad [3]$$

En general, si

$$h' = h \times n \quad \gg \quad Q' = Q_1 \sqrt{n}$$

bastará, pues, con conocer Q_1 para hallar Q' y viceversa.

Otro procedimiento.—Consecuencias importantes.

Al plantear este primer problema, hablamos de la fórmula general

$$u = \sqrt{2 g h} \quad [B]$$

la cual, si no es completamente exacta para este caso, da para valor de la velocidad media u , un número suficientemente aproximado para saber si podemos aplicar las fórmulas á este supuesto. (DEBAUVE, pág. 12).

Fundada en lo anterior, se desprende una aplicación muy importante de la misma fórmula, desde el punto de vista de las distribuciones de agua en general, y es la siguiente.

Todos los tratados prácticos de distribución asignan como un mínimo para valor de la velocidad del agua en los tubos $0^{\text{m}},10$ por segundo, pues, efectivamente, una velocidad menor daría un gasto insignificante, sin que quepa el recurso de aumentar desmedidamente el diámetro de la tubería para obtener una cantidad de agua determinada, pues aparte la dificultad del mayor coste, si la velocidad es $< 0^{\text{m}},10$ por segundo, los depósitos en las partes bajas obstruirían bien pronto la conducción.

Partiendo, pues, de la base antes dicha, y puesto que la fórmula general

$$u = \sqrt{2 g h}$$

no tiene para nada en cuenta, diámetros, longitudes y sobre todo los coeficientes de corrección, trataremos de establecer dicha fórmula in-

troduciéndole dichos coeficientes, para así aproximarnos más á la verdad, deducir el gasto, conocida la velocidad y sección de la tubería, y hacer también de ella otras aplicaciones importantes.

Sea $h = 9$ metros la carga total en nuestro caso.

d diámetro del tubo $= 0^m,039$.

v la velocidad en metros por segundo.

τ_1 coeficiente de contracción ó resistencia á la entrada de la conducción y cuyo valor medio es $= 0,505$, según varios autores.

τ coeficiente de rozamiento del líquido contra las paredes del tubo. La resistencia total que origina este coeficiente es proporcional á la longitud é inversamente proporcional al diámetro. Será, pues, de la forma $\tau \frac{l}{d}$.

El valor de dicho coeficiente varía con la naturaleza del tubo y pureza de las aguas. Su valor medio para conducciones metálicas, según varios autores, es $0,025$. Zeuner supone $\tau = 0,026$, d'Aubuisson $\tau = 0,0284$. Según Dupuit $\tau = 0,0303$, Burkli $\tau = 0,0482$.

Nosotros aceptaremos para valor medio de dicho coeficiente $\tau = 0,025$. Introduciendo dichos coeficientes en la fórmula general

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{»} \quad h = \frac{v^2}{2g}$$

que podríamos llamar de hidráulica pura, se transforma en

$$[B] \quad h = \left(\tau_1 + 1 + \tau \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (\text{L. A. BARRÉ, pág. 314}).$$

Consecuencias importantes.

Substituyendo en la fórmula anterior los valores para el caso particular que nos ocupa, tendremos:

$$h = \left(0,505 + 1 + 0,025 \frac{l}{0,039} \right) \frac{v^2}{2 \times 9,81}$$

Si ahora asignamos á v su valor mínimo $= 0^m,10$ por segundo, tendremos una ecuación de primer grado con dos incógnitas h y l , y por lo tanto se presentan las dos cuestiones importantes:

1.^a Dada una altura $h = 9$ metros, averiguar el valor de l , ó lo que

es igual, la distancia máxima á que podemos llevar el agua con el tubo del diámetro 0^m,039 y obtener un gasto sensible, aunque muy pequeño.

2.^a Dada la longitud del tubo y su diámetro, averiguar la carga ó altura de agua mínima de que tenemos que disponer para que el líquido llegue, aunque obteniéndose un gasto también mínimo.

En el primer caso, si $h = 9$ metros y $v = 0^m,10$, nos da para

$$l = \frac{9 - 0,000766}{0,000326} \quad \text{sin error sensible} \quad = \frac{9}{0,000326}$$

y

$$l = 27607.$$

En el segundo caso tendremos, si $l = 330$ metros

$$h = 0^m,11.$$

Es, decir, que nos basta una carga de 0^m,11 para tener la evidencia de que el agua llegaba.

El gasto mínimo en ambos casos, se deduce por la fórmula

$$\pi r^2 v = Q \quad \text{á} \quad Q = 0^m,000119455 \text{ gasto por segundo}$$

y durante las doce horas del día á

$$Q_1 = 0^m,05.$$

Las conclusiones anteriores nos dan para valores de l y h 27.607 y 0^m,11 que no son exactos, puesto que en este caso varían notablemente los coeficientes de la fórmula, hasta el punto de que casi podríamos suprimir el $\tau_1 = 0,505$ de resistencia á la entrada de la conducción y el $\tau = 0,04$ en vez de 0,025 según la fórmula de Zeuner que citamos más adelante. Casi sería más aproximado haber aplicado la fórmula general

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad \text{y} \quad \pi r^2 v = Q = \pi r^2 \sqrt{2gh}$$

sin coeficiente, que nos da para $h = 0^m,17$ y $l = 17000$ próximamente. Dan no obstante, una ú otra, suficiente aproximación para no abrigar temores respecto á si llegará el agua con tubos del diámetro propuesto, que fué una de las objeciones que se me presentaron en el caso concreto que motiva esta memoria. Hago esta aclaración como disculpa, por las anteriores digresiones.

La fórmula general

$$u = \sqrt{2 g h} \quad [C]$$

puede servirnos también para determinar aproximadamente el gasto con muy poco error, en atención á que los coeficientes de corrección podemos suprimirlos por la circunstancia de ser $l = 330$ metros, cantidad muy pequeña comparada con 27.607, que es el valor que toma cuando se supone $u = 0^m,10$ y $h = 9$ metros, y además porque el coeficiente de resistencia á la entrada de la conducción es casi nulo, pues se ha colocado el tubo, no perpendicularmente, sino en prolongación de la cañería principal, al extremo mismo de ésta

Así, pues, poniendo en la fórmula [C] en vez de g y h sus valores 9,81 y $\frac{9}{330}$ tendremos

$$u = 0^m,73 \begin{cases} r = 0^m,0195 & \gg & r^2 = 0,00038025 \\ \pi = 3,1415 \\ \pi r^2 = 0,0011945554 \\ \pi r^2 u = Q = 0^m3,000872 \end{cases}$$

gasto por segundo, y en las doce horas del día

$$Q_1 = 38^m3 \quad [4]$$

El gasto durante las doce horas restantes, por las razones ya expuestas al aplicar la fórmula [A] de Darcy, se eleva á

$$Q' = 76^m3 \quad [5]$$

y el total

$$Q_1 + Q' = 114^m3 \quad [6]$$

Si queremos ahora tener en cuenta los coeficientes, ó lo que es igual, calculando la fórmula [B]

$$h = \left(\tau_1 + 1 + \tau \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2 g}$$

empezaremos por despejar en la misma el valor de v , que toma la forma

$$v = \sqrt{\frac{2 g h}{1,505 + \tau \frac{l}{d}}} \begin{cases} g = 9,81 \\ h = 9 \\ \tau = 0,025 & \gg & \tau_1 = 0,505 \\ l = 330 & y & d = 0^m,039 \end{cases}$$

$$v = 0^m,89 \quad y \quad \pi \frac{d^2}{4} v = Q = 0^m3,001063$$

y en las doce horas del día

$$Q_1 = 44^{\text{m}^3},965 \quad [7]$$

por las razones ya expuestas $Q' = 89^{\text{m}^3},93$ en las doce horas restantes [8] y

$$Q_1 + Q' = 134^{\text{m}^3},895 \quad [9]$$

gasto total en las veinticuatro horas.

Antes de pasar á ocuparnos de otras fórmulas, tratemos de sacar utilidad de la anterior [B] (que en nuestro caso es la que da más aproximación, la que tiene forma más general y la que merece, por lo tanto, más crédito), para resolver alguna duda pertinente al caso concreto que nos ocupa y para hallar el valor de la pérdida de carga.

De la simple observación de la fórmula

$$h = \left(\tau_1 + 1 + \tau \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g},$$

cuyos términos ya conocemos, se desprende que la pérdida total de carga debida á las resistencias en la conducción es

$$[D] \quad h_1 = \tau \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

y en este caso

$$h_1 = 8^{\text{m}},51 \quad (\text{L. A. BARRÉ, pág. 314.})$$

Otra duda se presentó en nuestro caso particular y es si en caso de alguna junta ó empalme mal hecho habria escapes de agua potable, ó por el contrario, se mezclarían las aguas del mar, puesto que ha de ir sumergida toda la tubería, observación que, aunque parezca sin importancia, es lo cierto que se me ha hecho y he tenido que resolver.

Claro está que dado el caso de no poderse construir bien la tubería, basta observar la fórmula que da la presión del agua sobre las paredes de los tubos. Si dicha presión P es positiva, es claro que en casos de pequeña rotura ú orificio habrá escapes de agua potable. Si P es negativa, la cuestión es más grave, pues entonces inutiliza la conducción si el ligero desperfecto se origina en varios puntos.

La presión en un punto cualquiera de la conducción es

$$P = h - \frac{v^2}{2g} \quad [E]$$

Si $h > \frac{v^2}{2g}$ P positivo, habría escapes.

Si $h < \frac{v^2}{2g}$ P negativo, habría entrada de agua del mar y si la conducción estuviese al aire libre, entrada de aire.

Tomando para origen de la conducción, no el principio de la misma sino el que está (en nuestro caso) 13 metros más alto, contados sobre la vertical de dicho punto, observemos que en la fórmula

$$[E] \quad P = h - \frac{v^2}{2g}$$

h significa ó representa la diferencia de nivel entre el punto cuya presión se mide y el origen de la conducción antes expresado.

Imaginemos una línea recta entre dicho origen y el extremo libre de la conducción, y el plano del cual es dicha recta línea de máxima pendiente.

Fácilmente se demuestra que todos los puntos intermedios de la conducción que estén por debajo del citado plano, tendrán una presión P positiva. Los que estén en el expresado plano $P = 0$ ó bien $h = \frac{v^2}{2g}$, y finalmente, sólo los puntos intermedios de la conducción más altos ó por encima del susodicho plano, tendrán una presión interior P negativa por ser entonces $h < \frac{v^2}{2g}$, que es lo que se verifica en algunas ventiladoras que utilizan la caída del agua.

Claro está que el último supuesto no tiene aplicación á nuestro caso, en que toda la conducción está, no sólo por debajo del plano inclinado de que hemos hablado, sino también del horizontal que determina la superficie del mar en aquella pequeña extensión.

Esto no obstante, haremos observar que las conclusiones anteriores, completamente ciertas en el caso corriente de conducciones, sufren aquí alteración al tener en cuenta la presión exterior del agua del mar, cuya densidad es algo mayor que la correspondiente á la potable. Los puntos (sección) de la conducción en que ésta se sumerge en el mar, y los correspondientes á la sección de salida, teniendo el mismo nivel, y por tanto la misma diferencia con respecto al origen, tienen la presión P

igual y necesariamente positiva. Ese valor de P sería igual para todos los puntos de la conducción sumergida, si el agua del mar tuviese la densidad media de la potable. Estando perfectamente determinado el perfil de la figura 2, es fácil tener presente dicha presión y medirla, lo que no hacemos por no incurrir más en digresiones.

En una conducción corriente pueden existir los puntos del último supuesto, pero deben evitarse en lo posible. Si las inflexiones de la tubería son muy pronunciadas, puede entorpecer y aun impedir la corriente de agua el aire acumulado en las partes altas, si no se sitúan ventosas ó se toman otras precauciones, que siempre hacen más cara y difícil la instalación. (DEBAUVE, págs. 54 y 55.)

Tablas de Darcy.

También podíamos haber hallado el gasto por medio de las tablas 1.^a y 3.^a de DARCY (págs. 262 y 269 del DEBAUVE).

La tabla 1.^a nos da para una altura de caída $\frac{9}{330}$, ó más propiamente, carga por metro lineal, $\frac{9}{330} = 0,02727$, una velocidad muy próxima á $u = 0^m,767$ por exceso, y $u' = 0^m,626$ por defecto.

La tabla 3.^a no tiene los datos para el tubo de $0^m,039$ de diámetro, pero sí para el de $0^m,04$.

Tomamos éste con 1 milímetro de error por exceso, que trataré de compensar, tomando el término anterior para gasto y para velocidad media aritmética de las obtenidas $u = 0^m,696$.

A esta velocidad corresponde en la tabla 3.^a un gasto por segundo comprendido entre. $\left. \begin{array}{l} Q' = 0^m3,000864 \\ Q' = 0^m3,000916 \end{array} \right\}$
 cuya media aritmética es $Q = 0^m3,00089$.

En doce horas. $Q_1 = 38^m3,81$ [10]
 durante el día.

En las doce horas restantes $Q' = 77^m3,62$ [11]

y

$Q_1 + Q' = 116^m3,43$ [12]

gasto total en las veinticuatro horas, que sólo difiere del obtenido aplicando las fórmulas [C] en $2^{\text{m}^3},43$ durante las veinticuatro horas; error pequeño si se tiene en cuenta que hay otro más grande é inevitable en la gran variación que experimenta el valor de h durante el día.

DEBAUVE, pág. 17.

$$[F] \quad r^3 = \frac{l}{h} \cdot b_1 \frac{Q^2}{\pi^2} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{r}{2g b_1 l} \right)$$

en la cual

$$r = 0^{\text{m}},0195 \quad \gg \quad r^3 = 0,000.000\ 00281905 \quad \gg \quad l = 330^{\text{m}},00 \quad \gg \quad h = 9 \text{ metros.}$$

$$b_1 = 0,00083 \quad \gg \quad (\text{tabla 2.}^{\text{a}}, \text{pág. 266}) \quad \gg \quad \pi^2 = 9,869 \quad \gg \quad 2g = 19,62.$$

Substituyendo dichos valores, tendremos

$$Q^2 = \frac{0,000.000\ 0303}{0,03367906} = 0,000.000\ 899 \quad \gg \quad Q = 0^{\text{m}^3},000\ 948$$

gasto por segundo.

$$\text{En las doce horas del día. } Q_1 = 41^{\text{m}^3} \quad [13]$$

$$\text{Durante las restantes. } Q' = 82^{\text{m}^3} \quad [14]$$

y por último, el gasto total durante el día

$$Q_1 + Q' = 123^{\text{m}^3} \quad [15]$$

La fórmula anterior da, como se vé, un resultado poco diferente del [3], obtenido por la fórmula [A] de Darcy, lo cual se explica por la preferencia que Debauve da á éste y por emplear ambos casi los mismos coeficientes.

Otras fórmulas.

Con las fórmulas ya expuestas, que son las más usadas en la práctica, creemos suficientemente tratado este asunto y basta observar los resultados obtenidos para formarse idea de la aproximación de las mismas. Lo más prudente será tomar, en todos casos, el resultado medio, y aun así, se debe tener la seguridad de obtener en la práctica un gasto algo mayor que el obtenido por el cálculo, pues dichas fórmulas tienen, muy sabiamente, coeficientes un poco forzados, en previsión de pequeños errores y la disminución de gasto, que bien pronto ha de experimentar-

se. En algunas fórmulas se tiene en cuenta el grado de concentración y pureza de las aguas y hasta la temperatura media, lo cual me parece alambicar demasiado en un asunto que todavía no ha salido del terreno experimental.

Esto no obstante, y para concluir, citaremos algunas otras fórmulas, pertinentes á esta clase de conducciones, y el uso que de aquellas se hace, según autores respetables.

PRONY.

$$[G] \quad \frac{1}{4} d \cdot j = a u + b u^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} d, \text{ diámetro en metros.} \\ j = \frac{h}{l} \text{ ó carga por metro corriente.} \\ a = 0,00001733 \quad \gg \quad b = 0,00034825. \end{array} \right.$$

Se aplica generalmente á conducciones de pequeño diámetro, con las cuales hizo dicho autor sus ensayos.

Los coeficientes a y b son constantes para todos los casos y esto no puede ser verdad.

Es una ecuación de segundo grado con respecto á u y esta fórmula binomia se presta menos para las transformaciones del cálculo que la monomia, aunque ésto no constituya un inconveniente sério.

EYTELWEIN.

[H]. La misma fórmula anterior, modificando el valor de los coeficientes, que los supone $\left\{ \begin{array}{l} a = 0,0000222 \\ b = 0,00028 \end{array} \right.$

Tiene, pues, los propios inconvenientes.

MR. BARRÉ DE SAINT-VENANT.

$$[I] \quad \frac{1}{4} d j = \alpha u^6 \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,000295 \\ \beta = \frac{12}{7} \end{array} \right. \quad (\text{DEBAUVE, págs. 7 y 8.})$$

También son constantes los coeficientes α y β y se ha servido para establecerla de las experiencias de Prony.

Estamos, pues, en lo mismo.

DUPUIT.

Llamando j á la carga por metro corriente $= \frac{h}{l}$, y h la carga total

$$[J] \quad h = \left(\frac{Q}{20}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d}\right)^5 \cdot l.$$

Aunque ha obtenido algún éxito y construido tablas que dan los valores de $\left(\frac{Q}{20}\right)^2$ y $\left(\frac{1}{d}\right)^5$, tiene también el inconveniente de ser constantes los coeficientes. (DEBAUVE, pág. 9.)

ZEUNER.

Emplea la fórmula que también hemos usado para calcular el gasto.

$$[B] \quad h = \left(\tau_1 + 1 + \tau \frac{l}{d}\right) \frac{v^2}{2g}$$

cuyo único coeficiente variable τ , calcula estableciendo la fórmula

$$[K] \quad \tau = x + \frac{6}{\sqrt{v}} = 0,014312 + \frac{0,010327}{\sqrt{v}}$$

es, pues, muy racional, pues dicho coeficiente depende de la velocidad, y al introducir luego su valor en la [B], la resistencia total, debida al rozamiento del líquido contra las paredes del tubo, se hace depender de la longitud del diámetro y de la velocidad.

Según la fórmula [K]

Para $v =$	0 ^m ,25	0 ^m ,50	1 ^m ,00	2 ^m	5 ^m
$\tau =$	0,035	0,02892	0,02464	0,02161	0,01893

L. A. BARRÉ (pág. 314.)

G. COLOMBO (págs. 128 y 129.)

(Traducción de D. Antonio Alvarez y Redondo.)

$$[L] \quad Y = 2b \frac{L}{D} v^2 = 6L \frac{Q^2}{D^5} \quad \gg \quad Q = \sqrt{\frac{Y D^5}{6L}} \quad \gg \quad D = \sqrt[5]{\frac{6 \cdot L Q^2}{Y}}$$

al cual hay que aumentar la pérdida de carga debida á la velocidad, que es $= \frac{v^2}{2g}$.

En dichas fórmulas, Y representa en metros de agua la carga per-

dida en rozamientos en un conducto de diámetro D y longitud L ; Q , el gasto por segundo; v , la velocidad.

$$b = 0,000507 + \frac{0,00001294}{D} \quad » \quad \ell = 0,00164 + \frac{0,0000419}{D}.$$

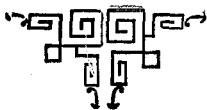
Los coeficientes b y ℓ varían también según el material de la tubería, la claridad del agua, grados hidrotimétricos, etc., etc. (Véase la traducción antes citada, páginas 129 y 130, así como la utilísima tabla XXVII de la página 133.)

FLAMANT.—(COLOMBO, página 130.)

Los ingleses y norteamericanos usan fórmulas raras del tipo siguiente:

$$[M] \quad Y = \gamma \frac{V^{7/4}}{D^{3/4}} \quad » \quad \gamma = 0,00074.$$

Dando, pues, por terminado este quinto problema de los en que se dividió al principio esta Memoria, pasemos á ocuparnos del modo de construir la tubería y la mejor organización de ésta y del trabajo, pues el calcular el radio, dado el gasto, fácilmente se desprende de todas las fórmulas citadas.



SIXTA PARTE.

Flexibilidad.

Veamos ahora si el tubo de 0^m,039 de diámetro tendrá flexibilidad bastante para adaptarse al fondo de la bahía.

Siguiendo el procedimiento experimental, empalmé varios trozos de tubo en el muelle de Santa Catalina, hoy abandonado, sirviéndome de dicho lugar para trazar sobre el terreno, y á mitad de escala, la curva del fondo, y efectivamente el tubo sufrió sin romperse por las juntas una deformación seis veces mayor, cuyo coeficiente de seguridad lo tomé como mínimo, en atención á los muchos esfuerzos de todo género que había de sufrir el tubo en su transporte y colocación.

Dichos tubos para experiencias me los facilitó gratuitamente el contratista, que á más de ser español, era el primer interesado en que la solución fuera aceptable.

Hice también experiencias con tubos de mayor diámetro y podía haber aplicado el de 1 y $\frac{3}{4}$ de pulgada (inglesa); pero la rigidez aumenta muy rápidamente y sobre todo la tubería de 1 y $\frac{1}{2}$ pulgadas era la única de procedencia inglesa que había en la plaza, distinguiéndose de los americanos, que son los del resto: primero, en la bondad del material; segundo, en las roscas, que son más fuertes; tercero, los nudos (tuercas) son también de más espesor y tienen roscada toda su parte interior, á diferencia de las anteriores, que tienen sólo dos ó tres pasos, no permitiendo, como las inglesas, que los tubos queden al tope.

Por las circunstancias dichas, elegí, pues, para tubo conductor de agua, el de 1 y $\frac{1}{2}$ pulgadas inglesas de diámetro interior y que según el cálculo es suficiente.

REFUERZOS.—Las experiencias anteriores no eran completas, pues al obligar á la tubería á que se adaptara á la plantilla, se hizo de un modo progresivo, que no era comparable con los esfuerzos de todo género á

que había de estar expuesta al llevar á cabo la difícil operación de su transporte y colocación definitiva.

Indudablemente los puntos débiles de la tubería eran los nudos, hembras ó tuercas de unión de los distintos trozos, teniendo en cuenta que estos tubos son los que se emplean para la conducción del gas del alumbrado y no están contruídos para el objeto á que los destinábamos.

Además, por mucho esmero que se tuviera al darle la capa protectora, necesariamente había de rozarse, al transportarlo, en alguno de sus puntos, quedando el hierro al descubierto y no tardaría en oxidarse.

Finalmente, por numerosos que fueran los sondajes, pudiera suceder que en algún punto se apoyase la tubería en la roca, ó bien que al sumergirse llegara al fondo antes por los extremos y se quedara colgada ó expuesta á la corriente por el centro, ó que el ancla de cualquier barco lo enganchara y nos destruyera la tubería.

Hubimos de buscar, pues, los medios de reforzar estas juntas y de proteger el tubo contra todos los agentes exteriores.

JUNTAS.—La primera idea que se ocurre para reforzar éstas es substituir las por otras de mayor longitud y roscar más la extremidad de los tubos, á fin de que resulte un empotramiento mayor y resista mejor la flexión del tubo, que se traduce en un esfuerzo de palanca que ensancha el diámetro de las hembras ó las hace saltar por falta de espesor. Dicho esfuerzo es tanto mayor cuanto más cortos son los nudos y, por lo tanto, interesa que al unir unos con otros se haga en tierra firme, para que trabajen cuando estén totalmente empotrados.

Dichos nudos ó hembras especiales habría necesidad de encargarlas al extranjero ó á la Península, y el tiempo mínimo de un mes que tardarían en llegar, nos obligó á desechar esta solución, pues la primera condición de esta obra había de ser la rapidez.

Además, dichas hembras no resuelven la segunda parte del problema, que es la protección del tubo.

HAZ DE TUBOS.—La segunda idea que se me ocurrió para proteger el tubo y reforzar las juntas, fué la de envolverlos con una serie de varillas de hierro, formando un haz, y sujetos al tubo por medio de abrazaderas.

Este procedimiento tiene varios inconvenientes: primero, el exce-

sivo coste y peso; segundo, la unión de las varillas, teniendo que hacer multitud de empalmes á medida que se iba construyendo la cañería; tercero, el aumento de diámetro del conjunto, que se hace mucho más rígido; y cuarto, que teniendo que unir dichas varillas por medio de abrazaderas ú otro procedimiento, no hay medio de evitar que se rompan, pues no resisten al esfuerzo de resbalamiento de las varillas superiores que trabajan por compresión y las inferiores por extensión cuando el tubo se flexa.

TUBOS.—Era preciso obviar los cuatro inconvenientes consignados anteriormente.

El primero, ó sea el del peso y coste, se modificaría notablemente empleando en vez de varillas tubos de muy pequeño diámetro.

El segundo, del empalme ó unión de las varillas, estaría totalmente resuelto con el empleo de dichos tubos de pequeño diámetro, pues estos tubos tienen sus nudos de unión correspondientes.

El tercero subsistiría con los tubos lo mismo que con las varillas, pero al solucionar el cuarto dimos también solución al tercero inconscientemente.

Cuarto, ciertamente que si adosáramos los tubos pequeños alrededor del grande, formando un haz, no habría modo de unión de dichos tubos entre sí, y fácil sería calcular el resbalamiento total, teniendo como datos la forma de la curva ó perfil del fondo y el diámetro del haz. Pero como íbamos á tratar de evitarlo no había necesidad de calcularle.

Efectivamente, si en vez de estar los tubos colocados paralelamente al principal, hiciéramos que dichos tubos pequeños se arrollaran en espiral alrededor del mismo, formando un cable, tendríamos resuelto el problema, pues dentro de ciertos límites habría compensación en el resbalamiento de los tubos pequeños, cuando éste fuera debido á la extensión, si estaba en la parte inferior del cable, y á la compresión si en la superior del mismo; supuesto que tratábamos de hacerle tomar curvas cuyo radio en cualquier punto fuera, por lo menos, $\frac{1}{6}$ del de la sección del terreno en el perfil de la figura 2, pues ya en el lugar correspondiente, al tratar de las experiencias hechas con el tubo principal, digimos que se podía contar, sin temor, con dicho coeficiente de resistencia $\frac{1}{6}$.

Ahora bien, los tubos envolventes ó madriñas, á más de proteger el

todo contra los agentes exteriores, tenían por objeto principal reforzar los puntos débiles ó uniones del tubo central, y esto no lo conseguiríamos á satisfacción si el resbalamiento fuera libre también en dichos puntos, antes al contrario, aumentando desmedidamente el peso, aumentarían también las causas de rotura. Era, pues, preciso que en una extensión de 0^m,60 á 0^m,80 á un lado y otro de las uniones principales, estuvieran los tubitos exteriores completamente adheridos al central, oponiéndonos al resbalamiento con fuertes y múltiples abrazaderas; y descontando, de la distancia entre dos uniones principales, 0^m,80 á cada lado, para lo que podríamos llamar empotramiento ó refuerzo de las juntas, era preciso que nos quedara longitud bastante para que los envolventes dieran una vuelta completa, ó paso de espira, y tuviera lugar la compensación de que hablamos en el párrafo anterior dentro de cada tramo parcial y el conjunto resultara con la misma flexibilidad que la del tubo principal sin los envolventes. De no ser así de nada hubieran servido las experiencias preliminares.

Ahora bien, si lográramos construir este tubo-cable, de manera que el paso de la espiral en las madrinas ó tubos pequeños fuera igual ó un poco inferior á la distancia entre dos nudos principales, disminuída en 1^m,60, habríamos resuelto esta parte del problema.



SÉPTIMA PARTE.

Descripción y construcción del tubo-cable.

(FIGURAS 10, 11, 12, 13, 14 Y 15.)

El cable se componía de un tubo central, con nudos para la unión, de rosca entera, ambos de hierro dulce. El diámetro interior del tubo era de 39 milímetros y el exterior de 49 milímetros, siendo, pues, de 5 milímetros el espesor de metales. El diámetro exterior de los nudos de unión era de 54 milímetros.

ALMA.—Dicho tubo, que era el de conducción propiamente dicho, recibió varias manos de pintura, cuya base era el minio, y otras dos de brea.

MADRINAS.—Alrededor del tubo anterior se arrollaron en espiral, formando las madrinan de un cable, 11 tubitos de hierro dulce de 1 centímetro de diámetro interior y 16 milímetros exterior.

El paso de las espirales era precisamente de 3 metros y la longitud ó

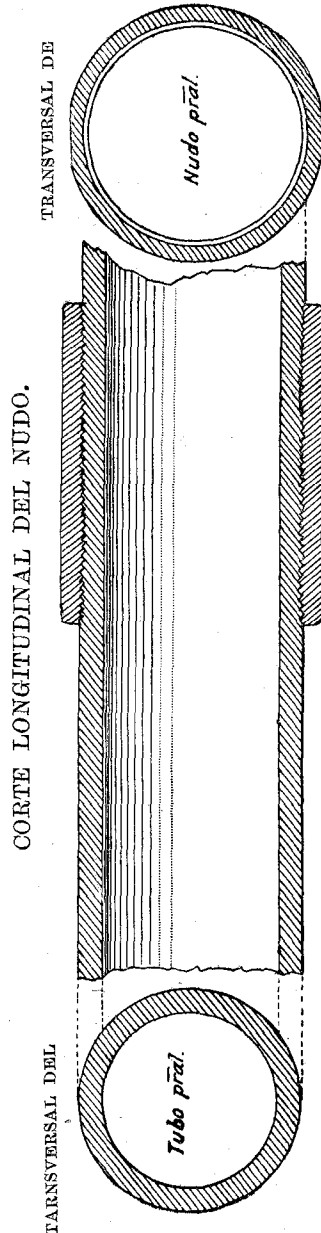


Fig. 10.

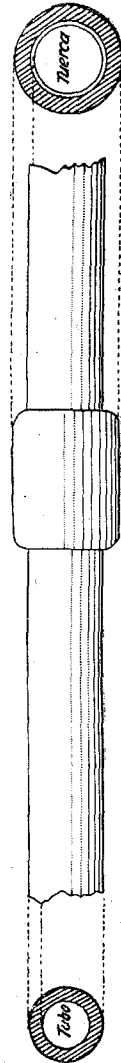


Fig. 11.

- C* Tubo principal.
c Id. pequeños ó madrinás.
F Fleje de hierro.
A Abrazadera.
O Orejetas de id.
T Tornillos.
t Tuercas.

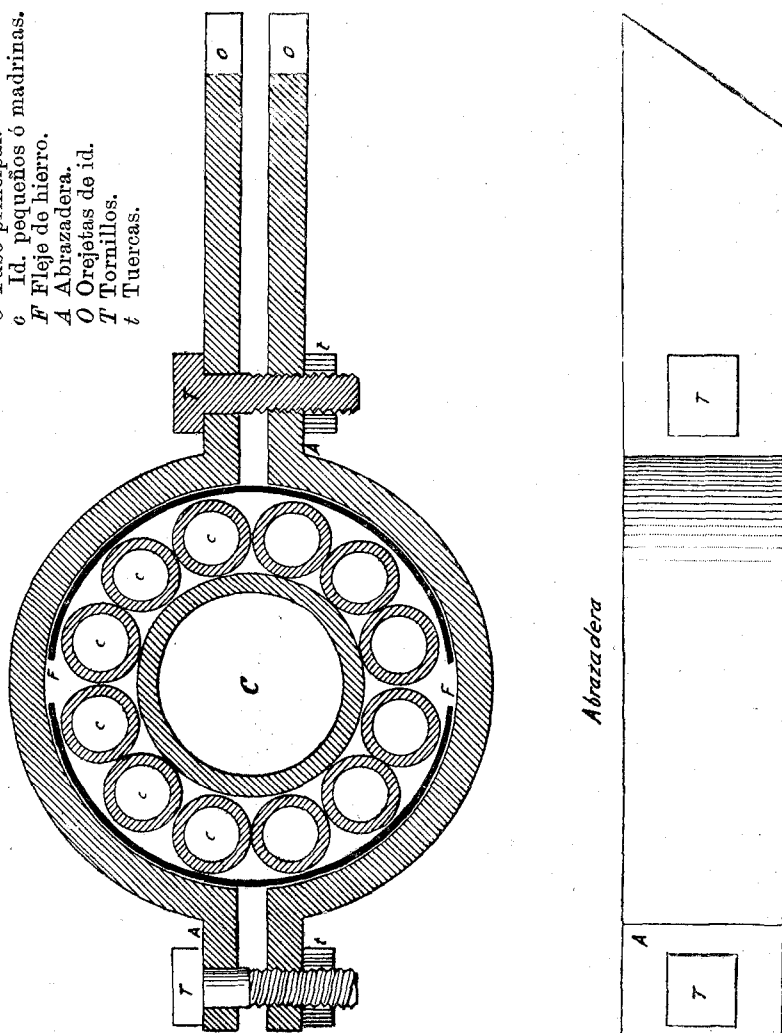


Fig. 12.—SECCIÓN RECTA DEL HAZ DE DOCE TUBOS.

La figura 12 representa la sección de los doce tubos pequeños y la del grande, cuando forman un haz de tubos paralelos. No existiendo hueco entre los pequeños, no es posible arrollarlos envolviendo al principal. Dichas secciones son todas circulares.

Suprimiendo un tubo pequeño se pueden arrollar los once restantes, en espiral, de 3 metros de paso, y obtendremos el tubo-cable, cuyo corte recto será la misma figura 12, con la sola variación de haber once tubitos en vez de doce, y que las secciones de éstos en vez de circulares serán elípticas. Los demás elementos de la figura 12, son los mismos en forma y dimensiones que los de la sección recta del tubo-cable.

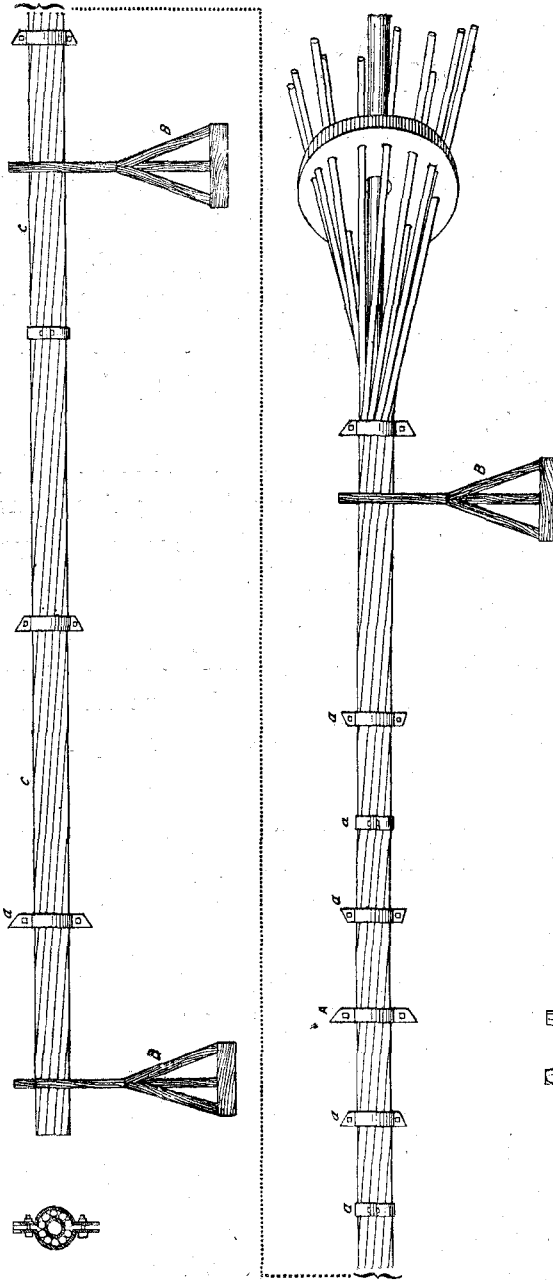


Fig. 13.—CONSTRUCCIÓN DEL CABLE.

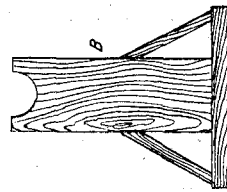


Fig. 14.—DETALLE.

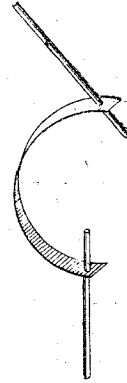


Fig. 15.—DETALLE.

desarrollo de la misma $3 + \frac{3}{12}$, y llamando L á la longitud total del cable, el número de metros de tubería pequeña nos lo dió la fórmula

$$\left(L + \frac{L}{12} \right) \times 11.$$

No se tomó un paso de espira menor, por no hacer demasiado flexible el cable y poco sólidos los refuerzos en las uniones de la cañería principal. Tampoco se tomó el paso mayor, por temor de que resultara el todo muy rígido y sobre todo porque dicho paso tenía que ser inferior á la longitud de un tramo de tubo principal —1^m,60, á fin de que en dicha longitud tuviera lugar la compensación de los resbalamientos que se originarían entre el tubo grande, los pequeños y éstos entre sí, cuando se flexara la tubería.

Si se quisiera menor paso de espira, conservando el mismo diámetro las madrinan, se tomarían diez de éstas en vez de once; si aún menor, nueve, y así sucesivamente, hasta llegar á un número y paso tan pequeños, que la deformación no la soportarían los tubos y entonces se deben tomar para madrinan otros de menor diámetro.

Si por el contrario, se desea que el todo sea más rígido, lo cual es ventajoso siempre que lo permita la curva definitiva que ha de tomar, bien en su carga y transporte, bien en su colocación, se emplearán para madrinan tubitos de mayor diámetro y el mayor número posible hasta el máximo, que es cuando todos ellos son paralelos, y la sección recta del conjunto será un anillo ó corona, la del tubo principal, y tangentes á ésta y entre sí, todas las de las madrinan, que en el caso corriente son elípticas (fig. 12).

En dicho último supuesto, en vez de cable se obtiene un haz.

Las susodichas madrinan del cable iban todas á juntas encontradas, á fin de que el cable resultara más resistente y uniforme.

Estaban también protegidas con dos capas de minio y con otras dos de brea, y arena fina el cable total.

ABRAZADERAS. (*Figs. 12 y 13*).—Eran éstas de dos clases, grandes y pequeñas. Las primeras son las correspondientes á los puntos de unión del tubo principal, y las segundas, son las intermedias. Unas y otras se terminaban con un corte en bisel, formando unas orejetas que facilitarían su colocación y erizarían el cable de una serie de puntas en todos sentidos, al objeto de que agraparan en el terreno y aumentarán la estabilidad de

la tubería, oponiéndose á todo movimiento que se tradujera en grandes tirones sobre los amarres.

Las abrazaderas principales se colocaron, como ya se ha dicho, en los puntos de unión del tubo central, procurando apretar los tornillos todo lo posible. Las tres inmediatas á uno y otro lado de la anterior, se colocaron á 0^m,25 una de otra y también se las apretó al máximo.

Las restantes abrazaderas se colocaron de 80 en 80 centímetros, sin apretarlas tanto como las anteriores, y á fin de que permitieran, sin romperse, ligerísimo resbalamiento entre los distintos tubos cuando trabajara el tubo-cable.

De la anterior disposición, resultaba que de los 5 metros de longitud que tenían los tramos del tubo grande, 0^m,75 estaban en cada extremo semiempotrados por la gran presión de las abrazaderas y la proximidad de éstas entre sí, impidiendo toda flexión exagerada ó movimiento en las juntas, y 3^m,50 restantes en que se verificaba la flexión parcial en cada tramo.

La imperfecta construcción por malos herreros de las abrazaderas, hizo que dejaran éstas entre sus dos mitades pequeños espacios *a a* (figura 12), en los cuales se alojaban los tubos pequeños, oponiéndose al buen ajuste de las abrazaderas.

Para obviar este inconveniente, cada abrazadera fué provista interiormente de dos flejes de hierro *b b*, á junta encontrada con las abrazaderas, los cuales se engrasaron en el momento de colocarlos para que resbalaran entre sí con la abrazadera y con los tubos, comprimiendo á éstos por igual.

Finalmente, los extremos de las orejetas de las abrazaderas se colocaron sobre una línea helizoidal, al objeto de que estuviera erizado de puntos todo alrededor.

UNA PRECAUCIÓN INDISPENSABLE.—Al arrollar los tubos han de ir éstos de derecha á izquierda si las roscas de unión del tubo principal son de izquierda á derecha, pues de otro modo, al tratar de recuperar su posición primitiva, las madrinas del cable, mediante su esfuerzo, desenroscarían los tubos entre sí.

ARGOLLONES DE AMARRE.—En previsión de que el fango del fondo de

la bahía se desplazara en los grandes temporales, arrastrando tras sí al cable, lo cual originaría la destrucción en los amarres ó puntos de unión con la cañería de tierra, se dotó al cable en cada extremo de dos grandes argollones, situados según indica la figura 12, para darles mayor resistencia y para que la tracción se verificara en el sentido del eje.

Dichos argollones estaban en grandes abrazaderas, fuertemente sujetas por tornillos. Como en caso de una fuerte tracción resbalarían éstas, ó bien las madrinas del cable tratarían de destorcerse, alargándose con respecto al núcleo ó alma del cable, éste y aquéllas se terminaron con un nudo en ángulo recto, que aumentando bruscamente el diámetro sirviera de tope á aquéllas.

Aplicaciones.

El tubo conductor del agua es el central ó el de mayor diámetro. Su gasto ya lo hemos calculado en otra parte; la presión del agua en el punto de toma, 13 metros; la diferencia de niveles, 9, que es la carga total disponible. La pérdida de carga (cuando se establece el régimen permanente) es de 8,50 metros y la debida á las resistencias 0^m,50.

Ahora bien, con la altura disponible no teníamos bastante para llegar con el agua á la Cabaña, cuya cota es de 43 metros, casi al mismo nivel que el depósito principal de la población, situado en Palatino.

Era, pues, necesario instalar máquinas elevadoras, si se había de llevar el agua al aljibe de la Cabaña, y en este concepto, como en las máquinas impelentes depende su potencia del motor, convenía instalarlas todo lo más bajas posible, para que nos diera más gasto el tubo-cable.

Además habíamos tomado en éste casi el diámetro mínimo para el mejor éxito de la obra y por consiguiente convenía aprovechar de éste la mayor presión, ó sea tomarla en el punto más bajo.

En otro lugar más adelante trataremos de las disposiciones de detalle para dichas instalaciones y los medios de aumentar el gasto.

Las madrinas del cable, cuyo objeto principal está ya indicado, pueden también utilizarse para conducir agua, aunque experimentarán una pérdida de carga, por efecto de las resistencias, algo mayor que la del

tubo central, por el doble concepto de su mayor longitud y menor diámetro.

Pueden también emplearse en la conducción del gas del alumbrado, utilizando una parte de éste para un motor de gas que mueva las bombas y el resto en el alumbrado de las fortalezas. En este caso, á fin de aprovechar el gasto total de gas durante las veinticuatro horas, así como de agua del tubo central durante el mismo tiempo, deben instalarse gasógenos y depósitos correspondientes.

Obreros y herramientas.

Tratándose de una obra completamente nueva no era fácil hallar obreros prácticos en la localidad. Además, la precipitación con que había de hacerse este trabajo, el desconocimiento de los obreros de la Comandancia, pues nunca presté servicio en ésta, y otras muchas razones, me obligaron á ápelar al fontanero del Ayuntamiento para que instalase la cañería en tierra, aportando aparatos tan indispensables como el manómetro y otros de que yo carecía.

Para la construcción del tubo empleé los dos primeros instaladores de tubería para el gas que se me prestaron y doce soldados de ingenieros, entre carpinteros, herreros y hojalateros.

Respecto á herramientas, las más indispensables de carpintería; y para el tubo, propiamente dicho, seis tenazas de instalador, seis llaves inglesas, una terraja, un puntero y una cuchilla para tubos.

Ejecución del tubo.

Entre los distintos procedimientos que, según vimos en otra parte, se pueden emplear para la construcción y transporte del tubo-cable, dimos la preferencia al siguiente:

CONSTRUCCIÓN EN TIERRA FIRME.—Desde luego se comprende que el lugar elegido para taller había de tener, como primera condición, longitud suficiente (330 metros), y estar, á ser posible, inmediato á la bahía para facilitar la operación de colocarlo en los flotantes para el transporte, dado el enorme peso del cable y el cuidado exquisito con que ha-

bía que tratarle en todas las operaciones, para que solo trabajaran las juntas, abrazaderas y demás partes débiles, en el momento preciso.

Con dicho fin alquilé un bote y después de varias excursiones por la bahía y en presencia del plano de la Habana, me decidí por el muelle de los almacenes de Santa Catalina, junto á Regla.

Otros, como el muelle de Caballería y el de San José, reúnen mejores condiciones, por su extensión, estado de conservación y proximidad al punto donde iba á tenderse el cable y mar expedita hasta el mismo; pero el mucho tráfico en dichos puntos me impidió utilizar tales muelles.

Las playas de Luyanó, Regla y Casablanca, más que playas, son costas bajas, de rocas madreporicas, que harían muy difícil la construcción del tubo y casi imposible su colocación en los flotantes.

No nos quedaba, pues, para taller, más que los muelles de Santa Catalina, en estado ruinoso de mucho cuidado, pues sobre una mala construcción y ligera de madera existían gruesos y elevados muros y pesadísimas columnas de fundición. Fué construído por los americanos.

Cito este hecho, que al parecer huelga, porque dicha circunstancia me impidió dar golpes en la construcción del tubo y establecer inmediata la herrería. Y efectivamente, no obstante todas estas precauciones, el día 14 por la noche, estando en plena construcción la obra, se derrumbaron dos tramos del muelle y cobertizo, que de haber ocurrido durante el día, hubieran aplastado algun obrero (fig. 23).

TUBO PRINCIPAL.—Como ya se ha dicho, se componía de una série de tubos de 5^m,00 á 5^m,60 de longitud, unidos por nudos ó tuercas de rosca entera.

Dichos trozos de tubo se presentaban perfectamente en prolongación uno de otro, sobre dos caballetes, en la forma que indican las figuras 13, 14 y 15.

Para su unión se empleaban las tenazas grandes, midiendo con exactitud la parte roscada de las extremidades para tener la seguridad de que llegaban al tope, resultando esta junta en el medio de la tuerca.

Para facilitar la operación se untaban las juntas con agua y aceite, y este engrase origina bien pronto una oxidación que obtura debidamente dichas juntas y evita los escapes.

Construído así el tubo y en toda su longitud al borde del muelle

para facilitar las operaciones ulteriores, se le dieron dos manos de pintura de base mínio (llamada por los marinos chapapote) y otra gruesa capa de brea, que al propio tiempo que preservara el tubo interior, sirviera de unión continua y almohadillado entre este tubo y las madrinas. De haber tenido tiempo le hubiese revestido, además, con una ó varias vueltas de lona en tiras, á dicho tubo principal, con objeto de darle más elasticidad, pues sabido es que cuando un cable trabaja (por extensión), las madrinas comprimen fuertemente al alma.

MADRINAS.—Así construído todo el tubo principal, se colocaron paralelamente á éste los trozos de tubos menores que habían de formar las madrinas del cable, los cuales, préviamente pintados se unieron al principal por medio de una ó varias abrazaderas, según indica la figura, y con una fuerte roldana de madera como guía y el auxilio de dos palancas, se iba haciendo la torsión del cable en sentido contrario á las roscas del tubo mayor.

Las primeras abrazaderas se colocaron con todas las orejetas en un plano, y cogidas éstas con un tornillo ó prensa ordinaria de herrero y el auxilio de contrapesos, con lo cual se fijó la extremidad del cable para poder efectuar la torsión de las madrinas.

A medida que se hacía esta torsión, se iban colocando abrazaderas de 0^m,80 en 0^m,80 y alternando la disposición de las orejetas, como hemos dicho en otro lugar.

En los tramos de 80 centímetros inmediatos á las juntas grandes, se colocaban otras dos abrazaderas fuertes, equidistantes entre sí 26 y $\frac{1}{2}$ centímetros, resultando de aquí el empotramiento que refuerza los puntos débiles de la tubería.

A medida que se iban necesitando se empalmaban nuevos trozos de tubos pequeños, procurando que no quedaran dos juntas en una misma sección recta del tubo, y cuando esto ocurría se cortaba uno de ellos, haciéndole nueva rosca con la terraja, al objeto de que las juntas fueran siempre encontradas para la mejor uniformidad del tubo y muy especialmente de las juntas principales.

Finalmente, una vez terminada la construcción, se le dió una fuerte capa de brea, tomando bien las juntas con arena fina.

PRECAUCIONES.—1.^a Cuantos tubos grandes ó pequeños y nudos se

empleen en la construcción, se les debe golpear en falso y con el martillo de acero para cerciorarse que son de hierro dulce, pues un trozo de tubo ó una tuerca que salte después de hecho el cable, y peor aun al colocarlo, nos inutiliza todo el trabajo.

Estas precauciones suben de punto en lo que respecta al tubo principal, pues una vez hecho el cable, la rotura de un nudo nos obligaría á deshacerlo todo.

2.^a Habiéndose roto durante la construcción varios nudos ó hembras de buen hierro dulce, demuestra esto lo mucho que trabajan, y, por lo tanto, una vez construído un tubo, deben evitarse los golpes al colocar las abrazaderas y adaptar los tubos de la envuelta.

Cuando á pesar de todas las precauciones salta algun nudo, se conoce por un ruido seco, característico, y hay que buscar el nudo roto para substituirlo.

3.^a Al arrollar los tubos de la envuelta, si no están perfectamente derechos, suelen no adaptarse bien, y el obrero trata de arreglarlos á golpes. Se evita por medio del aparato que indica la figura 15, compuesto de un fleje, cable ó cuerda y dos palancas.

4.^a Una vez hecho el cable, el tubo grande y los pequeños deben ensayarse por medio de una bomba, para cerciorarse de que no hay escapes, ni roturas.

Esto lo obtuve del Sr. Alcalde de Reglas, que puso á mi disposición la bomba de incendios de la localidad.



OCTAVA PARTE.

Colocación del tubo sobre los flotantes y transporte.— Meteorología.

Llegamos por fin á las operaciones de más riesgo y que requieren, por lo tanto, mayor atención.

BOTES PEQUEÑOS.—La primera idea que se me ocurrió para el transporte del tubo, fué la de emplear los botes pequeños, llamados allí guadaños, por el gran número de que podía disponer en la plaza.

El tubo (figs. 16 y 17), pretendía colocarlo suspendido de la extremidad del palo, por medio de un aparejo, colocando las embarcaciones de 10 en 10 metros, con lo cual cargaba en cada uno un peso de 222 kilogramos, y al objeto de evitar que zozobrase un bote por la disposición de la carga, sujetaba las cuerdas de suspensión al palo, por medio de una argolla.

Suspendido de este modo el cable, no estaría expuesto á choques ni á cambios de dirección bruscos.

Este procedimiento tenía las siguientes ventajas é inconvenientes.

Es la primera, que había en la localidad cuantos flotantes de estos se necesitaran; la segunda y más importante, es que siendo pequeños los botes y en gran número, se tenía mucho adelantado para que no se flexara el cable por cualquier torpeza cometida en la conducción, siendo lo más probable que al marchar el convoy hubiera detenciones bruscas en los botes, que de ser grandes, destruirían la tubería.

Asimismo, una vez atravesados en el canal, ofrecerían menos resistencia á la corriente y al viento.

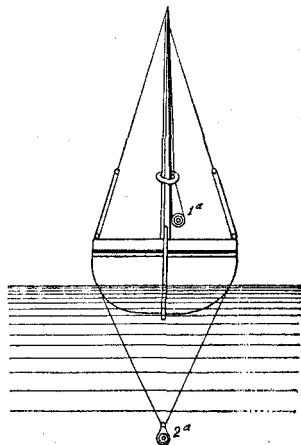


Fig. 16.

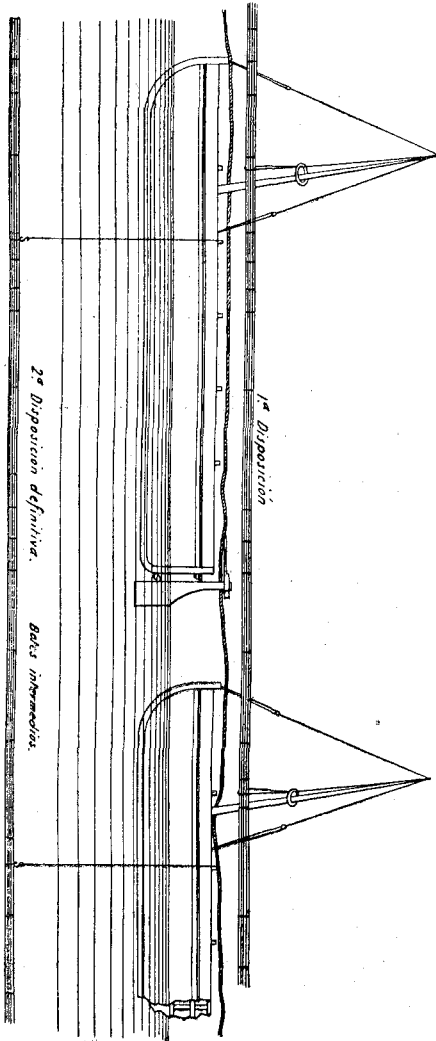
Tenía en cambio el grave inconveniente de hacer ó depender el éxito de 40 ó 50 boteros que, por lo regular, no son buena gente; el de la poca estabilidad de los botes, teniendo que cargar sobre una banda, al sumergir el cable, el peso de éste y el de dos hombres como mínimo, y

finalmente, el de que, si zozobrara un bote por cualquier causa, sería lo más probable que se fueran á pique todos, con sus 80 ó 100 tripulantes, en una bahía llena de tiburones.

Por dichas causas, traté de estudiar la conveniencia de aplicar embarcaciones mayores.

LANCHAS.—Una sucinta discusión de estas nos demostró, comparándolas con los botes pequeños, que las ventajas del empleo de los unos, eran los inconvenientes de las otras y recíprocamente. Además, tenían el inconveniente de que no siendo las bordas completamente rectas, resultaría el cable suspendido de muy pocos puntos, so pena de emplear casi el mismo número de lanchas que de botes.

Fig. 17.



Estando, pues, los puntos de suspensión más distantes y siendo las lanchas de muchísimo más peso, estaría el cable, por este doble concepto, más expuesto á ser destruído en el transporte.

A pesar de todos estos inconvenientes, tal vez me hubiera decidi-

do, si el contratista no me exigiera un precio exorbitante; pero esto sucedió en efecto.

BALSA.—No teniendo á mano otros elementos que los barriles de un almacén inmediato, estudié la construcción de una balsa ordinaria de barriles en la forma que indican las figuras 20, 21 y 22, formando así una gran viga colocada horizontalmente sobre barriles.

De este modo pasamos de una gran flexibilidad en el sistema á una gran rigidez. Si resistía la balsa, que lo

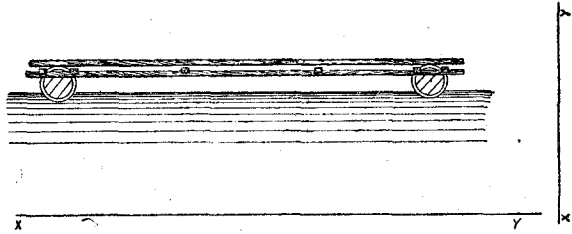


Fig. 20.—VISTAS DE LA BALSA.

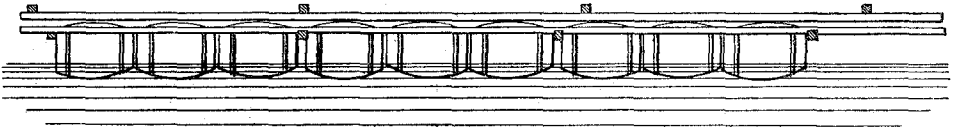


Fig. 21.—VISTAS DE LA BALSA.

veía difícil, el cable ganaría mucho; pero si se rompiera al ponerse transversalmente al canal y por efecto de la corriente, que sería lo más probable, también se destruiría la tubería.

Por dicha razón y por lo caro que esto resultaría, desistí de emplear dicha balsa.

Otra de las ideas que se me ocurrieron para el transporte del cable, fué la de suspenderle de una porción de boyas ó barriles y remolcarlo de este modo hasta el lugar definitivo.

El inconveniente más grave de este sistema es que son punto

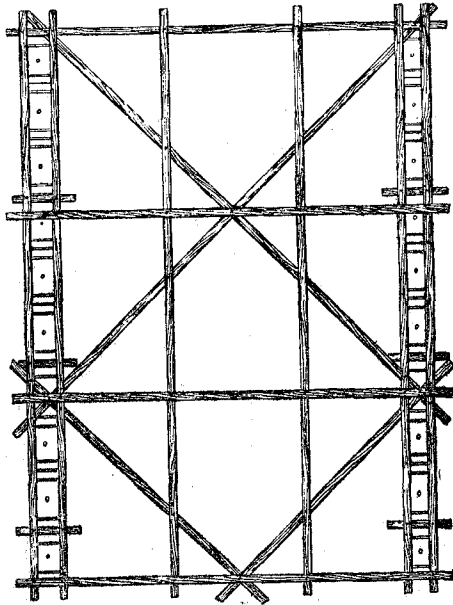


Fig. 22.—VISTA DE LA BALSA.

menos que ingobernables los barriles para la navegación, más las dificultades propias para trabajar sobre ellos al amarrar ó arriar el cable.

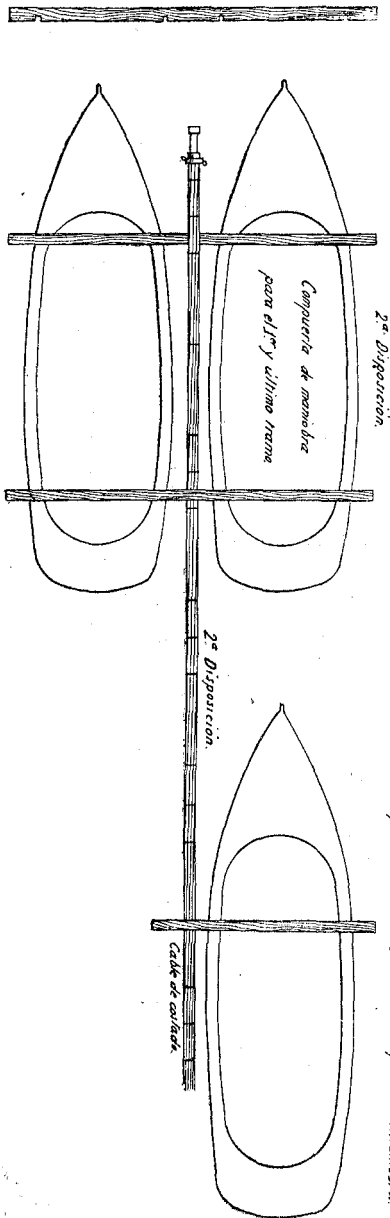
OTRA VEZ LOS BOTES PEQUEÑOS.—El estudio anterior respecto á las barricas, hizo que volviera otra vez sobre mi primera idea de emplear los botes pequeños.

Y, efectivamente, al discutir los inconvenientes de éstos, había visto que el principal era su poca estabilidad, teniendo que trabajar por lo menos dos hombres, con el peso del cable, cargando todo sobre una banda.

Pero nada impedía que colocáramos el cable suspendiéndolo en los botes debajo de la quilla $1\frac{1}{2}$ ó 2 metros, por medio de una cuerda que, pasando por debajo del cable ó por una polea fija al mismo, tuviera sus amarres cada uno á una banda (figs. 16 y 17).

A las ventajas que en otro lugar asignamos al empleo de botes pequeños había que agregar: primero, la mayor facilidad en las operaciones; segundo, que estando el cable debajo del agua disminuiría de su peso siete y medio kilogramos por metro longitudinal, es decir, más de dos toneladas en todo el tubo, y finalmente, que los cambios bruscos no le afectarían tanto por la doble cir-

Figs. 18 y 19.



cunstancia de ir suspendido y debajo del agua, ó lo que es lo mismo, en un medio más resistente.

Como se vé, constituía el todo una especie de embarcación muy larga, con articulaciones y de quilla también flexible.

El primero y último botes estaban apareados, formando una compuerta de maniobra y la suspensión en éstas podía variar, como veremos después (figs. 18 y 19).

Colocación en los botes.—(Fig. 23.)

De siete en siete metros se colocaron viguetas en número de 47, voladas 3 metros en la disposición que indica la figura y bien sujetas al entarimado del muelle.

Las cuerdas de suspensión se amarraron al extremo de las viguetas y colocado el cable sobre éstas se le hizo resbalar hasta el extremo. Con el auxilio de otra vigueta como palanca, provista de un tope en su extremo, se fué sucesivamente colocando de una en otra el cable debajo de las viguetas, dando á la cuerda una ó varias vueltas para facilitar la operación del descenso.

En los puntos de suspensión del cable, se colocaron bien amarrados, ganchos dobles con guarda-cabo, cuyo objeto era evitar que se rozara la cuerda y se rompiera, ó bien el cable quedara al descubierto. Se le sujetó bien al cable para evitar que resbalara á lo largo de éste, alterando la equidistancia entre los botes.

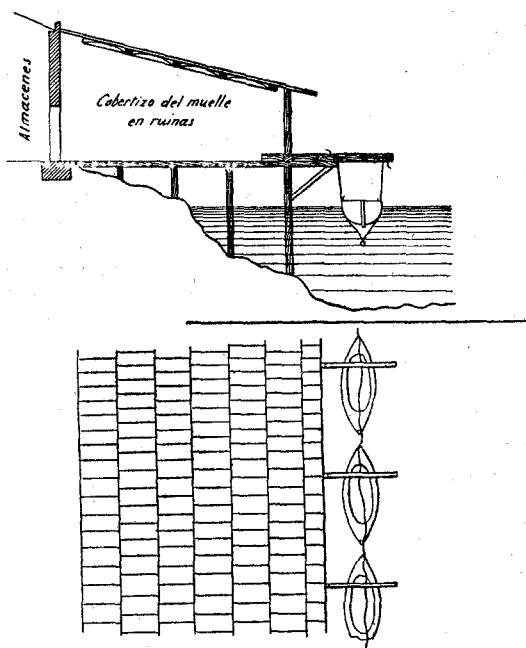


Fig. 23.—COBERTIZO DEL MUELLE EN RUINAS.

De este modo procedimos hasta colocar el cable en la superficie misma del mar, excepto en los extremos. La cuerda, amarrada al extremo mismo de la vigueta, pasando por la polea en el cable y amarrada al otro extremo ó arranque de las viguetas, formando así los dos cabos una V.

Valiéndonos entonces del mar como plano de comparación, y señalando las cuerdas de metro en metro, se fué sucesivamente arriando un metro de cuerda desde la segunda á la penúltima viguetas, con lo cual descendió el cable medio metro. Se repitió después la operación desde la tercera á la antepenúltima y así sucesivamente hasta colocar el cable 2 metros debajo del agua, excepto en los extremos que se fijaron á las viguetas de la compuerta de maniobra, en la disposición que indica la figura.

Los restantes botes entraron de proa, todos hacia la cabeza del convoy, colocándose dentro de la horquilla ó ángulo formado por los cabos, hasta que éstos estuvieron junto á los toletes segundos de proa, á los cuales se arrolló la cuerda antes de hacer la trinca.

El rozamiento en los toletes nos evitó el empleo de aparejos, grúas, tornos, etc., y se comprende que al arriar el cable bastaba hacerlo de un solo extremo, merced á las poleas ó ganchos con guardacabo, sin que por esto cargara el peso sobre una sola banda.

De este modo se situaron sucesivamente todos los botes, y si bien es cierto que el mismo cable podía habernos servido para la tracción, por estar suspendido de la mitad anterior de los botes, para mayor seguridad, para que pudieran maniobrar los boteros, y finalmente, para detener á cualquiera embarcación que tratase de cortar el convoy en la conducción, coloqué un grueso calabrote que me facilitaron en el arsenal, amarrando á él el extremo de la roda de todos los botes.

A cada extremo del calabrote anterior amarré el cable de un remolcador. El primero, para el remolque, el segundo, con la proa en sentido contrario, destinado á trabajar sólo cuando el primero largara el cable á tierra.

En cada bote iba una lienza fina amarrada al cable y provista de diez flotadores de corcho separados uno de otro el décimo de la profundidad á que había de llegar el cable, en el punto correspondiente, cuyas dimensiones se tomaron del perfil (fig. 2).

Todas estas operaciones se hicieron por la noche, empezando á las doce para concluir á las cinco de la mañana del 18 de abril, pues como veremos bien pronto había precisión absoluta de conducir el cable entre cinco y ocho.

TRANSPORTE É INMERSIÓN.

Metecrología.

Tres condiciones eran convenientes para que la operación tuviera probabilidades de éxito:

- 1.^a Calma en el mar.
- 2.^a Calma en la atmósfera.
- 3.^a Que la corriente fuera un mínimo.

La primera condición se cumple generalmente por tratarse de lugares al interior de la bahía donde, salvo los días de Norte ó N.-O. fuertes y los días de brisote, está constantemente en calma. Por consiguiente, desde este punto de vista, cualquier hora del día que escogiéramos sería buena.

Con respecto á la segunda no era posible prever con días de anticipación si habría ó no viento fuerte, y teniendo necesidad de avisarlo á la Capitanía del puerto, marcando con veinticuatro horas de anticipación dos horas fijas y determinadas para que durante ellas se prohibiera la navegación por el canal, punto de paso preciso para la entrada y salida en la bahía, se corría el riesgo de entorpecer varios días dicha navegación. Este era, pues, el inconveniente más grave que tenía este sistema, aunque en nada afectaba á la seguridad del transporte y tendido, pues para esto me bastaba con prever el tiempo con una ó dos horas de anticipación, gracias al buen barómetro de la Capitanía del puerto.

Además, la constante observación durante los días que había trabajado en los muelles de Santa Catalina, me había servido para comprobar los datos prácticos suministrados por los marinos viejos en la localidad.

Según estos datos hay completa calma desde el obscurecer hasta las ocho ó las nueve de la mañana, hora en que salta la brisa, la cual dura hasta el obscurecer.

Esto es lo que sucede de ordinario, lo cual es perfectamente racional en países cálidos, pues apenas empieza el sol á calentar la tierra, el aire, en contacto con ésta, haciéndose menos denso al dilatarse por el calor, origina corrientes ascensionales, produciendo en definitiva la llamada de aire en las costas; este efecto, lo mismo se produce en las islas que en los continentes, predominando el de éstos ó el de aquéllas, más ó menos según la distancia.

Por dicha razón, aunque, según la teoría, la dirección de la brisa debe ser normal á la costa, si sólo consideramos los efectos en la isla, al tener en cuenta su proximidad al continente americano y la influencia del mismo, la resultante de ambos efectos está siempre en el primer cuadrante y por regla general entre el N.-E. y E.-N.-E., en vez del Norte, cual correspondería á toda la costa Norte.

Tenía, pues, en abono de esta teoría, los datos de los prácticos, la explicación científica y la comprobación durante diez ó doce días; por lo tanto, si marcando el barómetro tiempo variable observara algo anormal con respecto al viento, bien fuera en dirección, bien en velocidad, tenía motivo para suponer alteraciones atmosféricas y no sería prudente avisar á la Capitanía, ni cargar el cable en los botes para volver á descargarlo y pagarlos varios días.

Esta segunda condición limitaba ya la hora, teniendo que hacer la operación entre las siete de la tarde y las siete ó las ocho de la mañana siguiente y prefiriendo hacerla de día para facilidad de las operaciones ulteriores: hé aquí explicado por qué tuve que hacer la operación de cargar el cable durante la noche.

La condición anterior nos marcó la hora del día; la tercera nos marcó el día próximo en que había de efectuarse la operación.

Efectivamente, teniendo que aprovechar la pleamar, que es cuando la corriente en el canal es un mínimo, y siendo dicha hora de la pleamar variable, había que aprovechar los pocos días en que la misma se verificara desde el amanecer hasta las ocho ó las nueve de la mañana.

Según el anuario, el día 18 de abril correspondía mar llena á las seis de la mañana para esta localidad; por lo tanto, no habiendo observado indicios de graves alteraciones atmosféricas, la víspera de dicho día

avisé á la Capitanía del puerto, la cual tomó sus medidas para impedir la navegación mientras durase la operación.

TRANSPORTE.—Cargado ó suspendido el cable, como en otro lugar hemos visto, tomé las siguientes disposiciones:

1.^a Cada bote iba tripulado por dos marineros, uno para cada trinca, con el encargo de no emplear los remos y timón, gobernándose con el calabrote de tracción y obedeciendo estrictamente en el momento de la inmersión las indicaciones de un ingeniero-pontonero que iba en los botes impares.

2.^a Las compuertas de maniobra llevaban doble dotación de marineros y un cabo de Pontoneros.

3.^a Dichos pontoneros llevaban los flotadores graduados al décimo de la profundidad para sumergir el cable en diez tiempos y que fuese tomando progresivamente la curva definitiva del fondo. También iban provistos de anclas ó fuertes contrapesos para fondear en la línea de anclas treinta metros anterior á la de amarres, pues se iba á hacer una especie de conversión de puente, que gracias á la presencia en ésta de una sección de Pontoneros me arriesgué á intentar, siendo la operación más difícil de cuantas había de depender el éxito de la obra y totalmente desconocida para los paisanos, por muy marineros que fueran.

4.^a Marcar con dos banderolas á una y otra orilla la línea de anclas y con otras dos negras la línea de amarre.

5.^a Los dos remolcadores á uno y otro extremo de la conducción y sus capitanes puestos de acuerdo, valiéndose de la sirena para señales, partiendo siempre de la base de que los movimientos habían de hacerse con extremada lentitud.

6.^a Para cada ocho botes situé á los flancos un guadaño grande independiente del convoy y tripulado por dos remeros y un cabo de Pontoneros. El objeto de éstos era acudir á cualquier punto en que necesitasen auxilio, é impedir que cualquier embarcación tratara de cortar el convoy, como ocurrió por ignorancia ó mala fé.

7.^a En uno de los puntos de amarre y anclaje había 40 hombres de infantería, facilitados por el Excmo. Sr. Gobernador de la Cabaña, y en el otro estaba el celador con los obreros y marineros reclutados.

Adoptadas las anteriores disposiciones emprendí la marcha muy po-

co á poco á las cinco y media de la mañana del citado día 18 de abril, siguiendo la ruta marcada en el plano, no pudiéndolo hacer desde un principio en prolongación del cable para esquivar los bajos de Santa Catalina.

Desde dicho punto me dirigí cruzando diagonalmente el canal hacia el extremo saliente del muelle de Caballería, á unos 50 metros de uno de los puntos de amarre y 20 metros de la línea de anclaje y siempre muy poco á poco, hasta que todo el convoy estuvo en línea recta, y entonces tomó alguna mayor velocidad.

Desde el último punto citado me dirigí, describiendo una curva pronunciada, á la banderola de anclas de la orilla opuesta, soltando en tierra cuatro tramos del tubo, ó sean 22 metros, situando un hombre por metro á partir del que quedaba siendo primer bote y habiendo hecho antes la señal de detener, al remolcador de atrás.

De este modo, á medida que los obreros de tierra iban recobrando tubo y trasladándose paralelamente hasta el punto de amarre, la propia corriente, que era muy pequeña, por ser la hora de la pleamar, iba completando la conversión y permitiendo que se situaran todos los botes en la línea de amarre.

Cada pontonero, al llegar á la línea de anclas, fondeaba ésta, arriando cuerda hasta llegar á la línea de amarre, en cuyo momento trincaba á la roda.

Esta operación, auxiliada desde tierra cuando recibieron del último remolcador el tubo, se terminó en media hora escasa, quedando todos los botes con la proa á la corriente, perfectamente alineados, anclados uno sí y otro no y los extremos del calabrote fijos á grandes postes de hierro en ambas orillas.

Una vez en la disposición anterior tomaron los pontoneros los flotadores graduados y los marineros las cuerdas de suspensión, procediendo á sumergir el cable en diez tiempos, marcados cada uno por un silbato largo de prevención y otro corto de ejecución, sirviéndome los dos remolcadores y el sargento y cabos de Pontoneros para comprobar el descenso en cada tiempo, de una sola división del flotador.

Terminada la operación y mandados retirar los botes, quedó una línea de corchos, pasando inmediatamente los prácticos del puerto á com-

probar que el tubo se apoyaba en el fondo, lo cual resultó cierto como era de desear.

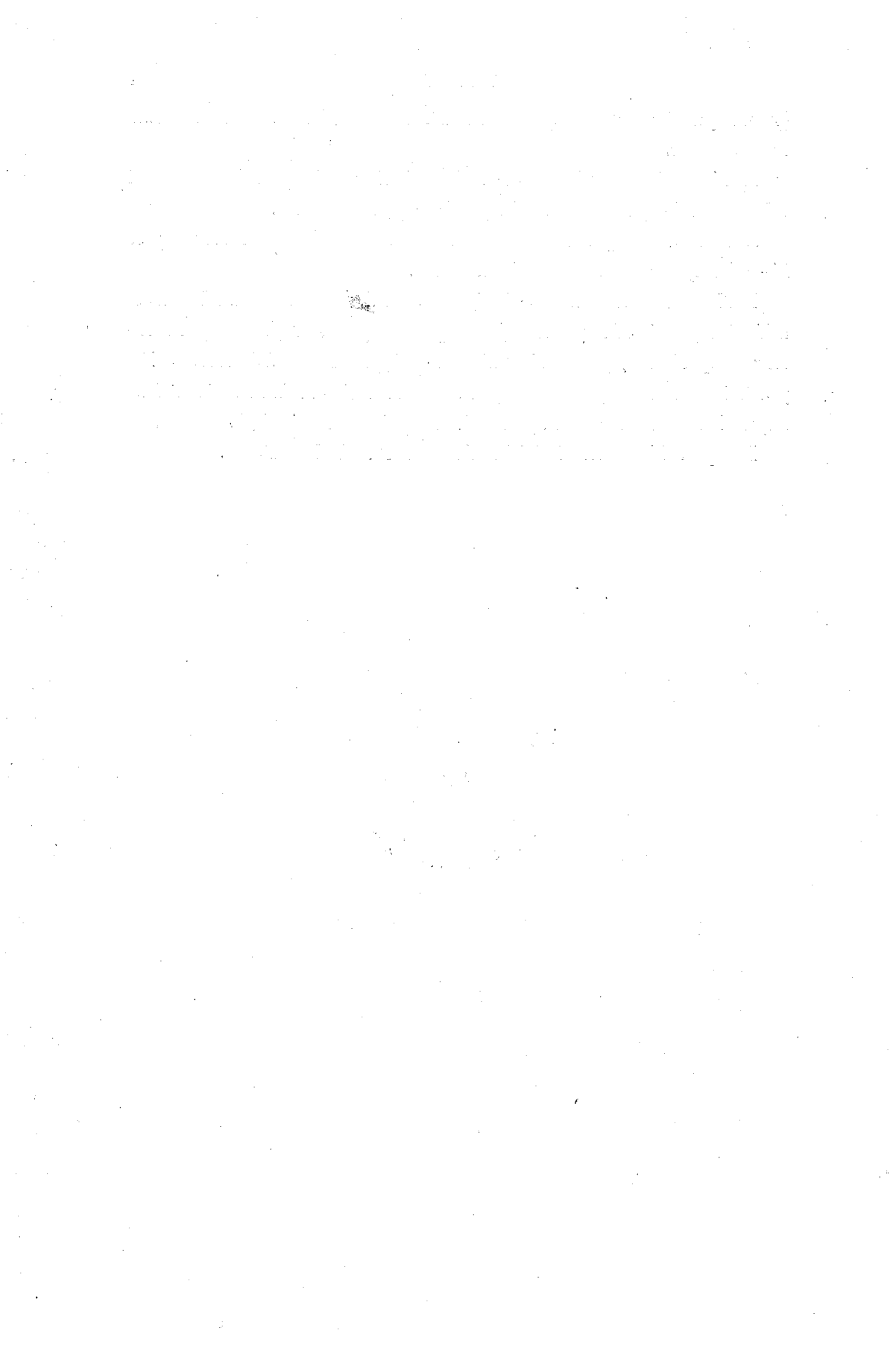
El hilo de los flotadores era mucho más fino en la parte inmediata al tubo, de modo que bastó un simple tirón para quitarlos.

Durante estas operaciones se trincaron los argollones extremos y se hizo el empalme con la tubería de tierra.

En la boca del puerto se hallaban detenidos cuatro grandes trasatlánticos, nacionales y extranjeros, que una vez autorizados para entrar comprobaron que el tubo-cable en nada estorbaba á la navegación y al mismo tiempo que pasaba por encima nuestro *Reina María Cristina*, un hermoso chorro de agua de Vento saltaba al pie de la Cabaña.

La operación se terminó á las siete y media de la mañana.





NOVENA PARTE.

Obras auxiliares.

El complemento de este trabajo era el elevar el agua por medio de bombas á las fortalezas de la Cabaña y Morro. La construcción de un gran depósito, situado lo más bajo posible y cuyos objetos principales eran: primero, aprovechar el gasto total del tubo durante las veinticuatro horas, y segundo, no articular ó conectar las bombas directamente á la cañería, para evitar en cada embolada los choques bruscos ó golpes de ariete que pudieran destruirla ó perjudicar la tubería de la población, que es casi toda de fundición.

Ni de este trabajo, ni de la completa y bonita distribución que se hizo en todos y cada uno de los locales del fuerte, surtiéndose de otro magnífico y aun artístico depósito superior, me es dable hablar, porque se me ordenó que fuese á las baterías de costa del Vedado, dado el escasísimo personal de la Comandancia de Ingenieros en aquellos días. Mis respetables compañeros los Sres. comandantes Ramírez y Soroa llevaron á cabo tan completa instalación.

Medios de aumentar el gasto.

1.º Colocando el depósito inferior todo lo más bajo posible.

2.º Empleando los once tubos de las madrinas, uno á uno por si hubiesen sufrido desperfecto, para eliminar los que pudieran mezclarnos el agua del mar. Utilizando los once tubitos exteriores se aumentaría el gasto en poco más de la mitad del que rendía el tubo principal.

3.º Por medio de dos depósitos pequeños auxiliares, dispuestos según indica la figura 24, en los cuales se inyectara vapor de agua, que al condensarse nos elevaría 10 metros más la carga total disponible. Este pro-

cedimiento engorroso no proporcionaría aumento de gasto de la tubería en relación con su coste é instalación, y es preferible bajo todos conceptos el siguiente.

4.º Conectando por medio de un tubo auxiliar la tubería directamen-

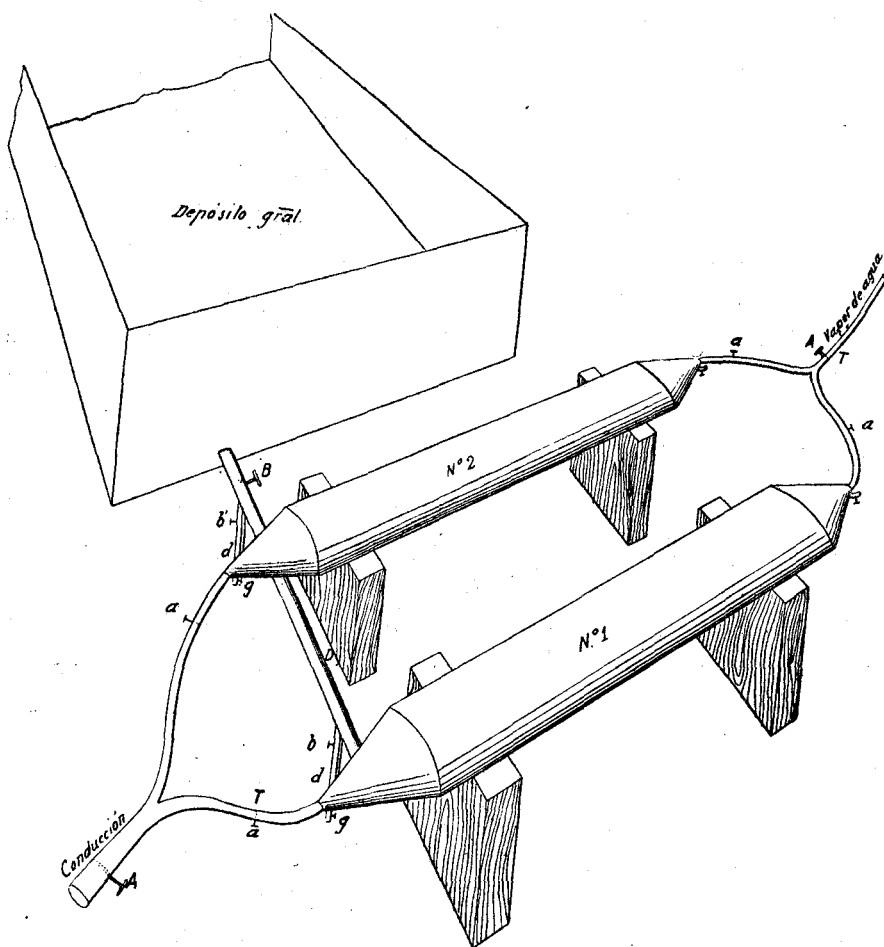


Fig. 24.—MODO DE AUMENTAR EL GASTO SIN PERJUDICAR LA TUBERÍA.

te á la bomba, y haciendo, por lo tanto, abstracción del depósito, que solo se utilizaría para recoger agua en tanto que no trabajara el motor. Este procedimiento nos daría un aumento de gasto casi igual al anterior.

5.º Conectando á la tubería principal de la población (que tiene mucho mayor diámetro) una bomba aspirante impelente. De este modo el gasto dependería de la potencia del motor; pero es claro que la presión aumentaría considerablemente, y si al principio no habría riesgo alguno, no sucedería lo propio después de mucho tiempo de servicio.



DÉCIMA PARTE.

Cuestiones administrativas.

Habiendo resultado esta Memoria más extensa de lo que nos proponíamos y siendo el asunto de esta parte décima de escasa importancia, hacemos gracia de las mil cuestiones de competencia ó jurisdicción y obstáculos sin cuento que hubo que orillar por parte de las autoridades locales, junta de obras del puerto, apostadero, capitania, etc., etc.

El presupuesto definitivo de la obra ascendió á la suma de 3999 pesos, 1300 en jornales y el resto en material.



ÍNDICE.



	<u>Páginas.</u>
PRÓLOGO.	v
PRIMERA PARTE.—Sondas y elección de lugar.	1
SEGUNDA PARTE.—Condiciones generales que determinan el problema.	5
TERCERA PARTE.—Sistemas de construcción y su comparación.	9
CUARTA PARTE.—Elección del material empleado.	15
QUINTA PARTE.—Problema de hidráulica.	19
SEXTA PARTE.—Flexibilidad.	37
SÉPTIMA PARTE.—Descripción y construcción del tubo-cable.	41
OCTAVA PARTE.—Colocación del tubo sobre los flotantes y transporte.—Me- teorología.	51
NOVENA PARTE.—Obras auxiliares.	63
DÉCIMA PARTE.—Cuestiones administrativas.	67



FOTO-TAQUIMETRÍA.



Aluminum ^{III}-oxide

Al₂O₃

FOTO-TAQUIMETRÍA,

NUEVO PROCEDIMIENTO

DE TOPOGRAFÍA-FOTOGRAFICA

POR

D. RAFAEL PERALTA,

Teniente coronel de Ingenieros.



MADRID:

IMPRENTA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS.»

1901.

FOTO-TAQUIMETRÍA,


NUEVO PROCEDIMIENTO DE TOPOGRAFÍA-FOTOGRAFICA.



I.—Motivo y objeto de la presente Memoria.—II.—Foto-Taquimetría, ó aplicación de la Fotografía á la Taquimetría.—III.—Algunas observaciones sobre la práctica de la Fotogrametría en general.—IV.—Utilización de toda clase de aparatos fotográficos para la Foto-Topografía.

I.

MOTIVO Y OBJETO DE LA PRESENTE MEMORIA.

 EN el año de 1899 ha visto la luz pública una muy interesante y bien escrita obra titulada *Topografía fotográfica, ó sea aplicación de la Fotografía al levantamiento de planos*, escrita por los Sres. Iriarte y Navarro, distinguidos ingenieros agrónomos. Nuestros compañeros que aún no hayan tenido ocasión de leerla, habrán, por lo menos, podido enterarse de su aparición y formarse una idea de los asuntos de que trata, por el artículo bibliográfico dedicado á la misma que contiene el número 1.º de nuestro MEMORIAL correspondiente al año 1900. Tanto en el libro como en el mencionado artículo bibliográfico, al reseñar los trabajos hechos en la materia en las diversas naciones, se hace la afirmación de que en nuestro país no se han ejecutado nunca ningunos de este género, fuera de unos pocos artículos que enumeran, escritos por varios oficiales del ejército. Nada tiene de extraña, antes estuvo muy en su lugar esta afirmación, porque era imposible que ni los autores del libro ni el del artículo bibliográfico tuvieran noticia de lo que no ha sido publicado, y tal sucede con los trabajos que sobre tan interesante asunto llevó á la práctica la *Brigada Topográfica de Ingenieros* hará unos diez años, en su Escuela práctica de 1890 á 91. Darlos á conocer, aunque sea con extraordinario retraso, es el objeto y la causa que nos impulsa á molestar la atención de nuestros lectores con la presente Memoria.

No lo haríamos seguramente si sólo se tratara de un asunto personal

ó de algún ensayo aislado de Foto-Topografía, pues tenemos la convicción de que se habrán efectuado algunos más en nuestro país, los cuales, por ser nosotros menos aficionados á la publicidad que los extranjeros, y por contar con menos recursos y mayores dificultades que ellos, no es de extrañar que queden ignorados; pero tratándose de los trabajos ejecutados por una corporación del ejército, dedicada exclusivamente á la práctica de la Topografía, consideramos de verdadera necesidad no retrasar por más tiempo la publicación de una ligera reseña de aquellos trabajos, para que quede consignada su prioridad y para atestiguar con ella que en todas las épocas, en los 54 años que cuenta de existencia nuestra *Brigada Topográfica*, han procurado siempre sus jefes y oficiales seguir cuidadosamente todos los adelantos y perfeccionamientos relativos á su especialidad, adoptando aquellos que merecían ser llevados al terreno de la práctica.

Otra razón también nos mueve á escribir estos renglones y es la de que uno de los procedimientos de aplicación de la Fotografía á la Topografía que ensayamos en aquella época, parece revestir alguna novedad aún hoy día, á pesar del tiempo transcurrido, puesto que en una obra tan completa como la de los Sres. Iriarte y Navarro, publicada nueve años después y conteniendo todos los perfeccionamientos publicados hasta la fecha, no se menciona dicho procedimiento ni nada que se le parezca; por lo que no consideramos fuera de lugar el dar unas ligeras indicaciones acerca del mencionado sistema para que, si efectivamente tuviese alguna originalidad y ventajas, puedan á su vez ensayarlo y perfeccionarlo los que tuvieran que ocuparse de esta clase de trabajos. Y ya que tomamos la pluma para ocuparnos de estas aplicaciones científicas de la Fotografía, no queremos dejar pasar tan oportuna ocasión de manifestar á nuestros lectores algunas dificultades más ó menos importantes con que se tropieza en la práctica de la Fotogrametría en general, y acerca de las que se ocupan muy poco ó nada los autores, como si obedeciesen á un plan preconcebido de dar á esta ciencia más extensos límites de los que le corresponden, y cuyo conocimiento consideramos de mucha utilidad para los que se dediquen á su estudio, así como para poder determinar el grado de exactitud que puede proporcionar en la práctica y las aplicaciones á que se pueda y se deba dedicar.

II.

FOTO-TAQUIMETRÍA, Ó APLICACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA Á LA TAQUIMETRÍA.

Desde hace ya muchos años y siguiendo, como antes hemos dicho, la marcha de los progresos en su especialidad, la *Brigada Topográfica de Ingenieros* adoptó los procedimientos taquimétricos para los levantamientos de los planos. Sabiendo ésto nada extrañará que al tratar de hacer ensayos, en su Escuela práctica, de todas las aplicaciones de la Fotogrametría que pudieran tener utilidad para los trabajos á que está dedicada, se ocurriera ensayar para su aplicación al levantamiento de planos topográficos un procedimiento basado en los principios de la Taquimetría y que aventajase al único practicado hasta aquella fecha y explicado en las pocas obras de Laussedatt, Le Bon, Stolze, Paganini y algún otro, que hasta entónces se habían ocupado del asunto. Siguiendo esta idea y sin perjuicio de ensayar también el ordinario procedimiento de Foto-Topografía, así como las demás aplicaciones de la Fotogrametría que pudieran ser de utilidad en los trabajos de la Brigada Topográfica, con el auxilio eficaz de nuestro entendido y laborioso compañero el capitán D. José Aguilera y la decidida protección que dispensó á estos trabajos nuestro muy querido jefe el señor coronel D. Ricardo Mir, dimos principio á los ensayos de la que desde luego denominamos *Foto-Taquimetría*, aplicándola al levantamiento del plano de una parte del monte sobre que se elevan las ruinas gloriosas del castillo de Montjuich y sus torres, en Gerona.

El procedimiento taquimétrico se reduce, como es sabido, á definir los puntos del terreno por tres coordenadas polares de cada uno, distancia, azimut y distancia zenital (1), de tal manera que hecha estación

(1) Si tuviéramos alguna esperanza de ser atendidos por los que se dedican á la Topografía, nos atreveríamos á proponer que se substituyera esta última denominación, tan impropia, por la de *azenit*, que es mucho más breve y sería más adecuada. Un autor italiano, Orlandi, en sus conocidas tablas taquimétricas, propuso la denominación de *apozenit*, que no se ha generalizado; pero nos parece que sería más propia la de *azenit*, en analogía con la de *azimut*.

con el taquímetro en un lugar determinado, desde él puedan tomarse todos los datos necesarios para poder después fijar la posición de todos los puntos que se haya considerado necesarios para poderlo definir y representar debidamente, quedando por completo terminada la operación de campo para toda la extensión de terreno descubierta desde la estación y dentro del alcance eficaz del anteojo del taquímetro. Pues análogamente nuestros ensayos se encaminaron á tratar de conseguir que con *una sola* vista fotográfica pudieran recogerse todos los datos que se juzgasen necesarios para la completa representación del trozo de terreno descubierto por el objetivo de la cámara fotográfica, ó bien con las cuatro, cinco, seis, siete ú ocho vistas que según el ángulo del objetivo se necesiten para completar una vuelta de horizonte, todos los necesarios para la de la extensión de terreno circundante á la estación y descubierto por el objetivo, dentro también de su alcance eficaz. La idea, como se vé, no puede ser más sencilla y nada extraño es que se ocurriese á cualquiera que, acostumbrado á utilizar los procedimientos taquimétricos para el levantamiento de planos, quisiera hacer aplicación de la Fotografía á la Topografía, sin estar imbuido de ninguna otra idea preconcebida acerca del asunto. Sólo faltaba saber si habría medios para realizar prácticamente este ideal.

El más ligero conocimiento de los recursos de la Fotogrametría basta para dar una respuesta afirmativa, puesto que teniendo ésta medios y reglas para determinar sobre una vista fotográfica (figs. 25 y 26) el ángulo azimutal, con respecto al plano vertical principal que pasa por la estación de la visual á cualquier punto de los que en ella aparecen, así como también el ángulo de altura sobre el plano horizontal del objetivo (complemento del *azenit* ó distancia zenital), y por último, la distancia, siempre que en aquél punto se haya colocado un objeto de magnitud conocida, de cuya magnitud aparente en la vista fotográfica se pueda deducir este dato, nos resultarán conocidas las tres coordenadas taquimétricas para cada punto y se podrá proceder con dichas vistas á efectuar los trabajos de gabinete por cualquiera de los procedimientos conocidos, tablas ó regla de cálculo, utilizándolas como si fueran unas completísimas libretas taquimétricas. La *Foto-Taquimetría* estaba por

lo tanto creada (1), y aunque podríamos muy bien haber prescindido de designarla con este caprichoso nombre, puesto que no es más que un procedimiento especial de la Foto-Topografía, rama á su vez del gran tronco de la Fotogrametría, sin embargo, ya que aún sin necesidad se ha convenido en dar el nombre de *Taquimetría* (*Celerimensura* en italiano) á lo que no es más que un procedimiento particular de la ciencia general topográfica, no consideramos impropio el uso de aquella nueva denominación, aunque sólo fuera por recordar el origen de este nuevo método.

Con lo que queda dicho y suponiendo que los lectores á quienes haya podido interesar la lectura de la presente Memoria conocerán los principios más usuales de la Perspectiva que se aplican á la Fotogrametría, y que por lo demás podrán recordar con facilidad dedicando unas pocas horas á la lectura de cualquiera de las obras que tratan del asunto, de las que hallará una muy completa bibliografía en la que hemos mencionado de Iriarte y Navarro, resúmen y compendio y por lo tanto la más útil de todas ellas, podríamos dar por suficientemente explicado, en líneas generales, el origen, fundamento y plan de la Foto-Taquimetría, terminando aquí esta parte de la Memoria; pero consideramos, sin embargo, conveniente dar algunas explicaciones relativas á la práctica de este método, que pondrán más de manifiesto sus ventajas.

En la figura 8 de la adjunta hoja de dibujos se representa la disposición geométrica de los planos que intervienen en la Perspectiva aplicada á la Fotogrametría, bien entendido que, para simplificar la figura y siguiendo la costumbre establecida, consideramos como *punto de vista* el punto nodal de emergencia del objetivo, si este es compuesto, ó el cen-

(1) Debemos manifestar ingénuamente que aunque en ninguna de las obras de Foto-Topografía que hemos tenido ocasión de leer hemos hallado la menor indicación de esta manera de proceder, en una de ellas, sin embargo, *Les levers photographiques et la Photographie en voyage*, del Dr. Le Bon, que aunque muy reducida no es de las menos valiosas, y que se publicó en 1889 algo antes de los ensayos que estamos reseñando, si bien no tuvimos noticia de ella hasta que los teníamos comenzados, hay una indicación en la página 102 en que puede decirse que está contenida la idea misma de este procedimiento, puesto que se ocupa del levantamiento del plano de un terreno con *una sola* vista fotográfica.

tro óptico si fuese simple, y como plano del cuadro el de la placa impresionable, suponiéndolo situado hacia el lado del paisaje en vez de hacerlo en la posición opuesta y simétrica, que es la verdadera. El plano HH , es el horizonte que pasa por el centro del objetivo; el PP , es el del cuadro; el punto O , es el de vista ó nodal que queda dicho; los d y d' , los de distancia; el p , el principal; la línea hh , la de horizonte; la vv , la traza del plano vertical principal, habiendo representado, para la mejor comprensión de las explicaciones, parte del terreno y su perspectiva sobre el plano PP , si bien con la impropiedad consiguiente á la falta de proporciones de esta figura.

La figura 9 representa la prueba ó *foto-copia* (siguiendo, como procuraremos hacer en todas las demás denominaciones, la nomenclatura preceptuada por el Congreso internacional de Fotografía de 1899) obtenida con el aparato fotográfico delante del terreno que quiere figurar la anterior; representa uno de los baluartes del castillo de Montjuich de Gerona, en que, como dejamos dicho, se hicieron los ensayos de este procedimiento y de que conservamos algunas foto-copias, sintiendo no poder acompañar fotografados de las mismas por no existir ya ninguno de los fototipos, á causa de los muchos años transcurridos. En dicha vista se han trazado las líneas principales de Fotogrametría hh y vv , cuya intersección marca el punto principal p , no señalando los de distancia por resultar demasiado fuera de los bordes del cuadro, á 154 milímetros de éstos, pues la distancia focal del objetivo era de 244 milímetros, pudiéndose tomar medidas de las distancias de cada punto del terreno á las mismas para deducir gráficamente, ó por las tablas, los ángulos de azimut y altura de sus rayos visuales y viéndose además señaladas en cada uno las miras especiales, que permiten deducir de la medida de su dimensión aparente la tercera coordenada taquimétrica, ó sea la distancia ó número generador, también por construcciones gráficas ó por sencillas tablas calculadas al efecto (1). Estas miras, de las que se

(1) Conviene tener presente que basándose el cálculo de la distancia en la fórmula

$$D = d \frac{H}{h},$$

en la que D es dicha distancia, d la del punto nodal á la imagen en la placa, H la

necesita tener una gran provisión, pues en algunos terrenos accidentados habrán de prodigarse mucho, siguiendo el mismo criterio que se seguiría al levantar su plano con el taquímetro prodigando las *cotas* (como algo impropriamente se acostumbra á designar los puntos en que se coloca la mira), son, como se vé en las figuras 1 á 7, unos sencillísimos listones de tabla de chopo ú otra madera de las más ligeras, dispuestos para poder clavarlos en el terreno y con un pequeño disco también de tabla clavado sobre ellas, de manera que su centro quede á un metro exactamente de su extremo superior y diste unos 50 centímetros de la punta del inferior, á fin de que hincada la mira en el suelo pueda sobresalir el disco de las piedrecillas y yerbas pequeñas (fig. 4) ó del montoncito de piedras con que habrá que sostenerlas (fig. 5) cuando el terreno sea pedregoso y no permita clavar las miras. El color más conveniente para pintarlas (por una sola cara para mayor economía) es el blanco, pues en el terreno hay siempre tonos más ó menos oscuros con los que podrían confundirse los demás colores, pero por si alguna vez se proyectan las miras sobre el cielo se pintarán de negro la mitad del disco y del travesaño, que deberán llevar algunas de ellas, según en breve se explicará.

altura de la mira y h la de su imagen, que sólo se convierte en

$$D = F \frac{H}{h},$$

en que F es la distancia focal principal cuando se trate de un punto que se proyecte sobre el punto principal; en los demás casos, ó sea en general, se deberá substituir d por su valor en función de F , que será

$$\frac{F}{\cos. \alpha \cos. \beta},$$

en que α y β son los ángulos de azimut y altura de la visual. La fórmula resultante

$$D = F \frac{H}{h \cos. \alpha \cos. \beta}$$

daría la verdadera distancia, pero como la que hemos de utilizar para el dibujo del plano es su proyección, ó sea su producto por $\cos. \beta$, resulta en resumen

$$D = F \frac{H}{h \cos. \alpha}$$

la fórmula que se há de utilizar para el cálculo de las distancias ó para el de las tablas de donde se han de tomar, si se prefiere hacer el trabajo preliminar de formarlas.

Estas miras de un metro producen imágenes mayores de 2 milímetros, dimensión bien apreciable aun á simple vista con un objetivo de 25 centímetros de distancia focal para distancias menores de 125 metros; pero como sería limitar demasiado la aplicación de la Fotografía contentarse con tan reducido radio de acción, ya que los taquímetros y clepes pequeños se aplican con confianza hasta los 250 metros y los grandes hasta los 400, se comprende la necesidad de disponer de miras mayores, habiendo adoptado las de doble tamaño, ó sea de 2 metros, que permitirán operar hasta la distancia de 250 metros, límite del alcance prudente de los instrumentos pequeños de Taquimetría, sin contar con que si nos conformamos con operar sobre magnitudes menores de imágenes que podrían descender hasta un milímetro sobre las que con el auxilio de una buena lente que aumente cinco diámetros se pueden apreciar muy bien sus quintas partes, el límite antes citado se alargaría hasta los 500 metros, superior al del uso prudente de los mayores taquímetros y clepes, si bien exponiéndose á algunos errores en las distancias grandes, cuya cuantía después estudiaremos.

Las miras de doble longitud (figs. 1 y 2) se formarán, para no complicar el material, uniendo dos de las de un metro en la forma que representan las figuras, á cuyo fin una mitad del total de las miras que se construyan llevarán en su extremo superior un listón de tabla de igual anchura y grueso que el del cuerpo de la mira y de 40 centímetros de longitud, sujeto á éste solamente por un clavo remachado en su centro para que pueda girar á su alrededor y colocarse adaptado sobre el cuerpo de la mira, de manera que los taladros que lleva se correspondan con los hechos en ésta, pudiendo así enlazarse con la mayor facilidad las dos miras, sujetándolas con las clavijas ó estaquillas dispuestas al efecto.

La sujeción de las miras dobles sobre el suelo habrá de ser bastante firme para que no se caigan, y hasta en caso de fuerte viento ó cuando deban colocarse sobre muros, cercas ó edificios, deberán sujetarse con alambres; pero como esto entorpecería la rapidez con que debe procederse en la colocación de las *cotas* para que no llegue á invertirse entre la colocación de todas ellas y la obtención de la fotografía del terreno *acotado* más tiempo del que se hubiera empleado en hacer una *estación taquimétrica* completa, convendría en tales casos aplazar ó prescindir de

la aplicación de este procedimiento, que estaría además muy expuesto á dar mal resultado por la trepidación que el viento podría imprimir á la cámara fotográfica.

No queremos dejar de hacer constar que aunque las miras que hemos descrito se han de construir por centenares, su coste, sin embargo, no supera al de un juego de miras taquimétricas con que por lo menos ha de contar el topógrafo, aunque para operar con alguna celeridad convendría que fueran más; efectivamente, el precio de un centenar de miras sencillas de un metro, aun de las que tienen listón para empalmar y clavijas, no llegará á 50 pesetas. No podemos dar tan favorables informes respecto de su peso, pues aun eligiendo para construir las maderas más ligeras y reduciendo su sección al minimum de 5 centímetros de anchura por uno de espesor, no baja el peso de cada una de 600 gramos, por lo que difícilmente podrá cargar un hombre con más de un centenar, que pesan 60 kilogramos, pudiendo necesitarse á veces más de dos hombres para llevar las que requiera el levantamiento del plano de una parcela; de todas maneras nunca serán más de los tres ó cuatro portamiras necesarios para la práctica de la Taquimetría ordinaria, según hemos dicho.

Hecha la descripción de las miras, pasemos á indicar las modificaciones que requieren las cámaras fotográficas ordinarias para utilizarse en *Foto-Taquimetría*. Claro es que el procedimiento taquimétrico sería perfectamente practicable con cualquiera de los costosos (y no por eso muy exactos) aparatos construídos con los nombres de *foto-teodolitos*; pero no disponiendo de ellos podemos afirmar que un operador cuidadoso podrá conseguir casi tan buenos resultados con una buena cámara fotográfica de tamaño de placa entera y provista de objetivo rectilíneo, en la que deberán efectuarse cuidadosamente las siguientes adiciones, comprobaciones y rectificaciones:

- 1.^a Comprobación y rectificación de que las placas impresionables colocadas en los bastidores y éstos en la cámara tienen su película, coincidiendo exactamente con la posición que ocupa la cara esmerilada del cristal destinado á recibir las imágenes.

- 2.^a Comprobación y rectificación de que las superficies de las películas sensibles ó del cristal esmerilado resulten perfectamente verticales

cuando la mesilla de la cámara ó el costado superior de su marco, que suelen llevar un nivel esférico ó que pueden nivelarse con un pequeño nivel suelto, queden horizontales.

3.^a Comprobación y rectificación de la perpendicularidad del eje óptico del objetivo sobre este plano; nos creemos dispensados de dar á nuestros lectores, suficientemente prácticos en rectificaciones de instrumentos topográficos y en Fotografía, más detalles acerca de la manera de efectuar estas operaciones, que cada uno podrá llevar á cabo por los diversos procedimientos que se le ocurriesen ó por los que se describen en las obras que tratan del asunto, pudiendo desde luego anticipar que no es posible pretender en ellas el grado de exactitud que en los instrumentos topográficos ni tampoco es necesaria, pues no debe perderse de vista que con los objetivos usuales de 20 á 30 centímetros de distancia focal, la cámara fotográfica reemplaza á un limbo graduado de 40 á 60 centímetros de diámetro, dimensión á que no alcanzan los de ningún instrumento de Topografía ni aun de Geodesia.

4.^a Determinación sobre el cristal esmerilado y sobre la placa sensible de las dos líneas principales, trazas de los planos horizontal y vertical que pasan por el centro del objetivo. Esta importante y trascendental operación, para la que se han propuesto diversos medios, aunque fundados generalmente en el uso de señales movibles sobre los bordes de la placa impresionable ó en el de un retículo fijo inmediato á ésta, ofrece algunas dudas acerca de la exactitud de sus resultados y no pocas dificultades en la práctica, pues además de lo difícil que es conservar en buen servicio y siempre rectificado, sin que se aflojen ni rompan los hilos, un retículo de 18 × 24 centímetros en un sitio tan expuesto como es la boca del marco de una cámara fotográfica, las impresiones de esos hilos sobre la placa sensible resultan demasiado gruesas y ocultan á veces puntos que convendría descubrir. Por estas razones dimos la preferencia á otro procedimiento más sencillo y exacto, en nuestro concepto, que se reduce á determinar sobre el terreno, con auxilio de un pequeño nivel colimador ó de reflexión, dos puntos bien caracterizados que se hallen en el plano horizontal del centro del objetivo, y con auxilio de una plomada situada algunos metros detrás de la cámara, otros dos que se hallen en el plano vertical principal que pasa por el mismo,

anotando con cuidado sus referencias en la libreta ó registro de Foto-Taquimetría, que cada cual podrá organizar en la forma que le parezca más adecuada, una de las que podría ser la expresada en las figuras 15 y 16, y señalando, finalmente, con el auxilio de esas indicaciones, dos finas líneas de lápiz sobre la película del fototipo, una vez impresionado, revelado y seco. Si se quisiera evitar la complicación de tener que tomar para cada vista esos cuatro puntos de referencia (aunque nunca aconsejaríamos que se prescindiese de hacerlo), bastaría practicar cuidadosamente esa operación una sola vez, tomando después sobre el fototipo las medidas $a' b'$, $a b$ y las $d d'$ y $a' a''$ (fig. 10) de las distancias entre las líneas principales y los bordes del rectángulo que queda descubierto é impresionado al recorrer la cortinilla, que llevadas sobre cualquier otro fototipo del mismo calibre, permitirían trazar sus líneas principales siempre que haya estado colocado en el bastidor exactamente en la posición que estuvo el primero, lo que se podrá conseguir con sólo tener la precaución de cargar el bastidor de manera que la placa venga siempre hacia el mismo ángulo, dando algunas sacudidas al bastidor antes de colocarlo en la cámara por si en los transportes pudiera haberse movido el cristal. Si la cámara tuviese el objetivo montado sobre planchuelas corredizas y se hubiera hecho uso de su movimiento (fig. 11), deberá tenerse en cuenta la desviación sufrida en las dos direcciones, que se podrán medir con unas tiras de papel cuadriculado pegadas sobre los bordes de las planchuelas, puesto que $a o'$ es igual á $m n$ y $a o$ á $p q$, anotándolo en la libreta (fig. 15) para desviar iguales cantidades ambos ejes sobre el fototipo.

5.^a Colocación de una brújula incrustada sobre el costado superior de la cámara.

Con estas sencillas operaciones y adiciones y procurando siempre comprobar la perfecta horizontalidad de la cámara antes de destapar el objetivo para obtener cada vista, podrá conseguirse con cualquiera cámara sólida y en buen estado pruebas tan útiles para la Fotogrametría como con el más costoso teodolito fotográfico. El Dr. Le Bon, en su excelente obra antes citada, indica, entre las modificaciones necesarias para adaptar una cámara cualquiera á la práctica de la Fotogrametría, la adición de una rodilla de campana algo parecida á las de las planche-

tas, por no considerar suficiente para nivelarla el movimiento de los pies del trípode. Sin embargo, con los pies articulados generalmente en uso, que tienen corrediza una de sus tres partes, no hemos encontrado dificultad en nivelar con bastante seguridad, utilizando esa articulación de corredera una vez hincadas las puntas sólidamente en el terreno.

Para terminar la descripción del procedimiento de Topografía fotográfica que estamos describiendo, sólo nos resta dar alguna indicación acerca de la manera de aplicarlo en la práctica al levantamiento de planos de terrenos, según su variada extensión y demás circunstancias. Dos casos principales se pueden considerar:

1.º Aquél en que la extensión y forma del terreno permita abarcarlo todo él con suficiente claridad desde un punto exterior que diste de los más apartados de su contorno menos de 500 metros.

2.º Aquél en que la extensión del terreno sea mayor, ó aun no siéndolo, su accidentación sólo permita descubrir su totalidad desde uno ó varios puntos interiores ó exteriores.

PRIMER CASO. En éste es en el que mayor brevedad y sencillez puede reportar la Foto-Taquimetría, pues á diferencia de todos los métodos propuestos hasta ahora, recoge en *una sola vista* los datos necesarios para dibujar el plano deseado. Para ello basta reconocer detenidamente la pieza de terreno por su contorno exterior, buscando el punto más favorable para descubrirla toda en su conjunto, sin que el arbolado ó las construcciones oculten partes de la misma que interese definir, lo que no será muy difícil de conseguir con un poco de práctica y buen criterio. Hecho esto se señalarán con miras de las antes descritas, de una pieza ó de dos, según su alejamiento de la estación, todos aquellos puntos ó *cotas* que se hubieran tomado si el plano se hubiese levantado con taquímetro, y cuyo número podrá variar mucho según el grado de detalle y escala entre 10 y 100 por hectárea; se hará estación con la cámara fotográfica en el punto elegido, y disponiéndola bien horizontal y apuntada hacia el centro de la parcela de terreno se impresionará la placa fotográfica, disponiendo la abertura de diafragma y el tiempo de exposición en la relación debida, en la inteligencia de que mientras no se opongán á ello otras circunstancias atendibles de iluminación, vien-

to, etc., conviene hacer uso de las menores aberturas posibles para la mayor claridad de las imágenes de las miras.

Aunque no indispensable, será, sin embargo, de suma utilidad, tanto en este caso como en todos los de aplicación de la Fotografía á la Topografía y lo mismo usando una cámara sencilla que el más perfeccionado teodolito fotográfico, anotar en la libreta ó cuaderno de apuntaciones, además de las indicaciones de carácter fotográfico relativas á cada placa impresionada y que nunca deben omitirse por ser su conocimiento muy necesario después para el revelado, como son el número del bastidor ó de la vista, tamaño de la placa, sentido de su colocación, tiempo de exposición, día, hora, estado del cielo y orientación del plano vertical principal, algunas otras de carácter topográfico, como son la altura del eje óptico sobre el terreno, el rumbo exacto del vertical principal y la posición de las dos líneas principales, ó sean la de horizonte y la traza del plano vertical, que aunque se podrían determinar por los diversos retículos ó índices propuestos para ello, es siempre preferible hacerlo como antes hemos indicado, valiéndose de los puntos determinados con un nivel de reflexión ó colimador y con una plomada, cuya anotación en la libreta suple con ventaja la falta de retículo ó índices y permite comprobar su buena situación si los hubiese. En la figura 15 indicamos una de las formas que se podría dar á esa libreta ó registro.

Obtenido el fototipo y algunas fotocopias, si se hubiera de trabajar sobre éstas con el doble decímetro y las tablas que uno mismo haya previamente calculado para más comodidad, se irán determinando las coordenadas de todas las *cotas* en que se colocaron miras y se llevarán al plano en la escala elegida, ayudándose para formar después las curvas de nivel, los escarpados y otros accidentes del terreno y las edificaciones, por el aspecto de la vista ó fotocopia.

No insistiremos sobre los detalles de estas operaciones, porque siendo comunes á todos los procedimientos foto-topográficos, se hallan explicados en todas las obras que tratan del asunto; solamente añadiremos, que aunque generalmente prescriben sus autores el método gráfico, operando sobre las fotocopias obtenidas en papel, por basarse en el sistema de intersecciones los procedimientos que describen, como quiera que en la Foto-Taquimetría se opera de una manera muy diferente,

aconsejamos trabajar con preferencia sobre los fototipos convenientemente barnizados para no deteriorarlos, y tomando sobre ellos todas las medidas necesarias con un doble decímetro y una lente, así como construyendo uno mismo las tablas que sean necesarias para el cálculo de las distancias y el de los ángulos, tarea que ocupará muy pocas horas en cuanto se conozca la distancia focal del objetivo con que se ha de operar.

SEGUNDO CASO. En éste no es suficiente una sola vista ó fototipo, sino que será necesario un número mayor de ellos, variable con la extensión del terreno y formando una ó varias vueltas completas ó incompletas de horizonte, siendo muy difícil de precisarlo sin un detenido reconocimiento del terreno, puesto que dependerá, no sólo de su amplitud, sino también de su accidentación.

Sabiendo que en una vuelta de horizonte obtenida con seis fototipos (y hasta sólo con cuatro si se hiciese uso de objetivos grandes angulares de más de 90°) se pueden recoger los datos necesarios para el levantamiento del plano de una extensión circular de terreno de unos 500 metros de radio, ó sea de 78 hectáreas próximamente, se podrá evaluar en una placa por cada 10 hectáreas, ó sean 10 por cada kilómetro cuadrado, aun calculando con exceso la provisión necesaria para llevar á cabo este trabajo, eligiendo con acierto los puntos de estación. (El menor número de placas que se requeriría con el empleo de los objetivos grandes angulares no compensaría lo que podemos llamar su *menor alcance*, pues mientras que el de 25 centímetros de foco, cubriendo un ángulo poco menor de 60° , se puede emplear en Foto-Taquimetría hasta distancias de 500 metros, el que cubra un ángulo de 90° no tendrá distancia focal mayor de 12 centímetros y no podrá, por lo tanto, emplearse á mayor distancia de 240 metros. Sería, por lo tanto, contraproducente el uso de objetivos grandes angulares, no debiendo pasar de los que exigen ocho ó á lo sumo seis placas para la vuelta de horizonte.)

Aunque son variadísimas las circunstancias que podrán presentarse en la práctica y las soluciones más convenientes que deberán adoptarse, indicamos en las figuras 13 y 14 dos disposiciones para el levantamiento del plano de un terreno $a b c d e f$ de dimensión máxima $a d$, de unos 1000 metros, bien haciendo una estación central O y dando una vuelta

de horizonte con seis placas cuyos ángulos visuales se solapen un poco por sus extremos, ó bien haciendo seis estaciones en los puntos exteriores 1, 2, 3, 4, 5 y 6, invirtiendo igualmente seis placas en la operación; el primer procedimiento tiene la ventaja de la brevedad y sencillez, pero en cambio proporciona menor abundancia de datos, puesto que cada fototipo sólo repite un pequeñísimo sector del borde de los colaterales y aún queda un círculo de 10 á 15 metros alrededor de la estación en que no es conveniente colocar miras, mientras que en el segundo se repiten de uno á otro grandes extensiones de terreno, aunque sea fuera de distancia para tomar medidas, si bien á costa de alguna mayor lentitud y molestia, por tener que hacer seis estaciones para una sola vista en cada una. La práctica y las circunstancias especiales del terreno aconsejarán en cada caso el procedimiento que deba adoptarse.

Si en vez de placas de 18×24 centímetros se prefiriese hacer uso de las de 13×18 , lo que siempre consideramos preferible, tanto por comodidad como por economía, deberá tenerse en cuenta el mayor número de fototipos que compondrán cada vuelta de horizonte y será conveniente hacer uso exclusivamente de cámaras de media placa y no de las mayores, colocando intermediarios en los bastidores.

Con esto queda terminada la breve descripción que nos propusimos hacer del procedimiento de Foto-Taquimetría ensayado por nuestra Brigada Topográfica, toda vez que las operaciones restantes de tomar medidas sobre los fototipos ó sus copias é ir con ellas procediendo al dibujo de los planos, ó no presentan diferencia con los métodos usados en la Foto-Topografía y descriptos en las diversas obras que tratan del asunto, de las que podemos tomar por modelo la más moderna y completa de todas ellas, que es á no dudar la de los Sres. Iriarte y Navarro, varias veces citada en estos renglones, ó se ocurrirán fácilmente al lector que tenga alguna práctica en Taquimetría, al que no queremos privar del placer de idear por sí mismo las disposiciones más convenientes para formar tablas de doble entrada, en una de las cuales se traduzcan las fórmulas

$$\alpha = \arcsin \left(\text{tg.} = \frac{x}{F} \right) \quad \beta = \arcsin \left(\text{tg.} = \frac{y}{F} \right)$$

que dé, por lo tanto, los ángulos de azimut ó altura de las visuales en

función de las coordenadas de los puntos con respecto á las dos líneas principales del fototipo medidas en milímetros y variando de medio en medio milímetro, que es suficiente aproximación para el objeto, y otra que traduzca la fórmula

$$D = F \frac{H}{h \cos. \alpha},$$

que para las miras de un metro será

$$D = \frac{F}{h \cos. \alpha}$$

y para las de 2 metros

$$D = \frac{2 F}{h \cos. \alpha},$$

en la que h , que es la dimensión de las imágenes de las miras en el fototipo, se hará variar de quinto en quinto de milímetro desde un milímetro hasta un centímetro, de medio en medio milímetro desde aquí hasta el segundo centímetro, y de milímetro en milímetro hasta el cuarto, variando á la vez α de medio en medio grado, que es suficiente, desde 0° hasta el semiángulo de abertura, ó sea $\frac{1}{2}$ arco $\left(\text{tg.} = \frac{0,12}{F} \right)$ si se trabaja con placas de 18×24 ó $\frac{1}{2}$ arco $\left(\text{tg.} = \frac{0,065}{F} \right)$ si se hace uso de las de media placa. Para el cálculo de las coordenadas z no puede hacerse uso de las tablas taquimétricas ordinarias, porque éstas tienen por argumentos los números generadores y en el presente caso debían ser las distancias proyectadas D para multiplicarlas por las tangentes de β ; pero ya hay tablas calculadas en esta última forma que servirán para el objeto, así como otras varias tablas centesimales naturales que facilitarán todas las operaciones de Foto-Taquimetría y que se hallarán en varias obras, como, por ejemplo, las tablas de Sanguet y el excelente *Manual de Taquimetría* de nuestro coronel Roldán.



III.

ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LA PRÁCTICA DE LA FOTOGRAMETRÍA EN GENERAL.

La primera duda que asalta al que se dedica por primera vez á efectuar prácticamente un trabajo cualquiera de Fotogrametría, es la de si deberá hacer uso para sus mediciones de los fototipos ó de alguna fotocopia en papel. Efectivamente, sabiendo la multitud de baños que han de sufrir unos y otros durante el curso de las operaciones de revelado, fijado y viraje, cabe fundadamente sospechar si se alterarán las distancias entre las imágenes de los puntos del terreno por las distensiones ó contracciones de la gelatina ó del papel. Asunto es éste que cuidadosamente eluden casi todos los autores, hasta el punto de que, si la respetabilidad de sus nombres no hiciera desechar desde luego semejantes suposiciones, podría creerse que intentaban abusar de la buena fe de sus lectores ó que nunca habían ejecutado prácticamente los procedimientos que describen. De las obras que hemos tenido ocasión de leer, solamente la de Legros, *Elements de Photogrammétrie*, concede á este asunto alguna importancia. Por nuestra parte, podemos decir que aun antes de llevar á la práctica estos ensayos nos preocupaban tanto los errores que no dudábamos encontrar en las copias fotográficas en papel, que desde luego contábamos con no utilizarlas para las mediciones, haciendo uso únicamente, ya de los fototipos, ya de las fotocopias que se obtuviesen por procedimientos en que no interviniesen tantos baños, como, por ejemplo, el llamado *autocopista*, en el caso en que no pudiesen dedicarse aquéllos para tomar medidas. Los que recuerden el estado en que quedaban las fotocopias obtenidas con papel albuminado, único que se usaba hace quince años, convertidas al secarse en barquillos llenos de bolsas y desigualdades que sólo desaparecían con el pegado sobre las cartulinas y satinado, pero á costa de nuevas deformaciones, comprenderán lo fundado de nuestros temores y se asombrarán de la naturalidad con que pasaban por alto este punto los autores de aquella fecha.

Los minuciosos experimentos que posteriormente pudimos llevar á cabo nos convencieron del fundamento de nuestras sospechas. Las figuras 17 y 18 muestran las deformaciones que sufre la película de gelatina de una placa fotográfica después de revelada, fijada y seca, con respecto á las dimensiones primitivas de la abertura del bastidor, ó sea del rectángulo impresionado por la luz; influye en ellas la posición en que se colocan para dejarlas secar, pues las líneas medianas se corren hacia abajo de medio á un milímetro, razón por la cual no debe hacerse uso de los secadores de tijera en que se colocan inclinadas, siendo lo mejor dejarlas secar en posición horizontal, apoyadas sobre unos topes en sus bordes y con la película hacia abajo para que no cojan polvo. Debemos manifestar que en estos ensayos, no muy numerosos, sólo se hizo uso de los reveladores de oxalato y de hidroquinona, ignorando, por lo tanto, si los otros varios en uso podrían dar más ó menos deformación; las placas empleadas fueron de diferentes marcas, pareciendo ser mayores las deformaciones en aquéllas en que la película era más gruesa.

En cuanto á la deformación de los papeles destinados á sacar pruebas positivas ó fotocopias, de los que sólo se ensayaron el papel albuminado usual, el de ferro-prusiato, los de película sensible que entonces empezaban á generalizarse con el nombre de *papel Aristo* y el papel platino, se puede echar de ver por las figuras 19, 20, 21 y 22 que, como era de presumir, son mucho mayores, llegando á pasar de 5 milímetros en los tamaños de placa entera (y aun sin haber pegado y satinado las pruebas) y con la circunstancia de no ofrecer siquiera la regularidad que las de las placas, puesto que algunas medidas tomadas en puntos diversos del papel hacen ver la desigualdad con que éste se dilata y contrae (1).

Esta demostración de los errores que pueden cometerse tomando las mediciones sobre las pruebas ó copias positivas, que á pesar de lo fáciles que son de prever tienen buen cuidado de ocultar los autores de obras de Fotogrametría, pone de manifiesto la poca confianza que, operando sobre ellas, podría depositarse en la Foto-Topografía como procedi-

(1) En la obra de Legros antes citada, se propone, para eludir la dificultad, operar sobre pruebas de papel, pero con luz artificial para no necesitar fijarlas ni virarlas, no mojándolas nada por lo tanto.

miento *exacto* de levantamiento de planos, por mucha que sea la perfección de las cámaras ó aparatos y su coste. En efecto, la deformación de las fotocopias puede alterar la posición de las líneas de horizonte y vertical principal, con variaciones que pueden pasar de 2 milímetros, que con un objetivo de 25 centímetros de foco representarían treinta minutos de error angular ó $4^{\text{m}},25$ de diferencia de cota á la distancia de 500 metros, alcance límite que hemos admitido; casi un error de $0^{\text{m}},01$. Para ese resultado no valía la pena de gastar 2000 ó más pesetas en un foto-teodolito con el que creyésemos poder eliminar todas las causas de error de estos procedimientos, sin parar mientes en las anexas á las operaciones fotográficas en que parece que nadie quiere pensar.

Vemos por esto que solamente es posible aspirar á alguna exactitud *relativa* operando sobre las placas ó fototipos, en las que se reducen esas deformaciones á una tercera parte, y aun podrían casi eliminarse estudiando su manera de producirse por la regularidad con que se manifiestan y que aun así y todo los errores en el plano siempre resultarán mayores de los que admiten la Taquimetría ni los demás procedimientos topográficos, sin contar con la dificultad y molestia de trabajar sobre una placa y el riesgo de estropearla ó romperla, pues todas las medidas se han de tomar precisamente por la cara de la gelatina.

Podría objetarse que en operaciones de gran precisión, como son las aplicaciones de la Fotografía á la Astronomía, no parece haberse tropezado con estos inconvenientes, por lo menos en el grado que aquí parece tratamos de exagerar. A esto diremos que la Fotografía astronómica se dedica más bien á la Astro-Física que á la Astronomía esférica, siendo, por lo tanto, de muy poca ó ninguna importancia las reducidas deformaciones que pudieran hallarse en extensiones pequeñas de las placas y aun en la aplicación al levantamiento de la carta celeste, en la que ya se ha tropezado con esos inconvenientes; como quiera que en los catálogos de estrellas se hallan ya consignadas con gran precisión las coordenadas de gran número de ellas, las medidas que pudiera ser necesario tomar sobre las placas serán muy pequeñas y no ejercerán en ellas gran influencia las mencionadas deformaciones.

Otra causa de errores aún de mayor cuantía y acerca de la que guardan también igual estudiado silencio los tratados de Fotogrametría en

general, es la colocación en las cámaras de los bastidores con las placas sensibles y las operaciones necesarias para impresionar éstas por la luz. Efectivamente, la necesidad de cerrar todo camino por donde pudiera introducirse en las cámaras fotográficas el menor rayo de luz, obliga á tener bien ajustadas, tanto las cortinillas de los bastidores, como las guías en que éstos se mueven para adaptarlos en aquéllas, de todo lo cual resulta que en un aparato nuevo y en buen estado es una operación un poco brutal, por decirlo así, la de colocar el bastidor, y lo mismo sucede con la de descorrer la cortinilla, siendo únicamente la de descubrir el objetivo, bien sea con obturador neumático, ó bien quitando la tapa con la mano, la única que se puede efectuar con relativa suavidad, pues las otras es inevitable hacerlas forcejeando más ó menos; esta consideración hará comprender á cualquiera lo poco que habría servido colocar y nivelar cuidadosamente las cámaras ó foto-teodolitos, si luego se hubiera de tener que llevar á cabo esas operaciones, por lo cual podremos establecer como regla general que la enfilación, nivelación y comprobaciones ó correcciones á que hubiere lugar y que ya quedaron explicadas, no deberán hacerse hasta que la cámara ó foto-teodolito estén ya cargados y descorrida la cortinilla de la placa que se va á impresionar.

Una nueva dificultad práctica, y será la última que consignaremos por no dar excesivas proporciones á este escrito, estriba en la determinación y uso que se hace en Fotogrametría del valor de la distancia focal F . Aunque variando en relación con lo que se denomina *profundidad de foco* de los objetivos, es sabido que solamente los puntos situados á grandes distancias de la cámara, ó sea los últimos términos del paisaje, cuya distancia es, por decirlo así, *infinita*, forman su imagen á la distancia focal principal, pero que desde esos puntos á los primeros términos cada uno del terreno forma su imagen á distancias focales diferentes, que exigen *enfocar* el aparato según sean los objetos cuyas imágenes se desee representar con la mayor claridad y preferencia; solamente las cámaras instantáneas de mano tienen objetivos de muy corto foco, que *sensiblemente* dan las imágenes enfocadas, siempre que disten de la cámara los objetos más de 5 ó 6 metros. Resulta, por lo tanto, que con los demás objetivos solamente puede tomarse como verdadera la distancia

focal principal F para las imágenes de los puntos de los últimos términos, mientras que para los más cercanos deberían tomarse valores f' de las distancias focales conjugadas, que aunque no mucho difieren algunos milímetros de aquel valor. La fórmula que liga estas distancias focales conjugadas con la principal F , es, en las lentes biconvexas,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f'}$$

de donde

$$f' = \frac{Ff}{f - F}$$

y para poder apreciar mejor las variaciones de distancia focal, á continuación anotamos las de uno de los objetivos (Voigtländer) con que contaba la cámara fotográfica de la Brigada Topográfica, comprobadas con cuidado experimentalmente.

Distancia del objeto f' =	5 m.	Distancia focal conjugada f =	0 ^m ,2565
»	$f' = 10$ m.	»	$f = 0^m,2502$
»	$f' = 20$ m.	»	$f = 0^m,2470$
»	$f' = 30$ m.	»	$f = 0^m,2460$
»	$f' = 40$ m.	»	$f = 0^m,2455$
»	$f' = 50$ m.	»	$f = 0^m,1452$
»	$f' = 100$ m.	»	$f = 0^m,2446$
»	$f' = 500$ m.	»	$f = 0^m,2442$
»	$f' = 1000$ m.	»	$f = 0^m,24406$
»	$f' = \infty$ m.	»	$F = 0^m,24400$

Así, pues, si se enfocase la cámara para el infinito, los términos adelantados del paisaje, desde los 20 metros hasta los 500 en que se extiende el terreno á que se puede aplicar la Foto-Topografía, resultarían desenfocados en cantidades variables desde 3 milímetros á 2 décimas de milímetro, y si para evitar esto se enfocase á una longitud intermedia de unos 0^m,2455 (correspondiente á la distancia 40 metros), deberíamos substituir en los cálculos y fórmulas, en vez del valor verdadero de F , esta cifra, pues si no se cometería un error en distancias y ángulos de $\frac{0^m,0015}{0^m,244} = 0^m,006$, superior al medio por 100, y esto sin contar con que aun con esa precaución sólo resultaría libre de errores el plano dis-

tante esos 40 metros, pero los más cercanos y lejanos tendrían el error correspondiente á su desenfoque.

En los objetivos grandes angulares y en los de las cámaras instantáneas de mano, á favor del corto focò y de la reducción de abertura de diafragma, se reducen mucho esas diferencias de enfocación, pero nunca desaparecen en realidad.

Esta importante causa de error, que como vemos es *imposible* eliminar en absoluto como no fuese utilizando la cámara fotográfica para hacer las mediciones sobre el cristal deslustrado, enfocando á cada punto que se observase y anotando su distancia focal conjugada, pero no si se toman fotografías en que hay que conformarse con un solo enfoque, es otra de las que también pasan desapercibidas en las obras de Fotogrametría, en las que se abusa demasiado del valor de F , aun aplicándolo á la medición de monumentos y edificios, caso en que, por las cortas distancias á que se han de tomar las fotografías, los errores pueden ser de bastante cuantía.

Se vé, pues, que la Fotogrametría tiene alguna más complicación de lo que parece á primera vista, y que tanto en lo que se relaciona con la perspectiva como en el uso que hace de la Fotografía, hay que prescindir á veces de lo que dicen los autores, pensar mucho por cuenta propia y proceder con el mayor cuidado para evitar incurrir en errores ó equivocaciones.

Podemos afirmar, en resumen, que la Fotografía, en cualquiera de las formas en que pueda aplicarse á la Topografía, es un auxiliar utilísimo, pero que en nuestro concepto no puede reemplazarla en absoluto, como no sea tratándose de grandes extensiones de terreno montañosas y despobladas que hayan de representarse en escalas que permitan transigir con los inevitables errores consignados, como son los casos en que se ha utilizado en Italia y en el Canadá y actualmente en Rusia, donde ha sido aplicada hasta la fecha con mayor extensión. El tratar de sacar las cosas de sus justos límites resulta siempre contraproducente, y aunque parezca paradójico, el teodolito fotográfico, con sus pretensiones de precisión, ha resultado la mayor rémora para el progreso de la Foto-Topografía, á la que por el contrario hará avanzar más cada día la cámara fotográfica ordinaria, á pesar de su imperfección y sencillez.

IV.

UTILIZACIÓN DE TODA CLASE DE APARATOS FOTOGRAFICOS
PARA LA FOTO-TOPOGRAFÍA.

Vamos ahora, para terminar, á exponer algunas consideraciones que justifiquen la aseveración que se acaba de consignar, para demostrar el eficaz auxilio que aun las más sencillas y económicas cámaras fotográficas pueden prestar al topógrafo y el partido que puede sacarse de ellas por una persona práctica y observadora.

Prescindiendo de mencionar la perfección y ventajas que proporciona desde luego el disponer de algunas vistas fotográficas tomadas desde cada estación, en reemplazo de los incompletos y desproporcionados cróquis que se acostumbra dibujar en la libreta de apuntaciones, que por sí sola nadie dudará que sería una aplicación utilísima, aunque no pueda considerarse como verdadera práctica de la Foto-Topografía, examinemos el partido que será posible sacar de cualquier cámara fotográfica dedicándola á operaciones genuinamente topográficas y cuál es el grado de precisión con que se podrá contar. Y para ponernos en el caso más desfavorable, supongamos que en lugar de una buena cámara fotográfica de tamaño de placa ó de media placa (que hemos dicho son las preferibles) y con un costoso objetivo, sólo se disponga de una de las más sencillas y económicas, por ejemplo, una instantánea de mano, de tamaño cuarto de placa, con un objetivo sencillo de los denominados rectilíneos (que á veces ni aun lo son), aparato que por su reducido precio de 40 á 50 francos puede decirse que se halla al alcance de todos. Las casas dedicadas á la venta de aparatos fotográficos venden sueltos pequeños niveles esféricos y brújulas, por lo que con un reducido sobreprecio se podrán incrustar estos dos pequeños accesorios en la cara superior de la cámara, colocada apaisada, que será la posición en que deberá ser utilizada en Foto-Topografía. Si las planchuelas portaplacas fueran de hoja de lata, deberán substituirse por otras de zinc, reforma que también será de un coste insignificante, para no dificultar el uso de

la brújula, pues suelen ser las únicas piezas de hierro que entran en la composición del aparato.

Tan sencillo y deficiente instrumento dista muchísimo, no ya de los perfeccionados y costosísimos foto-teodolitos de Meydembaner, Stolze, Bridges-Lee (1), etc., etc., sino hasta de las usuales cámaras de viaje de media placa con buenos objetivos, que, como hemos dicho, deben ser los aparatos preferidos para estas aplicaciones, pero aun así y todo se puede conseguir con él muy aceptables resultados, como vamos á explicar á continuación. En primer lugar, la imperfección y defectos del objetivo se subsanan ó eliminan de la siguiente manera, que no es más que una aplicación de los procedimientos empleados para el estudio de los objetivos, conforme se describen en las obras que tratan de ello. Se determinará primeramente la longitud focal principal del objetivo por uno cualquiera de los procedimientos conocidos, que aun sin recurrir á las obras dedicadas exclusivamente al estudio de los objetivos fotográficos pueden hallarse en varias de las de Foto-Topografía que hemos citado y en un interesante y bien escrito artículo que publicó en este MEMORIAL el año 1890 sobre el mismo asunto el capitán D. Ramiro Soriano, determinando asimismo la posición del punto nodal de emergencia si el objetivo fuese compuesto. (En el caso supuesto de tratarse de una instantánea de mano, bastará medir con cuidado la distancia del centro óptico del objetivo á la superficie de la primera placa.) Colocando después el aparato sobre una mesa, bien nivelado y dando frente á una pared situada á 5 ó 6 metros (la menor distancia á que las imágenes queden bien enfocadas en el caso supuesto), en la que se colgará una pizarra, señalando sobre ésta con yeso un cuadrículado, que si se pudiera invertir algún tiempo en hacerlo convendría fuese el formado por las líneas de horizonte y vertical principal con relación al objetivo y las horizontales y verticales que formen con éstas ángulos de 5, 10, 15 y 20 grados (fig. 23), que no serán difíciles de trazar, conocida la distancia y la longitud de foco. Tomando después una fotografía de dicha pizarra y su cuadrícula, la imagen dibujada en el fototipo (fig. 24), después de

(1) Descripto en un artículo publicado por el teniente coronel D. Nicolás de Ugarte en el MEMORIAL del año 1898.

revelado y fijado, nos proporcionará los datos necesarios para estudiar los defectos del objetivo, á la vez que podrá servir para tomar sobre los demás fototipos que se vayan obteniendo con la instantánea las verdaderas medidas angulares con sólo colocar aquella placa sobre éstas, para lo que se prestará muy bien por transparentarse toda la fotografía de la parte negra de la pizarra.

La segunda imperfección ó deficiencia, que es la falta de retículo, si es que puede reputarse como falta lo que hemos visto que constituye una verdadera ventaja, se subsanará según se ha explicado, tomando con un nivel de reflexión ó colimador de bolsillo las posiciones de dos puntos del terreno á nivel con el objetivo y anotándolos en el cuaderno ó libreta de apuntes, así como también dirigiendo visuales por uno de los costados de la cámara y anotando en la libreta dos de los puntos del terreno que estén en ese plano vertical, datos que servirán después para trazar sobre el fototipo ó sus copias esas dos líneas principales, con más exactitud que si hubiera tenido la cámara retículo. Si fueran necesarias las líneas de elevación ó depresión á 5, 10 y 15 grados y las de los planos verticales de iguales ángulos, la placa que antes se impresionó para el ensayo del objetivo y que constituye un verdadero retículo, servirá para el objeto colocándola sobre la negativa ó sus pruebas.

La falta de trípode de que carecen estas cámaras por ser instantáneas para manejarse á mano, se podrá suplir echando mano de un trípode ligero de cualquiera otra cámara ó instrumento topográfico, de no encontrar en el campo algunas piedras ó apoyo sobre que colocarla á conveniente altura.

La carencia de limbos graduados, que no faltan en los teodolitos foto-topográficos, no origina ningún perjuicio, pues suelen ser de bien poca ó ninguna utilidad, sobre todo haciendo uso del método foto-taquimétrico ya explicado, siendo además suplida por la graduación de la brújula, suficiente para las escalas á que debería limitarse la aplicación de esta cámara. Lo mismo podríamos decir de la falta de un anteojo diastimométrico, que es reemplazado en Foto-Taquimetría por las miras de 1 y 2 metros.

Por último, el reducido tamaño de los fototipos obtenidos, que en estos aparatos nunca pasa de 9×12 centímetros, se podría subsanar

por medio de la ampliación. En nuestro humilde parecer, sería, sin embargo, preferible renunciar á ese recurso, que siempre constituye una complicación, conformándose con el tamaño obtenido y supliendo con una buena lente la falta de amplificación.

Resta ahora estudiar el alcance de los errores que puede originar este método de operar, al parecer tan defectuoso é imperfecto, para saber el grado de confianza que puede otorgársele y el límite admisible para su empleo, según las escalas de los planos. Supondremos desde luego que las placas están exactamente verticales y perpendiculares al eje óptico del objetivo cuando la tapa de la cámara esté horizontal, lo que se puede comprobar y corregir si no sucediese siguiendo los procedimientos que explican los tratados de Fotogrametría; la exactitud del procedimiento estriba, por lo tanto, en la horizontalidad de aquella tapa y los defectos de ésta serán las primeras causas de error. El nivel esférico añadido á la misma permitirá apreciar su horizontalidad con un error á lo sumo de 2° , pudiendo ocurrir éste en el sentido longitudinal, en el transversal ó combinado en ambos. Estos errores, mientras no pasen de tan reducido límite, son sensiblemente iguales para todas las imágenes formadas en los bordes de la placa sensible, reduciendo proporcionalmente su amplitud hacia el centro, donde no resultará ninguno, y llegando, por lo tanto, en los puntos en que más á unos 4 milímetros escasos para una distancia focal de 12 á 14 centímetros, que es la que suelen tener las cámaras que consideramos y que corresponderá en el terreno á un error en distancias ó cotas del $0^m,03$, aproximadamente, de la distancia de los puntos á la cámara, cifra un poco exagerada que impediría utilizar con confianza ese aparato para distancias mayores de las que en cada escala estén representadas por 66 milímetros, ó sea de 66 metros en la de $0^m,001$, 660 metros en la de $0^m,0001$, etc., suponiendo que se tolere como error admisible en la posición de un punto, para trabajos de reconocimientos, croquis y otros análogos, que es para los que mejor se presta la Foto-Topografía, un círculo de 2 milímetros de diámetro.

Los otros errores, dependientes de admitir como valor de la longitud focal principal un valor fijo y no del todo exacto, son mucho menores, pues no llegando á medio milímetro la diferencia de distancias focales desde 20 metros al infinito, ó sea á $0^m,004$ de su valor, el mismo será el

límite del error que resultará para la apreciación de las distancias con el uso de las miras, que es bastante reducido.

Como se vé, nos pusimos intencionalmente en las más desfavorables condiciones; pero disponiendo de algo mejores elementos se comprende que los resultados habrán de ser mucho más precisos, aunque contando con los inevitables errores del procedimiento y con los que hemos visto originan las operaciones fotográficas, es fácil comprender que nunca podrá llegarse á competir con la precisión obtenida con cualquier procedimiento topográfico. De todas maneras, nuestro objeto se reducía á probar que aun los más imperfectos aparatos fotográficos pueden prestar un utilísimo auxilio á la Topografía y aun reemplazarla, aunque sólo en los casos en que el buen criterio aconseje hacerlo, teniendo en cuenta las dificultades ó imposibilidad del empleo de los procedimientos topográficos, la naturaleza del terreno, grado de precisión que se desee alcanzar en el plano y la escala en que deba ser dibujado.

No insistiremos sobre la práctica de las demás operaciones usuales que comprende la Foto-Topografía y aun sobre la de algunas que hasta ahora han sido poco practicadas, á pesar de su sencillez y de la grande utilidad que pueden prestar, como son la copia, reducción y ampliación de planos, cróquis, triangulaciones y tablas que también ha ejecutado la Brigada Topográfica de Ingenieros y de las que hemos tenido ocasión de ver primorosos trabajos, debidos á su comandante mayor don Benito Sanchez Tutor, por no aumentar la extensión, ya demasiado grande con que ha resultado este escrito, en el que sólo nos proponíamos hacer constar que la dependencia del Cuerpo varias veces mencionada viene ensayando y practicando la Foto-Topografía desde hace diez años, casi la época en que este procedimiento empezó á salir de las divagaciones de la teoría para ser aplicado por primera vez por los italianos en el levantamiento del plano del macizo montañoso de la Argentina, en los Alpes marítimos, proponiendo á la vez aplicaciones y procedimientos que eran *completamente nuevos en aquella época* y aún creemos lo sigue siendo el que denominamos *Foto-Taquimetría*, cualquiera que sea el concepto que puedan formar acerca de su utilidad los inteligentes, toda vez que ni aun en las más recientes y completas obras, como la muy valiosa de los Sres. Iriarte y Navarro, tantas veces citada, se

hace de él la menor indicación ó referencia. Nos propusimos también poner de manifiesto algunas dificultades é inexactitudes de la Fotogrametría, independientes de la bondad y precisión de los aparatos que en ella se utilicen, que debieran ser motivo suficiente para desistir del infructuoso uso de los más costosos, y llamar, finalmente, la atención de nuestros lectores, en quienes deseáramos poder despertar la afición á esta clase de estudios, acerca de los útiles servicios que la Foto-Topografía, ó mejor dicho, las cámaras fotográficas, por imperfectas que sean, pueden prestar á un topógrafo observador y minucioso: todo lo cual creemos haberlo conseguido, habiendo procurado por lo menos hacer uso solamente de datos verdaderos y personalmente comprobados, ya que el asunto no se prestaba á ser tratado con la amenidad que hubiéramos deseado para interesar y entretener agradablemente á nuestros lectores.

FIN.

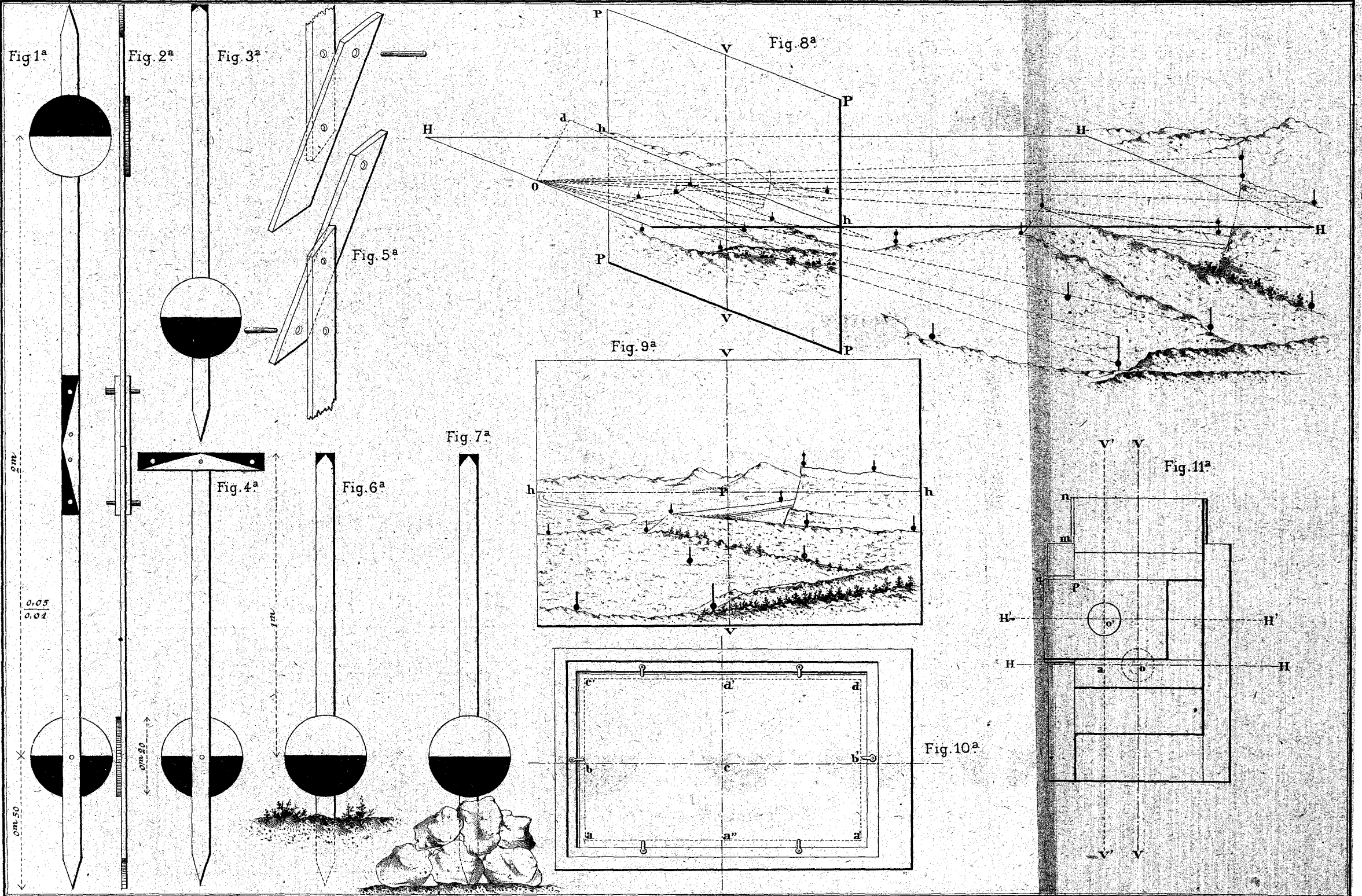




Fig. 12^a

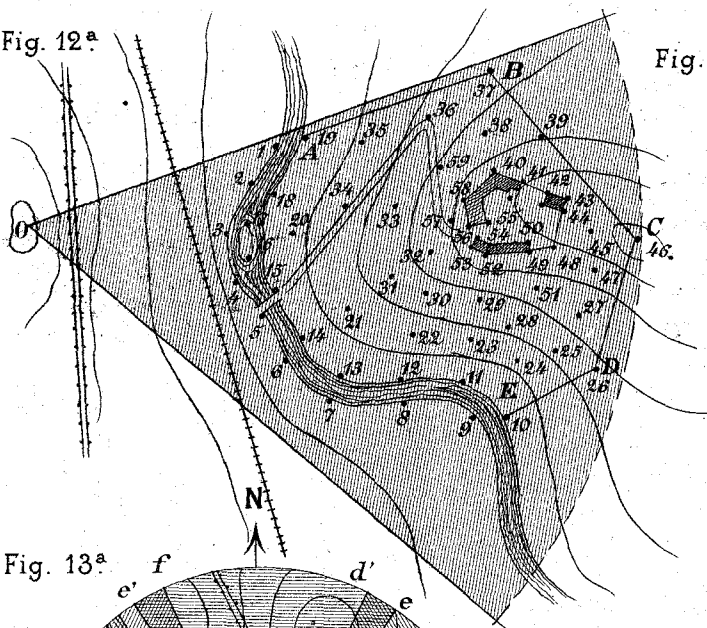


Fig. 15^a

ESTACIÓN 1^a VISTA 3^a

SITUACIÓN Y REFERENCIAS 25 m² al N. y 8 al O. del poste kilométrico n^o 35 de la carretera?

TAMAÑO DE LA PLACA 13×18. Posición: Apaisada.

SITUACIÓN DEL OBJETO +15 v -43 h.

ALTURA 1^m 45 Rumbo 135^o.

DIAPHRAGMA 0,05 f. EXPOSICIÓN 3 seg.^s

DIA 24 Junio 1891. HORA 8 15 mañ.^a

CIELO Despejado.

HORIZONTE 23' 30'

VERTICAL PRINCIPAL Observaciones.

ESTACIÓN 1 ^a					VISTA 3 ^a				
Puntos	D	X	Y	Z	Puntos	X	Y	Z	
1	83	75	35	25	22				
2	90	80	15	30	23				
3					24				
4					25				
5					26				
6					27				
7					28				
8					29				
9					30				
10					31				
11					32				
12					33				
13					34				
14					35				
15					36				
16					37				
17					38				
18					39				
19					40				
20					41				
21					42				

Fig. 16^a

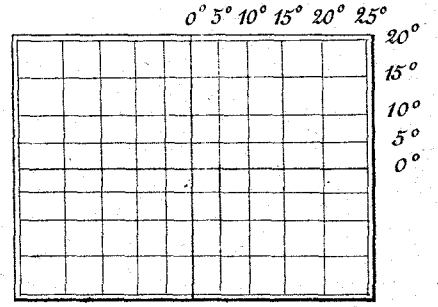


Fig. 23^a

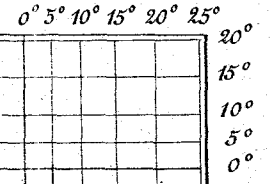


Fig. 24^a

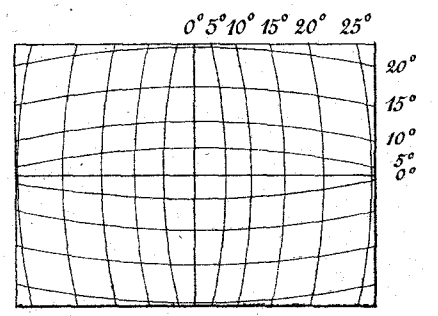


Fig. 13^a

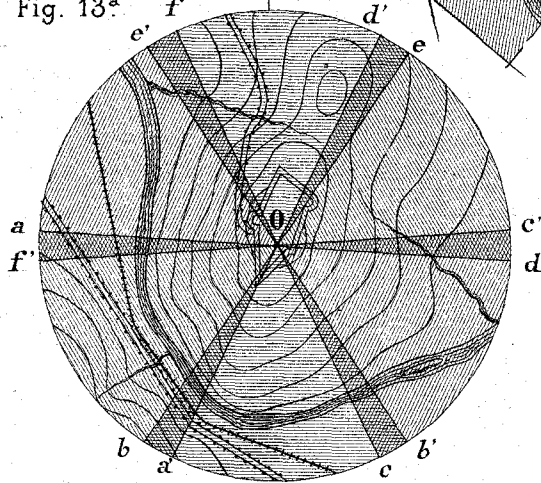


Fig. 14^a

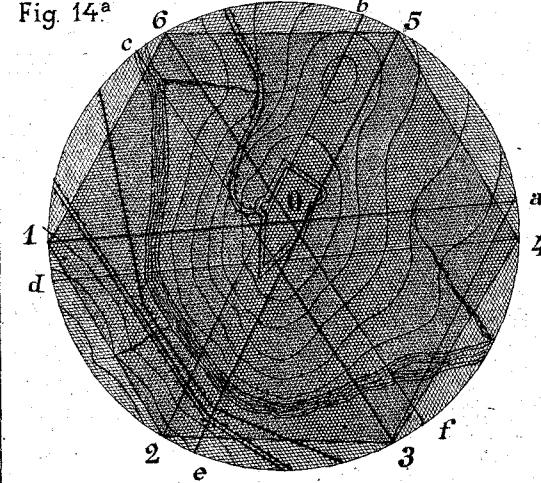


Fig. 17^a

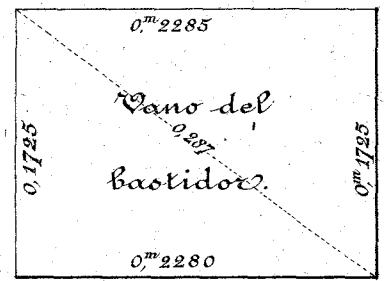


Fig. 18^a

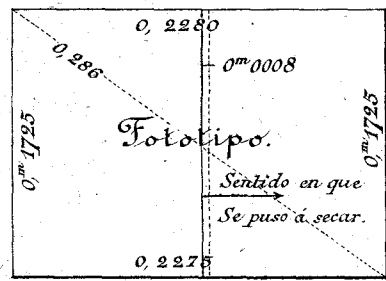


Fig. 19^a

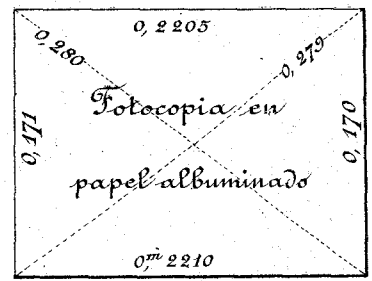


Fig. 25^a

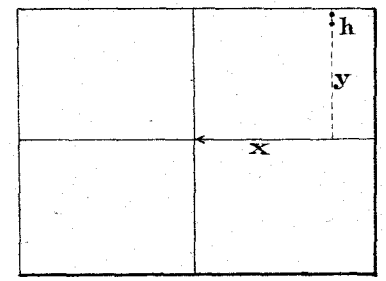


Fig. 20^a

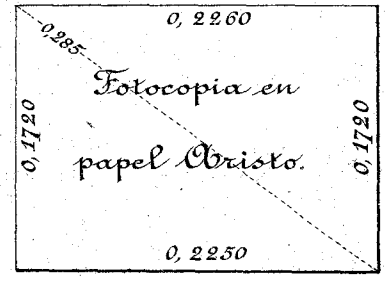


Fig. 21^a

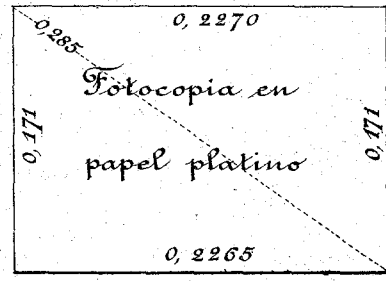


Fig. 22^a

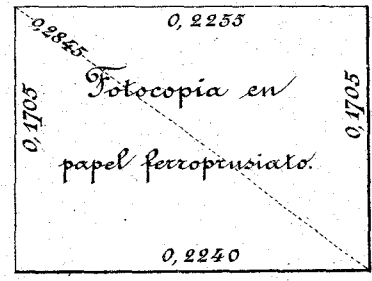
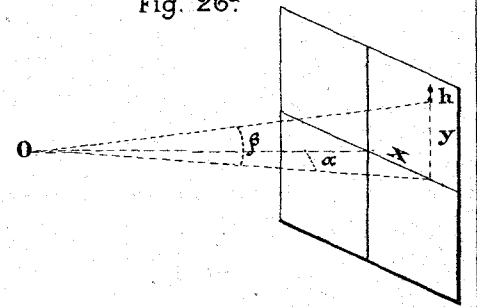


Fig. 26^a





ARMADURAS DE CUBIERTA

CONSTRUIDAS CON HIERROS DE SECCIÓN ANULAR

ARMADURAS DE CUBIERTA

CONSTRUIDAS

CON HIERROS DE SECCIÓN ANULAR,

POR

D. FERNANDO RECACHO,

TENIENTE CORONEL DE INGENIEROS.



MADRID:

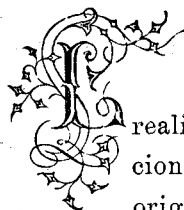
IMPRESA DEL *MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.*

—
1901.

ARMADURAS DE CUBIERTA

CONSTRUIDAS

CON HIERROS DE SECCIÓN ANULAR.



La producción industrial y la Estereotomía (1) del hierro están tan íntimamente ligadas, que cuantos progresos realiza la primera, bien dando un material de mejores condiciones, bien facilitando elementos de formas más variadas, originan progresos en la segunda, porque los constructores, aprovechando la mayor resistencia y la facilidad que la variedad de perfiles trae consigo para organizar los entramados metálicos, pueden obtener construcciones de menor peso y de más sencilla ejecución, siendo, por tanto, más económicas y cada vez más numerosas y frecuentes las aplicaciones.

En este trabajo nos proponemos demostrar lo ventajoso que es el empleo de los tubos de hierro forjado y soldado en la construcción de armaduras de cubierta, siempre que éstas se dispongan de tal modo que las piezas que las formen estén sólo sometidas á esfuerzos de ten-

(1) Empleamos la frase *Estereotomía del hierro* por considerar que es la más propia y castiza, según puede notarse estudiando la definición de Estereotomía en el excelente *Diccionario* de Clairac, que á continuación se copia:

ESTEREOTOMÍA. (Carp., Cant., etc.). Fr. *Stéréotomie, coupe des pierres*.—ING. *Stereotomy, stone-cutting*.—IT. *Stercotomia*. || * (De las voces griegas *steréos*, sólido, y *tomé*, sección.) La ciencia que trata de los cortes que deben darse á los cuerpos sólidos para que sus diversas porciones reunidas con cierto orden presenten un todo ó conjunto estable. En construcción comprende el *corte de piedras* y el *corte de maderas*, con cuyas designaciones se conoce también, y además en lo antiguo se ha dicho el arte de la montea. Véanse los artículos CORTE DE PIEDRAS, CORTE DE MADERAS, DESPIEZO, MONTEA Y CANTERÍA, en el último de los cuales se ha inserto la bibliografía española del ramo: aquí sólo tenemos que añadir al presente la siguiente obra publicada con posterioridad.=(DICCIONARIO GENERAL DE ARQUITECTURA É INGENIERÍA, de D. Pelayo Clairac, pág. 927, t. II.)

sión ó compresión, porque entonces dichas armaduras son de organización más sencilla, los elementos que las forman de más fácil ejecución, el montaje de las cerchas más expedito, á igualdad de resistencia necesitan menor cantidad de material, y hasta se abrevia y simplifica su cálculo, circunstancias todas que producen economía de tiempo, de trabajo y de material, que se suman para dar, como resultado definitivo, economía de dinero, resultado de utilidad positiva, siempre perseguido por los constructores.

Demostremos ante todo que el empleo de hierros tubulares es ventajoso racionalmente. En efecto, la teoría y la experiencia, de acuerdo en este caso, demuestran que la sección transversal más ventajosa para las columnas sometidas á una carga vertical aplicada según su eje, es la corona circular, pues á igualdad de resistencia y de trabajo del material que forma la columna, necesita ésta un área mínima. Y como esta demostración es independiente de la dirección que tengan en el espacio el eje de la pieza comprimida y el esfuerzo de compresión aplicado según el mismo, resulta que los pares y tornapuntas de una armadura de cubierta organizada en la forma antes indicada, se hallan en idénticas condiciones que una columna, y, por tanto, que les es aplicable la conclusión dicha, y que se pueden determinar las dimensiones de su sección transversal por medio de las fórmulas de Love ó de Rankine, en las que se tiene en cuenta, para evitarla, la posibilidad de flexión lateral producida por el esfuerzo de compresión.

La conclusión rigurosa á que hemos llegado es independiente de la disposición de las piezas de la armadura, y por tanto aplicable á todas, sea cualquiera su organización ó sistema, siempre que las cargas ó esfuerzos exteriores se apliquen directamente á los nudos.

El empleo de los hierros tubulares en la construcción de las armaduras trae consigo un problema que ha de resolverse, y es el de la disposición que ha de darse á los enlaces entre las diversas piezas para conseguir que las uniones sean de fácil ejecución, sólidas y económicas de material, puesto que si estos fines no llegaran á obtenerse, las ventajas que la adopción del perfil indicado pudiera originar serían más ilusorias que reales.

Como consecuencia del detenido estudio que hemos hecho para re-

solver este problema, y dentro de la gran variedad de disposiciones que puede darse á dichos enlaces, hemos llegado á la conclusión de que las más convenientes son las que se representan en los dibujos, por obtenerse con ellas y en el mayor grado posible las tres condiciones antes señaladas, y también otra muy esencial é importante que, á nuestro juicio, constituye una perfección en las construcciones metálicas, que es el que no existan piezas sometidas al esfuerzo cortante.

Los enlaces, cuando se trata de unir piezas comprimidas, se reducen, como puede observarse, á poner las piezas en contacto por juntas planas, normales á la dirección del esfuerzo de compresión, y cuya área es la sección transversal total de dichas piezas, impidiendo por medio de espigas las desviaciones de las mismas, que pudieran originar choques ó esfuerzos anormales, imposibles de tener en cuenta en los cálculos.

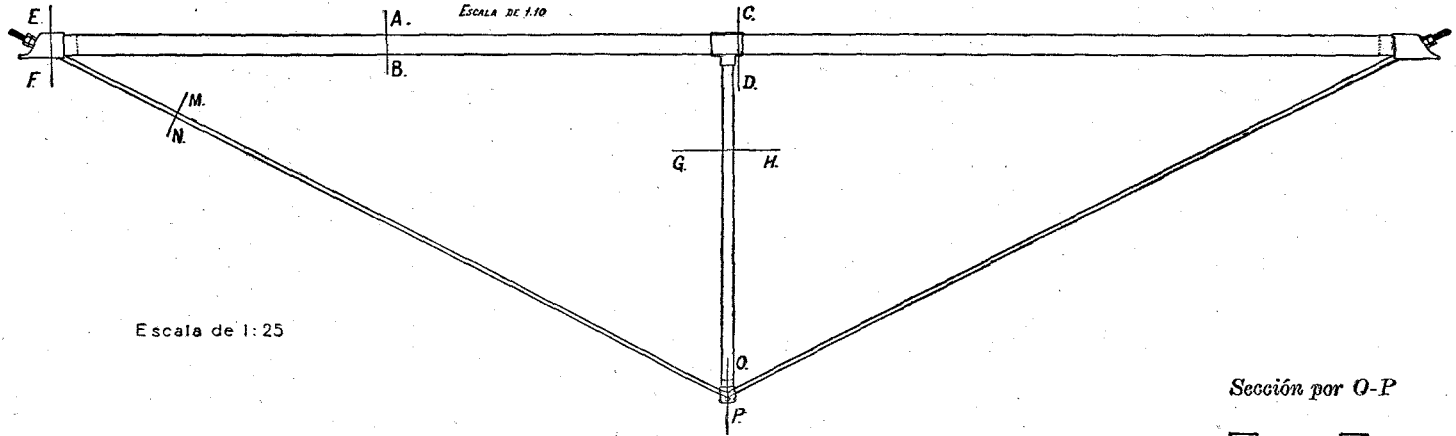
Cuando las piezas que se han de unir están ambas extendidas, el enlace consiste en una rosca, proporcionándose la longitud fileteada que ha de morder la una en la otra de tal modo que sea, como mínimo, el diámetro del perno que soportaría dicho esfuerzo de extensión.

Y finalmente, cuando la unión es entre una pieza comprimida y otra extendida, ésta lleva un extremo fileteado en que afianza una tuerca de dimensiones proporcionadas, la cual asienta sobre una superficie plana, labrada en la pieza comprimida y normal al esfuerzo de tensión.

Antes de preconizar el uso de cualquier disposición es menester someterla á pruebas, para obtener las garantías de éxito que racionalmente deben exigirse, y así, antes de lanzarse á construir armaduras de cubierta que adolecieran de algún defecto oculto á la investigación y que hiciese inconveniente el sistema, se procedió á experimentarlo en condiciones modestas, pero que no dejaran lugar á dudas.

Al efecto, se proyectó la viga armada que representa la figura A en conjunto y detalles. La organización de la viga armada era tal, que presentaba una longitud desproporcionada con el diámetro de la pieza comprimida, disposición defectuosa y desfavorable para la resistencia, pero que en la prueba convenía para no tener que emplear cargas enormes.

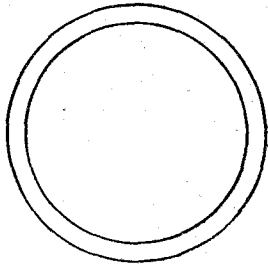
Fig. A.



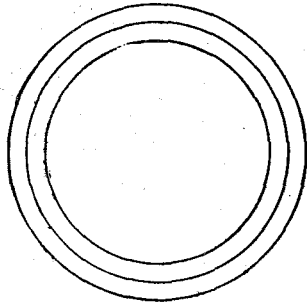
Escala de 1:25

ARMADURAS

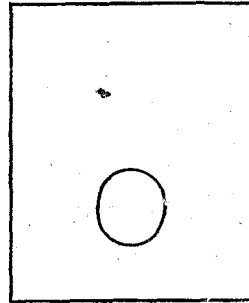
Sección por A-B



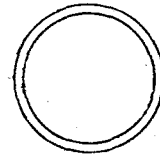
Sección por C-D



Sección por E-F



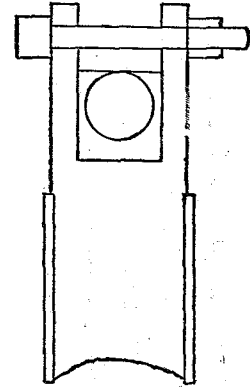
Sección por G-H



Sección por M-N



Sección por O-P



Por la fórmula de Rankine

$$P_1 = \frac{S k_2}{n} \quad n = 1 + \alpha \frac{S l^2}{J}$$

en que

P_1 = esfuerzo permanente que puede soportar la pieza en kilogramos;

S = sección transversal en centímetros cuadrados;

k_2 = máximo trabajo admisible del material = 750 kilogramos por centímetro cuadrado para el hierro;

α = coeficiente variable con el material = 0,0001 para el hierro forjado;

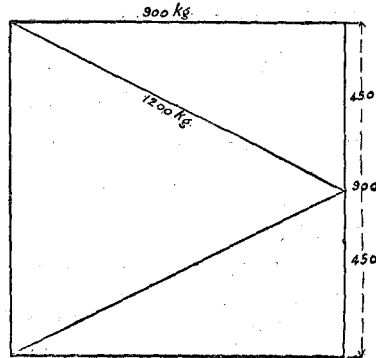
l = longitud de la pieza en centímetros;

J = mínimo momento de la sección transversal en centímetros.

Se calculó el esfuerzo de compresión que podría soportar el tubo de sección AB , y por medio del diagrama (fig. B) se determinaron los esfuerzos que sufrirían las demás piezas y la carga que los originaría, dando en consecuencia dimensiones apropiadas á dichas piezas (1).

El tubo de sección AB puede soportar una compresión de

Fig. B



$$D = 7,0 \text{ cm.} \quad D^2 = 49,00$$

$$d = 6,00 \text{ cm.} \quad d^2 = 36,00$$

$$S = \left\{ \begin{array}{l} 38,48 \\ -28,27 \end{array} \right\} = 10,21 \text{ cm.}^2$$

$$D^2 + d^2 = 85,00$$

$$e = \frac{7 - 6}{2} = 0,5 \text{ cm.}$$

(1) En el caso de ser la sección de la pieza una corona circular, la fórmula de Rankine permite obtener directamente el diámetro interior d en función del diámetro exterior D , al cual se asigna un valor arbitrario, pues mediante sencillas transformaciones, la expresada fórmula se convierte en

$$d = \pm \sqrt{-\frac{2 P_1}{\pi K_2} \pm \sqrt{D^2 \left(D^2 - \frac{4 P_1}{\pi K_2} \right) - \frac{4 P_1}{\pi K_2} \left(16 \alpha l^2 - \frac{4 P_1}{\pi K_2} \right)}}$$

También pueden calcularse los diámetros D y d por medio de tanteos, poniendo las fórmulas bajo la forma.

$$n = 1 + \frac{0,0016 \times \overline{500}^2}{85} = 5,70 \quad P_1 = \frac{10,21 \times 750}{5,7} = 900 \text{ kilógs.}$$

El tubo de sección GH

$$\begin{aligned} D &= 4,0 \text{ cm.} & D^2 &= 16,00 \\ d &= 3,5 \text{ cm.} & \frac{d^2}{D^2 + d^2} &= \frac{12,25}{28,25} \\ e &= \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$S = \left\{ \begin{array}{l} 12,56 \\ - 9,62 \end{array} \right\} = 2,90 \text{ cm}^2. \quad \left\{ \begin{array}{l} n = 1 + \frac{0,0016 \times \overline{120}^2}{1,81} = 1,81 \\ P_1 = \frac{2,90 \times 750}{1,81} = 1200 \text{ kg.} \end{array} \right.$$

El tirante de sección MN en que $d = 18$ milímetros pueda resistir una tensión

$$T = 254 \times 8 = 2032 \text{ kilogramos.}$$

Como puede observarse, la mangueta y el tirante tienen secciones excesivas y así se dispusieron para que el sistema no falsease por estos elementos.

Apoyada la viga sobre dos robustos caballetes se procedió á la prueba de resistencia, suspendiendo del punto C una plataforma de madera, que con la cadena de suspensión pesaba 478 kilogramos, y acto seguido se colocaron sobre la plataforma 30 lingotes de plomo, de 53 kilogramos

$$P_1 = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \frac{K_2}{n} \quad n = 1 + \frac{0,0016 \, l^2}{D^2 + d^2}$$

operándose con gran rapidez si se usan las tablas de cuadrados, cubos, etc., que hay en los manuales.

De dichas tablas se copian

$$\begin{array}{ccc} D = & D^2 = & \pi \frac{D^2}{4} = \\ & & \pi \frac{d^2}{4} = \\ \frac{d}{D - d} = 2e & \frac{d^2}{D^2 + d^2} = & \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = S \end{array}$$

y una vez calculado $0,0016 \, l^2$, para efectuar el tanteo sólo hay que llevar á cabo unas cuantas operaciones.

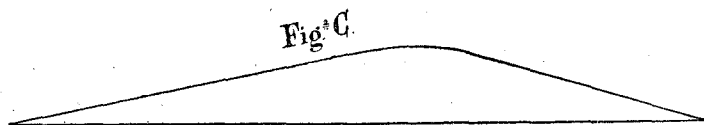
cada uno, que pesaban en junto 1590 kilogramos, de modo que la carga total suspendida en el centro de la viga era de 2.068 kilogramos.

Ha de advertirse que los lingotes no se colocaron con precaución, sino que, por el contrario, eran lanzados por dos hombres después de volearlos, originándose, como es consiguiente, 30 choques seguidos de relativa importancia.

Ni durante la carga ni después se notó la más ligera deformación en la viga, que se descargó á la hora de haber colocado el último lingote.

Se quitó también la plataforma para sustituirla por otra más extensa, que con la cadena pesaba 685 kilogramos, y al día siguiente se procedió á cargar la viga con sacos de arena, sin que se notase la más ligera deformación mientras no excedió el peso de la carga total de 4.206 kilogramos.

Pero al aumentar la sobrecarga en 50 kilogramos más se inició una ligerísima flexión lateral en el tubo de sección *AB*, que fué acentuándose lentamente al principio y luego con rapidez creciente, cediendo el conjunto hasta que la plataforma asentó sobre el terreno y deformándose la viga como representa la figura *C*.



Resulta, pues, que cuando la sobrecarga de la viga era de 2.068 kilogramos, el coeficiente de trabajo del material del tubo *AB* era de

$$2.068 = \frac{10,21 \times k_2}{5,70} \quad k_2 = \frac{2.068 \times 5,70}{10,21} = 1.154 \text{ kgs. por cm.}^2,$$

y que al llegar la sobrecarga á 4.206 kilogramos dicho coeficiente tuvo por valor

$$k_2 = \frac{4.206 \times 5,7}{10,21} = 2345 \text{ kg. por cm.}^2,$$

cantidad que excede algún tanto del límite de elasticidad del hierro, cuya constante específica oscila de 1500 á 2000 kilogramos por centímetro cuadrado. No es de extrañar, por tanto, que en este estado, el li-

gero aumento de 50 kilogramos en la sobrecarga, y el aumento del coeficiente de trabajo á

$$k_2 = \frac{4.256 \times 5,70}{10,21} = 2376 \text{ kg. por cm.}^2$$

causase la deformación de la viga.

Esta tuvo lugar en la forma prevista por la teoría. Examinada escrupulosamente la viga deformada, se pudo evidenciar:

1.º Que los enlaces no habían sufrido nada absolutamente, y que cada uno de por sí, aisladamente considerado, se hallaba en el mismo estado que antes de efectuar la prueba, resultado que demuestra de un modo fehaciente la bondad de su organización.

Y 2.º Que el tubo de sección $A B$ se había encorvado según un arco de círculo, como debía ocurrir, sin que se notasen grietas ni hendiduras, poniéndose así de manifiesto las excelentes condiciones del metal que lo formaba.

Hemos de hacer notar que la viga armada pesaba 65 kilogramos, y como la carga para que fué calculada era de 900 kilogramos, resulta que la relación entre ambas cifras es de

$$\frac{65}{900} = 0,0722.$$

Una viga I trabajando por flexión al mismo coeficiente de trabajo de 750 kilogramos por centímetro cuadrado, hubiera necesitado tener $200 \times 58,5 \times 7 \times 8$ milímetros (fábrica del Creusot). Pesando por metro 22 kilogramos, y en total 110 kilogramos, la relación entre este peso y la carga sería

$$\frac{110}{900} = 0,122,$$

y la economía de material de la primera respecto de la segunda

$$\frac{110 - 65}{110} = 40 \text{ por } 100.$$

En vista de los resultados de esta prueba y siendo necesario cubrir un edificio de 23×11 metros, proyectamos una cercha Polonceau formada con hierros tubulares, y otra del mismo sistema y de igual resistencia en que los pares y tornapuntas tenían las secciones en I y en $+$ respectivamente.

La figura 1 representa la armadura reducida á sus ejes y las fuerzas exteriores y la 2 el diagrama de los esfuerzos desarrollados en las diversas piezas.

La cercha tubular (figura 3 y detalles correspondientes) tiene cada par constituido por dos trozos de tubo de la sección $m n$, que se unen entre sí mediante las piezas B , cuya disposición es bien sencilla. Estas piezas son también de sección anular, excepto en la parte central, en que se limitan por la parte superior en una superficie plana para asiento de

Fig. 1

Escala de 1 : 200

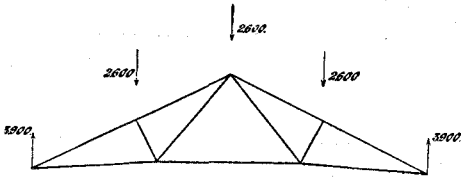


Fig. 2

Escala de 1 : 200

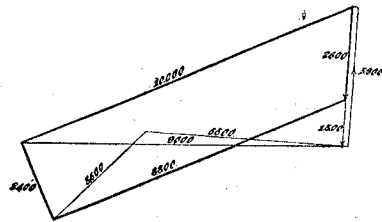
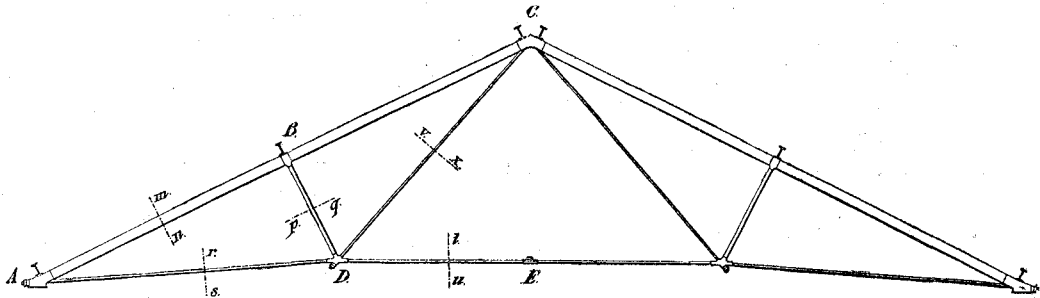


Fig. 3

Escala de 1 : 50 mts



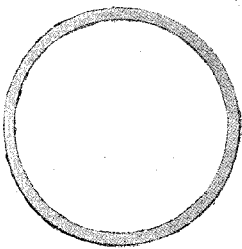
Sección por $m-n$
Escala de 1 : 4

Sección por $p-q$
Escala de 1 : 4

Sección por $r-s$
Escala de 1 : 4

Sección por $t-u$
Escala de 1 : 4

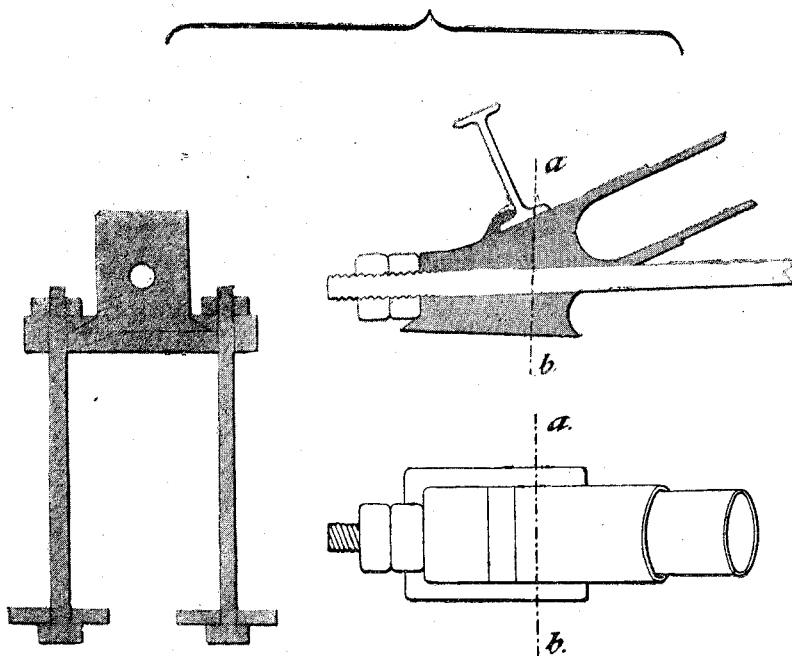
Sección por $v-x$
Escala de 1 : 4



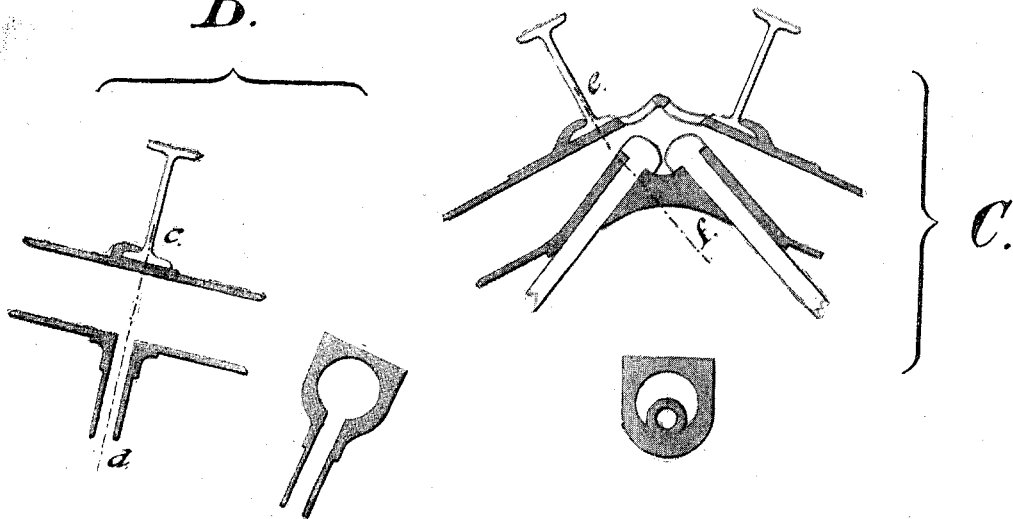
Detalles de la figura 3

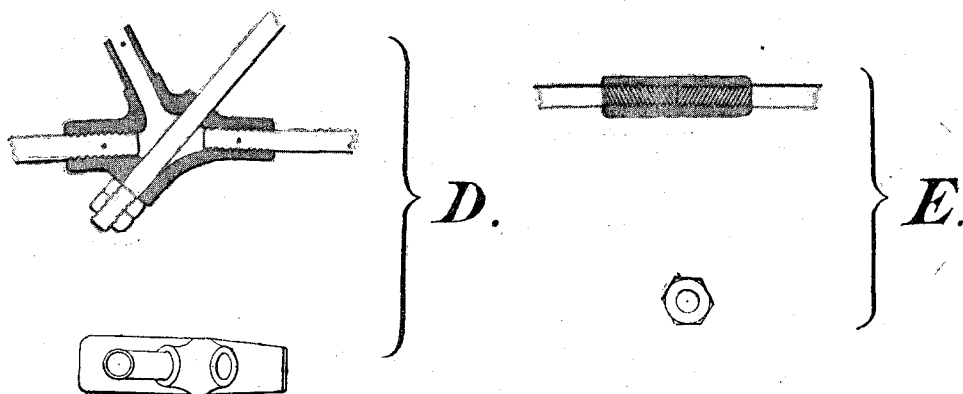
Escala de 1:10 mts.

A.



B.





las correas, que se sostienen gracias al cojinete que forma parte de dichas piezas. Los extremos de la pieza *B* son dos espigas que se enchufan en dos tubos, siendo la superficie de contacto entre una y otros una superficie plana, cuya área es la sección total del tubo. La pieza *B* tiene también una espiga para la unión con la tornapunta.

El pie del par está formado por la pieza *A* y se unen ambos con una espiga como las de la pieza *B*. La pieza *A* tiene una cara plana y horizontal para el asiento en la zapata sujeta al muro ó apoyo, y presenta un taladro cilíndrico por donde pasa el tirante inclinado. Este tiene roscado el extremo y en él van dos tuercas que asientan en una cara plana de la pieza *A*, normal al eje del tirante. Esta pieza tiene otra cara plana para apoyo de la correa y el cojinete como la *B*.

El vértice de la cercha está constituido por la pieza *C* acodada, de sección anular, y con dos espigas para su enlace con los pares. La pieza *C* tiene dos caras planas al exterior para asiento de las correas y lleva dos cojinetes para las mismas. Presenta dos aberturas para el paso de las cabezas de los pendolones, afianzándose éstas en dos superficies planas, labradas en la superficie interior, y dos taladros cilíndricos para alojar dichos pendolones.

La unión de los tirantes, pendolones y tornapuntas se realiza mediante la pieza *D*, formada por manguitos roscados para los primeros y una espiga para las segundas.

Los tirantes horizontales se ensamblan por el tensor *E*, que es un trozo de tubo cuyos extremos van fileteados interiormente con roscas

inversas en que se atornillan los tirantes, y en la parte central se rebaja el espesor del filete.

De la descripción precedente se deduce que todos los enlaces son de fácil ejecución, que el montaje es muy expedito, que las piezas pueden templarse como convenga y que las uniones son muy sólidas. Efectivamente, las piezas comprimidas están en contacto por una superficie plana, que tiene igual área que la sección transversal de aquéllas y que es normal á la dirección de la fuerza compresora; las desviaciones que choques ó esfuerzos anormales pudieran originar están prevenidas por las espigas. Las piezas extendidas se enlazan unas á otras por medio de roscas, las cuales, cuando se labran con arreglo á los buenos principios de construcción y se unen con un número suficiente de filetes, son, á nuestro juicio, uno de los mejores y más sólidos medios de unión; las tuercas que asientan sobre otras piezas para afianzar en ellas y transformar la extensión en compresión, también son una disposición que ofrece gran seguridad y muchas garantías de solidez.

Como puede notarse, no existen pasadores, pernos ni roblones que estén sometidos directamente al esfuerzo cortante, y esto juzgamos que es una buena cualidad en una construcción metálica.

Respecto de la cercha con los pares de sección **I** y tornapuntas **+**, la figura 4 y detalles correspondientes representa la disposición que se le ha dado, que es muy usada y conocida, no considerando por este motivo necesario hacer su descripción.

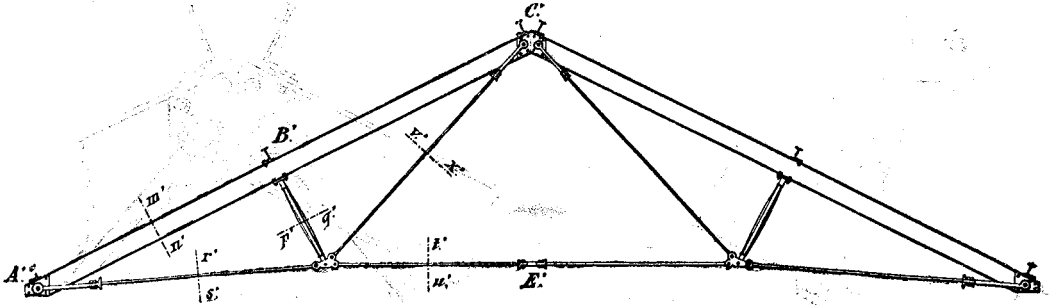
Vamos ahora á comparar una y otra desde distintos puntos de vista:

1.^a FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.—Al final del artículo se acompaña con el núm. 1 la relación de las piezas que componen cada una de las dos cerchas y se vé que para la tubular hacen falta 28, mientras que para la otra son precisas 147, números que ponen de relieve la sencilla organización de la primera, y por tanto, la poca mano de obra que relativamente necesita.

En la cercha tubular hay cinco piezas fundidas (de hierro ó acero) que son las *A*, *B* y *C*, y dos (las *D* y *E*) que pueden ser forjadas ó de acero fundido; todas las demás son de hierro forjado. El único trabajo delicado, y ese es fácil y barato, por poderse hacer con el torno, es repasar las

Fig. 4

Escala de 1:50 mts.



Sección por $m'-n'$

Escala de 1:4

Sección por $p'-q'$

Escala de 1:4

Sección por $r'-s'$

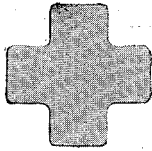
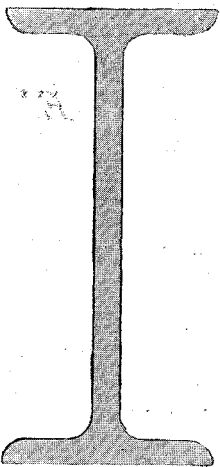
Escala de 1:4

Sección por $t'-u'$

Escala de 1:4

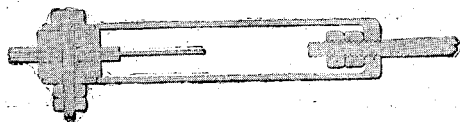
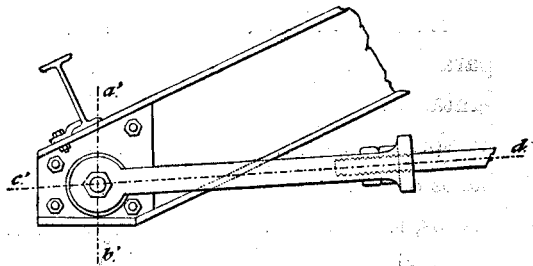
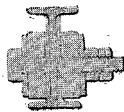
Sección por $v'-x'$

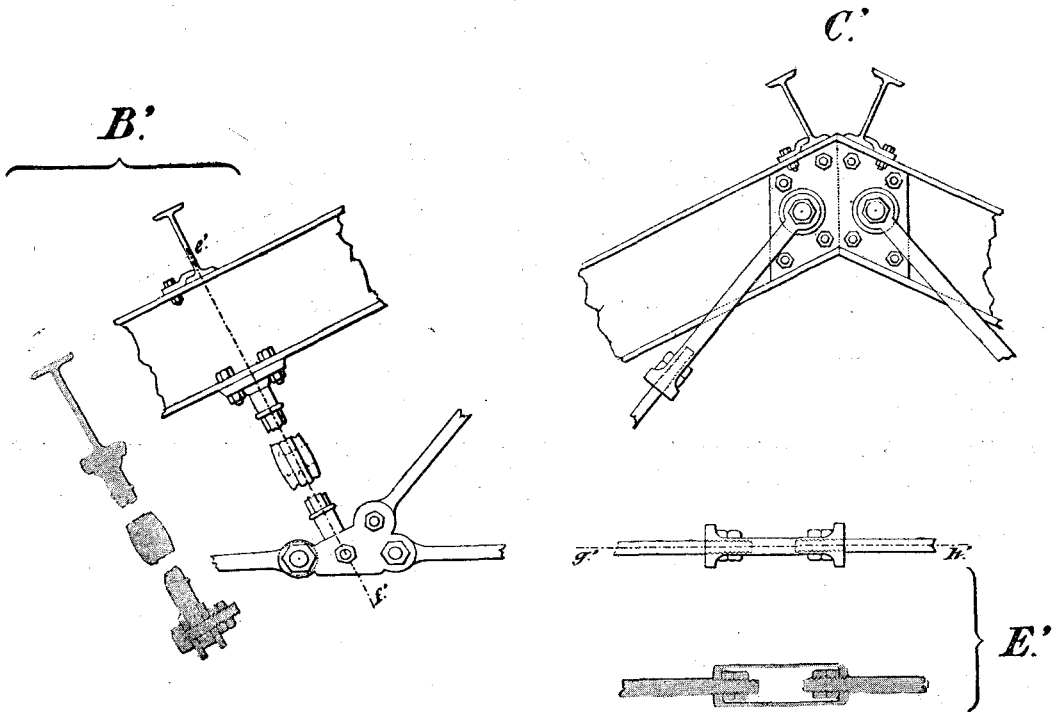
Escala de 1:4



Detalles de la figura 4

A'





espigas y superficies de asiento en las piezas *A*, *B* y *C*, y la cara interior y sección recta en los extremos de los tubos.

Las piezas *D* y *E* sólo necesitan atornillarse, lo mismo que los extremos de los tirantes y pendolones.

En cambio en la otra cercha hay que abrir una porción de taladros para unir los pares con los suplementos de los piés, tornapuntas, cubre-juntas del vértice y cojinetes para sostén de las correas. También han de abrirse los taladros para alojar los pasadores, tanto de la unión de los pares con los tirantes y pendolones, como en las placas de las articulaciones, siendo todos estos trabajos delicados, pues de su perfección depende el que la cercha sea ó no buena. Las horquillas exigen un trabajo delicado de forja, tanto para formar el travesaño ó parte acodada, como para hacer los extremos de las ramas en que afianzan los pasadores, siendo también un trabajo de la misma índole el tensor y los ojos de los tirantes y pendolones que se unen á la articulación. Después viene la for-

ja y aterrajado de los muchísimos pernos, pasadores y tuercas que se necesitan.

Se ve, pues, que suponiendo que ambas cerchas tuviesen igual peso de hierro, el de la tubular necesita mucho menos mano de obra que el de la segunda, y por tanto, que la más sencilla organización de aquella, además de la facilidad de construcción, trae consigo la ventaja de ser más económica.

2.^a FACILIDAD EN EL MONTAJE.—Supuesto que se reciben de fábrica todos los elementos para construir una y otra armadura, los mismos números 28 y 147 de las piezas que respectivamente las componen nos dan una idea de la facilidad que habrá para armar una y otra. Lo primero que ha de hacerse es separar las piezas para cada cercha, y claro es que es mucho más breve y sencillo escoger 28 elementos que 147.

Hecha la elección de piezas, el montaje de la tubular se reduce: á enchufar ocho espigas en los pares y cuatro en las tornapuntas; á roscar cuatro varillas en las dos piezas *D* y dos en la *E*, y á colocar ocho tuercas, mientras que en la cercha con pares en *I* hay que colocar: los cuatro suplementos del pié del par con sus ocho pernos y tuercas; las dos cubre-juntas del vértice, con otros tantos pernos y tuercas; los seis cojinetes, con 12 pernos y tuercas; las dos tornapuntas, con ocho pernos y tuercas; los cuatro estribos, con los ocho suplementos de fundición y sus cuatro pasadores y tuercas; las cuatro placas de las articulaciones, los tirantes y pendolones, con los ocho pasadores y tuercas; el tensor, con sus cuatro tuercas, y las ocho tuercas de los tirantes inclinados y pendolones.

De la relación precedente se deduce que es mucho más fácil y breve montar la primera cercha que la segunda, y se economiza, por tanto, mano de obra.

3.^a MAYOR FACILIDAD PARA INSPECCIONAR LA CALIDAD DEL TRABAJO Y PERFECCIÓN DE LOS ENLACES.—El reconocimiento de las piezas en la cercha tubular es mucho más breve y fácil que en la otra, pues además del menor número de piezas que ha de ser reconocido, resulta que las piezas de compromiso, por decirlo así, no existen. En efecto, las piezas *D* de acero fundido son simples manguitos roscados que pueden inspeccionarse fácilmente, apreciando sobre todo cómo se han labrado los filetes. Los tirantes y pendolones (las cabezas de éstos serán recaladas y no solda-

das) son piezas enterizas, cuyos extremos van roscados y la buena ejecución de las roscas y de las tuercas es bien fácil de comprobar.

En cambio en la cercha con pares en **I** tenemos como piezas de compromiso las cuatro horquillas, el tensor y los ojos de los tirantes y pendolones. Claro es que esas piezas forjadas, si están bien hechas, ofrecen toda la solidez y resistencia que se puede pedir, pero también es cierto que pueden disimularse faltas ó defectos en las soldaduras, que el ojo más experto no puede apreciar, y que, si existen, pueden producir contingencias desagradables.

Resulta, pues, que desde este punto de vista es también preferible la cercha tubular.

4.^a SIMPLIFICACIÓN EN LOS CÁLCULOS DE RESISTENCIA DE TODOS LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA CERCHA.—Las magnitudes de los esfuerzos que experimenta cada pieza de la armadura está determinada en el diagrama (fig. 2).

Armadura tubular.

PARES.—Piezas comprimidas según su eje por una fuerza de 10.000 kilogramos.

Para determinar la sección transversal emplearemos la fórmula de Rankine

$$P_1 = \frac{S k_2}{n} \dots n = 1 + \alpha \frac{l^2 S}{J}$$

siendo

P_1 = carga admisible en kilogramos,

S = área de la sección en centímetros cuadrados,

k_2 = trabajo de tensión admisible por centímetro cuadrado,

α = coeficiente = 0,0001 para el hierro forjado,

l = longitud de la pieza en centímetros,

J = mínimo momento de inercia de la sección en centímetros.

Dando al par las dimensiones expresadas en la sección $m n$ (fig. 3), resultan

$$S = 24,60 \text{ cm.}^2 \dots J = 447,767 \dots l = 300$$

$$n = 1 + 0,0001 \times \frac{300^2 \times 24,60}{447,767} = 1,45 \dots P_1 = \frac{24,60 \times 600}{1,45} = 10.179 \text{ kg.}$$

TORNAPUNTA.—Pieza comprimida según su eje por una fuerza de 2400 kilogramos. Las fórmulas anteriores aplicadas á la sección $p q$ (fig. 3) en que

$$S = 5,56 \text{ cm.}^2 \dots J = 17,777 \dots l = 110 \text{ centímetros} \dots$$

dan

$$n = 1 + 0,0001 \times \frac{110^2 \times 5,56}{17,777} = 1,37 \dots P_1 = \frac{5,56 \times 600}{1,37} = 2.440 \text{ kg.}$$

TIRANTE INCLINADO.—Pieza extendida por una fuerza de 9000 kilogramos. La fórmula $T = R \omega$ aplicada á la sección $r s$ (fig. 3) en que $d_1 = 38$ milímetros $e o_1 = 1194 \text{ mm.}^2$, y siendo $R = 8,4$ kilogramos por milímetro cuadrado, da

$$T_1 = 8,4 \times 1194 = 10.029,6 \text{ kilogramos.}$$

TIRANTE HORIZONTAL.—Pieza extendida por una fuerza de 5500 kilogramos. La fórmula anterior aplicada á la sección $t u$ (fig. 3), en que $d_2 = 30$ milímetros $e o_2 = 706 \text{ mm.}^2$, siendo $R = 8$ kilogramos por milímetro cuadrado, da

$$T_2 = 8 \times 706 = 5648 \text{ kilogramos.}$$

PENDOLÓN.—Pieza extendida por una fuerza de 3600 kilogramos. La fórmula precedente aplicada á la sección $v x$, en que $d_3 = 25$ milímetros $e v_3 = 490 \text{ mm.}^2$, siendo $R = 8$ kilogramos por mm.^2 , da

$$T_3 = 8 \times 490 = 3920 \text{ kilogramos.}$$

MEDIOS DE ENLACE.—Las espigas de las piezas A , B y C sólo tienen por objeto impedir la desviación lateral de los tubos, originada por esfuerzos anormales y no sujetos al cálculo. La superficie de su sección transversal y su longitud son, en cierto modo, arbitrarias. En el caso actual se les ha dado robustez excesiva, haciendo

$$S_1 = S = 24,60 \text{ cm.}^2 \quad \text{y} \quad l_1 = 12,5 \text{ centímetros.}$$

Las espigas para unir la tornapunta con las piezas B y D se halla en igual caso que las anteriores, y también tienen exceso de resistencia al hacer $S_1 = S = 5,56 \text{ cm.}^2 \dots l_1 = 8 \text{ cm.}$

La pieza D tiene las ramas en que se insertan los tirantes y pendolones sometidos á esfuerzos de extensión iguales á los que sufren dichas piezas, por tanto necesitan la sección resistente

$$c o = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} = \frac{T}{R}$$

en que

T = esfuerzo de tensión,

D = diámetro exterior,

d = diámetro interior ó del tirante ó pendolón,

R = coeficiente de trabajo del acero;

para simplificar y favorecer la resistencia se hace

$c o$ = sección del tirante ó pendolón,

y resulta

$w_1 = 1194 \text{ mm.}^2$	$D_1 = 56 \text{ mm.}$	$d_1 = 38 \text{ mm.}$
$w_2 = 706 \text{ mm.}^2$	$D_2 = 43 \text{ mm.}$	$d_2 = 30 \text{ mm.}$
$w_3 = 490 \text{ mm.}^2$	$D_3 = 36 \text{ mm.}$	$d_3 = 25 \text{ mm.}$

Las dimensiones de los pasos de rosca, si se labran á torno, se determinarán por la escala de Whitwort y en cuanto á las dimensiones de las tuercas se les dará: de diámetro, $d' = 2 d$, y de altura, $h = 1,20 d$.

Las demás dimensiones de las piezas A , B , C , D y E son las exigidas para la buena ejecución de las mismas y tienen una robustez excesiva.

Armadura con pares en I.

PARES.—Piezas comprimidas según su eje por una fuerza de 10.000 kilogramos.

La fórmula de Rankine empleada anteriormente en que

$$S = 46,40 \text{ cm.}^2 \dots J = 224 \left\{ \begin{array}{l} \text{mínimo momento de inercia de la vigueta I} \\ \text{perfil núm. 24 de Altos Hornos,} \end{array} \right.$$

$$l = 300 \text{ cm.}$$

nos da

$$n = 1 + 0,0001 \frac{300^3 \times 46,40}{224} = 2,86 \dots P_1 = \frac{46,40 \times 600}{2,86} = 9734 \text{ kg.}$$

TORNAPUNTAS.—Piezas comprimidas según su eje por una fuerza de 2400 kilogramos.—Las tornapuntas son de fundición y sección cruciforme de las dimensiones indicadas en $p' q'$.

La fórmula de Rankine siendo

$$a = 0,0008 \dots S = 16,25 \text{ cm.}^2 \dots J = 21,59 \dots l = 110 \text{ cm.} \dots K_2 = 1250 \text{ kg.}$$

da

$$n = 1 + 0,0008 \frac{110^2 \times 16,25}{21,59} = 8,28 \dots P_1 = \frac{16,25 \times 1250}{8,28} = 2479 \text{ kg.}$$

TIRANTES Y PENDOLONES.—Se aplica el mismo procedimiento que para las piezas análogas de la cercha tubular, obteniendo idénticos resultados.

MEDIOS DE ENLACE.—PIÉ DEL PAR.—Para el buen asiento de la armadura es preciso encepar el par entre dos trozos de escuadra recortados como representa el detalle A' . La unión entre estos suplementos y la vigueta **I** se hace por medio de cuatro pernos, cuya sección se calcula por la fórmula

$$2 n \times \frac{\pi d^2}{4} \times R'' = P$$

en que

n = número de pernos = 4,

d = diámetro,

R'' = trabajo del metal al esfuerzo cortante = 6 kg. por mm.^2

P = fuerza exterior = 10.000 kilogramos;

obteniéndose

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{10.000}{2 \times 4 \times 6} = 208 \text{ mm.}^2 \dots d = 16 \text{ milímetros.}$$

UNIÓN DEL PAR CON EL TIRANTE INCLINADO.—BARRAS DE LA HORQUILLA.—Cada barra sufre un esfuerzo tractor de

$$\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \times 9000 = 4500 \text{ kg.}$$

y necesita una sección resistente deducida de la fórmula

$$\frac{1}{2} P = R c o;$$

de donde

$$c o = \frac{4500}{8} = 562,5 \text{ mm.}^2$$

haciendo

$$c o = l e \quad y \quad e = 0,20 l$$

resulta

$$c o = 0,20 l^2 = 562,50 \text{ mm.}^2 \dots l = \sqrt{\frac{562,5}{0,20}} = 53 \text{ mm.} \dots e = 10,6 \text{ mm.}$$

PASADOR.—Aplicando las fórmulas del número 244 de la *Mecánica* del coronel Marvá

$$d = 0,66 l = 0,66 \times 53 = 34,98 \text{ mm.}$$

comprobación

$$R'' \frac{\pi d^2}{4} > \frac{1}{2} P \dots (6 \times 962 = 5772) > \left(\frac{9000}{2} = 4500 \right).$$

CABEZAS DE LAS BARRAS.—Aplicando las fórmulas del núm. 239 de la *Mecánica* del coronel Marvá

$$l' = \left(1,25 + 0,25 \frac{d}{l} \right) l \dots \left. \begin{array}{l} d = 35 \text{ mm.} \\ l = 53 \text{ mm.} \end{array} \right\} l' = \left(1,25 + 0,25 \frac{35}{53} \right) 53 = 74,73 \text{ mm.}$$

diámetro total de la cabeza

$$l' + d = 74,73 + 35 = 109,73 \text{ mm.}$$

TRAVESAÑO DE LA HORQUILLA.—Pieza empotrada por sus extremos y sometida á una carga en el centro de 9000 kilogramos; sus dimensiones las determina la fórmula

$$\frac{R b h^2}{6} = \frac{P l}{8}$$

en que

$$R = 8.000.000 \text{ kilogramos,}$$

$$\left. \begin{array}{l} b \\ h \end{array} \right\} \text{ lados de la sección,}$$

$$P = \text{carga en el centro,}$$

$$l = \text{luz} = 0,108 \text{ milímetros;}$$

obteniendo

$$b h^2 = \frac{6 \times 9000 \times 0,108}{8 \times 8.000.000} = 0,000091125 \dots b = 0^m,076 \dots h = 0^m,0346.$$

TUERCAS.—Altura $= 1,20 d = 1,20 \times 38 = 45,6$ milímetros,
diámetro $= 2 d = 2 \times 38 = 76$ milímetros.

UNIÓN DEL PAR CON EL PENDOLÓN.—BARRAS DE LA HORQUILLA.—Cada barra sufre un esfuerzo tractor de

$$\frac{1}{2} P = \frac{3600}{2} = 1800 \text{ kilogramos,}$$

y necesita la sección resistente

$$c o = \frac{1800}{8} = 225 \text{ milímetros cuadrados,}$$

haciendo:

$$c o = l e \dots e = 0,20 l \dots l = \sqrt{\frac{225}{0,20}} = 34 \text{ mm.} \dots e = 6,8 \text{ mm.}$$

PASADOR. $d = 0,66 l = 0,66 \times 34 = 22,45$ milímetros;
comprobación:

$$(6 \times 415) > (\frac{1}{2} 3600 = 1800).$$

CABEZAS DE LAS BARRAS. $l' = \left(1,25 + 0,25 \frac{l}{a}\right) l \dots \left. \begin{array}{l} d = 23 \text{ mm.} \\ l = 34 \text{ mm.} \end{array} \right\}$

$$l' = \left(1,25 + 0,25 \times \frac{23}{34}\right) \times 34 = 48,62 \text{ milímetros;}$$

diámetro total de la cabeza

$$l' + d = 48,62 + 23 = 71,62 \text{ milímetros.}$$

TRAVESAÑO DE LA HORQUILLA. $\frac{R b h^2}{6} = \frac{P l}{8},$

$$\left. \begin{array}{l} R = 8.000.000 \text{ kg.} \\ P = 3600 \text{ kg.} \\ l = 0,108 \text{ m.} \end{array} \right\} - b h^2 = \frac{6 \times 3600 \times 0,108}{8 \times 8.000.000} = 0,00004$$

$$b 0^m,05 \dots h = 0^m,029.$$

TUERCAS.—Altura $= 1,20 d = 1,20 \times 23 = 27,6$ milímetros,
diámetro $= 2 d = 2 \times 23 = 46$ milímetros.

ARTICULACIÓN.—(Párrafo 245, *Mecánica de Marvá*).

Tirante inclinado. . .	9000 kg.	} Extensión
Idem horizontal. . . .	5500 »	
Pendolón.	3600 »	
Tornapunta.	2400 »	} Compresión

Fuerza $= 9000$ kilogramos.

ESPESOR DE LAS PLACAS. $e = \sqrt{\frac{P}{5R}} = \sqrt{\frac{9000}{5 \times 8}} = 15 \text{ mm.}$

DIÁMETRO DEL PASADOR. $d = 2,5 e = 2,5 \times 15 = 37,50 \text{ milímetros.}$

DIÁMETRO DE LA PARTE CIRCULAR DE LA PLACA.

$$l' = \left(1,25 + 0,25 \frac{d}{l} \right) l \dots d = l = 37,50 \text{ mm.} \dots l' = 56,25 \text{ mm.}$$

DIÁMETRO TOTAL DE LA PLACA. $l' + d = 56,25 + 37,50 = 93,75 \text{ mm.}$

DIÁMETRO DEL OJO DE LA BARRA. $d'' = 2 d = 37,5 = 75 \text{ milímetros.}$

Fuerza = 5500 kilogramos.

ESPESOR DE LAS PLACAS. $e = \sqrt{\frac{P}{5R}} = \sqrt{\frac{9000}{5 \times 8}} = 12 \text{ mm.}$

DIÁMETRO DEL PASADOR. $d = 2,5 e = 2,5 \times 12 = 30 \text{ milímetros.}$

DIÁMETRO DE LA PARTE CIRCULAR DE LA PLACA.

$$l' = 1,50 d = 1,50 \times 30 = 45 \text{ milímetros.}$$

DIÁMETRO TOTAL DE LA IDEM IDEM. $l' + d = 45 + 30 = 75 \text{ mm.}$

DIÁMETRO DEL OJO DE LA BARRA. $d'' = 2 d = 2 \times 30 = 60 \text{ mm.}$

Fuerza = 3600 kilogramos.

ESPESOR DE LA PLACA. $e = \sqrt{\frac{P}{5R}} = \sqrt{\frac{3600}{5 \times 8}} = 9,5 \text{ milímetros.}$

DIÁMETRO DEL PASADOR. $d = 2,5 e = 2,5 \times 9,5 = 23,75 \text{ milímetros.}$

DIÁMETRO DE LA PARTE CIRCULAR DE LA PLACA.

$$l' = 1,50 d = 1,50 \times 23,75 = 35,62 \text{ milímetros.}$$

DIÁMETRO TOTAL DE LA IDEM IDEM. $l' + d = 35,62 + 23,75 = 59,37.$

DIÁMETRO DEL OJO DE LA BARRA. $d'' = 2 d = 2 \times 23,75 = 46,5 \text{ mm.}$

Fuerza = 2400 kilogramos.

ESPESOR DE LA PLACA. $e = \sqrt{\frac{P}{5R}} = \sqrt{\frac{2400}{5 \times 8}} = 8 \text{ milímetros.}$

DIÁMETRO DEL PASADOR. $d = 2,5 e = 2,5 \times 8 = 20 \text{ milímetros.}$

DIÁMETRO DE LA CABEZA DE LA TORNAPUNTA.

$$d'' = 2 d = 2 \times 20 = 40 \text{ milímetros.}$$

TENSOR DEL TIRANTE HORIZONTAL.—BARRAS DEL TENSOR.—Cada una sufre de extensión

$$\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \times 5500 = 2750 \text{ kilogramos}$$

$$R c o = \frac{1}{2} P \dots c o = \frac{2750}{8} = 343,85 \text{ mm.}^2$$

$$c o = l e \dots e = 0,2 l \dots l = \sqrt{\frac{343,85}{0,20}} = 41,40 \text{ mm.} \dots e = 8,28 \text{ mm.}$$

TRAVESAÑOS DEL TENSOR.

$$\frac{R b h^2}{6} = \frac{P l}{8} \dots R = 8.000.000 \text{ kg.} \dots P = 5500 \text{ kg.} \dots l = 0,060 \text{ metros}$$

$$b h^2 = \frac{6 \times 5500 \times 0,06}{8 \times 8.000.000} = 0,000031 \dots b = 0^m,06 \dots h = 0^m,0223.$$

UNIÓN DE LOS PARES EN EL VÉRTICE.—CUBREJUNTAS.

$$e' = \frac{1}{2} e = \frac{1}{2} 8 = 4 \text{ milímetros.}$$

PERNOS.—Como los del pie del par $\dots d = 16$ milímetros.

Si comparamos los cálculos para determinar las dimensiones de todos los elementos de ambas armaduras, podemos notar que son mucho más breves los necesarios para la tubular que para la otra, pues se suprimen casi por completo los relativos á los medios de enlace, que son más largos y entretenidos, aunque sean sencillos, que los de las piezas principales; por tanto, desde este punto de vista también es más ventajosa la cercha tubular.

5.^a Notable reducción en el peso del material empleado. Al final se acompañan con los núms. 2 y 3 dos estados de cubicación y peso correspondientes á cada una de las dos armaduras estudiadas, y en el núm. 4 un cuadro comparativo entre los pesos de cada clase de piezas principales, incluso los medios de enlace, que puede considerarse forman parte de las mismas, y los pesos totales de ambas cerchas, cuyo exámen hace ver que empleando la armadura tubular se obtiene un entramado de igual robustez que el de la otra cercha, y se realiza una economía del 35,96 por 100 de material, resultado tan elocuente que no necesita comentarios.

En vista de cuanto precede se procedió á construir la cercha tubular, encargándose de su construcción la fábrica de tubos forjados de Bilbao, y recibidos que fueron y comprobada la buena calidad de los materiales y la buena elaboración, se procedió á su montaje y colocación en obra,

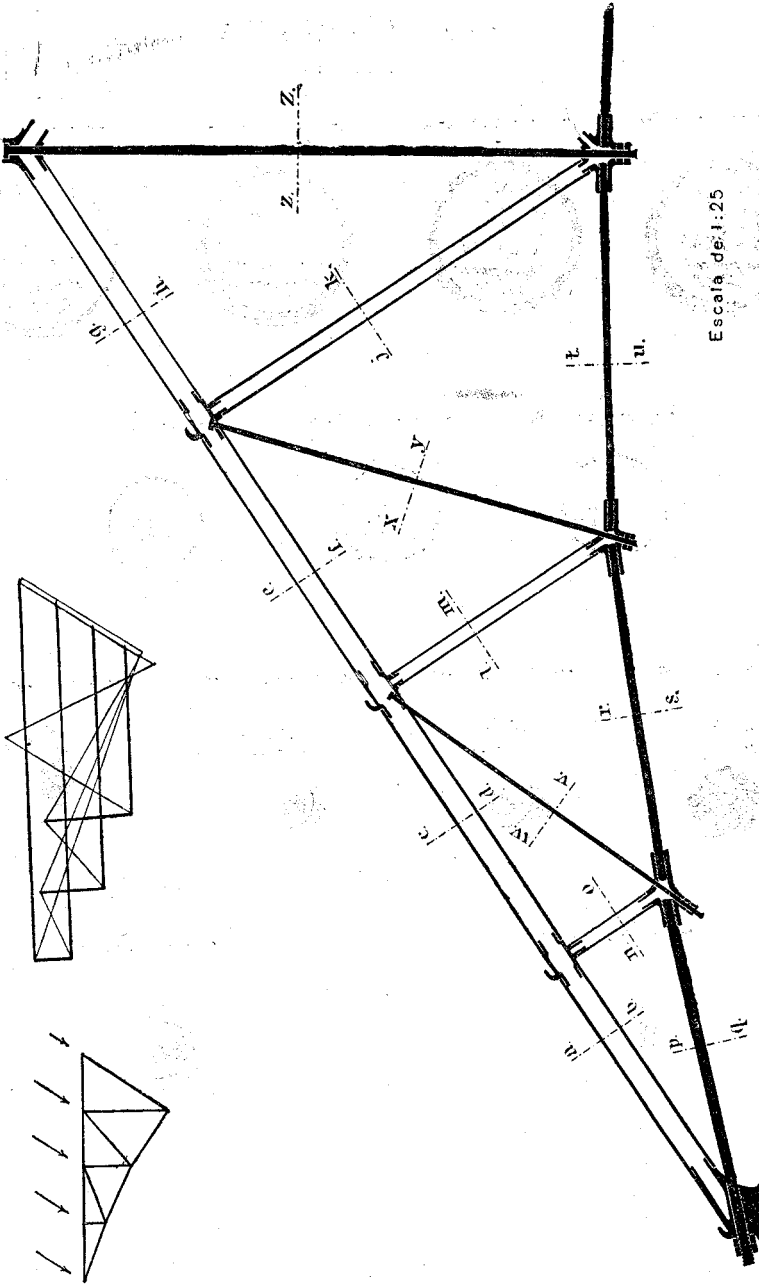
pudiendo apreciarse prácticamente las grandes facilidades para ambas operaciones, conforme había hecho prever el estudio teórico, así como también la economía realizada, no sólo en el peso bruto del material empleado, sino en el precio del quintal métrico elaborado.

Estos hechos son más elocuentes por sí mismos que cuanto pudiéramos decir, y así, para terminar este trabajo, sólo trataremos de demostrar que el sistema indicado es de aplicación general á toda clase de armaduras.

Para este fin se acompañan los diagramas y dibujos de detalle necesarios para una cercha de 10 metros de luz, con tornapuntas normales (fig. 5), para una cercha inglesa de 25 metros de luz (fig. 6) y finalmente (fig. 7), para una cercha compleja de 19,80 metros de luz para cubierta de teja plana, en que cada listón para el enganche de ésta subsiste sobre un nudo. Las dimensiones de todas las piezas se han calculado como puede comprobarse, pero para no alargar este trabajo con la exposición de cálculos que ninguna utilidad práctica tienen en este caso, los hemos omitido.

La inspección de los mencionados dibujos hace ver que lo mismo para las armaduras que aquellos representan, que para las de otros tipos que pudieran adoptarse, son de aplicación los enlaces que proponemos para unir las diversas piezas cuando éstas son de sección circular, llena ó hueca.

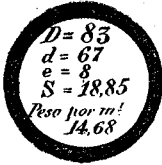
Fig. 5



Detalles de la figura 5

Escala de 1:4

Sección por a-b



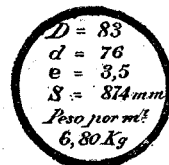
Sección por c-d



Sección por e-f



Sección por g-h



Sección por j-k



Sección por l-m



Sección por n-o



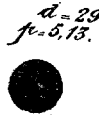
Sección por p-q



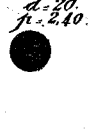
Sección por r-s



Sección por t-u



Sección por x-y



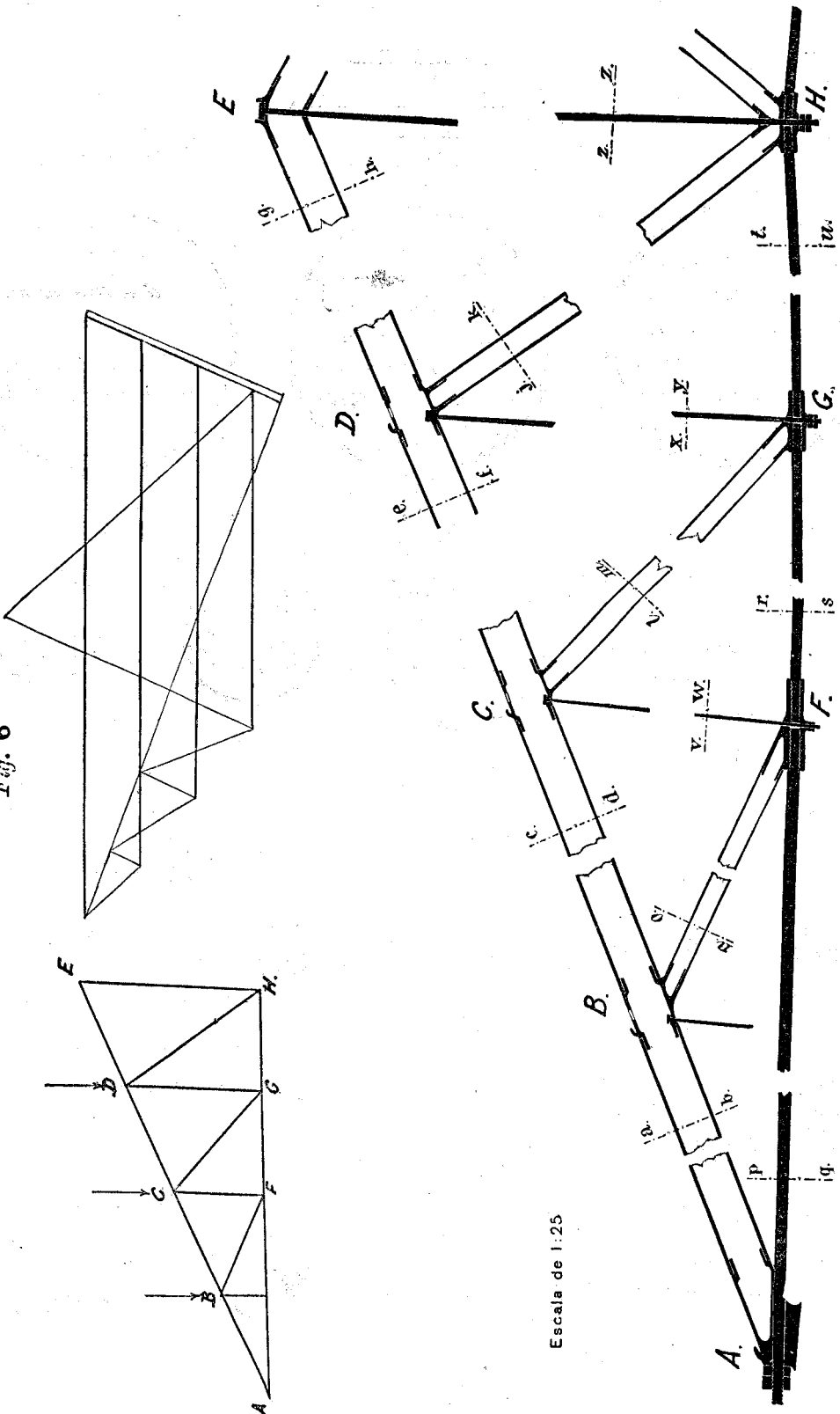
Sección por w-v



Sección por z-z



Fig. 6



Escala de 1:25

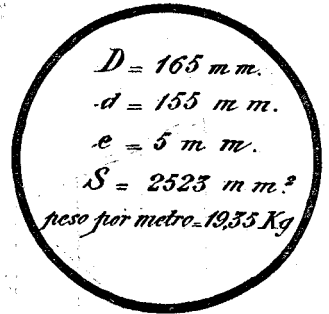
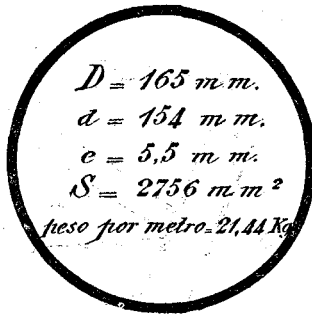
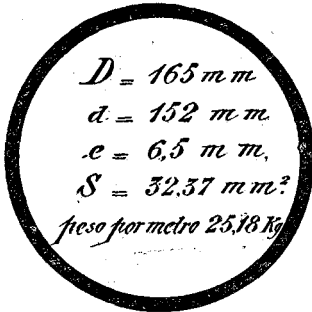
Detalles de la figura 6

Escala de 1:4

Sección por a-b

Sección por c-d

Sección por e-f

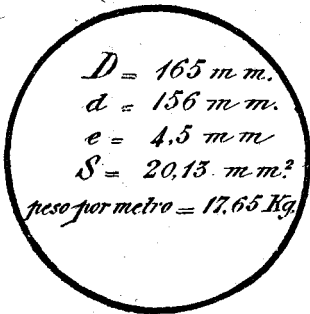


Sección por g-h

Sección por j-k

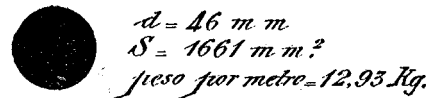
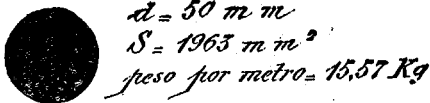
Sección por l-m

Sección por n-o



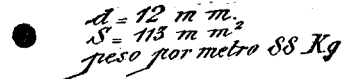
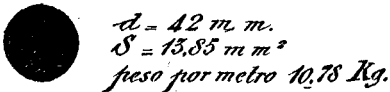
Sección por p-q

Sección por r-s



Sección por t-u

Sección por v-w



Sección por x-y

Sección por z-z

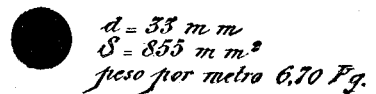
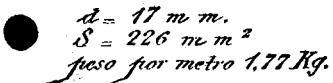
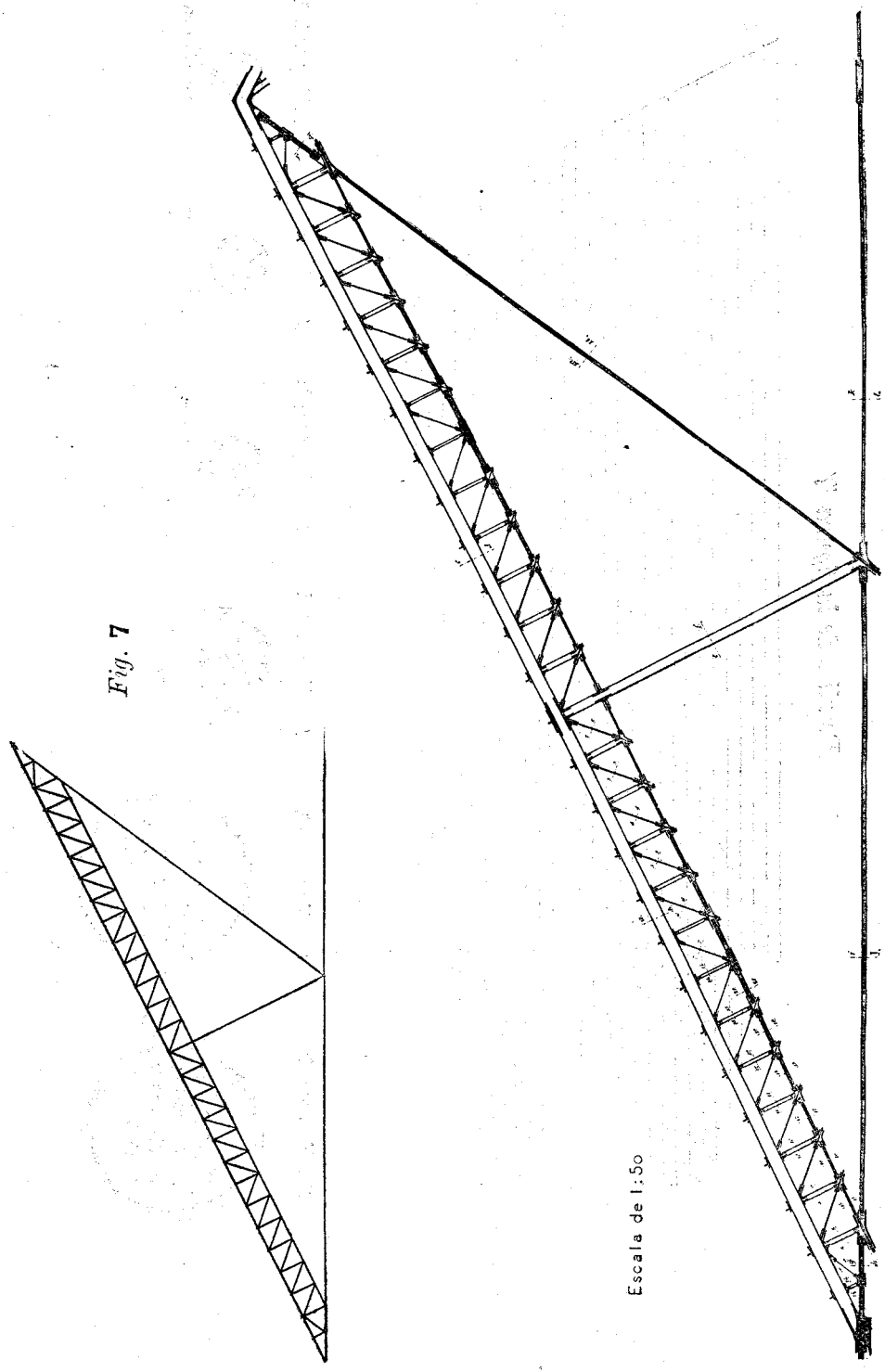
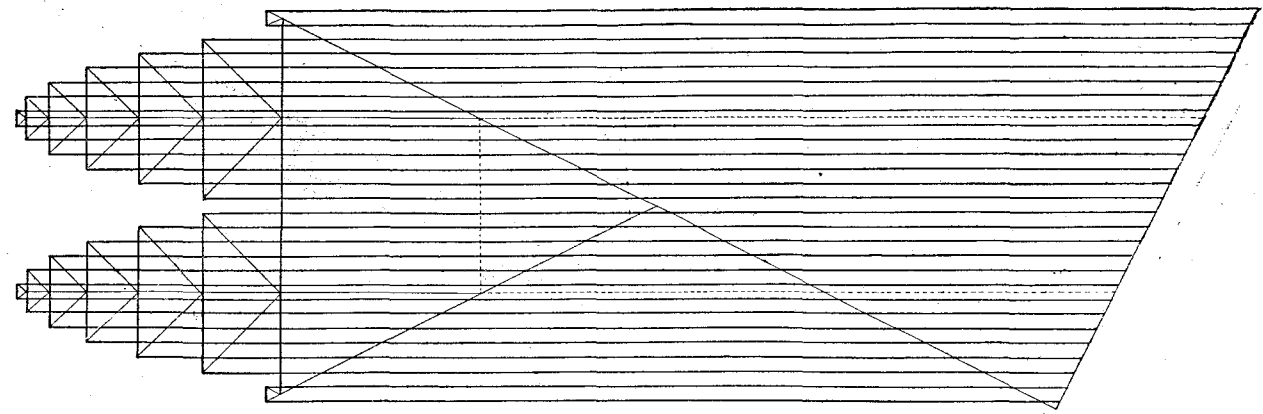


Fig. 7

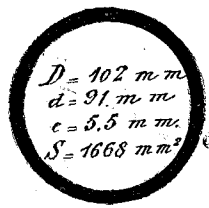
Escala de 1:50



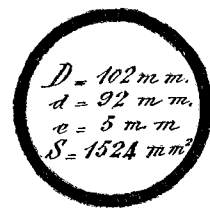
Detalles de la figura 7



Sección por a-b



Sección por c-d



Sección por e-f



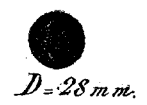
Sección por g-h



Sección por i-j



Sección por k-l



Detalles de la figura 7

Escala de 1:4

Sección por m-n



Sección por p-q



Sección por 1-1



Sección por 2-2



Sección por 3-3



Sección por 4-4



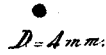
Sección por 5-5



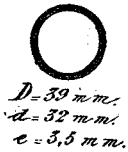
Sección por 6-6



Sección por 7-7



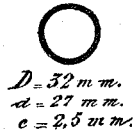
Sección por 8-8



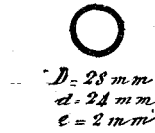
Sección por 9-9



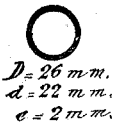
Sección por 10-10



Sección por 11-11



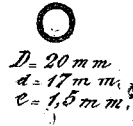
Sección por 12-12



Sección por 13-13



Sección por 14-14



Sección por 15-15



Sección por 16-16



Sección por 17-17



Sección por 18-18



Sección por 19-19



Sección por 20-20



Número 1.

RELACIÓN numérica de las piezas que componen la cercha tubular.

		<i>Suma anterior.</i>	15
Piezas A.	2	Tirantes horizontales.	2
Idem B.	2	Tensor E.	1
Idem C.	1	Pendolones.	2
Tubos para los pares.	4	Tuercas para los idem.	4
Tirantes inclinados.	2	Tornapuntas.	2
Tuercas para los idem.	4	Piezas D.	2
<i>Suma y sigue.</i>	15	NÚMERO TOTAL DE PIEZAS.	28

RELACIÓN numérica de las piezas que componen la cercha con pares I y tornapuntas +.

		<i>Suma anterior.</i>	76
Suplementos en para el pié de los pares.	4	Tirantes horizontales.	2
Pernos para la unión de los idem.	8	Tensor para la unión de los idem.	1
Tuercas para los idem.	8	Tuercas para la idem.	4
Pares en I.	2	Horquillas para la unión del par con el pendolón	2
Placas para la unión de los pares en el vértice.	2	Suplementos de fundición para la idem.	4
Pernos para la idem.	8	Pasadores para la idem.	2
Tuercas para los idem.	8	Tuercas para los idem.	4
Cojinetes para apoyo de las correas.	6	Pendolones.	2
Pernos para los idem.	12	Tuercas para los idem.	4
Horquillas para unir el tirante inclinado y el par	2	Tornapuntas.	2
Suplemento de fundición para las idem.	4	Pernos para la unión de los idem con los pares..	8
Pasadores para la idem.	2	Tuercas para los idem.	8
Tuercas para los idem.	4	Placas para las articulaciones.	4
Tirantes inclinados.	2	Pasadores para las idem.	8
Tuercas para los idem.	4	Tuercas para los idem.	16
<i>Suma y sigue.</i>	76	SUMA TOTAL.	147

Número 2.

ESTADO de cubicación y peso de la cercha tubular.

			Kilogramos
<i>Pares.</i>	Tubo para los pares.	$2 \times 6,10 \times \frac{\pi (0,127^2 - 0,114^2)}{4} \times 7800.$	234,156
	Refuerzos y espigas.	$2 \times 1,10 \times \frac{\pi (0,114^2 - 0,098^2)}{4} \times 7800.$	42,230
	Partes cuadradas.	$2 \times \frac{1}{2} \times 0,30 (0,016129 - 0,012668) \times 7800.$	8,100
	Cojinetes para apoyo de las correas.	$6 \times 0,127 \times 0,050 \times 0,020 \times 7800..$	5,944
	Pie del par.	$2 \times 0,20 \times 0,127 \times 0,125 \times 7800..$	49,530
	Unión del par y la tornapunta.	$2 \times 0,18 \times (0,002290 - 0,001734) \times 7800.$	1,560
PESO TOTAL DE LOS PARES Y DE LAS PIEZAS A, B Y C.			341,520
<i>Tirantes in- clinados.</i>	Cabilla de 38 mm.	$2 \times 3,50 \times 8,82.$	61,740
	Doble tuerca para los extremos.	$2 \times 2 \times 4 \times 0,038 \times 8,82..$	5,370
PESO TOTAL DE LOS TIRANTES INCLINADOS CON SUS TUERCAS.			67,110
<i>Tirantes ho- rizontales.</i>	Cabilla de 30 mm.	$2 \times 2,05 \times 5,50.$	22,550
	Tensor.	$0,30 \times 11,0.$	3,300
PESO TOTAL DE LOS TIRANTES HORIZONTALES Y TENSOR.			25,850
<i>Pendolones.</i>	Cabilla de 25 mm.	$2 \times 3,40 \times 3,82.$	25,976
	Cabezas.	$2 \times 3 \times 0,025 \times 3,82.$	0,573
	Doble tuerca.	$2 \times 2 \times 4 \times 0,025 \times 3,82..$	1,528
PESO TOTAL DE LOS PENDOLONES CON CABEZA Y DOBLE TUERCA.			28,077
<i>Tornapuntas</i>	Tubo de 5,4 mm. diámetro y 3,5 mm. espesor	$2 \times 1,10 \times \pi \frac{(0,054^2 - 0,047^2)}{4} \times 7800.$	9,541
<i>Pieza D.</i>	$2 \times 0,20 (8,82 + 5,50 + 3,82 + 4,34).$		8,992

Número 3.

ESTADO de cubicación y peso de la cercha con pares I y tornapuntas +.

		Kilogramos		
<i>Pares.</i>	Viguetas I del perfil 24 á las anchas de Altos Hornos.	$2 \times 6,30 \times 36,20 \dots \dots \dots$	456,120	
	Suplementos en — para los piés de los pares	$4 \times 0,25 \times 0,22 \times 0,013 \times 7800 \dots \dots$	22,308	
	Pernos de 18 mm. con sus cabezas y doble tuerca para unir los id.	$8 \times (0,039 + 11 \times 0,018 + 0,008) \times 1,98$	3,880	
	Unión de los pares en el vértice.	$2 \times 0,30 \times 0,22 \times 0,005 \times 7800 \dots \dots$	5,148	
	Pernos de 18 mm. con su cabeza y doble tuerca para id.	$8 \times (0,023 + 11 \times 0,018 + 0,009) \times 1,98$	3,643	
	Cojinetes para asiento de las correas. . . .	$6 \times 0,106 \times 0,100 \times 0,010 \times 7800 \dots \dots$	4,951	
	Pernos de 18 mm. para sujetar los id. . . .	$12 (0,025 + 11 \times 0,018 + 0,007) \times 1,98$	5,465	
	PESO TOTAL DE LOS PARES, CON LOS SUPLEMENTOS DEL PIÉ, UNIÓN EN EL VÉRTICE Y COJINETES PARA SUJETAR LAS CORREAS.		501,515	
<i>Tirantes inclinados.</i>	Cabilla de 38 mm.	$2 \times 2,80 \times 8,82 \dots \dots \dots$	49,392	
	Doble tuerca para el extremo roscado. . . .	$2 \times 2 \times 4 \times 0,38 \times 8,82 \dots \dots \dots$	5,370	
	Horquilla de unión del tirante con el par 2	$\left. \begin{array}{l} \text{cabezas de las barras} \\ + \text{ barras.} \\ + \text{ travesaño.} \end{array} \right\} \times 7800$	20,024	
				$\frac{2 \pi (0,128^2 - 0,035^2)}{4} \times 0,011 \dots \dots$
				$2 \times 0,63 \times 0,53 \times 0,011 \dots \dots$ $0,108 \times 0,076 \times 0,035 \dots \dots$
	Pasador de 35 mm. para la misma con cabeza, rosca y doble tuerca.	$2 \times \{0,108 + 11 \times 0,035 + 0,007\} \times 7,50$	7,500	
Suplementos de fundición para este enlace.	$4 \times \frac{\pi (0,140^2 - 0,035^2)}{4} \times 0,050 \times 7800$	22,510		
PESO TOTAL DE LOS TIRANTES INCLINADOS CON SU UNIÓN Á LOS PARES.		104,796		

ARMADURAS

Tirantes horizontales.	Cabilla de 30 mm.	$2 \times 2,30 \times 5,50$	25,300	
	Tuercas.	$2 \times 2 \times 4 \times 0,030 \times 5,5$	2,640	
	Tensor. 2 \times $\left. \begin{array}{l} \text{barras} = 1 \times 0,30 \times 0,042 \times \\ \times 0,009. \\ \text{travesaños} = 2 \times 0,060 \times \\ \times 0,060 \times 0,023. \end{array} \right\}$	$\times 7800$	6,121	
PESO TOTAL DE LOS TIRANTES HORIZONTALES CON EL TENSOR.			34,061	
Pendolones.	Cabilla de 25 mm.	$2 \times 2,90 \times 3,82$	22,156	
	Tuercas.	$2 \times 2 \times 4 \times 0,025 \times 3,82$	1,528	
	Horquillas. . . . 2 \times $\left. \begin{array}{l} \text{cabeza de las barras.} \\ + \text{barras.} \\ + \text{travesaño.} \end{array} \right\}$	$\frac{2 \pi (0,072^2 - 0,023^2)}{4} \times 0,007$ $2 \times 0,47 \times 0,034 \times 0,007$ $0,108 \times 0,050 \times 0,029$	$\times 7800$	6,731
	Pasador de 2,3 mm. con cabeza, rosca y doble tuerca.	$2 \{ 0,108 + 11 \times 0,023 + 0,009 \}$	$\times 3,24$	2,398
	Suplementos de fundición.	$4 \times \frac{\pi (0,074^2 - 0,023^2)}{4} \times 0,050$	$\times 7800$	6,061
	PESO TOTAL DE LOS PENDOLONES CON SU UNIÓN A LOS PARES.			38,864
Tornapuntas	Cuerpo de la tornapunta.	$2 \times 1,10 \times 0,001625 (1 + 0,20) \times 7800$	33,462	
	Planchas de asiento.	$2 \times 0,108 \times 0,150 \times 0,20 \times 7800$	5,054	
	Pernos de 18 mm.	$8 (0,035 + 7 \times 0,018 + 0,009) \times 1,98$	2,693	
PESO TOTAL DE LAS TORNAPUNTAS.			41,209	
Articulaciones.	Placas.	$4 \times 0,027850 \times 0,015 \times 7800$	13,034	
	Pasadores de 38 mm.	$2 \times \{ 0,068 + 11 \times 0,38 + 0,014 \}$	$\times 8,82$	8,820
	Pasadores de 30 mm.	$2 \times \{ 0,068 + 11 \times 0,30 + 0,012 \}$	$\times 5,50$	4,510
	Pasadores de 24 mm.	$2 \times \{ 0,068 + 11 \times 0,24 + 0,018 \}$	$\times 3,52$	2,464
	Pasadores de 20 mm.	$2 \times \{ 0,068 + 11 \times 0,20 + 0,012 \}$	$\times 2,45$	1,470
PESO TOTAL DE LAS ARTICULACIONES.			30,298	

DE CUBIERTA

Número 4.

COMPARACIÓN entre los pesos de las armaduras anteriores.

	CERCHA TUBULAR.	CERCHAS CON PARES I Y TORNAPUNTAS +.	ECONOMÍA DE HIERRO QUE PRODUCE LA TUBULAR.
	Kilógramos.	Kilógramos.	Kilógramos.
Pares.	341,156	501,515	160,359
Tirantes inclinados.. . . .	67,110	104,796	37,686
Tirantes horizontales.	25,850	34,061	8,211
Pendolones.	28,077	38,864	10,787
Tornapuntas.	9,541	41,209	31,668
Articulaciones.	8,992	30,298	21,306
TOTAL.	480,726	750,743	270,017

ARMADURAS DE CUBIERTA

FIN.

CAUSAS FRECUENTES DE SINIESTRO EN LAS VÍAS FÉRREAS.



CAUSAS FRECUENTES

DE

SINIESTRO EN LAS VÍAS FÉRREAS

POR

D. MANUEL RUÍZ MONLLEÓ,

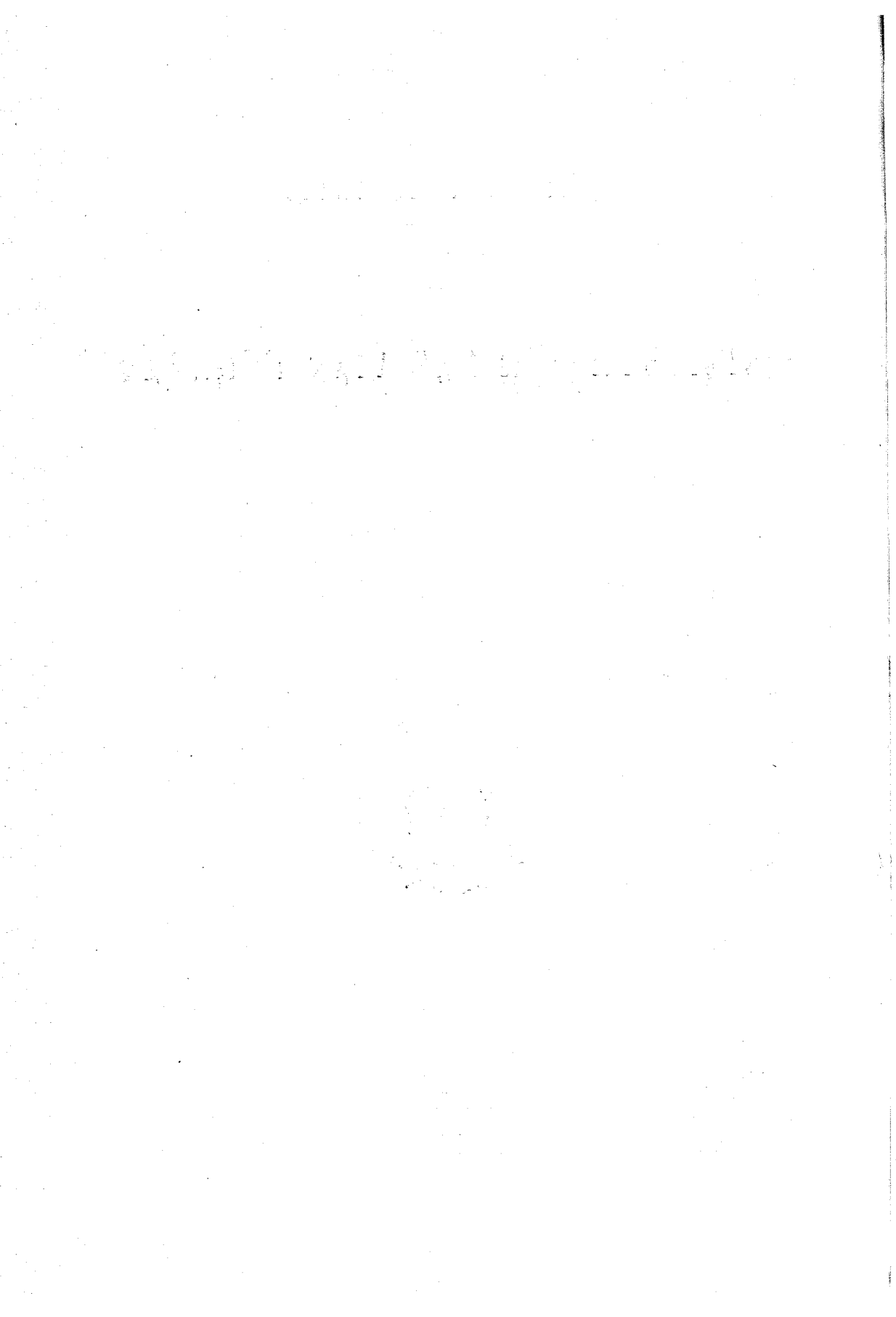
COMANDANTE DE INGENIEROS.



MADRID:


IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.

1901.



I.

Clasificación de los accidentes que suelen ocurrir en las vías férreas.

AS catástrofes ocurridas á fines del año último en las vías férreas españolas, despertaron como siempre el interés público, manifestado, en casos tales, por unánime protesta de la prensa periódica contra el abandono en que las compañías de ferrocarriles tienen el servicio y por un visible movimiento de la opinión solicitada, en primer término, por la misma prensa.

La cuestión merece, sin embargo, estudio más detenido y sereno que el que puede derivar de un estado anómalo de esa opinión, que con harta frecuencia cede á irreflexivos impulsos, ciertamente justificados por las tremendas consecuencias que suelen acarrear los accidentes ferroviarios.

No pretendemos tratar el asunto en toda su amplitud y desde luego hemos de descartar las averías ocasionadas por errores, más ó menos disculpables, de los agentes superiores ó subalternos de las compañías. Concretaremos nuestras observaciones á ciertos defectos puramente técnicos, nacidos de una mal entendida administración, secuela ineludible de egoísmos tradicionales del capital, y muy á menudo de incompetencia—digámoslo sin reparo—de verdadera incompetencia del personal técnico puesto al servicio de las empresas. La ignorancia es muy atrevida y nada más aventurado que poner en manos inexpertas ó poco hábiles instrumentos que, por su índole misma y por las condiciones en que han de operar, ofrecen *ab initio* sobradas contingencias de peligro.

Los accidentes que en general registra la explotación de los ferrocarriles, pueden clasificarse como sigue:

- 1.º Accidentes en relación con el material móvil.
- 2.º Accidentes en relación con el material fijo y obras de fábrica.

3.º Accidentes ocasionados por torpeza ó descuido del personal.

Entre los del primer grupo figuran las explosiones de calderas, rotura de ejes, enganches, etc. Nada hemos de decir acerca del modo de prevenirlos, pues la prudencia más elemental, unida á los conocimientos de la profesión, dan á los ingenieros encargados de estos servicios medios de precaverlos y evitarlos. Además, las estadísticas demuestran la poca frecuencia con que se producen las averías de esta índole y sólo hay que temer, en lo relativo á este punto, los resultados de la codicia ó del abandono: aquélla manteniendo en circulación locomotoras ó carruajes realmente fuera de uso; y éste, confiando á la mecánica «milagrosa» lo que únicamente se debe regir por la exquisita aplicación de la técnica.

En cuanto á los accidentes que tienen su origen en deficiencias del personal, como son los choques, alcances, escape de vagones y otros de índole parecida, es fuerza reconocer que no debieran ocurrir nunca si todos y cada uno de los agentes inspiraran sus actos, más que en el temor al castigo ó en el despecho sugerido por una situación llena de penalidades y generalmente mal retribuida, en los sagrados deberes impuestos por la conciencia, á cuyo cumplimiento estricto no son ajenas la cultura y la educación.

Pero no hay que hacerse ilusiones; es condición inseparable de la triste humanidad la de rendirse á flaquezas del cuerpo ó á miserias del espíritu, y es tarea harto difícil la de procurar, en tal concepto, una perfecta garantía del bien obrar.

No quiere esto decir que defendamos, ni siquiera disculpemos, el lamentable sistema adoptado por muchas compañías de castigar en sus gastos de explotación el capítulo de personal, más que otro alguno, por efecto de una mal entendida economía. Pero convéngase también en que la abundancia de empleados no extirpa las raíces del mal si no va acompañada de una cuidadosa selección entre los llamados á desempeñar cargos de mayor responsabilidad; he aquí la grave falta en que incurren esas empresas que pretextando la modestia ó inferioridad de determinados empleos para asignarles sueldos escasos, los ofrecen y otorgan á individuos cuyas aptitudes distan mucho de ser material y moralmente las requeridas por cargos semejantes.

Sólo á las autoridades gubernamentales incumben las necesarias me-

didias para atenuar el mal, ya que, como dejamos indicado, no sea absolutamente evitable.

Las averías clasificadas en el segundo grupo son por desgracia las más frecuentes y en ellas entra por mucho el poco celo y falta de vigilancia por parte de la entidad «empresa», cuando no la imposición egoísta de los consejos de administración.

Los descarrilamientos, accidente siempre grave y más aún en los trenes expresos ó rápidos, reconocen casi siempre como causa uno ó varios defectos en la vía. Acaecen por el orden siguiente en razón de su frecuencia.

En los cambios y cruzamientos.

En las curvas.

En los desmontes, bien sea por desprendimientos de tierras ó reblandecimiento del terreno, debido á la humedad del subsuelo ó á un saneamiento defectuoso.

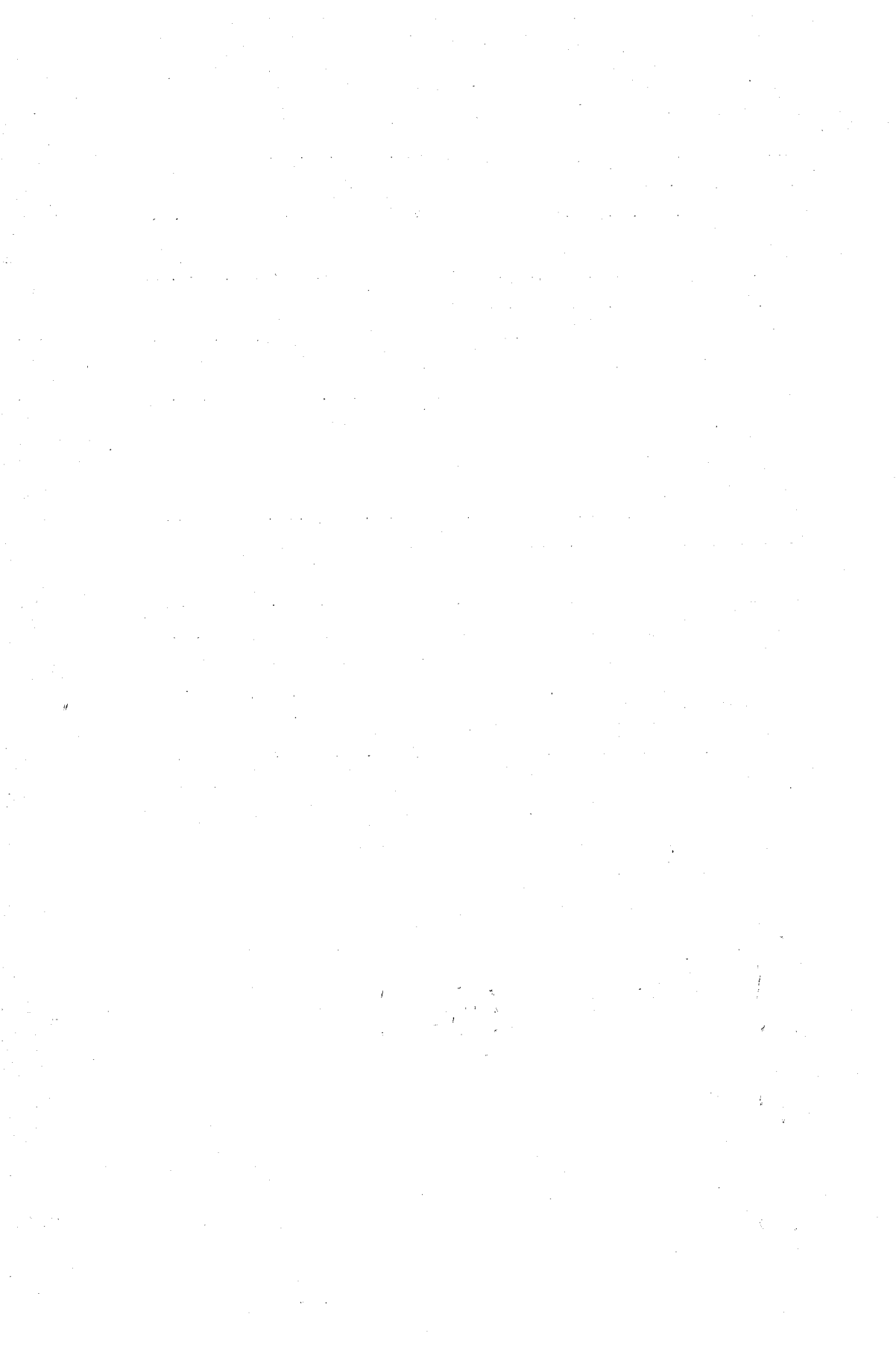
En terraplén, por asientos irregulares de la explanación, que determinan fuertes desniveles en los carriles, lo que vulgarmente se designa con el nombre de *golpes*.

Sobre las obras de fábrica, por mala construcción de éstas.

En rasante de nivel y alineación recta.

La mala calidad de las barras carriles puede determinar su rotura, y, finalmente, la poca precaución al efectuar el asiento de vía sin el huelgo ó separación conveniente en las juntas, es también causa de fuertes *garrotes*, producidos por los cambios de temperatura y que comprometen la seguridad de los trenes.





II.

Descarrilamientos en los cambios.

Los cambios y cruzamientos de vía son siempre peligrosos, aun suponiéndolos de perfecta construcción y esmeradamente conservados.

Es sabido que el mecanismo cinemático de un tren se reduce al movimiento circular sobre guías rectilíneas; siendo así, la menor solución de continuidad en las guías ó en las ruedas tiene forzosamente que alterar las condiciones normales del movimiento, y como los cambios y cruzamientos exigen que se rompa la continuidad del carril en varios sitios, contrarían *a priori* la esencia del mecanismo y, en consecuencia, ofrecen motivo sobrado para atender cuidadosamente á su conservación en buen estado y extremar la prudencia al circular sobre ellos.

No se practica así, ciertamente, en la explotación de gran número de líneas: las exigencias crecientes del tráfico, la confianza, quizás temeraria, en el freno automático y una especie de pueril alarde que arrastra inconscientemente á los maquinistas en el vértigo peligroso de la velocidad, nos hacen contemplar muy á menudo el espectáculo, brillante, sí, pero lleno de riesgos, de un tren salvando á toda marcha la inextricable malla de vías que se unen y entrecruzan en determinadas estaciones, para llegar al andén, momentos antes de parar, con una velocidad muy superior á la que la prudencia aconseja, y detenerse al fin, obediente al freno, ante los atónitos ojos del público allí estacionado, que si á la vista de semejante espectáculo siente quizás la impresión de lo sublime, no deja tampoco de estremecerse con involuntario espasmo de terror, nacido de ese instinto de la propia conservación á que las multitudes, como el individuo, no pueden sustraerse jamás.

Todo esto crea opinión, hace prosélitos entre los amantes de la censura sistemática, pero hay que reconocer que en casos como este que señalamos no carecen de fundamento esos clamores.

Los progresos evidentes de la metalurgia permiten construir los

cambios en condiciones de suficiente garantía contra los descarrilamientos.

Los llamados *corazones* ó *puntas de diamante* se hacen hoy de acero fundido en una sola pieza con las *patas de liebre* ó *ancas de rana*, precisando con rigurosa exactitud el ángulo conveniente á la longitud total de cada cambio. Esto, aparte de dar mayor estabilidad en el asiento, atenúa en grado sumo las referidas soluciones de continuidad, mediante ingeniosas disposiciones que permiten guiar la pestaña de las ruedas en la dirección requerida, y sin movimientos bruscos, cada vez que aquellas deben salvar el hueco que media entre la punta de diamante y el carril.

Todos los ingenieros *de verdad*—bien saben nuestros lectores que en las compañías hay algunos de mentirijillas—conocen la importancia de estos detalles, que unidos al empleo exclusivo de las *cachas*, ó traviesas de grandes dimensiones, en el asiento de los cruzamientos, á una esmerada conservación de la vía en dichos parajes y á la moderación de la velocidad al rodar sobre ellos, garantizan casi en absoluto la seguridad de la circulación. Y decimos *casi* porque lo humano es siempre contingente.

Pero las empresas encuentran más cómodo, y sobre todo más barato, aplicar los antiguos procedimientos, aprovechando trozos de carriles más ó menos usados, para empalmarlos groseramente en forma de cuña ó ángulo, á que llaman pomposamente punta de diamante. Y aquí cabe decir, salvando lo grotesco de la frase, que *no se vé la punta*, pues de sobra se comprende que con semejante sistema es imposible obtener un vértice de precisión y resistencia suficientes para el objeto que ha de llenar; la disposición será tanto más perfecta cuanto más se aproxime al *esquema* dibujado en el plano de la vía, y la que generalmente se emplea dista mucho de ello, ofreciendo además el inconveniente de constituir los cruzamientos con muchas piezas independientes que se ligan después por otras, como bridas, taccos, etc., con lo que en vez de disminuir, aumentan las probabilidades de avería.

Y no hablemos de las *cachas*, que suelen brillar por su ausencia, dejando su puesto á las traviesas ordinarias, sacadas muchas veces de otros parajes donde ya sirvieran, por ofrecer los cambios *menos peligro* en

caso de accidente. Con esto se pretende quizás significar que á un descarrilamiento dentro de agujas se acorre, en general, más pronto y mejor que á los que acaecen en plena vía, á distancia de las estaciones; es claro que los intereses de la empresa van ganando en ello, pero el viajero herido ó el agente mutilado en el siniestro no establecerán seguramente estos distingos.

¿Qué tiene, pues, de extraño, en condiciones tales, que la estadística de nuestras líneas señale, con relativa frecuencia, accidentes en las estaciones con el séquito de tristezas y quebrantos materiales que llevan consigo?

¿Medios de evitarlos?... Hombres de recta conciencia, de energía oportuna y saludable, de competencia reconocida, al frente de estos servicios; obligación ineludible, por parte de las empresas, de aportar á la explotación de sus líneas todos los adelantos de la moderna técnica, de exigir severamente á cada uno las dotes de prudencia que tan delicados servicios requieren, y de no regatear nada, absolutamente nada, en la disposición y conservación de esos elementos, sobre los cuales descansan la seguridad personal y el interés público. Una cosa es regatear y otra malgastar; córtese donde se deba, que tela sobrada hay para ello, pero nada de mezquindades en lo fundamental y permanente.



III.

Descarrilamientos en las curvas.

Cuando á una masa en movimiento rectilíneo se le impone el circular, ó viceversa, la inercia, hasta entonces latente, desarrolla su acción, creando efectos ó tendencias contrarias al movimiento regular de la masa en el camino que se la traza.

Precisa, pues, á fin de atenuar en lo posible estas tendencias, aplicar los medios que la teoría y la práctica, sábiamente hermanadas, aconsejan como más eficaces y seguros.

Redúcense dichas disposiciones á la mayor elevación del carril exterior de la curva sobre el nivel del interior (*peralte*); á la *sobreholgura*, ó mayor ancho de la vía, y al *acuerdo*, con la curva, de la alineación recta que la precede ó sigue.

*
* *

Del peralte.

El peralte tiene por objeto neutralizar los efectos de la fuerza centrífuga, inclinando el plano de la vía hacia el centro de la curva, á fin de poner á los carruajes que por ella circulan en las mismas condiciones de equilibrio que cuando circulan en alineación recta.

Para conseguirlo de un modo absoluto, habría que hacer de suerte que la resultante de la gravedad y de la fuerza centrífuga fuese perpendicular al plano inclinado en cuestión.

La fórmula teórica es

$$\text{tang. } \alpha = \frac{v^2 - g R f}{g R + f e^2};$$

ó despreciando f , coeficiente de rozamiento, lo que dá por resultado aumentar un poco el valor teórico del peralte,

$$\text{tang. } \alpha = \frac{v^2}{g R} = \frac{h}{e}, \quad \text{de donde} \quad h = \frac{v^2 e}{g R} = \frac{V^2 e}{127 R}.$$

α es el ángulo de inclinación transversal de la vía sobre el horizonte.

R el radio de la curva, en metros.

v la velocidad, en metros por segundo.

g la aceleración debida á la gravedad.

h el peralte, en metros.

e la anchura de la vía, en metros, de eje á eje de los carriles.

V la velocidad en kilómetros por hora.

La simple inspección de esta fórmula, denota que el peralte debería variar proporcionalmente al cuadrado de la velocidad. Pero como los trenes que recorren una misma línea tienen, en general, velocidades muy varias, precisa escoger, entre los valores correspondientes de h , uno sólo que se acomode lo mejor posible á todos los casos; en una palabra, se trata de determinar cuál sea la velocidad que deba introducirse en la fórmula.

No es por cierto unánime la opinión de los ingenieros acerca de este particular; unos sostienen que conviene hacer el peralte mayor de lo que sería puramente indispensable para neutralizar la acción de la fuerza centrífuga, y esto, con objeto de atenuar en lo posible el empuje radial y, por ende, las resistencias engendradas por la circulación en curva.

Otros, por el contrario, afirman que las ventajas que en este concepto puedan obtenerse no son tan grandes como se supone.

Por nuestra parte haremos constar, que la fórmula mencionada, admitiendo la velocidad de régimen $V = 3 \sqrt{R}$, dá valores demasiado altos para h , los cuales ni aun como máximos pueden aceptarse, sobre todo cuando se trata de líneas como las españolas, en que las velocidades de los diversos trenes que por ellas circulan difieren mucho entre sí. La aplicación de esta fórmula suministra, en tal caso, peraltes exagerados para las velocidades pequeñas, y esto ofrece numerosos inconvenientes, entre ellos el muy esencial de recargar más y más el carril interior de la curva, á medida que la velocidad disminuye, facilitando la contingencia de volcarlo; aparte de que las ruedas exteriores de los carruajes que, como es sabido, guían la circulación en curva, quedan con exceso aliviadas de carga, y si los muelles de suspensión no juegan con completa libertad, por cualquier motivo, pueden aquéllas saltar sobre el carril al menor obstáculo, determinando el descarrilamiento del tren.

Así se explica que los descarrilamientos en curva proyecten el convoy unas veces hacia el exterior y otras hacia el interior de aquélla. No es, por lo tanto, prudente establecerse en perfectas condiciones teóricas tan sólo para el caso de máxima velocidad, á que rara vez se llega, sacrificando en cambio todos los demás.

En tal concepto, lo mejor que se puede hacer es introducir en la fórmula la velocidad máxima *comercial* que corresponde á los cuadros de marcha, sin tomar en cuenta la velocidad *real* ó efectiva que pueden alcanzar los trenes en caso de retraso y dentro de los límites permitidos por los Reglamentos.

Suele emplearse otra fórmula empírica, mucho más sencilla en la práctica, y con la cual se obtienen peraltes capaces de contrarrestar, no sólo la acción de la fuerza centrífuga, sino los efectos del empuje radial del tren contra el carril exterior de la curva. Héla aquí:

$$h = \frac{V}{R};$$

en ella se dá á V el valor de la velocidad máxima que contienen los cuadros de marcha (kilómetros por hora).

Ofrece interés la comparación de esta fórmula *empírica* con la general establecida para neutralizar la sola acción de la fuerza centrífuga:

$$h = \frac{V^2 e}{127 R};$$

efectuemos la comparación para el caso de nuestra vía normal, cuya anchura es de 1^m,672 entre carriles.

La distancia, entre ejes, de los carriles, es, pues,

$$1,672 + 0,060 = 1^m,732,$$

y la fórmula $\frac{e V^2}{127 R}$ se convierte en $\frac{0,0136 V^2}{R}$. La comparación de

ambas fórmulas dá una diferencia

$$D = \frac{V}{R} - \frac{0,0136 V^2}{R} = \frac{0,0136 V}{R} \left(\frac{1}{0,0136} - V \right);$$

$$D = \frac{0,0136 V}{R} (73,52 - V).$$

Esta diferencia es nula para

$$V = 0 \quad \text{y} \quad V = 73^{\text{km}},52.$$

Toma un valor máximo para

$$V = \frac{73,52}{2} = 36^{\text{km}},76,$$

que es

$$D = \frac{18,38}{R}.$$

Por último, para $V = 20$, resulta

$$D = \frac{14,55}{R},$$

y para $V = 60$,

$$D = \frac{11,03}{R}.$$

Se vé, pues, que la fórmula empírica $\frac{V}{R}$ da un *exceso* de peralte nulo en el origen de las velocidades y que aumenta con éstas hasta llegar á un máximo para la velocidad de 37 kilómetros por hora, decreciendo enseguida, para mayores valores de aquélla, hasta anularse de nuevo cuando la velocidad alcanzada es de 73,50 kilómetros.

La rigurosa aplicación de esta fórmula conduce, por lo tanto, á un peralte suplementario, en atención al empuje radial, tanto mayor cuanto más cerradas sean las curvas y que disminuye sucesivamente á medida que el trazado mejora. Conviene observar que las líneas en que abundan las curvas de corto radio son generalmente recorridas con velocidades moderadas.

El empleo de la fórmula $h = \frac{V}{R}$ requiere una clasificación previa, en varias categorías, de las líneas que constituyen la red, según que deban ser recorridas por trenes expresos, correos ú omnibus.

Así, por ejemplo, en la red de Tarragona á Barcelona y Francia se distinguen tres categorías:

1.^a Secciones en que existen curvas de 200 metros de radio, en las cuales se emplea la fórmula $h = \frac{42,75}{R}$.

2.^a Las que contienen curvas de 300 metros, en las que se hace uso de la fórmula $h = \frac{51,30}{R}$.

3.^a Las que comprenden curvas de 350 metros en adelante, á que se aplica la fórmula $h = \frac{60}{R}$.

Los valores de V admitidos por las diversas compañías que emplean la fórmula $h = \frac{V}{R}$, oscilan entre 30 y 75, según las condiciones del trazado y la clase de trenes que circulan por sus líneas, circunstancias que, como dejamos indicado, deben tenerse en cuenta para la aplicación de dicha fórmula.

La administración de los ferrocarriles del Estado, en Bélgica, empleaba exclusivamente, hasta el año 1889, la fórmula $h = \frac{e v^2}{g R}$ siendo v la velocidad, en metros por segundo, correspondiente á la de 70 kilómetros por hora. La práctica hizo ver que el hecho de considerar en la fórmula un sólo valor de v conducía á peraltes excesivos para las curvas cerradas, é insuficientes para las de gran radio, recorridas á toda velocidad. Decretóse, pues, por vía de ensayo, la ejecución de un reglamento provisional relativo al empleo del carril de 52 kilogramos, reglamento que, en lo concerniente al peralte, establece dos procedimientos experimentados á la par en diferentes secciones.

Con arreglo al primero, los peraltes se determinan siempre por medio de la fórmula general $h = \frac{e v^2}{g R}$, en la que $v = 19^m,44$ (velocidad en metros por segundo que corresponde á 70 kilómetros por hora).

En las secciones recorridas con velocidades superiores ó inferiores á 70 kilómetros, los peraltes suministrados por la fórmula deben recrecerse ó aminorarse proporcionalmente á la velocidad. Así, por ejemplo, en los trozos recorridos á 80 kilómetros, el peralte es $\frac{8}{7}$ del que suministra la fórmula.

El otro procedimiento establece el peralte *normal* dado por la fórmula $h = \frac{54}{R}$, en la que R se expresa en metros. El valor así obtenido se aumenta en $\frac{1}{4}$ para todas las curvas recorridas con velocidades supe-

riores á 60 kilómetros por hora, y al contrario, se disminuye en $\frac{1}{4}$ también para aquellas en que la velocidad no debe exceder de 40 kilómetros. Los valores adoptados así se designan con el nombre de *peralte práctico*, que, en ningún caso, puede rebasar de 150 milímetros, obteniéndose de esta suerte peraltes más pronunciados que los de la fórmula general.

Este último procedimiento parece ser de más sencilla aplicación práctica, á la vez que procura suficiente exactitud. Permite tomar en cuenta, para cada curva, la máxima velocidad de los trenes que la recorren, en lugar de admitir exclusivamente para todas las curvas de una misma sección la velocidad máxima de los trenes que circulan por ella. Además, evita todo género de complicación en los cálculos, pues una vez conocida, para cada curva, la máxima velocidad de marcha, basta introducir sencillamente en la fórmula el radio de aquélla.

En las líneas de vía estrecha (1 metro, por ejemplo) no se ha adoptado la fórmula empírica $\frac{V}{R}$; aplíquese más bien la general, en ocasiones ligeramente modificada.

La compañía de Bône-Guelma admite:

$$h = \frac{V^2}{122 R} (1 + \frac{1}{10});$$

en la cual, V es la velocidad en kilómetros por hora; por lo general se toma $V = 30$. Los radios de las curvas bajan hasta 100 metros; la velocidad máxima autorizada es de 40 kilómetros por hora en casi todas las vías de 1 metro, sin contar las curvas, para las que únicamente se recomienda la moderación de la marcha.

Los ferrocarriles económicos franceses hacen uso de la misma fórmula. En un principio la velocidad V era igual á 40 kilómetros por hora; pero este valor de V suministraba peraltes muy fuertes. Redújose aquélla á 35 kilómetros, de suerte que, en la actualidad, el peralte resulta un poco menor que el estrictamente necesario para neutralizar la fuerza centrífuga, sin que hasta ahora se haya señalado inconveniente alguno en esta manera de proceder.

En resumen, para vía estrecha se emplea, por lo general, un *peralte suplementario*, que la fórmula arriba indicada pone de manifiesto en el

factor $(1 + \frac{1}{10})$. El objeto de este suplemento es conseguir que el peralte sea suficiente no obstante la escasa velocidad considerada en la fórmula (30 á 40 kilómetros por hora). Compréndese también que, en razón de lo poco que entre sí difieren las velocidades extremas de los trenes en esta clase de líneas, el indicado exceso del peralte no ofrece los inconvenientes señalados á propósito de las de vía normal.

Podemos, pues, establecer las siguientes conclusiones:

1.^a El peralte máximo no debe exceder en ningún caso de 150 milímetros.

2.^a En atención á los límites entre que actualmente oscila la velocidad de los trenes, basta tomar en cuenta, para determinar el valor del peralte en una sección dada, la máxima velocidad correspondiente á esta sección, inscrita en los cuadros de marcha, haciendo caso omiso de los aumentos de marcha tolerados para los retrasos. Claro es que al componer los expresados cuadros deberá hacerse un concienzudo estudio del trazado de la línea, á fin de precisar la máxima velocidad más oportuna en cada sección, conciliando en lo posible las necesidades del tráfico y las indicaciones que la ciencia suministra.

3.^a La fórmula $h = \frac{V}{R}$ es particularmente apropiada á la determinación del peralte en las curvas de radios muy diferentes recorridas por los mismos trenes, á condición de tomar para V el valor especificado en la conclusión que antecede. Es oportuno observar que la gran mayoría de las líneas españolas se encuentran en este caso por las especiales condiciones topográficas del país y otras que no es del momento señalar.

4.^a En las líneas de vía estrecha (1 metro ó menos) es ventajoso conservar en la fórmula una constante que permita obtener el peralte suficiente á pesar de la pequeña velocidad considerada en este caso.

5.^a La velocidad, al pasar por las curvas, debe disminuir en relación con el menor valor del radio. Aunque sobre esto no se han hecho estudios teóricos, todas las compañías bien organizadas deben recomendarlo así en sus reglamentos, dejando á la pericia de sus maquinistas el grado de reducción en la marcha de sus trenes, para estos casos, según las circunstancias, y no omitiendo los medios de comprobación que existen á fin de asegurar el cumplimiento de dichas prescripciones.

Si por el Ministerio de Obras Públicas se exigiera á nuestras empresas de ferrocarriles una clasificación precisa de sus líneas y secciones que comprenden, hecha sobre la base de las consideraciones que acabamos de exponer, y una vez obtenida se comprobase sobre el terreno la aplicación rigurosa de los resultados á que conduce el estudio de la cuestión, según las conclusiones precedentes, seguros estamos de que surgiría más de una decepción, y con ella la explicación satisfactoria de muchos descarrilamientos que, aparentemente, no reconocen causa inmediata, si es que no se procura desvirtuar, cambiando rápidamente el verdadero ser y estado de las cosas, todo aquello que pudiera concurrir al esclarecimiento de los hechos.

Omisiones tales, por parte de las compañías, se deben al menosprecio con que el capital mira habitualmente al aspecto puramente científico de las industrias que alimenta. De aquí, la designación de *prácticos* para el desempeño de puestos que requieren la mayor competencia del ingeniero. ¿Qué más?....; nosotros hemos tenido ocasión de oír á un simple capatáz de vía la insólita afirmación de que él no hacía uso jamás del escalafón de curvas, pues *le daba mucho mejor resultado* disponer el peralte á ojo en las curvas de su sección, asesorado en esta opinión por el jefe del servicio de vía y obras (un *conducteur de travaux*). Bien es verdad que la empresa á que aludimos no contó, durante mucho tiempo, en las plantillas de su personal, *ni un solo ingeniero* propiamente dicho, mereciendo de parte de todos los agentes, grandes y chicos, no pocas protestas la *manía de los calculotes*, que justa ó injustamente achacaban al que por fin se hizo cargo del servicio, provisto de un título académico.

Otras compañías disponen—es cierto—del personal competente que reclama el servicio, pero ó está muy recargado en sus tareas ó no concede á estos asuntos toda la atención que requieren.

Con semejante sistema es imposible explotar las vías férreas como el interés público reclama. El ahorro, siempre escaso, que supone la diferencia de sueldos asignados á ingenieros ó á prácticos—extranjeros por lo común—no compensa, ni con mucho, los graves perjuicios que tan malaventurada organización lleva consigo. Y sobre todo, la consideración de humanidad debe sobreponerse á todas las demás, por respetables que sean.

Extranjeras, sí, son la mayor parte de las compañías que explotan nuestra red de ferrocarriles, y á fé que si se analiza cómo se hallan organizadas las explotaciones similares en los países respectivos, se llega á la triste consecuencia de que reservan para nosotros la parte menos sazónada del ópimo fruto con que el estudio constante, la sábia experiencia y el ineludible cumplimiento de las leyes, permiten regalarse á esos pueblos más felices que el nuestro.

*
* *

De la *sobreholgura*.

Otra de las disposiciones adoptadas para facilitar la circulación en curva, consiste en la mayor anchura de la vía, en éstas, respecto de la establecida en alineación recta.

Hemos visto que en lo relativo al valor del peralte, son muy varias las opiniones, pero en cuanto á lo necesario de su empleo existe unanimidad perfecta; todos los ingenieros lo reconocen.

No sucede lo mismo respecto de la *sobreholgura*, versando la discusión, no ya exclusivamente sobre el valor que se la debe asignar, sino sobre el mismo principio á que su aceptación responde.

En efecto, algunos ingenieros abogan por su completa supresión, al menos en las curvas de radio superior á determinado límite (200 metros en vía normal).

Sin embargo, procurando sustraerse á todo género de prejuicios, el estudio atento y reflexivo de la cuestión no justifica el fundamento de opiniones tan radicales.

Sabido es que, no sólo en las curvas, sino en las alineaciones rectas, conviene dar un pequeño huelgo á la vía. Semejante disposición obedece á la necesidad de que los carruajes en su marcha tengan cierto juego lateral, que combinado con la conicidad de las llantas, los restituya á la posición normal cada vez que ésta se altera por multitud de causas imposibles de analizar.

A esta consideración únese, cuando se trata de alineaciones curvas, la de evitar que los carruajes *se inscriban* en ellas, determinando una resistencia enorme y un peligro evidente en la circulación al quedar las

pestañas de las ruedas, por sus bordes, al tope con el carril, y el carruaje verdaderamente *acuñado* en la vía.

Indudablemente sucederá así—caso de no existir la sobreholgura—cuando la distancia entre ejes de los vehículos no se halle en relación con el radio de la curva.

Si se supone, en efecto, un carruaje de dos ejes, colocado sobre una vía en recta, de suerte que las ruedas correspondientes á uno de los costados de aquél tengan sus pestañas en contacto con el carril, llámase *holgura total* de la vía la distancia que existe entre las pestañas de las ruedas y el carril correspondientes al otro costado del vehículo, distancia que se mide á 10 milímetros por debajo de la circunferencia de rodadura.

Pues bien, imagínese ahora que, permaneciendo inmóvil el carruaje y fijos los puntos en que las proyecciones de sus ejes sobre el plano de la vía cortan á ambas filas de carriles, se van éstos curvando poco á poco, con radios de curvatura cada vez menores; es evidente que llegará un momento en que las pestañas de las ruedas quedarán simultáneamente al tope con los carriles, y, en su consecuencia, el vehículo *acuñado* en la vía.

Es posible determinar, por medio del cálculo, cuál es la curva límite en que esto ha de verificarse, para un carruaje cuya distancia entre ejes sea conocida.

Prévios razonamientos y cálculos que no es del caso transcribir, Couche establece la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{1}{j} (2 r m + d \sqrt{2 r m});$$

j es la holgura total en recta,

r es el radio de la circunferencia media de rodadura,

m es la altura ó *saliente* de las pestañas,

d es la distancia entre los ejes extremos del vehículo,

ρ es el radio de la curva límite que se busca.

Esta fórmula permite asimismo averiguar á qué distancia entre ejes correspondería la inscripción ó *acuñamiento* del carruaje en la vía, para una curva conocida de radio ρ . No hay más que despejar d en la expresión anterior:

$$d = \frac{j \rho - 2 r m}{\sqrt{2 r m}};$$

para los carruajes de tres ejes, se puede escribir:

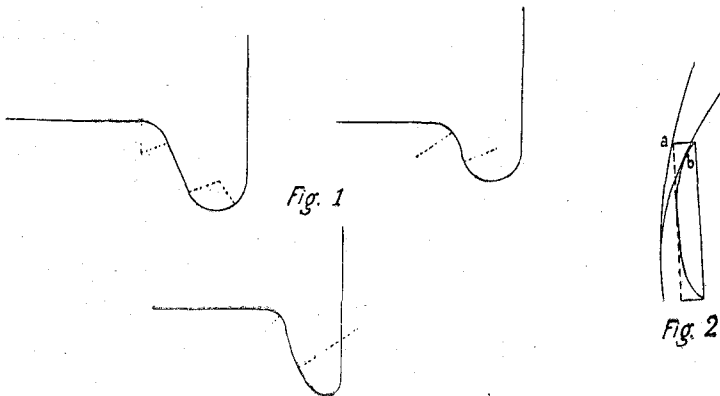
$$(d + 2 \sqrt{2 r m})^2 = 8 \rho j.$$

Y en cuanto al caso de un vehículo con cuatro ejes, puede referirse al de tres, suponiendo uno de los ejes intermedios á igual distancia de los dos extremos (posición más desfavorable).

En resumen, la holgura ó juego de la vía, en alineación recta, permite á los carruajes entrar en las curvas y circular en ellas con más ó menos facilidad, mientras no se trate de curvas cuyo radio sea demasiado pequeño en razón de la distancia entre ejes de los vehículos que deban recorrerlas.

La necesidad de la sobreholgura en las curvas no puede, pues, preconizarse de un modo absoluto. Deberá establecerse á partir de aquellas cuyo radio ρ corresponda al límite enunciado, tomando en cuenta la holgura de la vía en alineación recta y las condiciones del material móvil en circulación. Precisa, pues, una clasificación preliminar y un estudio apropiado á cada sección del camino.

Al establecer las fórmulas que dan el radio de curvatura ρ , correspondiente á la inscripción geométrica del vehículo, en función de una holgura de vía determinada, se ha supuesto implícitamente, para el cálculo, que la pestaña de la rueda es de corte ó sección rectangular. Pero en la práctica no sucede así, sino que aquélla se perfila según una generatriz inclinada ó según una curva. (Véase la fig. 1).



En estas condiciones, si se imagina un corte horizontal, hecho por el punto de contacto de la pestaña y el carril, se obtendrá una sección análoga á la representada por la figura 2. Recordando ahora que, con arreglo al método de Couche, hemos supuesto que el carril se encorvaba sucesivamente con radios cada vez menores, á partir de la recta, se verá fácilmente que el contacto de aquél con el borde de la pestaña, que antes se verificara en *a* (cuando ésta es de sección rectangular), se hará en *b*, dada la nueva forma de la pestaña. Resulta, pues, que con semejante disposición, gracias á la cuál la pestaña *escapa*, por decirlo así, al contacto del carril, se puede disminuir el límite inferior de la curva que corresponde á la inscripción exacta del carruaje, para determinada holgura de la vía en alineación recta.

Es claro que este resultado será tanto más favorable á la circulación en curva cuanto más se aleje el punto *b* del *a*.

A este propósito se han efectuado estudios muy interesantes con objeto de determinar el perfil más conveniente para la pestaña de la rueda. El que parece presentar mayores ventajas es el adoptado por la compañía francesa del Oeste, que es poco más ó menos el propuesto por monsieur Mayer, ingeniero jefe, consultor de la expresada compañía.

Con llantas cuyo perfil esté bien estudiado, sobre todo en lo concierne á la pestaña, se consigue atenuar considerablemente las resistencias que oponen las curvas á la libre circulación de los trenes.

La labor de los ingenieros en lo relativo á este punto no es aún completa y hay fundados motivos para creer que, prosiguiendo el estudio y las experiencias, podrá llegarse, si no á suprimir en absoluto la sobreholgura en las curvas, por lo menos á concretarla á las de radio inferior á 200 metros y esto aun en el supuesto de que la holgura admitida en alineación recta sea muy pequeña.

Sabido es, en efecto, que el huelgo excesivo de la vía, en este último caso, ofrece el inconveniente de producir un movimiento de *lanzadera* muy pronunciado en los vehículos, sobre todo en la locomotora, hasta el extremo de *abrir* la vía por efecto de los repetidos y violentos choques que aquél determina. Es, por lo tanto, lógico reducir la holgura en alineación recta á un tipo moderado (10 á 15 milímetros) y adoptar consecuentemente la sobreholgura en las curvas de radios pequeños,

prévia la determinación del perfil más conveniente para las llantas de las ruedas.

Y en el estudio de las llantas no hay que echar en olvido la influencia de la *conicidad* que, como sabemos, tiende á evitar el resbalamiento de las ruedas sobre el carril interior de la curva, por efecto del mayor camino que las exteriores están obligadas á recorrer. En general, la inclinación de las generatrices del cono se hace de $\frac{1}{20}$; algunos ingenieros, en atención á lo que acabamos de exponer, juzgan esta conicidad insuficiente, afirmando que un pequeño aumento en ella, combinado con la sobreholgura de la vía en curva, conduciría al movimiento de rodadura perfecto. Sin embargo, hay que tener presente que, dada la posición oblicua que el vehículo toma en las curvas, el eje delantero es el único que se halla en condiciones favorables á la conicidad: el zaguero tiende, casi siempre, á ponerse en contacto con el carril interior. No sería, pues, razonable modificar la conicidad, sino en tanto que esta modificación fuese aplicable á un solo eje colocado invariablemente el primero en el sentido de la marcha. La locomotora es el único vehículo que se encuentra en este caso, pues casi siempre se orienta en el mismo sentido para emprender el movimiento. Podrá, pues, ser útil un aumento en la conicidad de las ruedas correspondientes á los ejes delanteros de las máquinas.

Así, por ejemplo, la compañía de Paris á Orleans emplea dos tipos distintos de llantas para dichas ruedas y aplica uno ú otro según que el radio de las curvas en las secciones que la locomotora considerada ha de recorrer es inferior ó superior á 800 metros. En el primer caso el perfil de las llantas acusa un aumento de conicidad en la superficie de rodadura; aquella es, en efecto, de $\frac{1}{10}$ en todo el ancho de la llanta y el acuerdo de la cara plana con la pestaña se hace mediante tres arcos de círculo, cuyos radios son de 200, 29 y 12 milímetros, respectivamente.

Las conclusiones que derivan de este análisis son las siguientes:

1.^a En las curvas cuyo radio es ó excede de 500 metros, puede dejarse la misma holgura de vía que en alineación recta, aunque esta última sólo alcance el minimum de 10 milímetros adoptado en la práctica.

2.^a En las curvas de radio inferior á 500 metros, es conveniente una *sobreholgura*, que podrá hacerse tanto más pequeña cuanto mayor sea

la holgura normal en recta y que depende, además, de la forma que afecte el perfil de la pestaña.

3.^a La forma de perfil más recomendable es aquella en que la pestaña va adelgazando hacia el borde, sin perjuicio de tener el suficiente grueso en su parte media, á fin de obviar las consecuencias de un prematuro desgaste.

4.^a Es, por último, ventajoso que las ruedas delanteras de las máquinas tengan dispuestas sus llantas con mayor conicidad que la generalmente admitida. Puede, en este caso, hacerse hasta de $\frac{1}{10}$.

¿Se tienen en cuenta estas observaciones en nuestras líneas férreas?

¿Se exige y comprueba su rigurosa aplicación en cada caso y circunstancia?.....

Los antecedentes que nuestra humilde investigación ha podido recoger, permiten, si no afirmar rotundamente la negativa, emitir la duda, y en materias tan delicadas como ésta basta la duda para justificar el temor de graves contratiempos, que por desgracia nos presenta la realidad con lamentable frecuencia.

*
* *

Transiciones ó acuerdos entre rectas y curvas.

Pasemos ya á ocuparnos de los medios de establecer la transición entre alineaciones rectas y curvas, con las posibles garantías de seguridad, para evitar accidentes que son más de temer en estos puntos, dado el cambio brusco de dirección que se impone á la masa en movimiento.

Las curvas de una línea férrea son siempre circulares y el *acuerdo* más sencillo con las alineaciones rectas inmediatas, es el constituido por la misma circunferencia de la curva, dispuesta de manera que sea tangente á ambas alineaciones. Este es, en efecto, el procedimiento que se sigue en líneas cuyo recorrido es poco y á velocidades moderadas. En tésis general puede admitirse, en razón á su sencillez, mientras éstas no excedan de 40 kilómetros por hora, es decir, para la mayor parte de las líneas de vía estrecha, sobre todo en nuestro país, y algunas secciones de las de vía normal, en que, por circunstancias de otra índole, se hace preciso reducir la marcha de los trenes.

En los demás casos, es una verdadera temeridad el acuerdo inmediato circular, porque no existiendo entre la recta y la circunferencia que la precede ó sigue más que un sólo elemento geométrico común, el convoy se encuentra forzado á cambiar *bruscamente* la dirección del movimiento al entrar ó salir de la curva. Este cambio repentino á velocidades considerables, es siempre arriesgado, pues la inercia del tren en marcha ha de resistir forzosamente el paso instantáneo de una trayectoria de radio infinito á otra de radio finito ó viceversa, y esta resistencia será tanto más enérgica cuanto mayor sea la velocidad del tren y menor el radio de la curva.

La estadística de los siniestros ferroviarios por descarrilamiento, acusa en verdad más del 70 por 100 ocurridos á la entrada ó salida de las curvas. De aquí la necesidad de aconsejar y vigilar escrupulosamente al personal de los trenes, á fin de que se modere la marcha al aproximarse á una curva ó al salir de ella; esto, sin embargo, no es suficiente en muchos casos y hay que ceñirse sin remedio á los principios de la teoría, so pena de abandonar al acaso la salvaguardia de intereses respetabilísimos en el orden humano y en el orden social.

Pero aún hay más: hemos visto que en las curvas es indispensable el peralte ó mayor nivel del carril exterior, lo que determina un inconveniente para el asiento de la vía en las cercanías del contacto de cada uno de los extremos del arco con la alineación recta correspondiente, inconveniente que surge de la necesidad de ganar esa diferencia de nivel de ambas filas de carriles.

Sea cualquiera el valor que se le asigne, el peralte debería *teóricamente* aparecer en toda su integridad desde el origen de la curva, es decir, en el mismo punto de tangencia. Esto no es posible en manera alguna; hay que ir ganando poco á poco el desnivel sobre un plano inclinado.

En los primeros años que siguieron al establecimiento de las vías férreas, el plano inclinado en cuestión se disponía, ora antes del punto de contacto, sobre la recta, ora después en la curva, ó *á caballo* sobre el citado punto. Ninguna de estas soluciones se halla exenta de inconvenientes, porque conducen á dar un peralte en alineación recta, absolutamente innecesario, ó á hacerlo insuficiente en una parte de la curva.

La única solución racional consiste en establecer una curva de transición entre la recta y la circunferencia que la sigue, elegida de tal suerte, que sus radios de curvatura sucesivos varíen desde el infinito, correspondiente á la recta, hasta el de la alineación circular de que se trata, acomodándose en cada punto al peralte gradual conveniente.

Mr. Chavès enuncia el problema como sigue:

«Hallar una curva tal que, en cada uno de sus puntos, el radio de curvatura convenga al peralte á medida que éste aumenta de una manera regular, continua y determinada de antemano.»

Mediante la admisión de ciertas hipótesis, llega Mr. Chavès á la fórmula siguiente:

$$y = K x^3,$$

en la cual x é y (coordenadas generales), se toman con respecto á la alineación recta prolongada, como eje de abscisas, y á su perpendicular en el punto de contacto con la curva, como eje de ordenadas. K es función del incremento del peralte por metro lineal y de la velocidad v del convoy.

Como para una curva determinada el valor de K es constante, resulta que el acuerdo entre la alineación recta y la curva circular que la sigue debe hacerse con un arco de parábola de tercer grado, osculador de ambas alineaciones.

Las hipótesis admitidas para establecer la fórmula precedente, quítanla en realidad una parte de su valor teórico, según reconoce el mismo autor Mr. Chavès; pero como aquellas hipótesis no afectan á lo fundamental del problema, siempre queda en pié la consecuencia, digna de notarse, relativa á la índole de curva apropiada al objeto que se persigue: la *parábola cúbica*.

Mr. Nordling escribe la ecuación de este modo:

$$y = \frac{x^3}{6 P},$$

en la que P es función del peralte y de la pendiente adoptada para ganar el consiguiente desnivel entre ambas filas de carriles.

Para su empleo en la práctica distingue dos casos, según se trate de líneas en construcción ó de líneas ya construídas, cuyo trazado deba rec-

tificarse. En el primer caso intercala un arco de parábola osculador de ambas alineaciones, recta y circular, repartiendo uniformemente el peralte en toda la longitud de la expresada curva de acuerdo, haciéndolo crecer en proporción de la distancia de cada uno de sus puntos al arranque del arco de parábola, de manera que al llegar al contacto con la alineación circular, el peralte alcanza su valor total. El empleo de este procedimiento requiere que se traslade la alineación recta, paralelamente á sí misma á cierta distancia, quedando la parábola de acuerdo á *caballo* sobre el primitivo punto de contacto, mitad á un lado, mitad á otro.

Esto da margen prácticamente á inconvenientes muy serios en el caso de una línea ya construída y en explotación, porque debiendo hacerse extensiva la rectificación del trazado á gran número de curvas de la red, sería necesario variar la posición de la vía en considerable parte del trayecto total, operación sumamente enojosa, quizás imposible en muchos casos, sin nueva explanación, y que anularía casi siempre el valor de las obras de fábrica ya establecidas.

Para este caso Mr. Nordling prescinde, pues, del contacto de segundo orden entre la parábola y la circunferencia, contentándose con un contacto simple, lo cual permite suprimir el desplazamiento de la tangente al arco de circunferencia primitivo.

La curva de transición consta entonces de un arco de parábola proyectado en $\frac{1}{3}$ de su longitud sobre la alineación recta del trazado y en los $\frac{2}{3}$ restantes, sobre la alineación curva siguiente; además, se intercala á continuación del arco de parábola otro de circunferencia, cuyo radio es las $\frac{3}{4}$ partes del que corresponde á la curva del trazado, resultando así que en el punto de acuerdo con esta última, el radio de curvatura sólo alcanza los $\frac{3}{4}$ del radio del primitivo círculo; de aquí un resalto en el peralte y la consiguiente necesidad de *matarlo*, cayendo otra vez en parte en los inconvenientes que se quería salvar.

Mr. Combier, para obviar tales dificultades, propuso un método que consiste en disponer de las cantidades arbitrarias que entran en el problema, de tal suerte, que quede reducida á insignificantes proporciones la diferencia entre el radio de la circunferencia del trazado y el radio de curvatura mínimo de la que debe substituir á aquella en limitada parte de su desarrollo. Todo se reduce á establecer el acuerdo mediante

SINIESTROS

un arco de parábola y otro de circunferencia, cuyo radio R' sea muy poco menor que el de la circunferencia primitiva R ; para ello Mr. Combier asigna un valor fijo y determinado, sea cualquiera el radio R propuesto, á los siguientes elementos del problema:

- S , longitud del arco de radio R que debe ser substituída por la circunferencia de transición. Se supone $S = 80$ metros.
 l , longitud del arco de parábola, que se fija en 40 metros.

Con estos datos resulta para el radio R' el valor siguiente:

$$R' = 0,978 R,$$

que, como se vé, difiere poco del radio R del trazado.

Asimismo, la distancia entre el arranque de la parábola y el punto de contacto de las dos alineaciones, circular y recta, del trazado primitivo, resulta ser $q = 18^m,30$.

Por último, la ecuación de la parábola de acuerdo es:

$$y = \frac{272}{R} \left(\frac{x}{40} \right)^3.$$

La hipótesis en virtud de la cual se asignan valores constantes á las cantidades expresadas, facilita mucho el replanteo de la curva auxiliar de transición.

La variante introducida por Mr. Combier, que acabamos de reseñar someramente, constituye el último perfeccionamiento en este método de los acuerdos parabólicos, y así se aplica en varias líneas, entre otras, la del Este, en Francia, y las del Estado en Bélgica.

Vemos, pues, en resumen, que para salvar las dificultades que en la práctica ofrece la modificación que nos ocupa, tratándose de líneas ya establecidas, único caso que importa estudiar aquí, se pueden seguir dos procedimientos: el de Nordling, que establece el contacto simple entre la curva de acuerdo y la del trazado, introduciendo entre el arco de parábola y la circunferencia otro arco de círculo intermedio con radio inferior al del trazado; y el de Combier, que completa esta solución haciendo insignificante la diferencia entre los radios de ambos arcos de círculo.

En 1882, Mr. de Leber, ingeniero inspector de los ferrocarriles austriacos, propuso una nueva solución, cuya idea fundamental es la siguiente:

Partiendo de la circunferencia primitiva del trazado, debe empezar-

se por disminuir el radio de curvatura é irlo enseguida aumentando otra vez hasta el infinito. Pues bien, en lugar de hacer esto por sucesivos resaltos para llegar á una curvatura constante sobre un 40 por 100 próximamente de la longitud total del acuerdo, es preferible hacer uso de la ley de generación de la parábola, que se acomoda muy bien á la sucesión de radios crecientes de modo continuo. La solución consiste, pues, en reemplazar el arco de circunferencia intermedio, de radio inferior al de la curva, por un arco de parábola invertido, osculador interiormente de la circunferencia del trazado y que formará en su unión, asimismo osculatriz, con la primera parábola de acuerdo, un *vértice artificial*.

Esta solución de la *parábola cúbica con vértice artificial* es teóricamente perfecta. Considerada desde el punto de vista práctico, presenta también una ventaja de gran valor, y es que, en el hecho de eliminar el vértice natural y los trozos más inmediatos á él de las ramas de la parábola que ya no responden suficientemente á la ley de curvatura deseada, se consigue hacer continua la variación del radio, á la vez que se reduce la amplitud del arco de parábola próximamente en un 25 por 100 respecto de las otras soluciones con arcos de circunferencia intermedios. Sólo hay que tener presente que el ángulo formado por el primer elemento de curva con el eje de abscisas no debe pasar de 6° á $6^{\circ} 30'$, mientras que si se trata de líneas en construcción, puede hacerse hasta de $9^{\circ} 30'$.

Mr. de Leber ha calculado numerosas tablas, que permiten determinar la longitud del arco parabólico, el desplazamiento del nuevo arranque, con respecto al punto de contacto primitivo entre la alineación recta y la curva circular del trazado....., en una palabra, las diversas cantidades cuyo conocimiento es indispensable para trazar la curva de transición ó acuerdo.

Remitimos al lector que desee adquirir detalles completos sobre el particular, á la Memoria de Mr. de Leber, publicada en Viena en 1890 por el *Diario Oficial de Órdenes y Reglamentos (Verordnungsblatt des K. K. Handelsministeriums für Eisenbahnen und Schiffahrt*, números 102 y 131), la cual ha servido de base para las instrucciones relativas al trazado de las líneas férreas de nueva concesión. El problema puede, pues, considerarse resuelto en Austria.

El cambio de alineación en un trazado lleva también consigo la necesidad de establecer el acuerdo progresivo de la sobreholgura de la vía. Y ocurre preguntar: ¿este acuerdo debe efectuarse sobre la alineación recta ó sobre la curva?

En las transiciones parabólicas, el acuerdo de la sobreholgura se hace lógicamente al mismo tiempo que el del peralte, sobre la misma curva de transición, repartiéndolo uniformemente sobre ésta de modo que ambos vienen á quedar establecidos con todo su valor en el punto mismo de tangencia de la curva de acuerdo con la del trazado. La sobreholgura no debe afectar más que á la fila interior de carriles.

Cuando no se establece curva especial de acuerdo, es indiferente ganar la sobreholgura en la alineación recta ó en la curva.

La compañía de Madrid á Zaragoza, donde no se han dispuesto acuerdos parabólicos á pesar de la considerable velocidad de algunos de sus trenes, reparte la sobreholgura entre dos ó tres parejas de carriles situados en cada uno de los extremos de la curva.

Podemos concluir de lo expuesto que los acuerdos parabólicos, con las varias modificaciones de detalle propuestas para su aplicación en las líneas ya construídas ó en explotación, constituyen, teóricamente, una solución elegante y muy precisa.

Aunque la oportunidad de su empleo sea discutida por algunos ingenieros, que representan la eterna disidencia en lo humano, no vacilamos en afirmar que este procedimiento *se impone* en las líneas recorridas á grandes velocidades, y la prueba está en que muchas compañías importantes del extranjero lo han aceptado sin titubear y con gran éxito en cuanto á la evitación de descarrilamientos, que eran antes muy frecuentes en las curvas, según acusa la estadística de los ferrocarriles desde su establecimiento en Europa.

En cuanto á España, diremos con pena que nadie se ha ocupado, no ya de introducir semejante mejora, pero ni siquiera de estudiarla; y no obstante, ¡cuántos accidentes hubiera quizás evitado!....

Hágalo quien puede y no se harán esperar los resultados.

Consolidación de la vía en curva.

Otras precauciones conviene aún adoptar en las curvas para la mejor consolidación de la vía, ya que en ellas se encuentra ésta sometida á la acción de diferentes fuerzas en dirección horizontal, por parte del material móvil, fuerzas que ocasionan efectos distintos, según que actúen sobre una ú otra fila de carriles, y que ejercen marcada influencia sobre la posición de éstos y su desgaste más ó menos rápido.

El carril, al paso de los trenes, sufre la acción de dos fuerzas: una vertical, debida al peso de las unidades del convoy y transmitida por las ruedas, y otra horizontal por efecto del choque de las pestañas contra el mismo carril.

Mr. Brière, después de numerosas experiencias, ha deducido que en alineación recta, se necesitaría un movimiento de lanzadera equivalente al esfuerzo horizontal de 11.900 kilogramos para producir el vuelco del carril hacia el exterior de la vía. Lo crecido de semejante cifra parece alejar el peligro de que en la práctica se llegue á ella.

No sucede lo mismo en las curvas; en este caso, la rueda delantera exterior de cada vehículo ejerce fuerte presión horizontal sobre el carril correspondiente y cuando el huelgo de la vía no es bastante, puede también contribuir al mismo efecto la rueda trasera. Suponiendo que la carga vertical tiene igual valor que en el caso de alineación recta, bastará, en la curva, para ocasionar el vuelco del carril, que las componentes horizontales de los esfuerzos ejercidos por ambas ruedas sumen la expresada cifra de 11.900 kilogramos, lo cual se hace en este caso más probable.

Puede ocurrir, además, que tratándose de una vía sistema Vignole, la estabilidad propia del carril deje de entrar en juego por consecuencia de cualquier alteración insignificante en la posición inclinada de aquél, y que todo el esfuerzo actúe, por lo tanto, directamente sobre las escarpas ó tirafondos, circunstancia que induce á Mr. Brière á reputar este sistema de vía como menos ventajoso que el de cojinetes.

Y en efecto, en las del tipo Vignole acredita la experiencia que es casi siempre necesario aumentar la clavazón en las curvas, y aun mu-

chas compañías adoptan en ellas las *placas de asiento*, sobre todo cuando no se emplean traviesas de roble. Otras, en cambio, sólo refuerzan la clavazón en las curvas de radio pequeño, haciendo extensivo á ambas filas de carriles este procedimiento de consolidación.

Son muy varios los recursos empleados para evitar, tanto el vuelco de los carriles como el ensanche de la vía; úsanse al efecto cuñas de madera de forma amoldada á la del carril para adosarlas al costado exterior del mismo, fijándolas á las traviesas por medio de gruesos tornillos; en ciertos casos, tirantes de hierro uniendo ambas filas de carriles, otras veces grapas, etc. Pero en general es más sencillo y suficiente el empleo de las placas y reforzar la clavazón en las curvas cuyo radio sea inferior á 500 metros. No debe omitirse, en este caso, la adopción de tales precauciones, siempre recomendables.



IV.

Otras causas de siniestro.

Conclusión.

Terminada la parte esencial del exámen que nos habíamos propuesto, poco hemos de añadir en cuanto se refiere á los accidentes debidos á otras causas.

Nadie ignora que entre los enemigos declarados de las vías de comunicación, puede contarse, quizás como el más temible, la lluvia, sobre todo cuando es torrencial, cual sucede á menudo en nuestro clima, ó cuando reviste ese caracter de persistencia que distingue á los temporales propios de las estaciones intermedias: la primavera y el otoño.

En el primer caso son de temer arrastres de tierras ocasionados por la violencia de las aguas, que dejan al descubierto la vía ó la interceptan con grandes moles desprendidas de las escarpas ó taludes en los desmontes.

En el segundo caso, la filtración constante de las aguas en el subsuelo determina, cuando éste no es suficientemente permeable, el reblandecimiento del terreno sobre que se asienta la vía, poniendo en grave peligro su estabilidad al paso de los trenes y aumentando, por ende, las probabilidades de accidente.

Suelen presentarse á mayor abundamiento, en tales circunstancias, grandes y repentinas crecidas en las corrientes de agua cruzadas por el camino, y el riesgo consiguiente de avería en las obras de fábrica construídas para salvar los citados pasos.

La cuestión es muy compleja y esencialmente circunstancial.

Todo lo que no sea estudiar en cada caso, sobre el terreno mismo, y á veces con las duras lecciones de la experiencia, las obras más convenientes, mirando de consuno á la climatología del país, á la configuración del terreno, á sus condiciones geológicas é hidrográficas, al trazado

de la vía, etc., etc., será perder lastimosamente el tiempo y el dinero.

Y aún nos permitiremos añadir que el verdadero estudio del saneamiento de un camino no puede realizarse de manera eficaz y definitiva sino cuando el camino se halla ya construído. Es claro que no nos referimos á las obras cuya necesidad é importancia saltan desde luego á la vista al efectuar el estudio que sirve de base al proyècto general de la línea, sino á esa multitud de detalles que sólo *se ven* y se estiman en su justo valor cuando la Naturaleza va señalando por sí misma dónde están los peligros mayores de las trabas que el hombre pretende imponerla, indicando, por la tendencia misma de burlarlas, cuál es el medio mejor de evitar los temidos perjuicios.

No hay, pues, otro remedio que afrontar, durante los primeros años de explotación de una nueva vía, los sensibles quebrantos que para el capital supone la necesidad de aumentar la vigilancia, duplicar el personal de conservación, disminuir la velocidad calculada normalmente á los trenes y proyectar y ejecutar á cada paso esas obras complementarias que surgen del conocimiento práctico de las cosas, y de cuya omisión se seguirían gravísimos perjuicios, que, en último término, alcanzan á la misma empresa, condenada de esta suerte á no tener jamás línea segura ni presupuesto normal de explotación.

Estas observaciones, confirmadas por la experiencia, se tienen rara vez en cuenta al comenzar la explotación de una línea. El afán inmoderado de obtener rápidos y pingües rendimientos al capital, pesa con abrumadora saña en el ánimo de las compañías y ante el dominio avasallador de la idea mercantil, llevada más allá de sus justos y razonables límites, véanse relegadas á segundo término, y como desempeñando el papel de molestos escollos, la eterna verdad de las leyes científicas y la discreta voz de la prudencia.

Optase casi siempre por atropellar, en vez de salvar, estos pretendidos escollos, y las consecuencias no tardan en mostrar bien á las claras lo erróneo del procedimiento, haciendo caer sobre los primeros interesados la dura carga por sus propios errores suspendida. Y es lo más sensible que á menudo alcanzan los efectos á otros intereses exentos de culpa y no por eso menos fuertemente lesionados en la caída.

Es una vulgaridad y.... ¡cosa estupenda!, apenas hay quien llegado

el caso la tome en consideración: «Cuesta más barato para lo presente y »para lo porvenir, hacer las cosas bien desde un principio». Sin embargo, lo habitual y corriente es comenzar todo mal para acabar peor. Empiézase por efectuar el estudio del trazado de cualquier modo, á veces sin tomarse siquiera la molestia de salir al campo, y podríamos citar más de un caso; el objeto es presentar un proyecto, bueno ó malo, que sirva de base á la demanda de concesión; cumplida esta fórmula, obtiéndose aquella siempre que se disponga de *una buena cuña* á quien, por regla general, interesa poco que el estudio sea ó no concienzudo, dado caso que entienda de estas bagatelas. Procédese después á ejecutar las obras, casi siempre por contrata, y excusado es repetir aquí lo que está en el ánimo de todos cuantos, *desgraciadamente*, hemos tenido que intervenir en esta clase de asuntos, verdadero amasijo de componendas entre concesionarios y constructores, entre el capital constituido y el capital que *se elabora*, de donde resulta indefectiblemente lesionado el interés público y vilipendiada la buena fé de los que, por decoro profesional y justa estimación de sus deberes, no pueden ni quieren aventurarse en tan peligrosas corrientes.

Todas las advertencias sanas, todas las razones del buen sentido, han de acallarse forzosamente bajo la presión de esas cábalas *financieras* que á menudo se urden, triste es decirlo, en el seno de comités extranjeros; y al compás de su misteriosa elaboración véense surgir como por encanto esos terraplenes que se desmoronan al menor aguacero; esos desmontes faltos de saneamiento, cuyos taludes no responden, ni con mucho, á la naturaleza de las tierras que los forman; esas obras de ladrillo que se descarnan al simple contacto del aire, privadas de buenos cimientos, hasta sin encachado la mayor parte de ellas; esas barras carriles asentadas sobre pobres restos de añosos troncos mal cortados, sorprendidos en plena circulación de la sávia, y de los cuales se exige, sin ulterior preparación, prodigios de resistencia..., y para colmo de desventuras, todo ello enterrado en un balasto *soi-disant*, que parece elegido en absoluta contraposición de las cualidades que debe reunir para responder debidamente á su misión importantísima. ¿Qué más? Hasta se ha pretendido, sin duda en el delirio ocasionado por la fiebre económica, efectuar ensayos para *suprimir* el balasto, el *pan* de las vías férreas (!).

No, no deben causar extrañeza los percances desagradables, y á menudo funestos, de explotaciones realizadas en condiciones semejantes. Si á nuestra apatía tradicional, que nos aleja sistemáticamente de todo cuanto supone estudiar y perfeccionar los elementos de artes é industrias, retrayéndonos del general esfuerzo progresivo, unimos el descuido en utilizar lo poco que poseemos de forma y manera adecuadas á su mejor empleo, muy pronto nuestras vías de comunicación, base firmísima de la cultura y bienestar material de los pueblos, se hundirán en las tristes negruras de una desconfianza mortal que agotará esos positivos manantiales de riqueza.

Urge, pues, siquiera volviendo por los fueros de nuestro crédito, poner remedio á tal estado de cosas. Y para ello entendemos que lo más eficaz sería *nacionalizar*, en la medida de lo posible, estos servicios, puestos hoy casi todos en manos extranjeras, no siempre competentes, pero en todos los casos esclavas sumisas de intereses ajenos, que se alimentan con la sávia de nuestros propios recursos á fuerza de exprimirlos, no ya de explotarlos.

Personal inteligente, lleno de patriotismo y ávido de ocuparse en cosas útiles, tenemos por fortuna en nuestra propia casa. Condenado hoy á enervadora é injustificada quietud, él podría ser el primer valladar opuesto á esa conquista económica, no menos temible que la conquista material, por lo mismo que afecta á la riqueza pública, manobrando en silencio para no despertar recelos que pudieran dar al traste con la sutil tarea y arrancarla el magnífico filón que nos pertenece de derecho.

FIN.

ÍNDICE.



	<u>Páginas.</u>
I.—Clasificación de los accidentes que suelen ocurrir en las vías férreas. .	5
II.—Descarrilamientos en los cambios.	9
III.—Descarrilamientos en las curvas.	13
Del peralte.	13
De la sobreholgura.	21
Transiciones ó acuerdos entre rectas y curvas.	26
Consolidación de la vía en curva.	33
IV.—Otras causas de siniestro.—(Conclusión).	35



DEFENSA DE COSTAS
Y BATERÍAS ECONÓMICAS.

DEFENSA DE COSTAS

Y

BATERÍAS ECONÓMICAS,

POR

D. ANTONIO VIDAL Y RUA,

Teniente Coronel de Ingenieros.



MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

1901




DEFENSA DE COSTAS Y BATERÍAS ECONÓMICAS.



I.

Explicación del concepto económico.

UN cuando el estudio económico de la fortificación, y lo mismo podríamos decir del acuartelamiento, así como en orden más general de todos los servicios militares hasta los fundamentales de organización del Ejército y de la Marina y los demás ramos de la Administración nacional, debe considerarse tan esencial como el estudio exclusivamente técnico, las circunstancias porque atraviesa nuestro país ofrecen ocasión propicia para reforzar las enseñanzas en aquel sentido, ya que en estudios puramente teóricos, en tratados didácticos y aun en prescripciones reglamentarias cuando se atiende más al objetivo que á los medios de conseguirlo, se establecen conceptos cuya práctica realización sólo podría alcanzarse en muchos casos cayendo en la aberración económica del *cuente lo que cuente*.

Es difícil en las obras de construcción, y más en las de índole militar táctica, así en las defensas de tierra como en las marítimas, precisar el buen término medio en que se integra un resultado de eficacia y economía que no puede obtenerse sin transacciones en el concepto técnico, separándose del tipo *mejor* para buscar el *acceptable* y sentando las premisas de todo proyecto en bases de un procedimiento ó de una táctica ajustada á las mismas ideas y en aspiraciones á una finalidad contenida en los mismos términos medios y no en los absolutos que implican las ideas de *invencible* ó *inexpugnable*, buscando el verdadero optimismo en el convencimiento de tener, material ó moralmente, más probabilidades favorables que adversas en la presumible contienda, á cuya previsión se ajusta un proyecto, sin descartar en el caso de reconocida inferioridad ó desventaja la posibilidad de alcanzar un éxito por sólo haber restado

circunstancias adversas ó aumentado las favorables en la limitada proporción que sea dable.

En todos estos conceptos tiene que informarse un sistema ó una obra de defensa, sujetos al especial calificativo de económicos, que supone la omisión deliberada de perfeccionamientos ó ventajas de orden no esencial al cometido impuesto á dichos obra ó sistema, y en esta tendencia y en el convencimiento de que tal problema entraña las soluciones más difíciles y expuestas á más ardientes censuras y controversias, nos decidimos á desenvolver las ideas que siguen á continuación, con mucha desconfianza en nuestros medios intelectuales, pero con un convencimiento profundo respecto al deber que impone el compañerismo de cambiar impresiones personales con la mira de fomentar el criterio práctico de nuestro Cuerpo, cuyos amplios é importantes cometidos exigen intercomunicación de ideas contrastadas en la ejecución material de sus variados servicios, en el exámen y estudio comparativo de trabajos á que obligan determinados destinos ó en la aplicación individual y espontánea nacida del amor á la profesión, tan manifiesta por muchos de nuestros jefes y oficiales en el MEMORIAL DE INGENIEROS, en otras publicaciones científicas y en el libro ó folleto, que es muchas veces llevado á la prensa, más por el entusiasmo á la carrera que por el resarcimiento material de un trabajo, siempre penoso y meritorio.



II.

Idea de nuestra antigua defensa de costas y criterio en que ha de basarse la defensa moderna.

La idea de organizar en el sentido de máxima economía una defensa de costas, tiene que ir aparejada con el concepto técnico, á partir de bases generales en el orden táctico y aun en el orden estratégico.

Hasta los comienzos del pasado siglo tuvimos establecida la fortificación de nuestro litoral bajo el mismo principio militar que informaba la táctica general de la época en las líneas del campo de batalla y en las líneas continuas de fortificación, no cabiendo para aquel objeto más que la línea no interrumpida de defensas sin orden alguno de profundidad, diversa de la que se establecía en las fronteras terrestres y frentes de combate con el establecimiento de dos ó tres líneas paralelas, porque en la lucha entablada sobre elementos tan desiguales como mar y tierra, la frontera es inmutable y cambia el sistema de guerra al separarse de ella en uno ú otro sentido.

Consiguiente á estas ideas de los tiempos anteriores á la época actual pueden aún apreciarse en nuestras costas los restos ó vestigios de las defensas de aquel tiempo, marcadamente sujetas á hacer inabordable para el enemigo todo el litoral en todos sus puntos, abandonando exclusivamente los dotados por la naturaleza de inaccesibilidad propia y sin relación con las maniobras de la navegación á vela, y multiplicando los castillos y baterías al objeto de defender todos los fondeaderos, puntos de posible desembarco y lugares presumibles para rendir bordada junto á la costa en las premiosas maniobras náuticas de entónces.

En nuestro ángulo del Noroeste, país de las rías y puertos naturales, que por su situación geográfica y su accesibilidad por mar es, con respecto á las potencias marítimas del occidente europeo, la puerta más fácil é inmediata para poner el pie en territorio español, estaba hace un siglo, con ocasión de nuestra guerra con Inglaterra, tan cabalmente y

bien organizada la defensa de costas, dentro de las ideas reinantes y el convencimiento racional de que un cañón en tierra equivalía á diez cañones de á bordo, que con la facilidad á que se prestaba la construcción de artillería y defensas y con la fijeza de ideas consiguiente á una táctica doctrinal y sencilla, no hay puerto, ensenada ni playa en que no se cruzaran los fuegos de nuestras antiguas baterías, dándose el caso de que en la única parte de este litoral que se separa de la configuración general de rías y ensenadas, y es la costa comprendida entre la desembocadura del Miño y la ría de Vigo, estaba encomendada al cuidado de los frailes del monasterio de la Oya la batería de costa montada en aquel lugar de relativa accesibilidad, alejado de todo centro y destacamento militar.

Pues bien; dentro de este orden primordial de ideas se desarrolló en los principios del recién pasado siglo la defensa de nuestras costas, sin mengua de las miras de economía impuestas también entonces por la penuria de un Erario exhausto; y con la indispensable transformación de criterio es dable y conveniente la reivindicación del poder defensivo de nuestras costas, reconociendo, no obstante, una manifiesta desventaja para nosotros, nacida del atropellado movimiento evolutivo en que estamos envueltos por consecuencia del torrencial progreso de la industria.

Pero aun en período de expectación, que no puede prolongarse indefinidamente, y atendidos al movimiento acelerado en la perfección del material de guerra y su consiguiente empleo táctico, cabe fijar y de hecho se van fijando las ideas sobre la organización defensiva de costas, sino con un carácter preceptivo, que sólo se justificaría en una paralización imposible del progreso material, al menos con el criterio intuitivo nacido en la marcha vertiginosa de los adelantos industriales.

En concepto general estratégico es una quimera querer aproximarse á la defensa lineal de toda nuestra frontera marítima, y en consonancia con la movilidad y radio de acción, tanto de las escuadras navales como de las grandes unidades de las fuerzas de tierra, deben constituirse las posiciones en la defensa de costas con muy contados centros que sirvan de base de protección á la marina mercante, refugio, abastecimiento y ejes de operaciones de la marina militar y puntos de apoyo al ejército territorial contra toda irrupción por mar.

Pretender la fortificación de todos los puntos comerciales, así como de todas las bahías que presumiblemente pudieran convenir al enemigo, sería un imposible más económico que militar, cayendo en el peligro de constituir puntos fortificados que, sin ofrecer resistencia sería ante una división naval, podrían justificar bombardeos con carácter de victorias en detrimento del buen espíritu para repeler el desembarco con el solo auxilio de las fuerzas móviles cuando éste fuese el verdadero objeto del ataque, ya que la simple destrucción de una ciudad indefensa, hecha á distancia, no es base táctica para ningún plan de guerra ni aun tiene el carácter de intimidación que puede ofrecer contra una posición fortificada.

Como la fantasía popular abulta mucho los estragos de un bombardeo á distancia, procedimiento siempre tenido por ineficaz y contraproducente, á menos que se ejecute como incidente de un ataque efectivo, no deja de infiltrarse aquella idea en apreciaciones militares de orden más serio, objetando que una escuadra enemiga puede establecer un desembarco en una ciudad indefensa para reclamar en seguida como rescate la entrega de otra posición militar de importancia; pero no exige larga refutación un aserto que tergiversa el concepto de la guerra atribuyendo importancia capital á lo accesorio y que se rebate fácilmente con sólo plantear el problema inverso de una invasión por mar al país enemigo, desechando desde luego el caso de una nación que buscase un simple y primer motivo para abdicar de su independencia.

Decimos, pues, que así como la organización defensiva de una frontera terrestre no puede basarse hoy en la formación de una línea militar de continua é igual resistencia, sino que la defensa estratégica ha de fiarse á determinados y fuertes núcleos defensivos, del mismo modo en la frontera marítima se ha de fundar la defensa del Estado en limitados puertos y regiones costeras, puestas en condiciones de apoyar la acción combinada de las fuerzas de mar y tierra y contrarrestar las tentativas del enemigo, ya indirectas, como persecución á barcos de guerra y apresamiento de los mercantes y el bloqueo para restar riqueza y recursos al país, ó ya directas, como el ataque á una posición marítima, con idea de establecer una base formal de operaciones para la invasión del territorio, ó destruir ó apoderarse de un punto de resistencia y recursos mi-

litares, como acción parcial, pero trascendente, al objetivo final de la guerra. Pues es claro, que tanto por el alcance de las nuevas armas como por el mayor campo de acción de las posiciones fortificadas que se establecen como ejes de operaciones de la defensa activa, el logro de aquellas aspiraciones se consigue más por la fortificación intensa moderna, que por la fortificación extensa de los antiguos moldes. El buen concepto estratégico reside en la buena elección y organización, más que en el número de aquellas posiciones, y la potencia militar de un Estado, por lo que se refiere á sus costas, tanto con la mira de atender á su independencia, como á la de entrar en los conciertos internacionales para el logro de elevados y comunes intereses, estriba en asociar este recurso defensivo con las fuerzas de mar y tierra, sin buscar la perfección en una especie de muralla de la China, contra las agresiones por mar, sino en la buena combinación de sus elementos armados con finalidad de un orden relativo y de una previsión que excluye la exigencia del *todo ó nada*, y pone al Estado en condiciones militares de sostener la existencia actual y afrontar las contingencias de la política internacional de una manera activa ó pasiva, que para hacer efectiva una ú otra tendencia con entera autonomía, se hace preciso un cierto coeficiente de ponderación militar, como aspiración y manifestación de vitalidad.



III.

Fundamentos para la organización defensiva de una posición marítima.

Pasando de las ideas generales de la defensa de costas al criterio táctico que debe presidir en la organización defensiva de una posición marítima que comprenda uno ó varios puertos inmediatos y un frente máximo de 20 á 25 kilómetros entre las obras extremas por uno y otro flanco, podemos establecer por una parte el principio siempre oportuno de diseminar las piezas y concentrar sus fuegos, y por otra la necesidad de agrupar las baterías, asociando las diversas cualidades de sus bocas de fuego y aumentando su eficacia por una inteligente dirección del tiro, basada en la buena observación del blanco y de los impactos y en la facilidad de transmitir los datos convenientes para la inmediata y acertada concentración de disparos.

Originase de aquí que la unidad superior en la defensa de una posición costera no es la batería sino el grupo de baterías, y que todo grupo de baterías debe responder á una defensa integral y eficiente, asimilándose en cierto modo á una división naval ó á una escuadra de combate, con cuyo poder ha de medir sus fuerzas, utilizando las ventajas de la situación en tierra.

En el estado actual de adelanto militar podemos distinguir para la defensa de costas tres tipos de artillería esencialmente distintos:

- los cañones de grueso calibre,
- los de mediano calibre y tiro rápido
- y los obuses,

cuyo conjunto, en unión de las fuerzas móviles de artillería é infantería para prevenir desembarcos por sorpresa ó á viva fuerza, constituye la defensa integral de que tratamos.

Los cañones de grueso calibre con acción eficaz á grandes distancias en las cubiertas protectoras de los barcos y posibilidad de perforación

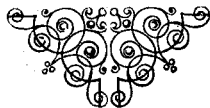
de sus blindajes á distancias cortas, necesitan, para hacer efectiva esta última cualidad, emplazamientos de poca altura sobre el nivel del mar, á la que también es consiguiente el aumento de zona peligrosa para el barco, zona cuya amplitud para distancias cortas decrece muy rápidamente al crecer la cota, por lo que, aparte del ángulo muerto, que en ocasiones será también factor decisivo, se hace preciso huir del tiro fijante cuando con la proximidad en marcha rápida pueda realizar el barco un objetivo de trascendencia, como forzar un canal ó pasar á colocarse en situación ventajosa para determinado fin táctico.

Las piezas de mediano calibre de tiro rápido pueden constituir baterías de mucho empeño en el combate moderno para destruir la artillería de pequeño y mediano calibre de los barcos y todos los accesorios que no pueden estar protegidos por fuertes corazas, lanzando nutrido fuego en una extensa zona de larga á corta distancia, siendo decididamente conveniente la instalación de dichas baterías en cotas de mediana altitud (*entre 50 y 100 metros*), muy favorables á la protección natural de las piezas, sin caer en exageración de grandes espacios muertos ni buscar con afán el tiro rasante, en el cual no se domina bien el blanco, y aunque con la altitud se pierda probabilidad de acierto sobre el costado del buque, se compensa en parte este inconveniente con la ventaja de descubrir más superficie aparente de aquél y más partes vulnerables al objeto, en cierto modo auxiliar, pero importantísimo, de este tiro, por lo multiplicado de sus efectos.

Y por lo que respecta á los obuses constituyen estas bocas de fuego un elemento de creciente importancia por el decisivo efecto de sus proyectiles á distancias medias de combate y la ventaja de su conveniente situación en puntos de la más elevada cota, con excelentes condiciones de dominación visual y la defensa natural que adquieren por el solo emplazamiento.

La artillería de reducido calibre no tiene justificación para figurar como dotación de carácter fijo en la defensa de costas, ni la misión importante con que figura en los barcos de combate para repeler la agresión de torpederos y dominar las defensas bajas de costa con idea de inutilizar á sus sirvientes. Como toda defensa de costas destinada á luchar contra una flota dotada en orden regular de tropas de desembarco, exige

las fuerzas móviles llamadas á sostener la defensa propia de la posición, y en casos muy eventuales, por deficiencia en los barcos de combate, disparar sobre los tripulantes que se presentasen al descubierto, pueden precaverse todas las contingencias con disposiciones circunstanciales para el empleo de la artillería rodada de tiro rápido y aun la fusilería, especialmente sobre los puntos de la costa accesible á las embarcaciones menores.



IV.

Estudio especial de una posición de costa en consonancia con los medios de ataque á que puede verse expuesta.

Definido el instrumento de la defensa de costas propiamente dicha, ó defensa fija ó permanente, á cuyas circunstancias se ha de acomodar el plan defensivo general de la costa y el particular de cada posición, cabe discurrir acerca de las condiciones especiales en que se han de agrupar los elementos componentes de un núcleo defensivo, y las de detalle que afectan á la organización de una batería, unidad táctica subdivisionaria.

Desde luego, y así como en la defensa general de una frontera marítima tiene que sujetarse la elección de las posiciones fortificadas á las conveniencias estratégicas y político militares, es preciso que las posiciones elegidas cumplan determinadas condiciones tácticas que las hagan adaptables al empleo de los medios defensivos, y á la misión impuesta á tales posiciones fuertes. Y siendo el esencial objeto de éstas atender á los recursos de la flota militar y la mercante propia, y evitar que el enemigo constituya base de operaciones marítimas en la parte del litoral que á ello se preste, de aquí que el estudio especial de una fortificación de costa sólo tenga aplicación práctica en circunstancias hidrográficas ó topográficas que excluyen el caso marcadamente desfavorable al establecimiento de las defensas.

Habrá de contarse, por lo tanto, con un entrante de mar limitado por cabos ó puntas salientes, en lo que respecta á la configuración de la costa, y con alturas interpuestas entre los puertos ó fondeaderos, incluidos en la defensa, y el mar exterior á los mismos, llamado á considerarse como aguas de combate contra la posición militar. Y dentro de este supuesto, cabe fijar el número y emplazamientos más convenientes para las obras defensivas, tanto en disposición planimétrica como en altitud, constituyendo esto un doble punto de vista, en donde concurren

muy encontradas opiniones, justificadas en el diferente grado de ponderación que es posible establecer entre lo que podemos llamar desenfilada activa y desenfilada pasiva de las bocas de fuego, ó entre las condiciones, en cierto modo antagónicas, anexas al cometido de la artillería como arma ofensiva, y al cometido de la fortificación como arma defensiva.

Hay quien preconiza el emplazamiento de una batería resguardada de la vista y fuegos del mar exterior, mediante un repliegue del terreno que no impida herir con seguridad y certeza al paso de un canal de entrada al puerto, y enaltece las ventajas de una cota elevada por la mayor defensa natural que tiene el cañón, así como no faltan ardientes partidarios del uso exclusivo de baterías lo más avanzadas y lo más rasantes que sea posible con el objeto de extremar las condiciones activas del tiro. Y como quiera que de una y otra cualidad ha de participar la defensa, nada más llamado á ilustrar el criterio táctico que las condiciones económicas del asunto.

Si se prescindiese de las circunstancias de coste habría de aceptarse exclusivamente el cañón acorazado en sí mismo contra los tiros, ya horizontales, ya por elevación, y colocado para el fuego rasante con la suficiente potencia de perforación, con lo cual, y dando un paso más para hacerlo movable y mejor automóvil, venimos á caer en la defensa naval, con exclusión de toda defensa en tierra firme, ó sea la idea técnicamente racional de los que todo lo quieren fiar á la escuadra, cayendo en el absurdo económico de utilizar sólo cañones á flote, cuyo precio se cuenta por millones de pesetas, en absoluta substitución de cañones terrestres, cuyo precio en batería es sólo de miles de pesetas; absurdo tan patente como el de la táctica general basada en la movilidad absoluta del ejército desligado de la fortificación, siendo así que ésta multiplica la fuerza y el valor, tanto como abarata la organización defensiva y hace accesible á los menos la victoria contra los más.

Si extremando en sentido opuesto se pretende garantir casi en absoluto la defensa del cañón y del sirviente á expensas de los sectores privados de fuego, de los extensos ángulos muertos y de disminuir el tanto por ciento de eficacia balística, todo lo cual va unido á la timidez en el plan defensivo, caeríamos en el sistema negativo que todo lo fía á la mera defensa pasiva ó al obstáculo material é inerte, base de la rendi-

ción sin defensa efectiva y extremo táctico simbolizado por ilustre tratadista militar en el guerrero revestido de coraza, encerrado en fuerte torreón, último refugio de escalonadas defensas, que espera impasible recibir el primer golpe en su escudo personal para rendir sus armas.

Podemos aceptar, pues, huyendo de ideas exclusivas y de radicalismos utópicos, que el fundamento para organizar la defensa de una posición costera estriba en la buena elección de emplazamientos, con objeto de reducir en lo posible el número de baterías y el total de bocas de fuego, haciéndolas al propio tiempo capaces de cumplir el objetivo de dicha defensa, que es el de oponerse á los diferentes planes de ataque que puede desarrollar el enemigo.

Los medios generales de que éste se vale para expugnar una posición pueden reducirse á los términos consabidos siguientes:

1.º El bloqueo, para privar de recursos y quebrantar la moral del defensor, provocando una rendición más fácil ó un efecto combinado con otras operaciones de la guerra.

2.º El bombardeo al núcleo principal de la defensa: ciudades, arsenales, escuadra ó barcos fondeados en el interior del puerto, como intimidación y acción preparatoria á determinados fines subsiguientes.

3.º Desembarcos efectuados en las proximidades de la zona táctica de la posición, con objeto de emplear como principal y decisivo el ataque por tierra.

4.º Ataque regular contra la artillería de costa, para inutilizar estas piezas ó destruir sus baterías.

Y 5.º Ataque á viva fuerza, penetrando en el interior del puerto con objeto de rendir ó destruir la plaza marítima, arsenales ó escuadras refugiadas.

Es claro que el objetivo de las hostilidades á una posición ha de ser, en definitiva, llegar al último y 5.º punto después de determinadas operaciones comprendidas en los anteriores, y en tal concepto se contaba antes como preciado elemento de defensa el establecimiento de baterías completamente resguardadas del fuego exterior para oponerse á la última fase del ataque, sacrificando la influencia de dichas bocas de fuego en los preliminares y en el período álgido de la lucha.

Pero por una parte el progreso de la artillería aumentó en mayor

proporción la eficacia del tiro á distancia sobre esplanadas fijas en tierra que sobre plataformas oscilantes en el mar, aumentó también mucho el coste del material, en términos de ser antieconómico el sistema del empleo sucesivo de los elementos de combate cuya acción puede simultanearse en los momentos más decisivos; y por otro lado, es indudable que para contrarrestar en lo posible la ventaja de mayor actividad que obra á favor de la escuadra atacante, conviene restar todo lo menos posible, en la organización de la defensa, las cualidades activas del tiro de costa.

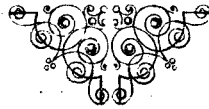
Cuando el cañón era de limitado alcance, resultaba imposible oponer á la escuadra enemiga el fuego de todas ó la mayor parte de las baterías defensivas durante el mayor empeño del combate de artillería, que por verificarse siempre á cortas distancias, relativamente á las magnitudes topográficas de anchura y longitud de ensenadas y rías, asignaba muy trascendentales ventajas al tiro de enfilada sobre un derrotero y al tiro de flanco sobre un paso, y más atendiendo á lo precario de las maniobras navales á la vela, aun con viento favorable, y á la vulnerabilidad general del antiguo barco de combate. Pero en la actualidad resulta de más ventaja relativa, obtenida por el mayor alcance de las armas, entablar la lucha decisiva cuando la escuadra está todo lo más posible en alta mar, en aguas donde puede efectuarse la máxima concentración del fuego eficaz de tierra y donde pueda constituirse una zona tan peligrosa que no pueda salvarse impunemente para forzar los pasos ó abordar la costa, reservando para defender unos y otra los medios accesorios de que luego haremos breve indicación y las tropas contra desembarcos, sin establecer costosos cañones de grueso calibre, suficientes á perforar las más gruesas corazas, con la misión eventual de oponerse á una fase del ataque con resultado que sería muy dudoso una vez destruidas las baterías exteriores, en cuya mútua defensa no podrían intervenir dichas bocas de fuego, resguardadas en absoluto por su posición oculta y pasiva.

Entendemos, pues, que el principio capital de la defensa de una posición marítima estriba en constituir la zona peligrosa de que hemos hecho indicación, en términos de que resulte todo lo más separada que sea posible del centro ú objetivo del ataque enemigo, concentrando en

dicha zona el máximo de acción artillera que sea dable, excluyendo, por lo tanto, la construcción de baterías de segunda línea en interior de canales y ensenadas.

Cuanto más se extienda dicha zona mar afuera, tanto más se dificultará el bloqueo efectivo, permitiendo los abastecimientos y el refugio de los barcos amigos, haciéndose á la vez más largo el camino peligroso en un ataque resuelto y audaz que no puede descartarse en una previsión racional. Y la existencia de tal zona, sin sectores privados de fuego, hará completamente imposible el bombardeo á una plaza ó puerto resguardado por baterías de posición avanzada.

El problema táctico de la organización defensiva, subordinado al indicado principio fundamental, se reduce, por consiguiente, á elegir los emplazamientos y disponer la construcción de las baterías, de suerte que éstas puedan desplegar en gran amplitud su condición activa, atendiendo á la vez á conseguir la mayor invulnerabilidad de las piezas y sirvientes, sin sacrificar nada de cuanto tienda al servicio de municionamiento para la mayor rapidez del fuego, que implica la multiplicación del efecto útil en momentos decisivos.



V.

Eficacia comparada de las diferentes clases de artillado é indicación de su empleo proporcional en la defensa de una posición.—Defensas accesorias.

Tratándose de regiones como la del litoral Noroeste de nuestra Península, el obús de costa, en calibre de 24 á 26 centímetros, constituye un elemento primordial de la defensa, muy eficaz y económico en todas las acepciones de la palabra, teniendo en cuenta la facilidad de su instalación y servicio con buen resguardo de los tiros enemigos, amplitud de sector de fuegos, toda vez que los accidentes del terreno podrán ocultar alguna porción del horizonte marítimo, pero nunca imposibilitar el tiro en parte alguna de su circunferencia, y el precio relativamente barato de la pieza. Por esta razón es lógico que cuando las circunstancias orográficas sean favorables, deben constituir los obuses el mayor número de las piezas de grueso calibre en la defensa de costas; y si se cuenta con medios para ejercer una buena dirección y corrección de su tiro, resultan una amenaza tál contra los costosos acorazados modernos, que no tiene la táctica naval medios hábiles para contrarrestarla con ventaja, á no mantenerse aquellos á una distancia superior al alcance eficaz de dichas bocas de fuego.

Para completar esta acción y contrarrestar el tiro naval á largas distancias, así como á distancias cortas en que el tiro del obús no resultaría propio ni aplicable, es indudablemente precisa la instalación de cañones de grueso calibre, que en plan económico han de ser en mucho menor número que los obuses; y para multiplicar la acción del fuego directo conviene establecer los cañones de mediano calibre y tiro rápido, en número también inferior al de obuses, pero superior al de los de grueso calibre que tienen, en cierto modo, el carácter de piezas de reserva, toda vez que á la distancia media y más reñida del combate, la

lucha de más empeño debe ser sostenida por los obuses y artillería de tiro rápido.

Como tipo práctico de estas ideas conceptuamos que una extensa posición marítima podrá quedar intensamente defendida, organizando un grupo capital compuesto de:

3 baterías de 6 obuses (de 24 á 26 cm.)

2 baterías de 3 cañones de grueso calibre (de 24 á 26 cm.)

2 baterías de 4 á 6 cañones de medio calibre y tiro rápido (de 14 ó 15 cm.);

y dos grupos auxiliares, organizado cada uno con:

1 batería de 8 obuses.

1 batería de 3 ó 4 cañones de grueso calibre,

1 batería de 6 cañones de tiro rápido,

con calibres respectivamente iguales á los anteriores, conviniendo, por supuesto, la adopción de un solo calibre para cada una de las tres especies de tiro y el establecimiento decididamente avanzado de todas las baterías, buscando máximos sectores de fuego y también la máxima simultaneidad y posible concentración de tiros de todas las piezas.

A estos tres grupos deberán además estar afectas baterías móviles de cañones rodados, de tiro rápido y pequeño calibre (del tipo de 57 milímetros, por ejemplo), en número que podrá computarse de 6 cañones para el grupo capital y 4 para cada uno de los auxiliares.

A retaguardia de la línea única de baterías avanzadas, línea única en el sentido substancial, pues las baterías de obuses, por su más elevada cota tienen que resultar, á causa de las razones topográficas, más retrasadas en general que las de grueso calibre y éstas algo más adelantadas que las de mediano calibre, conviene establecer las defensas accesorias, que pueden ser torpedos submarinos fijos y torpedos automóviles disparados desde torpederos flotantes, ó mejor aún, desde baterías torpederas construídas en tierra, á corta distancia de los pasos obligados para el barco enemigo; y aún podrían utilizarse para el caso nuestros antiguos cañones de costa de grueso calibre, inaplicables á la defensa exterior, estudiando el empleo de un proyectil torpedo para ser lanzado á boca de jarro.



VI.

Emplazamiento y organización particular de las baterías de costa en sentido eficaz y económico.—Número de piezas.—Distancia entre éstas.—Servicio de municionamiento.—Abrigos de sirvientes.—Cuartel de servicios generales.

En el estudio especial de las baterías de costa hay que atender á circunstancias generales y á disposiciones particulares, además de los detalles de organización, para alcanzar el resultado técnico y económico de máxima ventaja.

Entre aquellas circunstancias pueden contarse las de situación, número de piezas y distancia entre éstas. Como disposiciones particulares interesa comprender lo que respecta al servicio de municionamiento de las bocas de fuego, facilidad de llevar á cabo un tiro lo más certero y rápido posible y protección que ha de prestar la obra al material y sirvientes. Serán, por último, detalles de organización los referentes á la seguridad propia de la batería como puesto militar, á la facilidad del servicio independiente del funcionamiento de las piezas y á los materiales y sistemas de construcción de mayor ventaja.

Quedan anteriormente hechas algunas indicaciones respecto á la situación de las baterías de costa en el sentido general de que tanto por su altitud como por su emplazamiento planimétrico no es de conveniencia militar ni económica sacrificar la cualidad activa del armamento á la extremada protección ó resguardo de la obra, y si atentos á este principio consideramos una batería de obuses, tenemos desde luego como indiscutible la conveniencia de buscar elevadas cotas de avanzadas posiciones, habiéndonos de fijar como emplazamiento tipo en las más elevadas lomas ó montes de la posición elegida para el grupo de baterías. Pero aun dentro de este aserto irrefutable hemos de fijarnos en que la cima ó planicie de conveniente ocupación presentará en general varias soluciones, que podemos reducir á tres:

1.^a Hacia el borde exterior ó más avanzado, donde empieza á significarse la pendiente á vanguardia.

2.^a Sobre la misma loma ó meseta, formando un plano general de situación horizontal.

Y 3.^a Hacia el borde más retrasado, que permite ocupar el principio de la pendiente á retaguardia.

Es claro que si la loma se desarrollara en cresta cuya divisoria formase una línea de traza apropiada á un conveniente desarrollo de magistral para la obra en cuestión, no habría caso de vacilación alguna, y el reconocimiento detenido del terreno decidirá aprovecharla cuando se encuentre tan favorable ocasión; pero lo más frecuentemente habrá lugar á discusión sobre el emplazamiento de detalle, atento á la mejor desenfilada activa y pasiva de la obra.

Colocando la batería hacia el borde *exterior* de la loma ó meseta se obtiene excelente dominación visual para la puntería y corrección del tiro con los elementos propios de la batería. Si ésta se sitúa de lleno en dicha loma ó meseta, como el plano superior del terreno forma horizonte sensible, ocultando toda la vista del mar, es difícil alcanzar la ventaja anterior á menos de construir la batería elevada ó en terraplén. Y si, por último, se construye en el *interior* de la loma, se alcanza una excelente desenfilada y protección, pero á expensas de renunciar á la puntería directa y á la observación del tiro desde la misma batería.

Es claro que las tendencias y el ideal en las baterías de fuegos curvos es dotar á las piezas de montajes con graduación azimutal y zenital y estación telemétrica separada y anexa á la batería, en términos de que los sirvientes de ésta no tengan que atender para nada al exterior, de donde habrían de recibir los datos para la puntería; más este procedimiento de máxima protección ó invulnerabilidad de la obra, que entonces podría ser construida del todo á espaldas de la loma, corresponde á un supuesto de perfección y completa seguridad de medios auxiliares, siempre falibles, por lo cual, si se dispone de una elevada cota que lleve naturalmente una ventaja defensiva contra los fuegos navales disparados de bajo al alto, es preferible adelantar los emplazamientos de las piezas en términos que el plano de fuegos del parapeto, atendido el tiro por máxima depresión, coincida próximamente con la pendiente

natural del terreno, distanciando más á retaguardia los locales de la batería que no tienen relación inmediata con el servicio de las piezas, para darles más protección natural.

En lo que respecta á las baterías de cañones para el tiro directo, no ha lugar á discusión alguna, respecto á tener despejado el frente de las piezas para el tiro por máxima depresión; no ya para atender á las condiciones de buena visibilidad del blanco é impactos, sino principalmente para evitar todo aumento al ángulo muerto sobre el indispensable originado por la cota de la obra.

Acerca del número de piezas que debe tener una batería, se sostienen varias y encontradas opiniones, no faltando autores de recientes escritos que tratan de elevar dicho número á doce ó catorce cañones, en razón á la economía y facilidad de servicio y mando que resulta de agrupar el material y personal con accesorios de estaciones telemétricas, focos de iluminación, etc.; pero es éste un punto que de aceptarse sistemáticamente conduciría al extremo opuesto del que se persigue, aparte de lo difícil que es en los más de los casos, con terreno accidentado, encontrar extensión material para el desarrollo de tal obra.

Y en efecto, se comprende que si la misión de la batería fuese circunscripta á un tiro de enfilada ó á un tiro de flanco, y en general á un pequeño sector de fuego, como se imponía al cañón antiguo cuando era fácil y barato multiplicar su número, teoría que llegó á su período álgido con las ideas de Montalembert, carece de aplicación actual con el tipo de barbata circular adaptada al cañón de completo sector de fuego con montaje de pivote ó giro central, y á la instalación de las baterías en los puntos salientes de aplicación en la defensa activa; pues en estas condiciones, si la batería dispusiese de muchas piezas, y como es consiguiente, el enemigo no había de desplegarse sino presentar un reducido frente de ataque que elegiría dentro del amplio sector con que se presenta el mar abierto, quedarían ociosas las más de las piezas, obli-gadas, por la distribución general de fuegos en la batería, á una divergencia de instalación que imposibilitaría el tiro convergente.

Ocupados con menos cañones, dos, tres ó más salientes de la costa, se puede converger el fuego sobre los diversos puntos del horizonte, en forma que no se alcanza con la agrupación de todas las bocas de fuego,

y se obtiene la ventaja de auxiliarse unas baterías á otras para neutralizar sus ángulos muertos y de batir los entrantes de la costa sin establecer especiales baterías en el interior de las ensenadas que producirían el inconveniente económico, que ya hemos expuesto, de baterías con reducido sector de fuegos.

Por regla general las baterías situadas en los salientes de la costa han da tener un sector de fuegos superior á 180 grados, de suerte que si suponemos que aquéllas constan de tres piezas formando ángulo saliente, puede hacerse que la pieza del centro bata todo el sector, resultando el campo central batido por los tres cañones y un semicírculo (*escaso*) á cada lado batido por dos de aquéllos, con lo cual el efecto útil de la batería es casi triple del máximo de una pieza. Pero si la batería consta de más cañones, como el promedio de sector en cada uno ha de resultar ordinariamente menor de 180 grados, se disminuirá relativamente la amplitud horizontal del tiro.

Es claro que además de ésta hay que atender á otras circunstancias que implican eficacia y economía creciente con el número de bocas de fuego, pero lo indicado y manifestación del principio general de diseminación de piezas y concentración del fuego, justifica la conveniencia de adoptar baterías de tres ó cuatro piezas de grueso calibre, como regla general, para constituir la unidad normal de este tipo de defensa.

Por análoga reflexión general puede establecerse el número de cuatro á seis piezas en las baterías de cañones de mediano calibre y tiro rápido y en seis ú ocho para los obuses cuyo tiro más incierto y amplio en sentido horizontal, por su cualidad de curvo, y poder salvar accidentes topográficos, así como el menor coste y facilidad de instalación, obliga á aumentar en número lo que se pierda en precisión.

Al estudio de la situación y número de piezas de las baterías de costa hay que añadir la discusión relativa á la distancia que debe mediar entre cada dos piezas.

Sobre este punto se han venido pronunciando las tendencias modernas en el sentido de establecer grandes distancias hasta de 50 ó 60 metros entre uno y otro cañón de grueso calibre, siendo claro que esta dis-

tancia grande facilita la amplitud del sector de fuego individual, que para un trazado recto de magistral tiende á acercarse á 180 grados, y disminuye mucho de esta amplitud cuando las piezas están próximas, en atención á la imposibilidad, como no sea para el fuego muy lejano, de disparar una pieza cogiendo en el plano de tiro el emplazamiento de la colindante. Pero son óbvios también los inconvenientes de tan exageradas distancias, especialmente en lo que respecta al desarrollo de la obra y su consiguiente costo, así como en el mando y dirección del fuego, aun contando con los teléfonos ó tubos acústicos locales, á menos de aumentar sobremanera el personal de la batería.

Entendemos que 15 metros para obuses y cañones de mediano calibre y 20 á 30 para los cañones de grueso calibre, con la adopción exclusiva del giro central y montajes recuperadores de reducido diámetro que tiende á universalizar la industria artillera, son características prudentiales de las modernas defensas de costa.

Entre las disposiciones que afectan á la organización interior de una batería, la que puede considerarse más esencial es la relativa al servicio de municionamiento, con la mira de obtener la mayor rapidez del fuego, sin recurrir, por supuesto, á un excesivo empleo de personal ó á un coste exorbitante de locales necesarios al efecto. Las prescripciones reglamentarias señalan las diferentes partes, almacenes y talleres, de que deben constar los repuestos para depósitos de municiones y preparación de los cartuchos y proyectiles, cuyos locales han de hallarse protegidos todo lo más posible del fuego enemigo, pero sin llegar al extremo de exagerada multiplicidad ó subdivisión de compartimientos y de absoluto resguardo que señalan algunos tratadistas, proponiendo una profusión de muros y espacios independientes y oscuros que complican el servicio de detalle por metodizarlo demasiado. Y aun cuando por buscar aire y luz en tales locales ó prescindir de exageradas protecciones se trate de alcanzar más pronunciada sencillez y economía, pueden hallarse razones que abonen esta tendencia, siempre que se atienda al objeto principal y positivo de máxima rapidez de tiro.

Pues, en efecto, agrupadas las baterías de costa en la forma que

antes hemos expuesto, constituyendo posiciones tácticas con unidad de acción integral, no es posible á una escuadra atacante formar un orden estable de combate á distancia de tiro certero contra una de las baterías, dando lugar á blancos fijos que indefectiblemente serían destruídos uno á uno por los fuegos concentrados de la defensa en una dirección inteligente y acrisolada en anteriores ejercicios de escuela práctica. La lucha más indicada actualmente ha de fundarse en el movimiento de los barcos, y en tales condiciones el tiro de á bordo aumenta en su natural incerteza y habrá de considerarse de acción predominante el fuego graneado y múltiple contra el material y sirvientes más que el tiro que pudiéramos llamar en brecha ó de demolición. Y para contrarrestar este ataque vivo deben extremar su cualidad activa las piezas de la defensa unida á la de muy superior precisión que le prestan sus emplazamientos en tierra firme, su dominación visual y balística sobre el enemigo y el perfecto conocimiento del teatro táctico de las operaciones.

Conviene por esto comprender también en la construcción de una batería los *abrigos de sirvientes* á la mayor proximidad de las piezas, entendiendo que en el plan de defensa ha de admitirse el caso de que una ó varias baterías permanezcan en deliberada quietud y silencio durante determinadas fases de la operación ó del ataque.

Y continuando en la consideración sobre organización de detalle, donde indudablemente conviene extremar la economía de las baterías de costa es en lo relativo á los demás servicios ajenos á su acción puramente artillera.

Toda idea de acuartelamientos, hospitales de sangre, talleres y almacenes que no sean los de combate, defensas permanentes contra un ataque á mano armada, y aun las accesorias, como trincheras y estacadas de hierro al uso inglés, deben ser descartadas en un plan económico y eficiente, estudiando para cada posición ó grupo de baterías la reunión de aquellos elementos en un núcleo ó cuartel general resguardado de los tiros del exterior y que á la vez constituya centro de vigilancia, seguridad y defensa activa de la posición contra todo ataque que no sea el cañoneo de la escuadra enemiga, dotando solamente á cada batería de un pequeño cuartelillo ó cuerpo de guardia y de fáciles comunicaciones con el núcleo general de recursos.

De esta suerte se reduce la amplitud de la obra al mínimo, aumentando, por consiguiente, su invulnerabilidad, y se simplifica su organización prescindiendo de locales, que, trasladados fuera del blanco del ataque, pueden construirse con mucha más economía, extremándose ésta por la reunión de servicios comunes al grupo de baterías y por su resguardo á favor de los pliegues del terreno.



VII.

Evolución presumible de los modernos medios de defensa de costas y consiguiente tendencia de su organización actual.

Hemos subordinado las ideas precedentes á un criterio de economía que se impone también al considerar la rapidez con que se transforma el material y evolucionan las ideas. Pero en esta marcha progresiva se señala clara una tendencia que favorece más proporcionalmente á la artillería de tierra que á la naval, al elevar para una y otra, con el coste de las bocas de fuego, la precisión y rapidez de su funcionamiento.

Para lograr estas dos esenciales condiciones, se utilizan medios que hace poco eran punto menos que desconocidos en su aplicación práctica, y hácia los que hoy converge la mayor atención, figurando entre ellos, como primordiales, la iluminación exterior y las estaciones telemétricas.

El perfeccionamiento de uno y otro auxiliar tiene su límite de aplicación á bordo de los buques de combate, en tanto que utilizados en tierra decidirán á favor de la defensa un predominio absoluto, el día que á estas condiciones, de buena observación y tiro preciso, pueda unirse el perfeccionamiento de los montajes, que permita tener resguardadas las bocas de fuego hasta el preciso momento del disparo, haciendo desaparecer á la vista exterior, cuando se crea conveniente, todo blanco y vestigio de referencia al fuego enemigo.

El empleo de la pólvora sin humo favorece también decididamente la defensa de costas contra las escuadras, cuya visualidad no puede esquivarse en modo alguno, y como éstas en cambio han de tener siempre á su favor la posibilidad de entablar ó rehuir el combate y la facilidad de elegir el lugar de emplazamiento para el ataque, de aquí que en compensación, hasta lo posible, de su desventaja, las piezas de la defensa tienen que buscar su acción máxima y lo más simultánea posible, sin que fuese oportuno instalar, como en reserva para una acción parcial ó

sucesiva, los modernos cañones de tanta eficacia para el tiro despejado á distancia.

En la defensa de pasos obligados y para el tiro de enfilada en canales de entrada, se proponían antes los cañones de mayor eficacia balística, rehuyendo la construcción de baterías á barbata en puntos despejados hacia el mar exterior, y para aquel caso estaba muy indicada la instalación en casamatas, propias para la mejor protección de la pieza y sirvientes, ante un reducido sector de fuego. Hoy no parece que haya caso alguno en que pueda aconsejarse el empleo de casamatas, tratándose de costas accidentadas en contorno y relieve, y sobre todo en mares agitados como los nuestros del Norte y Noroeste, donde resulta doblemente favorable á la defensa que la escuadra atacante se vea obligada á refirir el combate desde alta mar.

Para defender los pasos y canales contra un ataque audaz ó para llevar la resistencia á sus últimos límites, debe resueltamente apelarse á defensas accesorias ó de orden secundario, porque resulta enormemente caro destinar para el sólo fuego de ruptura, á boca de jarro, las modernas piezas perforantes.

Con los cañones que hasta hace poco eran reglamentarios, incluso el Barrios liso de 28 centímetros de avancarga, podría estudiarse el disparo del proyectil torpedo, cargado con pólvora rompedora en cantidad aproximada á la carga de los torpedos submarinos, con probable acción eficaz en pasos tales como la ría del Ferrol en su mayor angostura.

El empleo de torpedos automóviles sería, en caso de ineficacia del medio anterior, un procedimiento más conveniente y seguro que las minas submarinas, que en lugares de muy pronunciadas corrientes de marea ofrecen dificultades prácticas de buen funcionamiento y conservación para la multitud de conductores eléctricos que desde las estaciones de observación y fuegos tienen que radiar á los torpedos, así como para el fondeo de éstos y su estabilidad en perfectas condiciones durante un plazo algo largo.

Es claro que para contar con más seguridad en el empleo de los torpedos automóviles, conviene emplear, como hemos dicho, las baterías torpederas en tierra firme, en pasos angostos, por resultar más invulne-

rables á las diversas contingencias que los barcos torpederos ó los flotantes con tubos lanzatorpedos.

Cabe también el empleo de torpedos automáticos para barrear determinados pasos ó tenederos formando bajos artificiales y desconocidos al enemigo, que imposibiliten su navegación; pero como recurso extremadamente pasivo y arma en cierto modo de dos filos, no puede dársele el alcance de ventaja ni aun aproximado al que se le atribuye por el vulgo.



VIII.

Aplicacion de las anteriores ideas á la defensa de nuestro litoral, á la constitución defensiva de una posición y á la organización detallada de baterías de costa.

Si dentro de los conceptos expuestos pretendiéramos estudiar la defensa de costas en nuestra Península, podríamos fijar un primer plan de posiciones fortificadas, que comprendiese:

Un puerto de guerra, de refugio y abastecimiento en la parte oriental de la costa de Cantabria.

Una fuerte posición marítima sobre el Ferrol, que comprendiera el inmediato puerto de la Coruña, abarcando todo el golfo de este último nombre.

Otra posición defensiva en las Rías Bajas de Galicia.

La defensa del Estrecho de Gibraltar, con la posición avanzada sobre Cádiz.

El núcleo defensivo de Cartagena.

Y otra fuerte posición, en el Norte del litoral Mediterráneo.

Quedando aparte la defensa especial de las islas y posesiones adyacentes, en el concepto de que la defensa de Baleares tiene acción estratégica en la costa peninsular de Levante, y la de las posesiones de Africa resulta en combinación directa con la defensa del Estrecho.

Como ejemplo de lo que podría ser la organización de una de dichas posiciones fortificadas, nos fijamos en una región costera, tal como se representa en la lámina 1.^a, de configuración tomada entre las de nuestro litoral Noroeste, en que *E* fuese el puerto militar y base de operaciones de la escuadra nacional, siendo *C* una ciudad y puerto comercial de importancia é inmediato que conviniese comprender en la posición defensiva.

A este caso conviene, como plan económico, la constitución de tres grupos de baterías, á tenor de lo que hemos expuesto, estableciendo

en *A* el centro principal de la defensa con acción eficaz lejana y próxima contra los ataques al punto *E*.

Las posiciones de flanco *B* y *C* cruzan sus zonas de acción con la *A*, dificultando el bloqueo é imposibilitando el bombardeo, cabiendo adaptar al terreno las baterías de una y otra, de tal suerte que coadyuvando á la defensa contra un ataque directo por la acumulación de fuegos en el abra del golfo y frente general de la posición marítima, no ofrezcan vulnerabilidad hacia los respectivos flancos, lo que habría de conseguirse con una buena desenfilada, dando preponderancia activa en las direcciones convenientes y mayor resguardo natural en los sectores más peligrosos, que son los privados del fuego de auxilio de los otros grupos.

Se sobreentiende que más allá de uno ú otro flanco se extiende la costa en condiciones de que no resulte fructuoso un ataque indirecto de la escuadra enemiga, contando, por supuesto, con la defensa móvil de tierra contra desembarcos.

Las consideraciones meramente tácticas aconsejarían, en nuestro ejemplo, ocupar con un grupo integral de baterías la posición *D*; pero las razones de orden económico y las prácticas de ejecución, servicio general y buena dirección táctica, indican como preferible reforzar, si acaso, los grupos defensivos á aumentar su número en más de lo estrictamente preciso.

Podríamos, pues, considerar como eficiente y acorde en el estado actual de la industria militar, manteniéndonos en un tipo económico y espectante, la constitución de defensas en el ejemplo que nos ocupa, estableciendo en definitiva:

2 baterías de 8 obuses (de 24 á 26 cm.)

3 baterías de 6 obuses (de 24 á 26 cm.)

4 baterías de 3 á 4 cañones de grueso calibre (de 24 á 26 cm.)

4 baterías de 4 á 6 cañones de 15 cm. (de tiro rápido).

3 baterías rodadas volantes de 4 á 6 cañones de pequeño calibre y tiro rápido, afectas á la defensa de costas.

Y las auxiliares, utilizando los cañones antiguos para defensa de pasos, con proyectil torpedo y torpedos automóviles.

Con este criterio de organización y ejecución económica podría computarse en 4 á 6 millones de pesetas el coste de las defensas, con sus

comunicaciones y cuarteles generales defensivos; y en 6 á 8 millones el material de artillería y la instalación de sus medios auxiliares.

Como ejemplo práctico de baterías de costa, en los conceptos general y de detalle que llevamos expuestos, vamos á fijarnos en dos tipos á que se han ajustado algunas de nuestras defensas del litoral, principiadas y en parte terminadas hace tiempo, y que resultan en su concepto económico de acuerdo con las conveniencias nacionales y lo publicado recientemente por nuestro ilustre coronel Roldán.

Considerando casos extremos, en configuración topográfica y calidad de bocas de fuego, comprendemos en las indicaciones que siguen el plan de una batería de obuses emplazada en una loma de elevada cota, y el de una batería de cañones de grueso calibre instalada á media ladera de vertiente hacia el sector de fuegos.

Las láminas 2.^a y 3.^a dan idea, en planta y perfiles, de una batería de seis obuses acomodada á todos los principios expuestos, y algo separada, en lo que respecta al municionamiento, de los preceptos que venían rigiendo para el servicio de costas.

En nuestro ejemplo se omiten talleres y repuestos generales para toda la batería, y se adopta el sistema de repuestos parciales para cada dos piezas, con un corredor general de servicio á los mismos; hallándose separados estos repuestos por macizos de roca natural y resultando distribuido el trabajo y próximas á las bocas de fuego las municiones y talleres de preparación de las mismas.

Consta cada uno de estos repuestos parciales de tres bóvedas: las laterales para contener respectivamente ambas clases de pólvora de proyección y explosiva, y los locales de confección de cartuchos y carga de proyectiles; y la central con capacidad para contener suficiente número de éstos y aquéllos, sirviendo además de repuesto de proyectiles vacíos las galerías de circunvalación de dicho grupo de tres bóvedas.

Un montacargas eleva las municiones del repuesto á un través blindado, donde se colocan las espoletas y se distribuye el servicio á las inmediatas piezas de derecha é izquierda, existiendo entre éstas, para fácil comunicación y abrigo de sirvientes, galerías cubiertas en la cabeza de los traveses.

Como detalle importante de construcción se puede apreciar la ausen-

cia de tierra en todo el interior de la batería correspondiente á un emplazamiento peñasco, con la ventaja de evitarse los relieves y visualidad exterior que producirían las sobrecargas de blindaje, y el inconveniente que produce aquel elemento sirviendo de atraque para un proyectil que estalle debajo de la capa de protección parcial.

Entendemos que en una batería de posición elevada los proyectiles enemigos han de herir con efecto de rebote más que de penetración, y aquel se facilita en las superficies duras de construcción de cemento, cuyo material ha de ser el predominante de estas modernas obras, que en concepto económico y táctico conviene restringir en punto á su relieve de edificación, así como á su desarrollo en planta.

Como síntesis del tipo bosquejado, indicamos á continuación las principales características de una batería construída para seis obuses de 24 centímetros.

Excavación en roca.	7.000 m. ³
Espacio cubierto con bóveda de 3 metros de luz.	165 m. ²
Espacio cubierto con bóveda de 1 ^m ,50 de luz.	108 m. ²
Espacio con blindaje de acero y cemento.	63 m. ²
Espacio con galería de 1 metro de luz..	33 m. ²
Mampostería concertada en revestimiento de escarpes.	1.000 m. ³
Cuartelillo con cubierta ordinaria de cemento armado.	96 m. ²
COSTE TOTAL DE LAS OBRAS.. . . .	200.000 pesetas.

Duración en marcha laboraria económica, un año.

Duración mínima, con trabajo forzado y aumento prudencial de coste en 10 á 15 por 100, seis á ocho meses.

Los ensayos de este tipo de batería, efectuados en repetidas Escuelas Prácticas y en estado de expectación de ataque por escuadra enemiga, circunstancias en que se aquilata y objetiva más la apreciación crítica, parecen aconsejar la conveniencia de adoptar resueltamente el carácter económico que resulta de atender en estas obras exclusivamente al servicio artillero, y por separado á las demás exigencias tácticas que envuelve el problema de la defensa en cada caso.

No hemos de extendernos ya mucho para dar idea, según nos propusimos, de un tipo de batería á media ladera para cañones de grueso calibre, emplazamiento desfavorable que, sin embargo, no ha de ser excepcional en esta clase de baterías, así como las más veces podrá y conviene

eludirlo en las baterías de obuses y en las de mediano calibre y tiro rápido, de acuerdo con los conceptos emitidos respecto á su situación.

En la lámina 4.^a se representa la batería en cuestión, que podemos llamar *subterránea* y cabe disimularla en el terreno, de suerte que la obra no presente visualidad alguna al exterior.

Los cañones están emplazados en sus pozos ó reductos á barbata, teniendo cada uno á su espalda un repuesto parcial, que consiste en una galería ó bóveda de 3 metros de luz y longitud suficiente para atender al servicio de la pieza. Una galería de 1^m,50 de anchura corre en igual longitud y adosada á la anterior sirviendo de corredor de comunicación é iluminación por medio de pozos; y otra galería más estrecha al lado opuesto sirve, á la vez que de saneamiento de la bóveda principal, de abrigo de sirvientes y para facilitar más las comunicaciones.

Los tres repuestos parciales se unen hacia la gola por un corredor general que forma vestíbulos en los frentes de aquellos locales y conduce en trinchera á los repuestos, talleres generales de municionamiento y cuartelillo de la batería, construídos fuera de ésta en un repliegue del terreno ó punto resguardado de los tiros directos del exterior, mediante una explanación en desmonte, si es precisa, para que dichas edificaciones sean de construcción no abovedada.

Por encima de la línea ó magistral que forman los cañones queda el terreno con su natural conformación topográfica, cabiendo instalar los observatorios que sean precisos y un camino y parapeto corrido para el servicio de proyectores volantes de iluminación.

No especificamos por hoy otros detalles de estas baterías, porque alargaríamos este pequeño trabajo más de lo que es nuestro propósito, limitado á ideas generales, sugeridas en el curso de una ejecución práctica, que nos decidimos á presentar á la consideración de nuestros compañeros, movidos por el afán de que otros más competentes laboren con las mismas tendencias de utilidad y buen deseo y con seguro mejor acierto.

FIN.

ÍNDICE.



	<u>Páginas.</u>
I. —Explicación del concepto económico.	5
II. —Idea de nuestra antigua defensa de costas y criterio en que ha de basarse la defensa moderna.	7
III. —Fundamentos para la organización defensiva de una posición marítima.	11
IV. —Estudio especial de una posición de costa en consonancia con los medios de ataque á que puede verse expuesta.	14
V. —Eficacia comparada de las diferentes clases de artillado é indicación de su empleo proporcional en la defensa de una posición.—Defensas accesorias.	19
VI. —Emplazamiento y organización particular de las baterías de costa en sentido eficaz y económico.—Número de piezas.—Distancia entre éstas.—Servicio de municionamiento.—Abrigos de sirvientes.—Cuartel de servicios generales.	21
VII. —Evolución presumible en los medios de defensa de costas y consiguiente tendencia de su organización actual.	28
VIII.—Aplicación de las anteriores ideas á la defensa de nuestro litoral, á la constitución defensiva de una posición y á la organización detallada de baterías de costa.	31



Lámina 1ª

Fig. 1ª

Plano de una posición marítima
Escala 20000

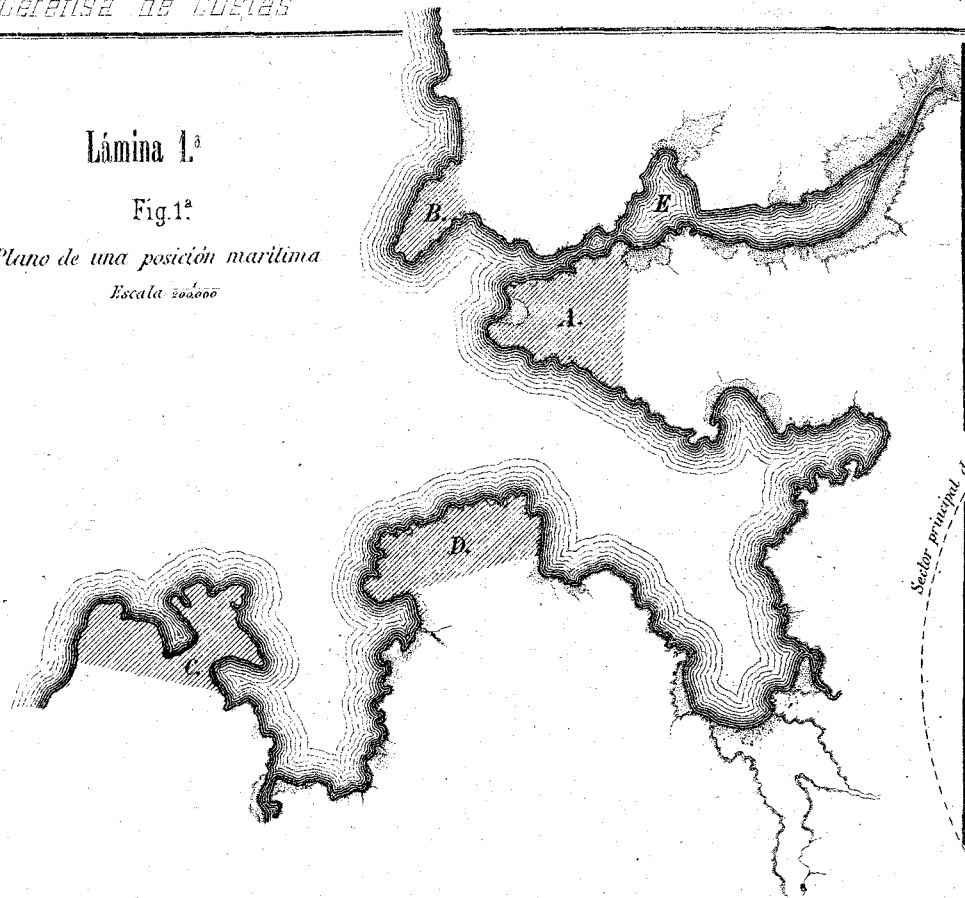


Lámina 4ª

Fig 5

Croquis de batería subterránea
á media ladera
para 3 cañones de grueso calibre.
Escala 2000

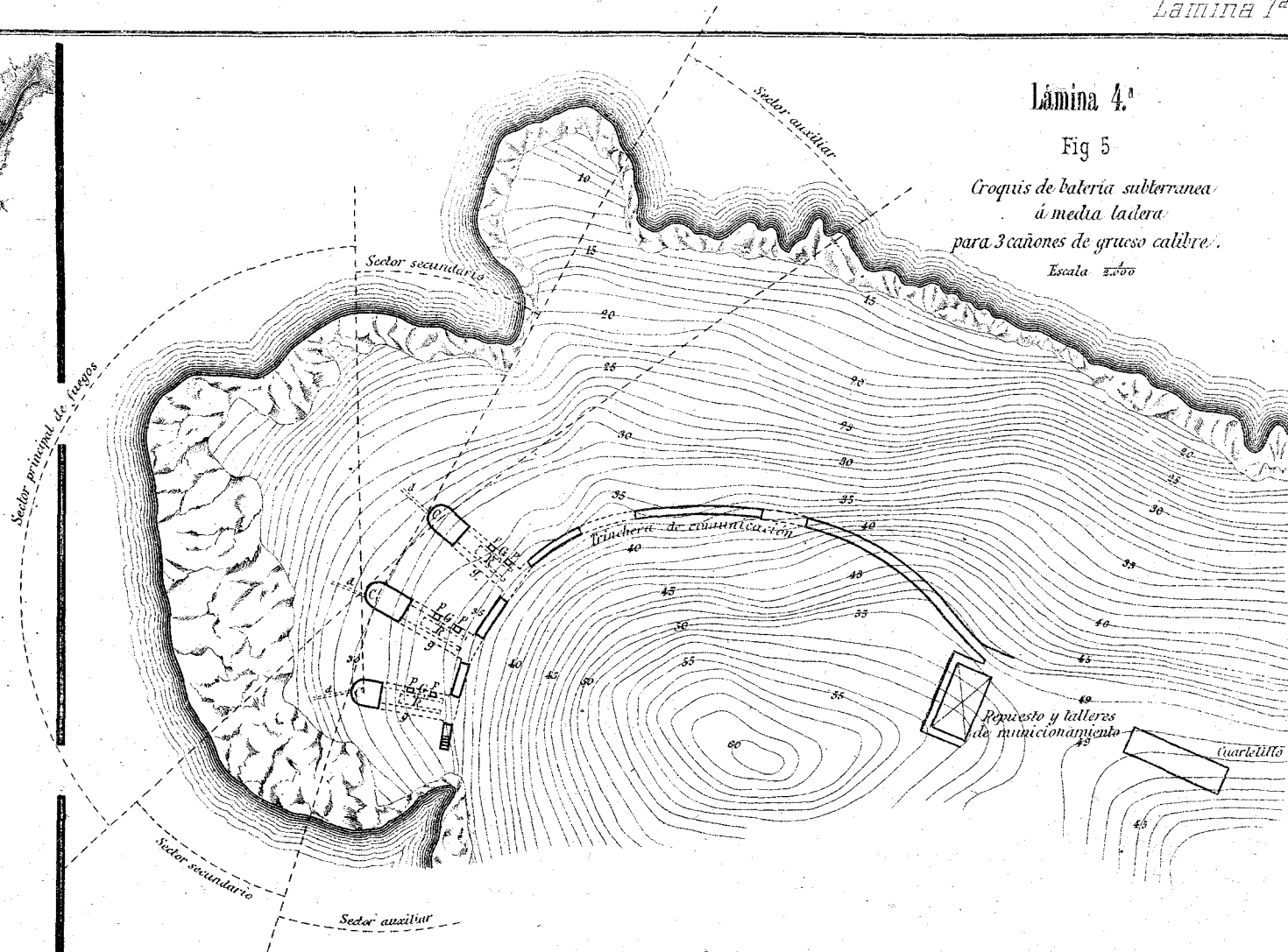
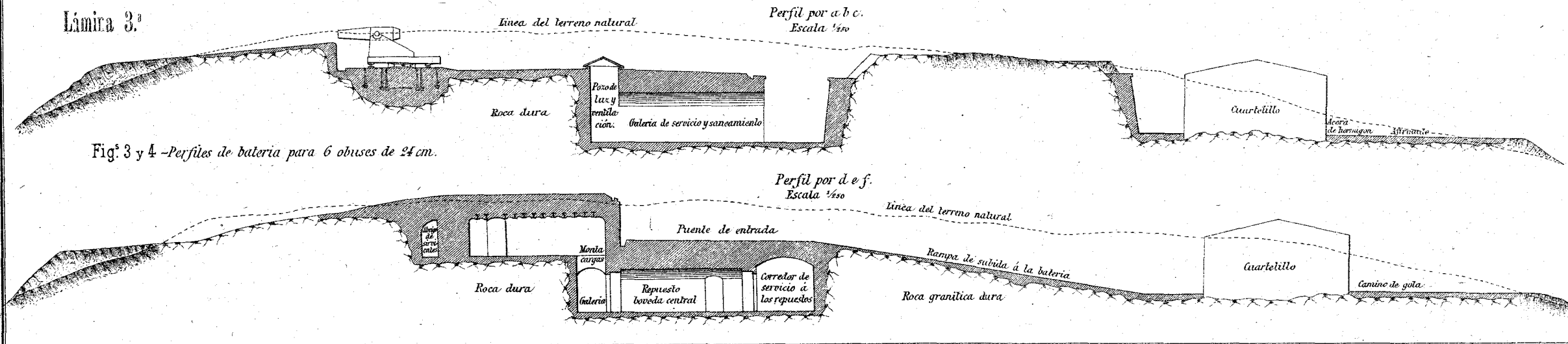
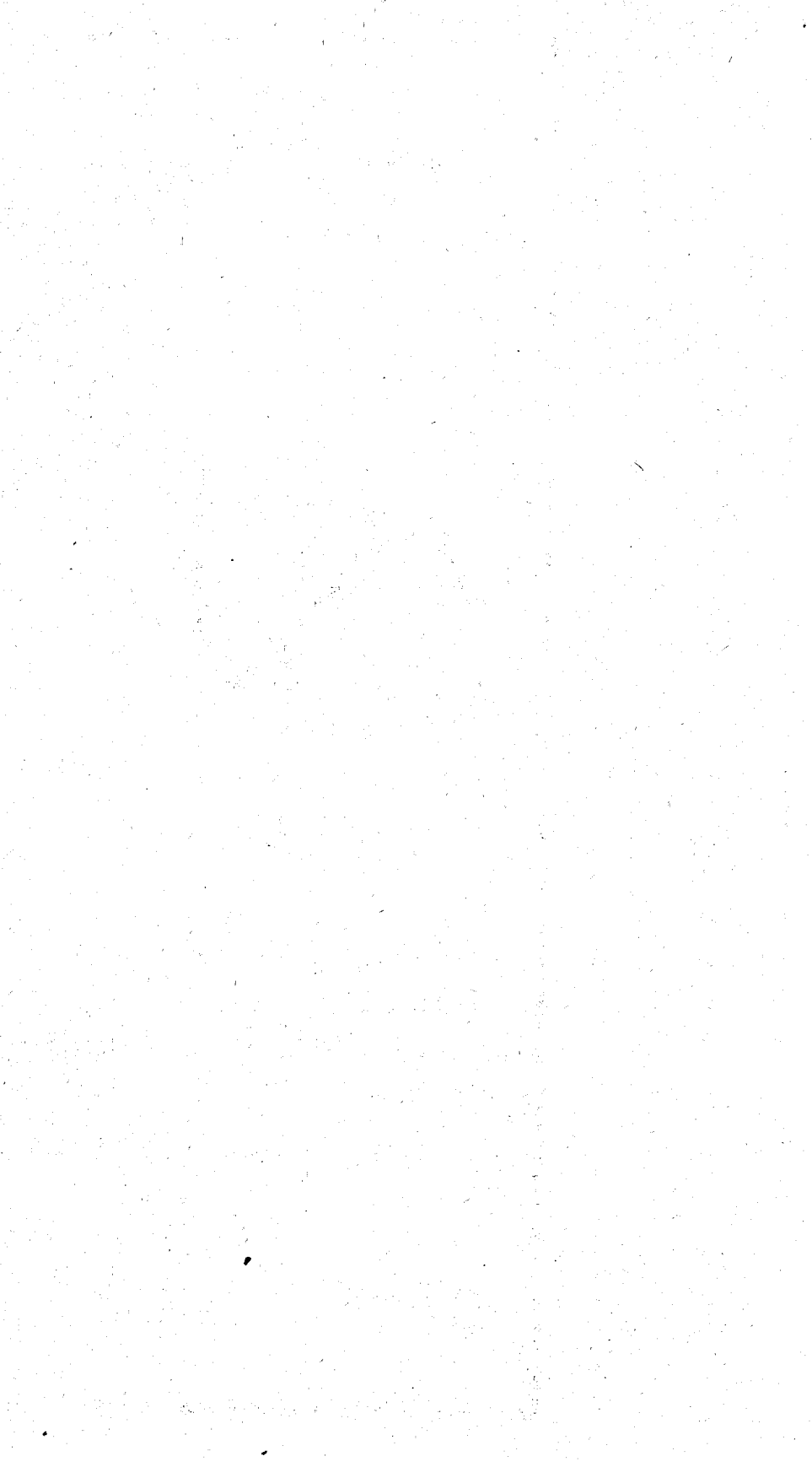


Lámina 3ª

Fig. 3 y 4 -Perfiles de batería para 6 obuses de 24 cm.

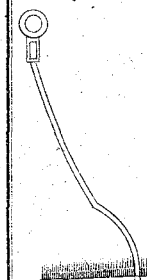




Explicación

- A.A.A' Abrigos de servientes
- B.B.B' Banquetas de observación
- E.E. Escaleras de servicio
- M.M.M'' Muros para montar los 6 Obuses
- O.O.O'' O'' O'' O'' O'' O'' O'' Emplazamientos ó Reductos de los 6 Obuses
- P.P.P'' P'' P'' P'' P'' P'' P'' Poros de luz y ventilación de los repuestos
- R.R.R'' R'' R'' R'' R'' R'' R'' Repuestos y talleres de municionamiento
- T.T.T'' Traveses blindados

Pozo de agua potable

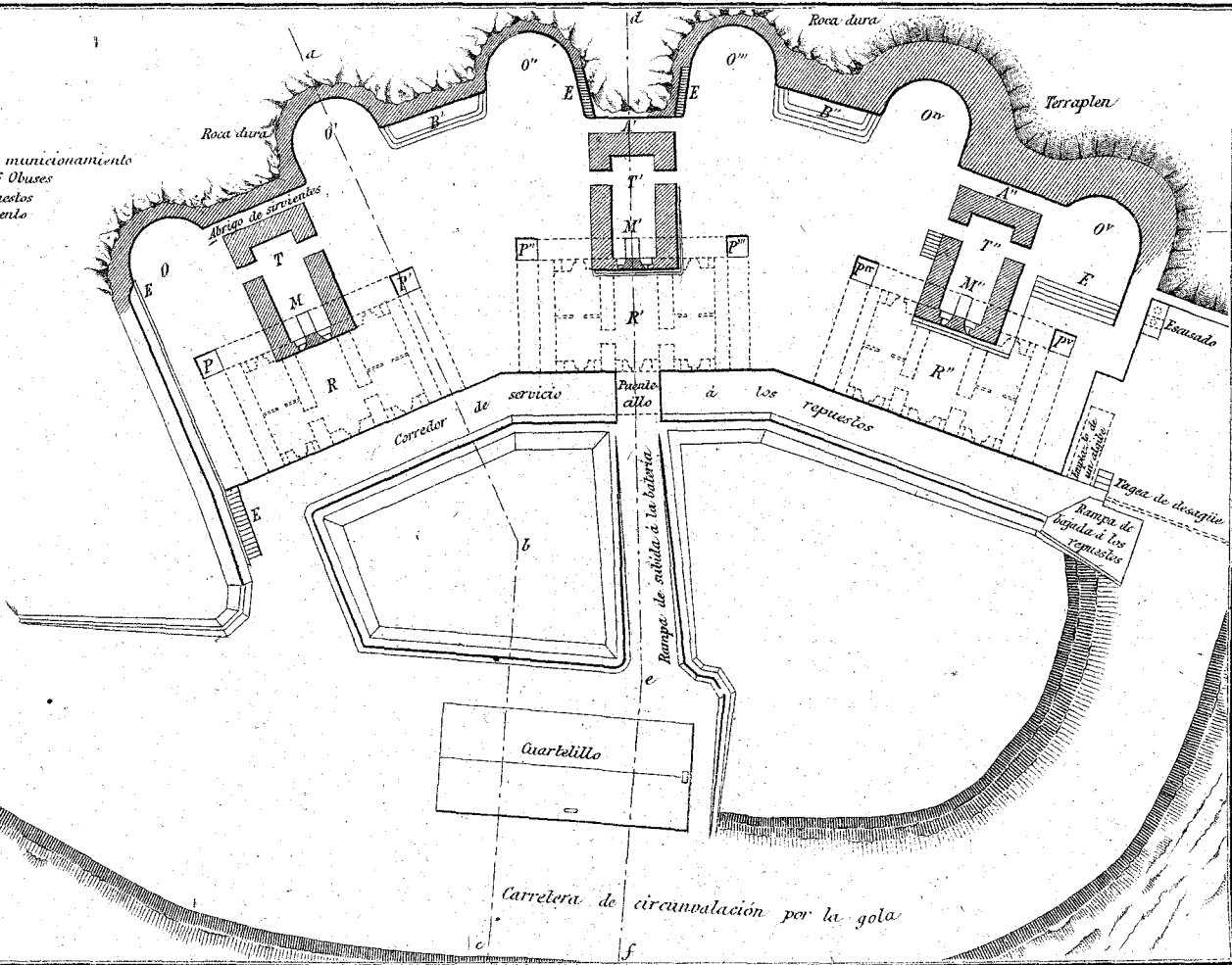


Carretera de acceso a la batería

Fig. 2^a

Plano de batería para 6 obuses de 24 cm.

Escala de $\frac{1}{500}$



Carretera de circulación por la gola

ORGANIZACIÓN DE LAS TROPAS DE INGENIEROS EN ESPAÑA.



MEMORIA

SOBRE

LA ORGANIZACIÓN DE LAS TROPAS DE INGENIEROS

EN ESPAÑA,

POR

A. M.



MADRID:

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.

1901.

CAPÍTULO I.

Origen y organización del Cuerpo de Ingenieros.

Sus modificaciones hasta la fecha.

DADO el carácter de las guerras modernas, en las que la falta de elementos materiales de fuerza puede substituirse en parte por los elementos intelectuales que permitan el mejor empleo de los disponibles y en las que las rápidas movilizaciones, concentraciones ó dispersiones de los mismos constituyen su carácter esencial; el Cuerpo de Ingenieros está indudablemente llamado á representar un papel importantísimo. Las pesadas máquinas de guerra y numerosos ejércitos que hoy es necesario transportar rápidamente á grandes distancias, por adecuadas vías de comunicación, salvando ríos, barrancos y abruptas pendientes, en la ofensiva, así como la destrucción de las mismas vías é interposición del mayor número de obstáculos al avance del enemigo, en la retirada, son papeles importantísimos encomendados á las tropas de Ingenieros. Las rápidas comunicaciones del cuartel general con los diversos cuerpos de ejército que á su alrededor operan, así como la base de operaciones del mismo é innumerables servicios importantísimos de castrametación, abastecimiento de aguas potables, etc., están á las mismas encomendados. La organización, pues, de estas fuerzas, debe constituir para nosotros objeto de preferente estudio.

Vamos á dar ligeras ideas de las sucesivas modificaciones por que esa organización ha ido pasando desde la creación de las tropas de Ingenieros hasta la fecha actual.

En el año 1711 se decretó la organización de las tropas de Ingenieros. Su organización fué anterior á la de dichas tropas en casi todas las demás naciones, por derivar los oficiales á los que se les encomendó el mando de ellas del mismo centro de instrucción que los que constituían

el Estado Mayor de Ingenieros. A excepción de Austria, en todas las demás naciones los oficiales encargados del mando de las tropas de Ingenieros forman cuerpo aparte de los oficiales del Estado Mayor del mismo y la creación de dichas tropas ha sido posterior á la existencia de dicho Estado Mayor. En Inglaterra, por ejemplo, hasta el año 1772 no se crea la primera compañía de Ingenieros con destino á la plaza de Gibraltar, existiendo el Estado Mayor de Ingenieros desde hacía cerca de sesenta años; el número de estas compañías aumenta sucesivamente, llegando hasta 32 en 1813. Se hace preciso su heroico comportamiento durante el sitio de Sebastopol, para que el gobierno decida la fusión de los oficiales que mandaban estas compañías, con los Ingenieros Reales en un sólo cuerpo. En Rusia y Francia existe todavía la separación entre ambas clases de oficiales, y en la primera de estas naciones, hasta el siglo XVIII, los trabajos de la profesión eran encomendados á ingenieros civiles. Pedro I organizó el Cuerpo de Ingenieros, separando en 1712 su servicio del de la artillería y creando la Escuela de Ingenieros de Moscou.

Sin perjuicio de estudiar algun día más detenidamente la organización actual de este Cuerpo en las naciones extranjeras, vamos á ocuparnos ahora de la de España, por ser el objeto de la presente Memoria.

Durante el reinado de Felipe V en España, el célebre ingeniero Vauban, conocido por sus fortificaciones, organiza el Cuerpo de Ingenieros en Francia, bajo sólidas y duraderas instituciones. Los españoles imitan su organización, y vigorizándola forman en 1802, con las compañías sueltas, ya creadas, de Zapadores y de Minadores, un regimiento que recibió el nombre de Regimiento de Zapadores-Minadores. Poco después, en 1815, se crea dentro de este regimiento una compañía de Pontoneros, recibiendo ya el nombre de Regimiento de Ingenieros.

En 1828 se componía este regimiento de tres batallones, cada batallón constaba de una compañía de Minadores, otra de Pontoneros y cuatro de Zapadores, subsistiendo así hasta que sobrevino la campaña de Marruecos en 1859.

Ya en 1855 se creó el batallón mixto de Cuba, y poco después el de Filipinas, compuestos ambos de cuatro compañías, una de Minadores y tres de Zapadores.

A consecuencia de la guerra de Africa se crea el 2.º regimiento de Ingenieros. Cada uno de dichos regimientos constaba entonces de dos batallones en cuadro activo y una compañía de reserva por batallón.

El personal del Cuerpo en dicha fecha, sin contar el que prestaba sus servicios en las colonias, por constar en escalafón aparte, era el siguiente:

Teniente general (Ingeniero general).....	1
Mariscales de Campo (Directores subinspectores)..	2
Brigadieres (Directores subinspectores).	9
Coroneles.	18
Tenientes coroneles.	21
Comandantes.	19
Capitanes.	71
Tenientes.	90
TOTAL.	231

Para formarse idea del admirable estado del Cuerpo de Ingenieros en aquella época, reproducimos aquí los párrafos que el capitán francés de Ingenieros Heydt les dedica en su obra *Investigaciones sobre la organización del Cuerpo de Ingenieros en España*.

«Acabamos de dar idea de los diferentes reglamentos que rigen el Cuerpo de Ingenieros españoles. Añadamos ahora que reina entre sus oficiales un excelente espíritu de cuerpo, que se ha conservado intacto á través de las crisis de las interminables guerras civiles. En España, los jóvenes de elevada cuna y de gran fortuna, en lugar de dedicarse á las carreras más fáciles de Infantería y Caballería, se entregan con preferencia á los estudios serios para entrar en el Cuerpo de Ingenieros. Por esta noble emulación, por la actividad estudiosa y por el espíritu de investigación que dirige á los Ingenieros españoles y les hace dedicarse á las investigaciones, ya científicas, ya militares en los campos de instrucción ó en los cuarteles generales de los ejércitos beligerantes, el Cuerpo de Ingenieros marcha á la cabeza del ejército, por la consideración debida á la educación é instrucción de todos sus oficiales. También este Cuerpo ha proporcionado á las otras carreras del Estado gran número de individuos ilustrados.

»Después de 45 años de paz exterior, después de las calamidades de guerras civiles, que seguramente hubieran destruído una nación menos fuertemente templada, el ejército español ha reaparecido en los campos de batalla. En la guerra de Marruecos, un enemigo fanático y difícil de combatir, un clima riguroso y sin recursos, terribles inundaciones y privaciones numerosas le esperaban desde el principio á este ejército joven é inexperto. Él ha superado con abnegación y energía todos estos obstáculos y ha batido al enemigo en todos los encuentros.

»Una buena parte de esta gloria se debe al Cuerpo de Ingenieros. En un país sin carreteras, cortado por profundos barrancos y surcado por impetuosos torrentes, cubierto de bosques y pantanos, donde era preciso, por decirlo así, marchar con el pico en la mano y crearlo todo, las tropas de Ingenieros han estado á la altura de la difícil misión que les había confiado el jefe del ejército. Creando recientemente el segundo regimiento de Ingenieros, el gobierno español ha sancionado una vez más la gran utilidad de estas tropas y las ha recompensado de la infatigable abnegación que ellas no han cesado de demostrar en esta corta y memorable campaña.»

Poco á poco y á medida que las necesidades lo requerían se fueron creando nuevas unidades y separando, al compás de las demás naciones, los distintos servicios que el Cuerpo presta, en batallones independientes, contando cuando sobrevino la insurrección cubana en 1895 con las siguientes unidades:

En la Península.

Cuatro regimientos de Zapadores-Minadores, de dos batallones cada uno.

Un batallón de Ferrocarriles.

Un batallón de Telégrafos.

Un regimiento de Pontoneros.

Una compañía de Aerostación.

Una brigada Topográfica, compuesta de dos compañías.

Tres compañías regionales de Zapadores-Minadores: una en las islas Canarias, otra en las islas Baleares y otra en las posesiones del Norte de Africa, que pueden considerarse afectas á las tropas peninsulares.

En las colonias.

CUBA.—Un batallón de seis compañías, cuatro de Zapadores-Minadores, una de Telégrafos y otra de Pontoneros.

FILIPINAS.—Un batallón de seis compañías, de análoga organización al que guarnecía la isla de Cuba.

PUERTO-RICO.—Una compañía de Telégrafos.

Durante la insurrección de Cuba se organiza un batallón más de Zapadores-Minadores, compuesto de seis compañías, con destino á las trochas que para aislarla en parte se construyeron en dicha isla, disolviéndose á la terminación de la campaña. La falta de comunicaciones hace necesaria la sucesiva organización de nuevas compañías de Telegrafía óptica, que se distribuyen por toda la isla.

En el año 1898, ya disueltas dichas compañías de Ultramar, é incorporadas á sus respectivos regimientos las enviadas de la Península, constaba el Cuerpo de Ingenieros de las siguientes unidades:

Cuatro regimientos de Zapadores-Minadores.

Un batallón de Ferrocarriles.

Un batallón de Telégrafos.

Un regimiento de Pontoneros.

Una brigada Topográfica.

Una compañía de Aerostación.

Una compañía regional de Canarias.

Una compañía regional de Baleares.

Una compañía regional de Africa.

El personal del Cuerpo en dicha fecha era el siguiente:

Generales de brigada.	3
Coroneles.	28
Tenientes coroneles.	39
Comandantes.	67
Capitanes.	143
Tenientes.	98
TOTAL.	378



CAPÍTULO II.

Necesidad del aumento de las tropas de Ingenieros en las Islas Baleares y Canarias.

Regimientos de Obreros militares.

DESPUÉS de haber descripto las sucesivas modificaciones por que ha ido pasando la organización del Cuerpo de Ingenieros, en lo que á sus fuerzas armadas se refiere, desde su creación hasta la fecha actual, nos atreveremos á indicar, aunque sólo sea ligeramente, nuestras modestísimas ideas sobre las modificaciones que en la misma pudieran introducirse en beneficio del importante servicio que están llamadas á desempeñar en las modernas guerras.

Como preliminar á nuestro humilde trabajo, haremos un ligero estudio comparativo de las fuerzas de Ingenieros que actualmente guardan las islas Baleares y Canarias, con las necesidades que éstas requieren militarmente consideradas.

Indudablemente se hace difícil de creer que en unas islas de la importancia que actualmente tienen para nosotros las Baleares y Canarias, que constituyen casi nuestras únicas colonias, en íntima relación por su proximidad con la Península; despertando sus puertos, por su posición estratégica en el Mediterráneo y Atlántico respectivamente, la codicia de las potencias extranjeras y especialmente de la poderosa Albión; teniendo de extensión la primera 4817 kilómetros cuadrados, con 300.000 habitantes, y la segunda 7272 kilómetros cuadrados y 290.000 habitantes; con costas desprovistas por completo de todo género de fortificación, no existan, en suma, más que dos compañías regionales de Zapadores Minadores, una en las islas Baleares y otra en las Canarias.

Estas compañías regionales de Zapadores-Minadores, con tendencia á

asimilarse á los batallones mixtos que guarnecíán nuestras antiguas colonias, carecen por completo de los elementos que debe poseer toda fuerza expuesta, en tiempo más ó menos lejano, á quedar sometida á sus propios recursos. La declaración de guerra entre España y cualquier nación europea, que desgraciadamente poseerá mayor fuerza marítima que nosotros, sería inmediatamente seguida del bloqueo más ó menos parcial de dichas islas. Las exiguas fuerzas de Ingenieros que en ellas se encuentran, faltas del moderno material de guerra, se verían impotentes para coadyuvar con supremo esfuerzo á la defensa de las mismas.

Si comparamos estas fuerzas con las de los demás cuerpos del ejército, vemos que no resultan escasas. En cada una de estas islas existe una media brigada de infantería, compuesta de dos batallones, antes llamados regionales y que hoy reciben los nombres de cazadores de Canarias y Baleares números 1 y 2, dos compañías de artillería de plaza y un escuadrón de caballería.

Sin pretender meternos en cuestiones que no nos incumben, creemos que dicha guarnición resulta en extremo insuficiente; el aumento de la misma trae consecuentemente al proporcional correspondiente á las fuerzas de Ingenieros, y dejando aparte cuestión extraña á nuestros fines en la presente Memoria, vamos á pasar al estudio de los medios más económicos para llevar á dichas islas todos los adelantos que en materia de guerra poseen las colonias extranjeras, en consonancia con el precario estado actual del Erario público.

En las islas Baleares las comunicaciones no pueden ser más deficientes. Un sólo ferrocarril de vía estrecha, partiendo de la ciudad de Palma y viniendo á terminar en Manacor, atravesando, por decirlo así, de extremo á extremo la isla de Mallorca y casi desprovista de ramificaciones, pudiera atestiguar que aquellas fértiles islas están en la Europa del siglo xx. Las comunicaciones eléctricas están lógicamente á la misma altura que las ferroviarias. Bajo el punto de vista militar, difícilmente se encontrarían islas pertenecientes á naciones civilizadas que, con sus magníficas situaciones estratégicas, estuvieran tan desprovistas de fortificaciones y arsenal de guerra. Como antes hemos dicho, á pesar de su proximidad á la Península, quedarían completamente aisladas en el momento de una ruptura de hostilidades con cualquier

potencia poseedora de regular escuadra. La necesidad, pues, de fortificarlas, reforzar su guarnición y aumentar sus comunicaciones, se impone, reduciéndose el problema al estudio de los medios de llevarlo á cabo en la forma más económica posible.

En las islas Canarias estas circunstancias resultan agravadas por la mayor distancia á que se encuentran de la madre patria.

En Rusia, por análogas consideraciones y por la necesidad de preparar en tiempo de paz las plazas fuertes para el caso de guerra, siguiendo las ideas del célebre ingeniero Todleben, se crearon cuerpos de obreros militares mandados por oficiales titulados de *guarnición* y cuya organización era análoga á la de los regimientos de Zapadores-Minadores. En las islas de que nos estamos ocupando, donde la mano de obra es cara, constituyendo uno de los mayores sumandos en los presupuestos de obras de fortificación, daría grandes resultados el empleo de *Regimientos de Obreros militares*, análogos á los que los rusos han empleado con éxito tan satisfactorio. La pérdida de las colonias ha originado un excedente de ilustrados oficiales del Cuerpo, que podrían tener su colocación al frente de ellos.

La organización de estos regimientos deberá diferenciarse algo de la de los actuales regimientos de Zapadores-Minadores, pues así como éstos están creados para la guerra, donde las condiciones especiales en que prestan su servicio técnico exigen en el soldado instrucción *ad hoc*, los primeros no necesitan más que hábiles obreros en los diferentes ramos de la construcción. Estos obreros pueden ser extraídos en su mayoría de las fuerzas que del Cuerpo existen en la Península, y si estos resultaran en número insuficiente se podrían completar con individuos paisanos contratados para prestar sus servicios en las condiciones especiales que requerirían estos regimientos y convenientemente remunerados, debiendo, para no despertar perniciosas envidias entre los procedentes de la clase de tropa, equiparar en sueldo á unos con otros, justificado por el rudo trabajo y premio á sus aptitudes. Estos regimientos deben constar de 2000 obreros, formando ocho compañías con sus cabos y sargentos correspondientes, haciendo los primeros el trabajo propio de obreros distinguidos y los segundos el que corresponde á los maestros de obras. Cada regimiento podrá estar mandado por:

Un coronel.

Dos tenientes coroneles.

Tres comandantes (uno mayor).

Diez capitanes (ocho de compañía, un cajero y uno de almacén).

Diez primeros tenientes (ocho en las compañías, un habilitado y un abanderado) y

Dieciseis segundos tenientes.

Proporcionando con esto empleo á 32 oficiales de la Escala de Reserva, cuyo porvenir está hoy bien poco dilucidado.

Partiendo de la base de la esmerada elección de hábiles obreros en cada uno de los oficios que se necesitan para llevar á cabo la clase de obras en que pudieran emplearse estos regimientos, podrían á su amparo trabajar como braceros en las mismas y además efectuar las instalaciones de las redes telegráfica y telefónica, anexas á ella, los regimientos de Zapadores-Minadores peninsulares, que por riguroso turno y plazo de doce meses, enviarían uno de sus batallones á cada una de dichas islas.

Como vemos, por estos medios ú otros análogos se llevarían á cabo la fortificación y mejoras militares, que tan imperiosamente reclaman estas islas, con un pequeño coste, sirviendo de práctica al mismo tiempo á los regimientos peninsulares, sin perjuicio de continuar éstos con las que actualmente tienen, que los hacen aptos para desempeñar su peculiar misión en campaña. Las vías férreas que con tal motivo se tendiesen podrían, abiertas á la explotación civil por las tropas de Ingenieros, proporcionar al Estado una remuneración en parte de los gastos ocasionados, aunque de esto nos ocuparemos más detenidamente en otro capítulo.



CAPÍTULO III.

Regimiento de Zapadores-Minadores.

Necesidad de carros de transporte de herramientas.—Escuelas prácticas.—Tren de batalla.—Compañías montadas de Zapadores.



A actual organización de los cuatro regimientos de Zapadores-Minadores que poseemos, indudablemente, aunque muy bien entendida, ha quedado retrasada, dadas las necesidades de las modernas guerras. Los distinguidos jefes que al frente de ellos se encuentran, han conseguido á costa de grandes esfuerzos, aunados con los de los jefes y oficiales á sus inmediatas órdenes, poseer un personal de tropa sumamente apto, pero luchan en vano contra la falta grande de material y absoluta de medios de transporte. Los parques de estos cuatro regimientos tienen preparadas las cargas correspondientes á sus ocho compañías, aunque deficientemente, faltando en absoluto los mulos que por reglamento les corresponde para su transporte. Estos regimientos están, por lo tanto, en la completa imposibilidad de poder prestar su técnico servicio en improvisada operación de guerra. De la falta de esta movilidad no se puede culpar, como antes hemos dicho, á los ilustrados jefes y oficiales que al frente de los mismos se encuentran, pues éstos cumplen altamente su misión y como nosotros reconocen la necesidad de inmediata reparación de dichas deficiencias.

Con muy poco coste se podrían mejorar, dentro del actual sistema orgánico, y colocar dichas unidades en condiciones de prestar inmediatamente su servicio técnico y á la altura de sus homólogos de las demás naciones. Vamos á exponer en pocas palabras lo que en nuestro concepto es de inminente necesidad, si queremos dar un paso más en la senda del progreso.

Divididos actualmente los regimientos de Zapadores-Minadores en

ocho compañías, y cada una de ellas en dos secciones, vienen éstas á constituir la unidad, *base* de la cual se debe partir para la formación de las demás, debiendo poseer cada una de éstas medios de movilización propios é independientes por completo de las otras. El carro de transporte de herramientas, universalmente reconocido como el medio más económico y adecuado para llevarlas y del cual carecen nuestras actuales secciones, deberá formar parte integrante de las mismas. El carro francés de sección, cuyo modelo puede verse en el *Aide mémoire de l'Officier du Genie en campagne*, es muy práctico y puede transportar 55 palas, 25 picos, palancas, explosivos, cables y demás elementos para voladuras, así como cuerdas y elementos para paso de ríos, etc., etc., en las diversas divisiones que al efecto contiene. Su peso, cargado, no llega á 2000 kilogramos; cuatro caballos bastan para su transporte. Aparte de este modelo, en España mismo se han ensayado otros varios de carros de Zapadores con aceptable éxito. Partiendo, pues, de la sección como unidad orgánica en el servicio técnico de estos regimientos, deberá dotarse á cada una de su carro y útiles correspondientes, así como de los conductores necesarios, siendo de la responsabilidad del oficial encargado de la misma, su buen estado y conservación. Cada compañía poseerá dos de estos carros correspondientes á sus dos secciones, siendo de la responsabilidad del capitán que la manda la debida instrucción de los conductores y buen estado del material de la misma. Cada batallón podrá tener, de las cuatro Compañías de que consta hoy, tres organizadas en la forma anteriormente expuesta y una que pudiera llamarse de montaña, en la que en lugar de emplearse carros para el transporte de las herramientas se efectuaría éste á lomo.

De esta manera poseeríamos 24 compañías, que transportarían sus herramientas en carros, propias para acompañar á grandes masas de tropas por buenas vías de comunicación, marchando á la altura de la hoy llamada artillería montada, y ocho compañías que podrían trepar por montañas y recorrer terrenos desprovistos de comunicaciones, análogamente á la artillería de su mismo nombre.

En las Escuelas Prácticas, á las que anualmente asisten nuestros regimientos, se instruiría á los soldados en la forma más conveniente para efectuar la carga y descarga de las herramientas de los carros ó

mulos en que fuera conducida, con la menor pérdida posible de tiempo. Creemos, en nuestra modesta opinión, que sería conveniente la selecta elección de modelos de obras de todo género que en campaña puedan llevar á efecto estos regimientos é instrucción de las clases y soldados, para que sin más que la orden verbal del oficial de la sección y bajo la dirección de los sargentos pudieran construirlas. Estos modelos deberán conocerlos dichos sargentos, con todas las dimensiones y detalles. Los de mayor empleo serían un reducto para una compañía, baterías para dos, cuatro y seis piezas, perfil ordinario de trincheras enterradas, semienterradas y de parapeto, castrametación y defensas accesorias. Como es lógico, estos modelos cumplirán con la condición de ser los de más frecuente empleo en campaña, dado el material de guerra de nuestro ejército. Sin que esto quiera decir que, como instrucción de los oficiales, no se efectúen en dichas Escuelas prácticas obras de otra naturaleza; por el contrario, creemos en la conveniencia de, una vez ejercitados los soldados y clases en la rápida construcción de las obras modelos, plantear determinados problemas á aquéllos para ejercitarlos en rápidas concepciones. Con lo expuesto anteriormente, el oficial encontraría sin duda alguna verdaderos auxiliares en las clases á sus órdenes, y previas breves indicaciones que á las mismas daría cuando la particularidad del caso lo requiriese, estaría en disposición de prestar nuevos servicios en las columnas á que estuviese incorporado, pues preciso es reconocer que, á excepción de contadas circunstancias, las dimensiones y condiciones de las obras varían poco, y éstas, con breves explicaciones por parte del oficial, quedarían al alcance de las clases de tropa.

Siendo una de las condiciones más importantes que determinan la elección del terreno en que va á acampar un núcleo de tropas algo considerable la existencia de aguas potables en las inmediaciones del mismo, las secciones de Zapadores deberán estar provistas de bombas Pitoys, cuyo excelente resultado para la rápida obtención de pozos artesianos está suficientemente acreditada y cuya gran utilidad se ha hecho palpable en la última desastrosa guerra de Cuba. Creemos, por tanto, que estas bombas, hoy almacenadas en el Parque central, tendrían un mejor empleo distribuyéndolas entre los regimientos de Zapadores-Minadores.

La necesidad de proveer á cada una de las secciones de los mismos de un aparato óptico Mangin es indiscutible. Quizás con los nuevos adelantos de la telegrafía sin hilos, puedan aquéllos reemplazarse en breve plazo por aparatos Marconi ó Cervera (distinguido comandante del Cuerpo, cuyas experiencias sobre la telegrafía sin hilos dieron grandes resultados).

No nos extenderemos en más consideraciones, por no creernos suficientemente idóneos al lado de verdaderas eminencias, con que el Cuerpo cuenta, que con más criterio que nosotros podrían mejorar las ideas que aquí modestamente apuntamos. La necesidad de estas ligeras modificaciones en los regimientos de Zapadores-Minadores es tan perentoria, en nuestro concepto, que nos creemos obligados á hacer un esfuerzo en pró de ellas, escribiendo estas mal coordinadas líneas.

Además de los parques regimentales, cuyo transporte es inherente á los regimientos, no son menos necesarios los parques de campaña á cargo del cuerpo de tren (hoy por organizar en España, aunque en las demás naciones constituye una de las mayores preocupaciones del ejército), encargado del transporte de la herramienta menos urgente, así como de la de reposición de los parques regimentales.

Los oficiales de los regimientos de Zapadores-Minadores debieran, en nuestro concepto, ser plazas montadas, para cumplir debidamente su misión en campaña y poder efectuar los reconocimientos y demás misiones que á él están encomendadas, con la celeridad que exigen todas las operaciones efectuadas en tiempo de guerra.

Indiscutible es la necesidad de tener fuerzas de zapadores dispuestas á operar en los reconocimientos efectuados por la caballería, marchando en extrema vanguardia y con facilidades para trasladarse rápidamente de un punto á otro. Esto se consigue con tropas á caballo, que lleven consigo la menor impedimenta posible. Reconociéndolo así las demás naciones europeas, casi todas han dotado á sus ejércitos de compañías montadas de Zapadores.

Su papel, en las modernas guerras, sería importantísimo. En la retirada de un cuerpo de ejército, oponiendo toda clase de obstáculos á la persecución del enemigo; obstruyendo todos los pasos difíciles; volando puentes, destruyendo vías férreas, etc., etc., podrían operar con toda

soltura en la retaguardia estas fuerzas, pues su gran movilidad les permitiría alcanzar la columna cuando lo estimaran conveniente. En el supuesto contrario, su rapidez de marcha podría utilizarse en la persecución del enemigo, ayudando á la caballería, á cuya altura podrían marchar destruyendo obstáculos y reparando las vías de comunicación que aquél en su fuga hubiera entorpecido.

Las compañías de que nos venimos ocupando, por su índole especial, no pueden vivir orgánicamente al lado de los regimientos de Zapadores-Minadores. De aquí la necesidad de crear una unidad independiente, compuesta de un cierto número de compañías, que en caso de guerra puedan ser agregadas á los distintos cuerpos de ejército. Las compañías estarán á su vez divididas en secciones, al mando de sus oficiales respectivos, poseyendo los materiales necesarios para obrar independientemente, teniendo en cuenta el servicio especial que se encomendará siempre á estas tropas. Este material deberá ser sumamente ligero y transportable, por los individuos que las componen, en las monturas de sus propios caballos, sin que por esto neguemos la utilidad que podría prestar un ligero carro-transportador para cada sección, que aliviase al ganado de peso, mientras las necesidades no obligaran á destacar de la columna las secciones de que nos ocupamos, pues en este caso el carro debería continuar con la impedimenta general de la misma, y sus herramientas repartidas entre los individuos de aquéllas.

No entraremos en más detalles sobre la organización de dichas tropas, ni en el estudio de las monturas, carros y demás accesorios, pues creemos que el estado actual de la nación, decaído su ánimo por los recientes desastres, no es el más apropiado para emprender reformas que, á nuestro juicio, son de todo punto necesarias si queremos marchar al nivel de las potencias europeas.



CAPÍTULO IV.

Regimientos de comunicaciones.—Brigada de comunicaciones.—Su organización.—Consideraciones finales.



LA necesidad de agrupar en una sola unidad, al mando de un coronel, los hoy batallones de Ferrocarriles y Telégrafos, se comprende dada la íntima conexión que entre sí tienen en la generalidad de los servicios, y en pró de ella vamos á aducir algunas razones á continuación. No quiere esto decir que los telegrafistas deban saber manejar las locomotoras, sino que, el regimiento de Comunicaciones deberá constar de unidades de Telégrafos y unidades de Ferrocarriles, además de depender de él todos los servicios de comunicaciones por medio de bicicletas, automóviles, etc., etc. De esta manera y dependiendo directamente de un sólo jefe ambas clases de servicios, se conseguiría dentro de la unidad general su relativa independencia. Formando este regimiento, quedarían obviadas muchas dudas que hasta hoy se han ofrecido y se ofrecerán de continuo, en tanto estas dos clases de comunicaciones tan importantes permanezcan completamente aisladas. Al establecerse la sección de ciclistas en el ejército español, y por lo tanto, en el servicio de las tropas de Ingenieros, surgió la duda de si dicha sección debía agregarse al batallón de Telégrafos ó al de Ferrocarriles. Por unas ú otras razones se agregó á éste, sin que en realidad haya motivo alguno de preferencia. Con la organización del regimiento de que nos ocupamos, el problema quedaba reducido á la creación, dentro del mismo, de dicha sección independiente de ciclistas, que prestaría su servicio especial de comunicaciones. Las experiencias que en todas partes se están llevando á cabo y especialmente en Alemania para el empleo de perros en el servicio de comunicaciones, que más ó menos tarde tendrán que efectuarse en España, podrán encomendarse á cualquiera de dichos batallones y aun quizás á un re-

gimiento de Zapadores-Minadores, sin que haya una razón siquiera para que este servicio especial caiga de lleno dentro de los encomendados especialmente á dichas unidades. Organizando el regimiento de Comunicaciones, tanto este servicio como cualquier otro que á comunicaciones militares pudiera referirse, vendría á ser objeto de él.

El batallón encargado de las comunicaciones ferroviarias, debe estar en un todo identificado con el actual batallón de Ferrocarriles, así como el de las comunicaciones telegráficas con el actual batallón de Telégrafos, pues ambos á dos rivalizan en buena organización y dotación de sus parques, así como en la instrucción técnica del personal.

Las insuperables dificultades con que hoy se lucha en el batallón de Ferrocarriles para la instrucción práctica del personal, se salvarían encargando al regimiento de Comunicaciones de la explotación de una vía férrea. El abundante material ferroviario de campaña, transportado de Cuba á la terminación de la guerra, no podría ser mejor empleado que en la construcción de una línea férrea, que partiendo de la escuela de tiro próxima á la estación llamada "Campamento," y pasando por el polígono de los Retamares, viniese á terminar en Pozuelo. Una compañía destacada por trimestres podría dedicarse en ella á todo género de prácticas ferroviarias y dedicar una parte del año, que pudiera muy bien ser la misma que emplea el regimiento de Zapadores-Minadores en las suyas, á los trabajos de explotación, combinando trenes que en unión con los de la línea de Villa del Prado ó los de la línea del Norte, dieran al regimiento de Zapadores fácil comunicación con su cuartel.

El regimiento de Zapadores-Minadores y el de Comunicaciones militares unidos, formarían la brigada de comunicaciones bajo el mando inmediato de un general del Cuerpo, para su vida orgánica y de guarnición, procurando en las prácticas que se efectúen combinar todos los elementos de dicha brigada del mejor modo posible para su aplicación en campaña y completa instrucción de los oficiales.

En el estado actual de Europa, ante el inmenso conflicto que se avvicina, preciso es que nos preparemos á luchar, si no queremos quedar en él sepultados. Todas las armas y cuerpos de nuestro ejército deben esforzarse en mejorar su organización, poniéndonos á la altura de las demás potencias militares, y estar en disposición de hacer frente á los

acontecimientos que pudieran sobrevenir. La campaña anglo-boer no es más que el prólogo, el anuncio quizás de las que sucesivamente tendrán por teatro de operaciones seguramente Europa y acaso España. El movimiento de los franceses en el Sudán, la colosal aglomeración de fuerzas que Rusia lleva á cabo en el Asia Menor, la creación del 3.^{er} cuerpo bávaro en Alemania y sus proyectos de aumento de escuadra, son aprestos de los que no debemos apartar la vista para soñar en plácida y tranquila paz, que nos permita poco á poco y sin gran esfuerzo llegar á adquirir nuestra antigua jerarquía militar.

Y así como juzgamos que nuestra infantería requiere más instrucción, que pudiéramos llamar de campaña, por medio de frecuentes maniobras y repetidos ejercicios de tiro al blanco, al cual debieran concurrir los regimientos una vez al mes, por lo menos, ya que no semanalmente como sucede en Alemania; y nuestra caballería necesita practicar el importante servicio de exploración, base de la seguridad de los ejércitos, por medio de continuadas marchas y maniobras militares; y que en el material de nuestra artillería no se ha adelantado un paso desde hace cerca de veinte años, cuando todas las potencias militares poseen cañones de tiro rápido que continuamente mejoran; así también nosotros debemos reorganizar nuestros regimientos de Zapadores-Minadores y dar el máximum de utilidad práctica en campaña á los batallones de Ferrocarriles y Telégrafos, creando el regimiento de Comunicaciones, que unido al de Zapadores-Minadores, forme la brigada de Comunicaciones militares.

Creemos que existiendo hoy ocho Cuerpos de ejército en España, son necesarias cuatro brigadas de Comunicaciones militares, distribuídas por la Península y dotados sus parques del moderno material de guerra.

No decimos nada acerca del regimiento de Pontoneros y de la compañía de Aerostación, pues creemos que hoy por hoy pueden permanecer en el estado actual. Sería locura pretender que en España se crease un nuevo regimiento de Pontoneros ó que aumentase el número de compañías de Aerostación, dotando al ejército de más globos, pues aunque no estaría de más, su utilidad no compensaría en nuestra nación los enormes gastos que originaría dicho aumento.

En cuanto á las comunicaciones por palomas mensajeras, creemos

que en relación con el palomar central de Guadalajara debían establecerse otros en las poblaciones donde tuviera su residencia el Estado Mayor de cada una de las brigadas de Comunicaciones de que antes hemos hablado. Estos palomares, en diaria comunicación entre sí, llegarían á conseguir una completa educación de sus palomas y efectuar con ellas toda clase de experiencias, que las harían aptas para el servicio que se les encomienda en campaña.

En las cuatro brigadas de Comunicaciones, al corresponder al Estado la explotación de las vías férreas hoy explotadas por compañías particulares, por contrato que con ellas tiene establecido, pudiera aquél beneficiarse grandemente encargando de su explotación á las tropas de Ingenieros, cuya lealtad y honradez han quedado sin tacha siempre que han sido puestas á prueba. Aparte de esto, bajo el punto de vista militar, los ferrocarriles estratégicos deberían estar, como sucede en Alemania, bajo la inspección, ya que no explotación de los Ingenieros militares.

Otra brigada de Comunicaciones militares, organizada en igual forma que las anteriores, podría distribuirse entre las Islas Baleares, Canarias y posesiones de Africa.

Los reflectores, hoy tan usados en los reconocimientos nocturnos, especialmente en las costas, serían de gran utilidad para emplearlos en las prácticas que se efectuasen en cada una de estas brigadas.

Para terminar, diremos que, bajo el punto de vista militar, estas brigadas deben estar organizadas de tal manera que tengan todos los elementos necesarios para defenderse por sí solas de cualquier ataque del enemigo que les impida llevar á cabo su cometido. En casos extremos, los generales siempre podrían echar mano de un vigoroso núcleo de fuerzas que, como hasta aquí, acreditara tanto su pericia técnica como su valor en la pelea.

FIN.



