MEMORIAL DE INGENIEROS.

MEMORIAL
DE INGENIEROS
DEL EJÉRCITO.

COLECCIÓN DE MEMORIAS.

CUARTA ÉPOCA.—TOMO XIX.

(LVII DE LA PUBLICACIÓN.)

Año 1902.

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.
1902

INDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO,

publicadas en el año 1902.

La Guerra Anglo-Boer

REFLEXIONES

ACERCA DE

LA GUERRA ANGLO-BOER

POR

D. CARLOS BANÚS Y COMAS,

TENIENTE CORONEL DE INGENIEROS.

MADRID:
IMPRENTA DEL *MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.*

1902.

REFLEXIONES ACERCA DE LA GUERRA ANGLO-BOER.

Puede afirmarse sin recelo que, después de la guerra franco-alemana, ninguna otra ha llamado tan universalmente la atención como la anglo-boer. Débese esto, en parte, á la desigualdad entre los beligerantes, y en parte también, á la aversión que inspira Inglaterra y que, quizás, ha contribuído tanto y más que la heróica defensa de los boers á que todas las simpatías, desgraciadamente platónicas, fueran para estos últimos. Por sus circunstancias especiales esta lucha ha producido multitud de apreciaciones sobre otros tantos problemas del arte de la guerra aún en litigio, siendo de advertir que ha servido á bastantes críticos, agenos en su mayor parte á la profesión militar, de ariete para tratar de demoler las bases de la actual organización de los ejércitos permanentes, y para declarar la bancarrota de los principios militares hasta ahora profesados. Ocioso es decir que tales juicios han sido en unos el resultado de apasionamientos, hijos de ideas radicales, y en otros de torcidas interpretaciones, debidas á la ligereza con que se han querido interpretar multitud de hechos que no son nuevos, ni mucho menos, en la historia de la guerra.

LIGERA IDEA DEL TEATRO DE LA GUERRA.

No hay que ahondar mucho para descubrir la verdadera causa de la lucha; los ingleses, deseando dominar por completo el Africa austral y creyendo, equivocadamente, que la ocupación del Transvaal y del Orange no sería tarea muy difícil, pusieron de su parte cuanto les fué posible para buscar dificultades diplomáticas, que sólo por medio de la guerra podían resolverse. Tarde ó temprano ésta debía estallar, y si en 1899 se hubiese evitado, todo hubiera quedado reducido á un aplazamiento.

Antes de pasar al estudio de las consecuencias que de esta guerra derivan, no estará de más dar de ella un ligero resumen, para lo cual empezaremos por una somera descripción de la comarca teatro de la lucha.

El Africa austral puede reputarse limitada al Norte por el paralelo 25° de latitud meridional, presentando, según dicho paralelo, una anchura de 2000 kilómetros próximamente: más al Sur va estrechando, hasta terminar casi en punta, formando, por tanto, esta parte una superficie de forma casi triangular. Ocupan esta superficie las posesiones inglesas, alemanas y portuguesas, y quedaban tan sólo independientes, antes de empezar la guerra, las repúblicas de Orange y Transvaal. Los ingleses, que, á fines del siglo pasado, arrojaron de la colonia del Cabo á los holandeses; por medio de sucesivas adquisiciones de territorio *(Cafrería, Natal, Zululand* y *Grigualand occidental)* han extendido sus dominios, que rodeaban ya por Este, Sur y Oeste las dos citadas repúblicas, cuya salida más próxima á la costa era el puerto portugués de *Lourenço Marqués*, situado en la bahía de *Delagoa*. Constituyen el territorio teatro de operaciones una série de mesetas escalonadas y ascendentes desde el Cabo de Buena Esperanza hacia el Norte, y, exceptuando la zona lito-

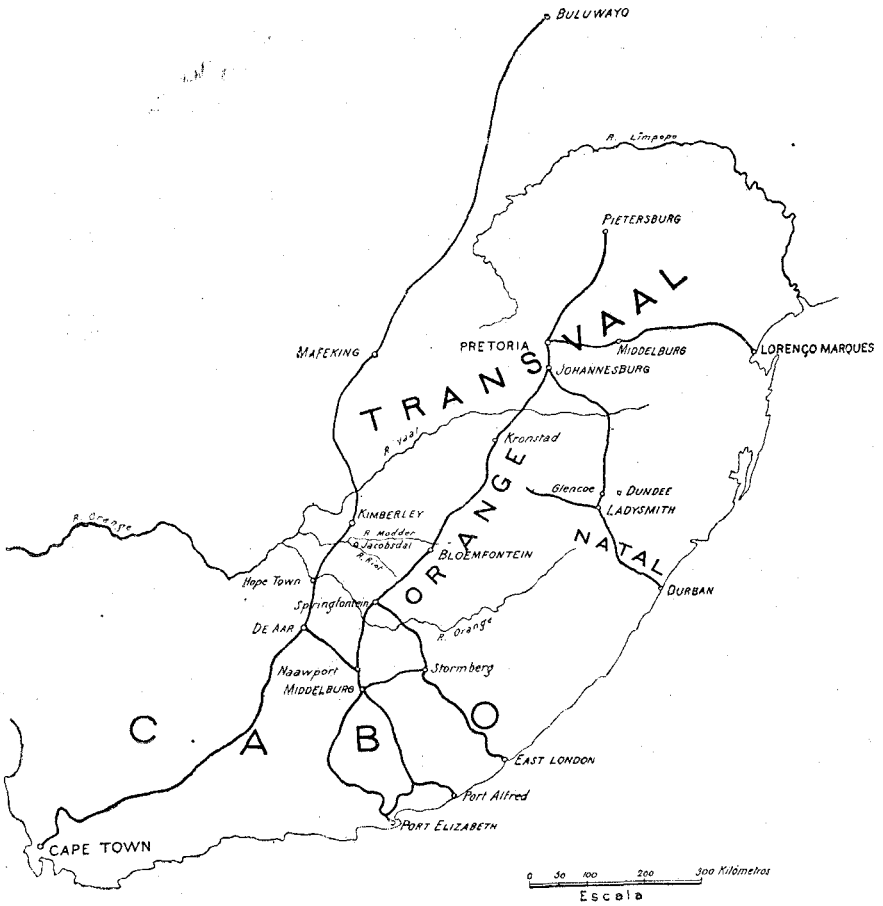
ral, el país se presenta monotono, en general, desprovisto de arbolado y con extensas comarcas casi desiertas, en las cuales apenas se encuentran obstáculos naturales ni artificiales que puedan servir de guía ó puntos de referencia. Este aspecto, completamente distinto del que presentan las comarcas europeas, dificulta y aun imposibilita la orientación á los que proceden de otros países.

Las tres mesetas que constituyen la colonia del Cabo tienen respectivamente 1000, 1200 y 1500 metros de altitud media. La primera, que es la más meridional y más próxima á la costa, está separada de la que le sigue por la cordillera de *Zwarteberge*, cuyas pendientes meridionales son muy abruptas; esta segunda meseta es muy accidentada y termina en la parte Norte en llanuras desiertas, que están limitadas por el escalón que substenta la meseta siguiente, mucho más elevada y tan accidentada como la anterior. Limita estas mesetas por el Este la cordillera de los montes *Drakensberg*, cuyas estribaciones llegan hasta la costa oriental, quedando entre la divisoria y el mar una faja de terreno que sólo comunica con las mesetas anteriormente mencionadas por desfiladeros difíciles de franquear. Al Oeste, las mesetas citadas van á morir en el desierto de *Kalahari*, cuya altitud media es de 500 metros, y que sólo en el fondo de algunos pequeños valles tiene vegetación.

La cordillera de *Drakensberg* divide el teatro de operaciones en dos partes independientes, dado que las comunicaciones al través de ella resultan muy difíciles y, por tanto, también lo es relacionar las operaciones que en ambas se verifiquen. Al Este de *Drakensberg* constituye la zona más importante el *Natal*, desde cuya provincia inglesa puede penetrarse en el Sur del *Transvaal* y marchar hacia *Johannesburg* y *Pretoria*, principales poblaciones de esta república. En la parte occidental de la cordillera se hallan las mesetas antes mencionadas, que, políticamente, comprenden la colonia del *Cabo*, la república de *Orange*, separada de aquélla por el río de este nombre, y la de *Transvaal*, situada al Norte del *Vaal*, afluente de la orilla derecha del Orange. Este segundo teatro de operaciones conduce también al *Transvaal*, pero para ello hay que atravesar antes toda la república de Orange, cuya capital es *Bloemfontein*. En cuanto á la zona desierta que por el Oeste limita ambas repúblicas, por la escasez de recursos no puede constituir contra ellas una

base aceptable, aun cuando tienen importancia las poblaciones de *Kimberley* y *Mafeking*, situadas en ella, y que los boers se empeñaron en conquistar, distrayendo con este objeto parte de sus fuerzas.

Para llegar desde el litoral al interior existen las siguientes vías férreas (véase el cróquis adjunto): primera, la del *Natal*, de 777 kilómetros



de longitud, que conduce desde *Durban* á *Johannesburg* y *Pretoria*, de la cual se destaca en *Ladysmith* un ramal que penetra en la república de Orange; segunda, la de *Capetown* á *Kimberley* y *Mafeking*, que á partir de *Kimberley*, hasta cerca de *Bulawayo*, en donde termina, sigue próximamente paralela á la frontera occidental de las repúblicas; tercera, la de *Port-Elizabeth* á *Johannesburg*, pasando por *Bloemfontein*, línea

que entre las dos poblaciones citadas tiene 1149 kilómetros de desarrollo y forma como el eje de la colonia y de las dos repúblicas, que atraviesa de Norte á Sur por su parte central. A esta línea se le une en *Naawport* otra procedente de *Port-Arthur*, y en *Springfontein* la que parte de *East London*, entre cuyo puerto y *Johannesburg* hay 1070 kilómetros. Todas estas líneas están unidas por la transversal *De Aar-Naawport-Stormberg*, puntos importantes por serlo de cruce.

Tienen estas líneas excepcional importancia para los ingleses, pues sin ellas el transporte de tropas y material sólo hubiera podido verificarse por convoyes, lo cual, en comarcas en donde los caminos escasean, supone dificultades, á veces insuperables, cuando se trata de ejércitos tan numerosos como el que ha debido operar en el Africa austral.

RESUMEN DE LAS OPERACIONES.

Las operaciones dieron comienzo en la noche del 11 al 12 de octubre de 1899, penetrando los boers en territorio de Natal divididos en varias columnas: los ingleses habían tomado posiciones en *Glencoe* y *Dundee*, que formaban una avanzada del grueso situado en *Ladysmith*, punto importante como bifurcación de vía férrea. El objeto de aquéllos era separar las fuerzas inglesas, envolviendo las avanzadas, y aunque en realidad no lo lograran, pues las tropas batidas en aquellos puntos pudieron llegar á *Ladysmith*, tampoco puede decirse que su plan fracasara por completo. Desde el 20 al 23 se libraron varios combates, siendo los más importantes los del 21 en *Glencoe* y *Elandslaagte:* allí los ingleses se vieron obligados á abandonar el campo y retirarse; aquí fueron los boers los derrotados y, gracias á ello, la columna Yule, procedente de las posiciones avanzadas, pudo llegar á *Ladysmith;* pero á fines de este mes el general White quedaba encerrado en este punto con 10.000 hombres próximamente. En virtud de ello *Ladysmith* resultaba convertido en el objetivo de operaciones del Natal; interesaba á los boers apoderarse de él, no sólo por la importancia material del hecho, sino más aún por el efecto moral que hubiese producido, y por iguales razones tuvieron los ingleses interés en que *Ladysmith* no cayera.

Para llegar hasta allí precisaba pasar el *Tugela*, río de curso tortuoso, de caudal no desprecible, escaso de puentes y con vados no siempre franqueables. Su orilla izquierda, ocupada por los boers, es, en general, dominante, y para llegar hasta *Ladysmith*, una vez atravesado el río, precisaba aún marchar por caminos difíciles y en gran parte dominados. Establecidos los boers alrededor de *Ladysmith*, en posiciones fáciles de defender, y convencidos de que la guarnición difícilmente podría

abrirse paso por sí sola, llevaron sus fuerzas al valle del *Tugela* en donde debía decidirse la suerte de aquella plaza, convertida circunstancialmente en objetivo importante. Difícil era con fuerzas relativamente escasas y ya quebrantadas, intentar el abandono de la posición y no es de extrañar que la tentativa del 30 de octubre terminara desdichadamente, cayendo parte de las fuerzas en una emboscada, y debiendo rendirse dos batallones y una batería. Con este hecho la guarnición quedó imposibilitada de salvarse y hubo que esperar los refuerzos del exterior. Los ingleses, que jamás creyeron que la resistencia de los boers fuera tan tenaz, ni mucho menos esperaban que éstos tomaran la ofensiva, no pudieron de momento hacer otra cosa que reunir las fuerzas que enviaba la metrópoli, y gracias que se lo permitió la pasividad de sus adversarios; así es que hasta el 15 de diciembre no se consideró el general Buller con elementos suficientes para atacar la línea del *Tugela* en *Colenso*. Forma el río alrededor de esta plaza un arco cuya concavidad mira al Sur; sólo había en las proximidades de aquel punto dos puentes, uno para carretera y otro para ferrocarril, volado por los boers, y dos vados. Los boers ocupaban fuertes posiciones en la orilla derecha, y era imprudente el avance y paso del río sin atacarlas. No se preocupó de ello Buller, y lanzó sus columnas sobre los pasos citados; pero los boers, que se hallaban fuertemente atrincherados, rechazaron á sus adversarios, resultando la jornada desastrosa para los ingleses, que dejaron en el campo 1200 hombres entre muertos y heridos y perdieron 11 piezas.

En este primer período no resultó tampoco halagüeña la situación de los ingleses en la parte occidental de los *Drakensberg*, es decir, en la colonia del Cabo, en donde se propusieron dos objetivos: rechazar á los boers, obligándoles á repasar el Orange, y acudir en socorro de *Kimberley* y *Mafeking*, sitiadas por aquéllos. Correspondió el primero de estos cometidos á los generales French y Gatacre y el segundo á lord Methuen. Sufrió Gatacre rudo descalabro el 10 de diciembre en *Stormberg*, viéndose obligado á abandonar el campo, y dejando libre á los boers la parte septentrional de la colonia. Lord Methuen hubo de librar en su avance, entre *Kapetown* y *Kimberley*, sangrientos combates. El 23 de noviembre en *Belmont*, el 25 en *Graspan*, el 28 en las orillas del *Modder*;

para recorrer 80 kilómetros empleó esta columna seis días, y sólo pudo avanzar á costa de grandes pérdidas; por fin en el *Modder* quedó detenida, según los ingleses, por falta de puentes; estas jornadas costaron al ejército inglés 3000 bajas. El 9 de diciembre lord Methuen pudo atravesar el *Modder* y fué á dar contra la posición de *Maggersfontein;* allí se estrelló, como Buller en el *Tugela.*

Después de dos meses de operaciones, los ingleses sólo habían sufrido descalabros; los boers seguían siendo los invasores: es de advertir que Inglaterra tenía por entonces en el Africa central 50.000 hombres y 200 piezas.

La crítica situación en que se hallaban las columnas inglesas exigía no sólo el envío de refuerzos, si que también echar mano de generales de mayor prestigio y fueron nombrados, como general en jefe, lord Roberts y, como jefe de Estado mayor general, lord Kitchener. Buller conservó, con cierta independencia, la dirección de las operaciones en el Natal, en donde le fué una vez más adversa la fortuna. Convencido de la imposibilidad de romper por *Colenso* la línea del *Tugela*, Buller decide remontar el valle y llegar á *Ladysmith*, rebasando la derecha enemiga; pero para efectuar el movimiento emplea once días; iniciado el 10 de enero, en que la columna Dundonald tomó posiciones que amenazaban el flanco del enemigo, hasta el 20 no empezó la operación táctica, el ataque. Los boers tuvieron tiempo sobrado para preparar el terreno, y Buller se encontró otra vez con el frente del adversario. Del 20 al 23 pudo avanzar, aunque lentamente, y en la noche del 23 al 24 el *Spionkop*, altura reputada llave de la posición, cayó en poder de los ingleses; pero esto duró poco, toda vez que el 26 tuvo Buller el *sentimiento* de anunciar que Warren había abandonado la altura el día 25. El general inglés, mostrando una tenacidad extraordinaria, no abandona la partida ante este nuevo fracaso: el 5 de febrero atraviesa otra vez el *Tugela*; el ejército inglés logra introducirse á manera de cuña entre las posiciones boers, pero éstas forman una tenaza que envuelve la cuña: la cuestión quedaba reducida á ver si la cuña podía abrir la tenaza ó si ésta cerrándose acabaría por aplastar la cuña; la solución fué esta última y Buller tuvo que repasar de nuevo el *Tugela.* Por este lado las cosas estaban, pués, como al principio, ó peor. Suerte, y no pequeña, fué para los ingle-

ses que la índole de sus adversarios no les permitiera aprovecharse de los triunfos obtenidos: de lo contrario el ejército de Buller hubiese quedado totalmente destruído.

Entre tanto lord Roberts preparaba en la colonia del Cabo un golpe contundente. Reuniendo las fuerzas de Methuen y French, y refuerzos recien llegados, pudo llevar á la posición del *Modder* unos 50.000 hombres de todas armas y 120 piezas: esta vez el nuevo generalísimo no se propuso coger el toro por los cuernos: engañando á Cronje con ataques ficticios, para retenerle en la posición de *Maggersfontein*, por medio de una marcha rápida pudo rodear el flanco izquierdo de aquella: encargado de esta operación fué el general French, uno de los que mayores aptitudes han demostrado en esta campaña. Esta fué la primera vez que los ingleses demostraron vigor y actividad en sus operaciones: el día 10 de febrero llegó Roberts al *Modder;* el 12 empezó el movimiento envolvente, el 15 French entraba en *Kimberley*. La sorpresa de los boers no fué, sin embargo, completa; Cronje pudo aún levantar el sitio de *Kimberley* sin perder su artillería y escapar entre la columna French y la de Kelly Kenny, que no marcharon suficientemente unidas. Lord Roberts lanzó en persecución del jefe boer todas sus fuerzas, con objeto de cortarle la retirada á *Bloemfontein*. Cronje libra en su retirada combates que no le son desventajosos; pero el día 19 se halla ya cercado: con la esperanza de socorro se mantiene aun ocho días sin querer capitular; por fin el 27 la resistencia era ya moral y materialmente imposible. El aniversario de *Majuba-Hill* lo celebró lord Roberts, participando á su Gobierno que habían caído en su poder 4000 boers con 15 piezas de todas clases. Materialmente el resultado no era en realidad portentoso: los boers resultaron aplastados por la inmensa superioridad de sus enemigos; pero moralmente el triunfo era importante, porque Cronje tenía entre los suyos gran prestigio. Por otra parte, aquella era la primera victoria alcanzada después de cinco meses de campaña; el hecho causó estupor; ya nadie creía que los ingleses pudieran alcanzar tales ventajas, y la verdad es que, excepto en Inglaterra, el deseo general era que sus desastres continuaran.

Hacía cuatro meses que Buller andaba buscando la llave de *Ladysmith*, sin dar con ella: lord Roberts la halló al mes escaso de entrar en

campaña: á consecuencia de las operaciones de éste, aquél entró en *Ladysmith* el 27 de febrero: los boers vieron así malogrados los esfuerzos de cuatro meses. Hay que advertir que desde el 16 de febrero hasta el 27 hubieron de librar los ingleses una serie de combates que les costaron cerca de 2000 bajas; los boers fueron así ganando tiempo suficiente para retirar el material empleado en el sitio de *Ladysmith.*

En la colonia del Cabo el éxito obtenido por lord Roberts produjo iguales efectos: los boers detuvieron su avance, que amenazaba ya la vía férrea que servía de línea de etapas á lord Roberts hasta *Kimberley;* el territorio inglés quedó pronto evacuado por aquéllos, y los generales Clements y Gatacre pudieron avanzar hasta el Orange. Con esto la ofensiva boer quedaba terminada en todos los teatros de operaciones y aquéllos reducidos á la defensa de su territorio, ya invadido.

Después de la capitulación de Cronje, el objetivo de lord Roberts era *Bloemfontein*; hay que advertir que las operaciones últimamente emprendidas habían fatigado considerablemente al ejército inglés, y tanto por esta circunstancia como por la escasez de víveres, hasta el 7 de marzo no continuó aquél su marcha, que terminó el 13 con la entrada en *Bloemfontein*, no sin que los boers aprovecharan las circunstancias favorables que se les presentaron para hostilizar á los ingleses; pero sin ofrecer tenaz resistencia, pués no la permitía ni el terreno ni su inferioridad numérica. En *Bloemfontein* se unieron al generalísimo las fuerzas que operaban al Norte de la colonia del Cabo, con lo cual el núcleo del ejército llegó á contar 70.000 hombres. En la capital de Orange la permanencia del general Roberts hubo de ser forzosamente larga; desde que abandonó el *Modder* hasta *Bloemfontein* el ejército inglés tuvo que marchar separado de las vías férreas, y dando frente al Este: al llegar á la capital comenzó por la organización de la línea de etapas y comunicaciones, que debía serlo en adelante la vía férrea del Cabo á dicha población. Esta organización y la necesidad de dar reposo á las tropas y formar almacenes y depósitos, retuvo á lord Roberts en *Bloemfontein* hasta el 28 de abril, es decir, mes y medio, durante el cual se libraron algunos combates y sufrieron los ingleses dos ó tres descalabros. El avance de lord Roberts estuvo bien concebido y se efectuó en tres columnas, siendo el objeto de las dos exteriores envolver los flancos ene-

migos y facilitar la marcha de la central. La gran superioridad numérica de los ingleses les permitió ocupar un frente extensísimo, sin debilitarse, y los boers, amenazados siempre en sus flancos, tuvieron que abandonar sucesivamente las líneas de defensa del Orange, sin sufrir, sin embargo, descalabro alguno de importancia; los ingleses en doce días avanzaron 200 kilómetros llegando á ocupar *Kronstadt*, convertida en capital de la república de Orange, al evacuar *Bloemfontein*.

El mes de mayo fué para los boers desgraciado; lord Roberts continuó su avance llegando hasta el *Vaal*, es decir, hasta el confin de la república de Orange con la transvaaliana; Buller desalojó á los enemigos del Natal, y el día 12 *Mafeking* quedó libre, después de doscientos diez y ocho días de sitio; allí, como en *Kimberley* y *Ladysmith*, los boers perdieron el tiempo. El 24 de mayo lord Roberts declaraba oficialmente la anexión del Orange á Inglaterra.

La línea del *Vaal* no pudo servir á los boers para detener á los ingleses: éstos continuaron su avance sin encontrar gran resistencia; el 5 de junio los ingleses entraron en *Pretoria* y el 7 Buller penetró en el Transvaal por el desfiladero de *Laing's Neck* que los boers abandonaron; una vez más se debió el avance de este general á las operaciones de lord Roberts. Los boers se retiraron hacia el ángulo Nordeste del Transvaal, zona montañosa y escasa en comunicaciones y por consiguiente propia para la guerra de guerrillas. Lord Roberts, al llegar á *Pretoria*, hubo de reorganizar, como en *Bloemfontein*, sus tropas antes de emprender de nuevo operaciones.

Evidentemente la toma de *Pretoria* determinó el fin de la guerra que podríamos llamar regular. El 1.° de septiembre el Transvaal quedó oficialmente anexionado á las posesiones inglesas.

La guerra regular duró próximamente nueve meses: la de guerrillas es difícil adivinar cuándo terminará; como todas las luchas de esta clase produce en la nación que ha de sostenerla, sobre todo á distancia tan grande, cansancio y hastío: el invasor, á pesar de su inmensa superioridad numérica, es víctima de multitud de descalabros; las emboscadas y sorpresas son contínuas, y las operaciones mejor combinadas fracasan. El enemigo encuentra siempre un boquete por donde escapar á la persecución de las columnas combinadas, y cuando se le cree poco

menos que extenuado, un golpe de mano audaz manifiesta que se halla aún lleno de vigor.

Esta lucha de guerrillas cuesta, como sucede con las de tal índole, grandes gastos en hombres y dinero al invasor y le proporciona frecuentes descalabros. Desde 1.° de septiembre de 1900 en que, con la anexión de la república del Transvaal, se dió por terminada oficialmente la guerra hasta 1.° de igual mes de 1901 han perdido los ingleses, entre muertos y heridos, 1857 oficiales y 34.531 soldados, y los boers les han tomado 7 cañones (1). Estos no se han contentado con estar á la defensiva, sino que han invadido varias veces el Natal y el Cabo, alentando en esta comarca la insurrección y obligando á los ingleses á declararla en estado de guerra.

Esta sucinta historia de la campaña del Africa austral nos ha parecido conveniente, y aun necesaria, para servir de base á las deducciones que, en nuestro entender, se desprenden de ella.

(1) A estos descalabros hay que añadir el sufrido recientemente por las fuerzas que mandaba lord Methuen.

MOVILIZACIÓN. (1)

La de los boers se efectuó en consonancia con las condiciones y circunstancias especiales que caracterizan la organización militar (?) de aquellas repúblicas. Tanto en el Transvaal como en Orange todos los individuos de raza blanca, desde los dieciseis á los sesenta años, están obligados á formar parte de los *comandos*. Cada uno de éstos constituía un distrito y éstos á su vez se dividían en circunscripciones, cuyo número variaba entre dos y seis; al frente de cada uno de éstos había un *field cornet*. Tanto los jefes de los *comandos* como los *field cornets* se elegían por tres años. El efectivo de los *comandos* era muy variable: algunos sólo disponían de unos cuantos centenares de hombres, otros tenían más de mil. La movilización se efectuaba reuniéndose los individuos de cada *comando* en la capital del distrito, y cada uno de los reunidos debía presentarse equipado, armado y municionado: además, cada boer presentaba uno ó varios caballos y algunos un carro tirado por bueyes. En el Transvaal había un comandante general nombrado por diez años; pero en Orange no existía este empleo en tiempo de paz. Ambas repúblicas tenían organizado permanentemente un pequeño cuerpo de artillería, pero con personal muy exíguo. Claro es que en tales condiciones la movilización debía resultar fácil y en nada parecida á la de los ejércitos europeos; no precisó requisar ganado, procurarse carruajes, reunir víveres y toda clase de material de guerra. Los boers llevaban consigo al principio de la campaña convoyes de carretas; pero luego se convencieron de que entorpecían considerablemente las operaciones y los abandonaron. Dado el co-

(1) Los datos referentes á movilización están tomados de los artículos que á la guerra *sudafricana* dedica la *Revue militaire des armées étrangères.*

nocimiento que tenían del terreno, la facilidad de diseminarse y reunirse, y la escasez de sus fuerzas, vivir sobre el país no era para ellos difícil, y por tanto podían prescindir de los convoyes.

Respecto al ejército inglés su sistema de movilización no puede presentarse como modelo; bien es verdad que allí no precisa proceder con la rapidez que en otros países, pues la situación insular de Inglaterra la preserva de una invasión instantánea.

Como los ingleses no creyeron en un principio que la guerra les obligara á echar mano de todos sus recursos militares, la movilización no presentó en los primeros momentos dificultad alguna, empezando por enviar al teatro de la guerra fuerzas procedentes de Malta, Alejandría, Creta y echando mano del ejército de la India. En la colonia del Cabo las guarniciones apenas llegaban á 1000 hombres, que con los refuerzos indicados y tropas irregulares reclutadas por Baden Powell y Plumer alcanzaron á fin de octubre un efectivo de 25.000 en números redondos. Estas se repartieron entre el territorio del Cabo y la provincia de Natal; pero llevando á esta última comarca la mayor parte de ellas.

Los acontecimientos demostraron que tales elementos eran insuficientes, y entonces fué preciso recurrir á la metrópoli. En un artículo que publicamos en el MEMORIAL de 1900 digimos que, en previsión de guerras exteriores, los ingleses tenían proyectada la organización de tres cuerpos de ejército, que en tiempo de paz no estaban constituídos y por consiguiente precisaba formarlos en tiempo de guerra. Ya digimos también allí que los reservistas de infantería, es decir la mayoría, en vez de incorpararse directamente á sus cuerpos, iban primero á los depósitos, en los cuales se les vestía y equipaba y después se les conducía á las unidades que debían recibirlos; ocasionando con ello considerable pérdida de tiempo. Los estados mayores y servicios auxiliares se nombran en el momento preciso, y por consiguiente falta en las grandes unidades así constituídas el espíritu de las que permanentemente funcionan, y á los estados mayores práctica y conocimiento de los elementos que deban manejar. Por otra parte, la movilización puede decirse que se hizo la mitad en Inglaterra y la otra mitad en Africa, pues las tropas debían recibir allí los carros especiales para formar los convoyes

y además gran cantidad de ganado, de modo que al llegar las unidades al teatro de la guerra, se encontraban inmovilizadas hasta poder formar los trenes regimentales y convoyes.

Las operaciones para movilizar el primer cuerpo no pueden citarse como modelo de rapidez; los reservistas, cuya convocatoria se hizo el 9 de octubre, debían hallarse incorporados el 17, en cuya fecha, por la mañana, sólo se habían reunido un 33 por 100, y algunos no se presentaron hasta la noche y en completo estado de embriaguez. A pesar de que el tiempo disponible para la movilización no fué escaso, pues las primeras tropas embarcaron el 20 de octubre, es decir, diez días después del llamamiento de los reservistas, la mayor parte de los batallones de infantería y regimientos de caballería salieron con un efectivo muy inferior al reglamentario.

Para la adquisición del ganado hubo que recurrir, con arreglo á las leyes vigentes en Inglaterra, á la compra en condiciones determinadas, pues allí la requisición no está admitida. Hay que advertir que sólo se adquirieron caballos de silla; pues el ganado de tiro se compró en el extranjero y se transportó desde los puntos de compra al Africa central.

El embarque y transporte de tropas por mar es cosa corriente en el ejército inglés, á causa de las expediciones coloniales que de contínuo emprende; pero nunca se había efectuado en proporciones tan colosales. Existe en Inglaterra un *Comité permanente de movilización*, que, en tiempo de paz, estudia cuanto se refiere á este servicio, y en tiempo de guerra lo dirige. Este *Comité* cuida de designar los puntos de embarque, los barcos en que debe instalarse cada unidad y el personal y material que cada uno de ellos debe conducir y da las órdenes oportunas para que cada buque resulte en condiciones de instalar la unidad y material que se le asigna. En cada puerto los embarques se verifican bajo la dirección del comandante militar del puerto, con arreglo á las instrucciones que del *Comité* ha recibido.

En esta ocasión hubo que recurrir á las principales compañías navieras y á los buques de mayor tonelaje, que son los que más fácilmente pueden disponerse para una buena instalación. Estas instalaciones exigieron dos ó tres semanas, y fueron la causa principal del retraso en los embarques. El primer cuerpo de ejército embarcó sus tropas princi-

palmente en Southampton, Londres y Liverpool, y empleó para su transporte 67 buques, que en junto desplazaban 400.000 toneladas.

En casi todos los países se procura que los transportes se efectúen de modo que las unidades tácticas no resulten desorganizadas; además conviene que la proporción de las distintas armas sea siempre la conveniente, y finalmente, como á la caballería incumbe el servicio avanzado, y el ganado después de una larga travesía no está en condiciones de operar y necesita unos días de descanso, suelen enviarse con anticipación algunas unidades de esta arma. Aquí no se tuvieron en cuenta estas circunstancias; las unidades tácticas se mezclaron y los inconvenientes que esto podía producir se agravaron aun más, primero, porque como los buques empleados en el transporte tenían velocidades muy distintas, las unidades llegaron sin plan alguno, y además porque como no se podía prever que el principio de la campaña fuera tan desastroso, al llegar las tropas al Africa austral hubo que cambiar el primitivo destino de todas ellas. El primer cuerpo se hallaba destinado á operar en el Cabo, estableciéndose á lo largo de la línea *De Aaar*, *Naawport*, *Stormberg* para invadir el Estado de Orange; pero las primeras tropas llegaron al cabo el 9 de noviembre, cuando ya White se hallaba encerrado en *Ladysmith*, y *Kimberley* y *Mafeking* sitiados. Deseoso de salvar al primero, empujado por la opinión pública y por razones más bien políticas que militares, Buller dirigió hacia el Natal las primeras tropas y allí trasladó también su cuartel general, dejando como teatro secundario la colonia del Cabo, que, en el plan primitivo, debía ser el principal. Apenas llegado al teatro de la guerra, el primer cuerpo quedó ya completamente desorganizado, no respetándose ni aun la agrupación en brigadas; hasta algunos grupos de artillería quedaron también disgregados. Las tropas montadas y la artillería llegaron á principios de diciembre, de modo que se pasó todo el de noviembre sin que Buller pudiera recibir refuerzos de estas dos armas. A toda esta confusión hay que añadir que como la organización de los trenes regimentales y convoyes, y el completar el ganado necesario para ellos y para las distintas unidades debía efectuarse en puntos marcados de antemano con arreglo al plan primitivo, las modificaciones, impuestas por los acontecimientos, introdujeron en todos estos servicios grandes perturbaciones, y fué preciso que trans-

curriera todo el mes de diciembre para que las tropas llegadas al Africa austral se hallaran en disposición de operar.

Todos estos retrasos fueron en gran parte debidos á no existir en Inglaterra la organización de las unidades superiores, y á que, sin duda por la falta de costumbre en manejarlas, no se tuvo en cuenta en el momento del transporte la conveniencia de conservar unidos los cuerpos que se les habían designado.

Como los reveses se sucedían, fué preciso recurrir al envío de mayor número de tropas: el 11 de noviembre se decidió la movilización de la 5.ª división de infantería, cuyo embarque duró desde el 24 de noviembre al 21 de diciembre, resultando que dejaron de presentarse un 15 por 100 de reservistas, y de los presentados hubo que desechar, por inútiles para el servicio en campaña, un 6 por 100. El 23 de noviembre se dispuso la movilización de la 6.ª división, cuyo embarque se efectuó desde el 16 de diciembre al 13 de enero: obsérvese que la fuerza de estas divisiones no alcanzaba á 10.000 hombres, y por tanto, no puede decirse que la movilización y embarque se efectuaran con rapidez. En el mes de enero se embarcó la 7.ª división de infantería y 4.ª brigada de caballería; embarcando la primera sus tropas desde el 3 al 18 de enero y la segunda desde el 8 al 17 de febrero. La 8.ª división de infantería, cuya movilización se decretó á mediados de enero, á consecuencia de la derrota de *Spion Kop*, no empezó el embarque hasta el 8 de marzo, terminando el 18 de abril. Con esto concluyeron los recursos del ejército de primera línea, y aunque á mediados de 1900 se intentó formar nuevas unidades, costó mucho completarlas y algunas no pudieron organizarse.

Hubo que recurrir, pues, á la milicia y *yeomanry*: aquélla á más de prestar servicio en la metrópoli, ya desguarnecida, en Malta, en Egipto y Santa Helena, envió á Africa 31 batallones y algunas compañías de artillería. En cuanto á la *yeomanry*, envió 79 compañías montadas, que se embarcaron para el teatro de la guerra desde el 27 de enero al 14 de abril. Además, cada batallón de voluntarios formó una compañía de 113 hombres y Londres envió un cuerpo formado por un batallón de infantería, una compañía montada y una batería. También formaron los voluntarios una batería á caballo y varias secciones de zapadores.

Además de estos elementos sacados de la metrópoli, tomaron parte

en la campaña tropas coloniales enviadas por el Canadá, Australia y Nueva Zelanda; habiendo proporcionado durante la guerra un efectivo de 20.000 hombres próximamente, muchos de ellos montados, y muy aptos todos para la clase de guerra en que hubo que emplearlos. El total de las fuerzas enviadas al Africa austral desde 1.° de agosto de 1899 á 1.° de mayo de 1901 está indicado en el estado adjunto.

Contingentes enviados al Africa austral desde 1.° de agosto de 1899 á 1.° de mayo de 1901.

		Hombres.
Ejército regular..	de la metrópoli y colonias. .	185.165
	de la India..	7.794
Milicia.		21.457
Yeomanry.		27.504
Voluntarios.		15.068
Policía sudafricana.		5.180
Contingentes coloniales..		17.374
	TOTAL.	279.542
Fuerzas reclutadas en la colonia del Cabo. . .		52.414
Guarniciones existentes al principiar la guerra		9.940
	TOTAL GENERAL.. . . .	341.896

Una de las dificultades que se presentó en Inglaterra durante estas movilizaciones fué la de obtener suficiente número de oficiales, tanto para satisfacer las exigencias de las unidades nuevamente formadas, como para reemplazar las numerosas bajas de aquéllos. Con este objeto se recurrió á varios expedientes: uno de ellos el ascenso de los suboficiales; pero éste no cuajaba en las costumbres del ejército inglés, cuya oficialidad es eminentemente aristocrática; así es que este procedimiento fué excepcional. Hubo, pues, que recurrir á adelantar la salida de las promociones de las academias militares, á admitir jóvenes procedentes de los establecimientos de enseñanza civiles, mediante ciertas condiciones; á emplear, en comisión, en el ejército permanente á los oficiales de milicia y voluntarios; procedimientos, por desgracia, harto conocidos en

nuestro país y que luego producen en tiempo de paz fatales consecuencias, aun cuando es de suponer que esto no suceda en Inglaterra, por la mayor riqueza individual y colectiva de aquella nación.

Respecto al ganado, si bien en la metrópoli se adquirió bastante, no fué ni con mucho suficiente para subvenir á las necesidades anejas á tan numeroso ejército, y sobre todo á la cuestión de transportes. Hubo, pues, que adquirirlo en el exterior, y con este objeto marcharon á diversos países varias comisiones encargadas de la compra. No sabemos hasta qué punto observaron la neutralidad las naciones que facilitaron á Inglaterra este elemento tan importante para sostener la campaña; pero no es aventurado presumir que si en vez de los boers se hubiese tratado de una gran potencia, hubieran ocurrido reclamaciones, y es de creer que la cosa hubiese presentado mayores dificultades.

En la movilización llevada á cabo por el ejército inglés conviene estudiar separadamente las operaciones para proporcionarse el personal necesario para sostener la guerra, y la ejecución de los transportes, que es lo que podríamos llamar *concentración*, que en este caso revistió caracteres especiales. La movilización propiamente dicha demostró de un modo evidente las deficiencias de la organización militar inglesa. Las unidades que guarnecen la metrópoli son como depósito de las que se envían á la India, resultando que de los dos batallones de cada regimiento, el que sirve en esta posesión inglesa es el que se lleva el mejor personal, y el que queda en la metrópoli contiene multitud de individuos cuya aptitud para una campaña es dudosa. Por esto resultó que, al efectuarse el embarco, hubo que dejar en Inglaterra muchos soldados que no se reputaron aptos para marchar al teatro de operaciones. Completar estas unidades con reservistas fué difícil; primero, porque éstos son poco numerosos; segundo, porque no todos se presentaron, y tercero, porque muchos de los presentados resultaron inútiles después de sometidos á un reconocimiento facultativo. De aquí que las unidades, al salir de Inglaterra, lo hicieron con efectivos inferiores á los reglamentarios. Una vez movilizadas las ocho divisiones del ejército regular, resultó ya muy difícil reforzar éste, pues habiéndose agotado los reservistas hubo que recurrir á enganches, y en los dos últimos años no parece que los súbditos de su *graciosa* majestad demostraran excesivo celo en este

concepto, y tanto menos al ver que la guerra tomaba mal cariz y presentaba síntomas de ser bastante duradera. Hay que advertir que la marcha del ejército regular al teatro de operaciones dejó casi desguarnecida la Gran Bretaña, y algunas de sus posesiones mediterráneas, y hubo que echar mano para aquélla y éstas de la milicia, y no bastando aún con esto, se enviaron al teatro de operaciones 20.000 hombres de ella.

Pero como ni aun así bastaron las fuerzas allí reunidas, se echó mano de los voluntarios, organizando, como ya hemos visto, por cada unidad de esta clase de tropas una compañía. No parece, sin embargo, que estas tropas, ó por lo menos algunas de ellas, dieran resultados siquiera medianos, pues son muchos los oficiales ingleses que han manifestado que algunos de los individuos enviados al teatro de la guerra, formando parte de la infantería montada, ni sabían manejar un fusil ni sostenerse á caballo. La oficialidad no era la más propia para remediar tales deficiencias, pues hubo también que improvisarla, y aun la del ejército permanente, si se distinguió por su valor, dejó que desear en lo relativo á ciencia y prácticas militares.

Aparte de todos estos elementos contó Inglaterra con el auxilio eficaz de sus colonias, y á pesar de esto puede decirse que, al año de empezar la guerra, sus recursos militares estaban poco menos que agotados. Es evidente que si los ingleses en vez de la lucha con los boers hubiesen tenido que tomar parte en una guerra contra cualquiera gran potencia, y en vez de la movilización sucesiva de los tres cuerpos de ejército destinados á operar fuera de la metrópoli, hubieran tenido que efectuarla simultánea, se hubiesen encontrado apuradísimos y es difícil asegurar que lo lograran. Es, pues, innegable que por su organización deficiente, y que mira tan sólo el caso de expediciones coloniales no muy importantes, el ejército inglés hubiera desempeñado en esta ocasión un papel tan poco airoso como en Crimea, y puede también asegurarse que si los boers en vez de ser un puñado de hombres, hubiesen contado tan siquiera con una población de 5 ó 6 millones de habitautes, y con una organización militar adecuada para la ofensiva, los ingleses hubiesen quedado barridos por completo del Natal y del Cabo antes de que llegaran allí los refuerzos necesarios. La bancarrota, ó fracaso, del siste-

ma militar inglés ha quedado demostrado palmariamente, y reconocido en la misma Inglaterra, dando lugar á que el actual ministro de la Guerra Mr. Broodrick presentara un proyecto de reorganización, cuya eficacia parece dudosa, pues basándose en el reclutamiento voluntario, único posible por ahora en aquel país, se tropezara siempre con la dificultad de la escasez de personal.

Respecto á la cuestión de transportes y adquisición de material de guerra, claro es que no pudo presentar en este caso dificultad alguna, poseyendo Inglaterra inmensa flota comercial, y careciendo los boers de marina; los transportes pudieron, por tanto, efectuarse con entera seguridad. Pero como ya hemos visto el orden que se siguió en el transporte de las unidades dejó mucho que desear, y dió por resultado que, al llegar al teatro de la guerra, las tropas no pudieran operar desde luego. Tampoco costó trabajo alguno á los ingleses la adquisición de víveres y material de todas clases, pues como los boers no inspiraban temor, hubo por parte de todos los gobiernos manga ancha y escaso escrúpulo en observar las leyes de neutralidad, que sólo se guardan cuando el no hacerlo puede ocasionar perjuicio.

En resumen, dada la clase de enemigo con que los ingleses hubieron de luchar, bien ó mal la movilización pudo hacerse; pero si el ejército inglés hubiese tenido que entrar en campaña contra otra potencia de primer orden, ya operando solo, ya cooperando con algún aliado, es de creer que su intervención hubiese resultado tardía y por tanto ineficaz, ó por lo menos de escasa eficacia.

ESTRATEGIA.

Aun cuando los boers han demostrado en algunos casos habilidad para sacar partido de la situación en que se hallaban, en general no puede alabarse su conducta desde el punto de vista á que nos referimos, ni podía tampoco esperarse otra cosa de la organización y elementos de que disponían. Ignoramos si al principio de la campaña conocían los boers la verdadera situación de los ingleses y esperaban obtener el éxito brillante que coronó sus primeros esfuerzos, pero es indudable que no supieron sacar de ellos el fruto que por su valor y tenacidad merecían.

Desde luego la distribución de las fuerzas boers indica que no pensaron en tomar la ofensiva, y que el plan adoptado era de lo más elemental. Los 30.000 hombres de que, próximamente, disponían estaban distribuídos, al empezar la campaña, como sigue:

Dispuestos en la frontera del Natal para penetrar en esta provincia..	12.000
En la frontera occidental del Transvaal, observando *Mafeking*.	4.000
En la frontera septentrional del Transvaal.	4.000
En la frontera occidental de Orange, observando *Kimberley*.	8.000
En la frontera meridional.	4.000
	32.000

Todos estos núcleos resultaban débiles para intentar con ellos operaciones ofensivas en grande escala: sólo el primero era de alguna consideración; pero precisamente hacia donde convenía dirigir el grueso de las

fuerzas era hacia el Sur del río Orange, para penetrar en la colonia del Cabo, tanto porque ésta se hallaba destinada á servir de base á los ingleses y convenía, por consiguiente, privarles de los elementos que había en ella, cuanto porque en dicha comarca era en donde predominaba el elemento de orígen holandés, simpático á los boers. Los núcleos de fuerzas que se destinaron á guardar las fronteras occidentales y la septentrional del Transvaal, no prestaron en rigor servicio de importancia, pues los sitios de *Mafeking* y *Kimberley* fuera preferible no emprenderlos, y la parte Norte del Transvaal no estaba por entonces amenazada. En esta distribución de tropas parece que cada república pensó sólo en la defensa de su propio territorio, y no se ve una mano que diera unidad á todas estas fuerzas diseminadas, ni una inteligencia que presidiera á su acertada distribución.

Puede aún excusarse la diseminación de fuerzas boers, por la ignorancia de los elementos de que disponía el enemigo; pero demostrada al principio de la campaña la impotencia de los ingleses para la ofensiva, encerrado White en *Ladysmith*, y detenido Buller en el *Tugela*, era ocasión propicia para reunir en la colonia del Cabo la mayor parte de las fuerzas boers; recorrer aquella comarca y destrozar las vías férreas que allí existen, lo cual hubiese retrasado sensiblemente el posterior avance de lord Roberts. Fué error manifiesto entretenerse en los sitios de *Mafeking* y *Kimberley*, cuyas guarniciones no podían en modo alguno operar contra las repúblicas, y las fuerzas empleadas en estos sitios hubiesen resultado más útiles dedicándolas á las operaciones antedichas. Aun en el mismo Natal hay que censurar la pasividad de los boers, que, una vez encerrado White en *Ladysmith*, pudieron avanzar rápidamente hacia *Pietersmaritzburg* y *Durban*, destruyendo la vía férrea y dificultando considerablemente las operaciones ulteriores de Buller. Igual pasividad demostró Cronje en *Maggersfontein*, en donde lord Methuen estuvo detenido más de un mes y en situación que, ante un enemigo emprendedor, hubiese resultado peligrosísima. El mismo Cronje demostró poca vigilancia al dejarse sorprender por el movimiento de lord Roberts, y no anduvo acertado al elegir su línea de retirada; quizá de haber verificado ésta hácia al Norte ó Nordeste, en vez de hacerlo hacia el Este, se hubiese librado de caer en manos de los ingleses. Cuando

abandonó el sitio de *Kimberley*, no había fuerzas inglesas en la dirección citada, mientras que hacia el Este marchaba ya la división Kelly Keny y el grueso de Roberts. Marchando hacia el Norte Cronje podía lograr, por lo menos, un avance de veinticuatro horas sobre las fuerzas inglesas de French, que eran las más próximas; mientras que la marcha hacia al Este le aproximaba á las distintas columnas destinadas á envolverle. En suma, faltó á los boers iniciativa y decisión para aprovechar en los meses de noviembre y diciembre la debilidad de sus adversarios. Pero estas faltas pueden disculparse por la composición y organización de las fuerzas de que disponían, y que en realidad no formaban un verdadero ejército. Para tomar la ofensiva y para mover grandes, ó por lo menos regulares, masas de tropa, precisa jefes avezados ya á ello, costumbre maniobrera, medios de transporte, proporciones determinadas entre las distintas armas. De ello carecían los boers, cuya principal cualidad era la iniciativa individual, muy buena cuando sólo se trata de la defensiva pura y de utilizar para la *caza* del hombre un arma y un terreno conocidos; pero insuficiente cuando hay que emprender la persecución ó ejecutar operaciones en grande escala. Por esto no podía pedírseles á los boers grandes operaciones ofensivas, ni realmente es censurable que no las ejecutaran, careciendo de instrumento adecuado para ello. Dieron de sí todo, y más, de lo que puede dar una milicia, pero no pudieron alcanzar, y sobre esto insistiremos repetidas veces, lo que en igualdad de condiciones hubiese logrado un ejército.

Más censurable es ciertamente la conducta de los generales ingleses anteriores á lord Roberts; por más que quizá resultaría algo disculpable si se tuviera conocimiento de las condiciones políticas que se les impusieron. Es indudable que sea por falta de datos, sea por apreciar indebidamente los conocidos, los ingleses no tenían idea exacta, ni aun aproximada, del valor de sus adversarios. No creemos que se tomará en serio la especie de que la campaña se reduciría á un paseo militar hasta *Pretoria*, pues la resistencia presentada por los boers en recientes ocasiones no permitía creerlo así; pero si Inglaterra hubiese creído que necesitaba comprometer en la guerra todas sus fuerzas militares, probablemente no la hubiese emprendido.

La primera consecuencia del desconocimiento del enemigo fué la di-

visión de la escasa fuerza de que los ingleses podían disponer en el Natal en dos grupos: uno hacia *Glencoe* y otro en *Ladysmith*, advirtiendo además que el primero, por su proximidad á la frontera, se hallaba muy expuesto á ser envuelto, como lo hubiese sido indudablemente si el combate de *Elandslaagte* no hubiese obligado á detenerse á la columna boer que debía interponerse entre dichas dos posiciones. Quizá la solución más conveniente hubiera consistido en retirarse desde luego detrás de la línea del *Tugela*, y esperar allí, y aun más atrás si era preciso, la llegada de refuerzos; claro es que esto representaba gran pérdida de fuerza moral, pero fué aún peor el quebrantamiento moral y material sufrido á consecuencia de los primeros descalabros.

El plan de los ingleses era, al parecer, tomar por base la colonia del Cabo, en cuyo litoral tenían para el desembarco de las tropas *Cape Town*, *Port-Elisabet*, *Port-Arthur* y *East-London*, desde cuyos puntos las vías férreas podían conducir tropas y material de guerra á *De Aaar*, *Naawport* y *Stormberg* unidos, como ya hemos dicho, por una vía transversal. Desde ésta la invasión del Orange parecía fácil, toda vez que encontrándose en esta parte de la república un terreno relativamente accesible, la resistencia de los boers no podía ser tenaz. Además, reuniendo en esta comarca numerosas fuerzas se imponía respeto á la población holandesa. Pero, por otra parte, circunstancias políticas imponían hasta cierto punto evitar en lo posible la invasión del Natal, y á ello se debió la disposición que ya hemos censurado y que produjo tan desfavorables resultados.

El primer error del Estado mayor inglés consistió en apreciar indebidamente las fuerzas necesarias para llevar á cabo la conquista, fuerzas que se evaluaron en 50.000 hombres y que después hubo que cuadruplicar.

La distribución primitiva de las fuerzas inglesas tampoco respondía á la necesidad de conservar en lo posible intactas las vías férreas del Cabo, guardadas por escasísimas fuerzas, si bien es verdad que al principio de la guerra las tropas disponibles alcanzaban escasamente el efectivo de 10.000 hombres. Para guardar la región septentrional del Cabo sólo quedaron tres batallones y algunas fuerzas de policía, y el total de fuerzas en esta comarca era cinco batallones, cinco baterías, un regi-

miento de caballería y tres compañías de ingenieros; mientras en el Natal había 12 batallones, siete baterías, cuatro regimientos de caballería y una compañía de ingenieros.

Es indudable que los acontecimientos dieron al Natal una importancia que no se esperaba y si de una vez se quería asestar allí un golpe decisivo, el general Buller debió llevar la mayor parte de las tropas, en vez de irlas repartiendo entre aquella provincia y el Cabo, para resultar débil é impotente en todas partes.

Por no hacerlo así sufrió tan repetidos descalabros; sin que por ello se obtuvieran resultados favorables en los demás teatros de operaciones. Y no se nos diga que podía resultar peligroso el no reforzar las tropas que operaban en el Cabo, pues de todos modos fueron insuficientes y comprometida la situación de Gatacre y Methuen; y en cambio es de creer que un golpe contundente en el Natal hubiese producido iguales resultados que los obtenidos después por lord Roberts contra Cronje. De modo que en este período de la guerra se demostró lo que ha ocurrido en iguales condiciones, es decir, que el afán de ser fuerte en todas partes, conduce á no serlo en parte alguna.

La única operación estratégica que pudo dar algún resultado, si hubiera resultado bien ejecutada, fué el movimiento de Buller remontando el valle del *Tugela*, para envolver el ala derecha de los boers y salvar la guarnición de *Ladysmith;* pero esto exigía operar con rapidez y á ello se opuso la manera de ejecutar el plan. Buller emprendió la marcha con un convoy de víveres para diez y siete días (!); llevando 650 carruajes tirados por bueyes, que ocupaban una extensión de 15 kilómetros. Para recorrer los 40 kilómetros que exigía esta operación, Buller tardó cinco días, y cuando llegó al punto designado para el ataque, los boers tenían ya 10.000 hombres y 10 piezas y se encontró otra vez con nuevas posiciones bien atrincheradas y tenazmente defendidas. El éxito de esta operación estribaba en la sorpresa y claro es que con tales lentitudes no se puede sorprender á nadie. Esta operación llevada á cabo sin convoy, con tropas equipadas á la ligera y con víveres para tres ó cuatro días, es posible que hubiera evitado la derrota de *Spion Kop.*

Fué preciso la llegada de Roberts y Kitchener para que la guerra tomara nuevo aspecto, y esto se debió no sólo á la influencia de aquellos

generales, si que también á la abrumadora superioridad numérica que por entonces alcanzó el ejército inglés. El plan seguido por los nuevos generales fué la invasión del territorio enemigo, partiendo del Cabo; pero empezando por obligar á los boers al levantamiento del sitio de *Kimberley*. De esta manera el Natal resultaba un teatro secundario, en donde el principal cometido de Buller se reducía á llamar la atención del enemigo, para que éste no mandara refuerzos á otra parte del teatro de la guerra. El sigilo y la rapidez con que lord Roberts llevó á la línea del *Modder*, en donde se hallaba lord Methuen, los elementos necesarios para emprender las operaciones, son dignos de encomio, y ciertamente no hubiera podido realizarse con tanta celeridad, si los boers hubiesen destruído las líneas férreas del Cabo. La operación de envolver la posición de *Maggersfontein*, rápidamente realizada por French, estuvo bien concebida; es indudable que con ello no sólo se proponía lord Roberts levantar el sitio de *Kimberley*, si que también destruir las fuerzas de Cronje, y aunque este segundo intento, indudablemente de mayor importancia, pareció fracasado, al fin se logró el objeto apetecido, contribuyendo á ello no poco la desidia de los boers en lo relativo á la exploración del enemigo, á quien sin duda no creyeron tan maniobrero, y la mala elección del camino de retirada.

Sea de ello lo que fuere, desde el mes de enero se vió en la dirección de las operaciones una mano experta y vigorosa, y el resultado llegó hasta el Natal, produciendo en *Ladysmith* el efecto que no pudieron lograr los ataques de Buller, y además se hizo sentir en el Cabo, evacuado por las fuerzas boers, que acudieron presurosas á la defensa del propio país. Una vez más quedó confirmado que en la guerra lo que importa es un golpe decisivo contra uno de los núcleos del adversario. Claro es que la pérdida de los 4000 hombres de Cronje nada hubiera significado en una guerra entre grandes potencias, pero en este caso era para los boers de gran importancia moral y material, dada su inmensa inferioridad numérica.

En el avance desde *Bloemfontein* hasta *Pretoria* mostró lord Roberts gran prudencia, evitando ataques de frente contra las posiciones de los boers. Claro es que en esta parte de la campaña no cabe al generalísimo inglés mérito excepcional; gracias á las fuerzas de que disponía, pudo

avanzar en varias columnas contra el enemigo; las posiciones que éste preparaba resultaban completamente inútiles, desde el momento en que se hallaban amenazadas por su frente y flanco: empeñándose en llevar á cabo una resistencia desesperada, sólo hubiesen conseguido alcanzar la suerte de Cronje. No debe, pues, en modo alguno admirar que el avance de *Bloemfontein* á *Pretoria* fuera relativamente fácil y rápido.

Pero esta facilidad dió al generalísimo inglés idea equivocada acerca de la energía moral y fuerzas materiales de que los boers disponían, influyendo en la série de operaciones emprendidas desde *Pretoria* en los meses de julio y agosto. Los principales núcleos boers parecían ser por entonces el de Botha, que se retiró hacia *Middelburg*, en la parte Nordeste del Transvaal, y el de Dewet y Delarey, que operaba en la parte occidental de la línea *Pretoria-Kroonstadt*. El primero, sin embargo, parecía el de mayor importancia; pero todas las combinaciones emprendidas para ello, primero por las fuerzas que dependían directamente de lord Roberts, y después por éstas y además las de Buller, dieron resultado negativo; pues la ocupación de *Middelburg* nada significaba, no pudiendo cortar la retirada y desbaratar las fuerzas boers que se refugiaron en el territorio montañoso inmediato, para amenazar desde allí las columnas del adversario y tomar la ofensiva. En suma, esta operación sólo dió por resultado prolongar 140 kilómetros una línea de etapas, ya larga y peligrosa.

Respecto á Delarey y Dewet, que llamaron sobre sí parte de las fuerzas destinadas á operar contra Botha, escaparon á todas las combinaciones hechas por las columnas inglesas para cercarles. Indudablemente cometió aquí el general Roberts el error de perseguir á la vez varios objetivos, y darles á todos igual importancia: todas aquellas columnas ya no se movían al sólo impulso del general en jefe, y era preciso por parte de los generales subalternos actividad é inteligencia extremadas para suplir la falta de unidad en la dirección. Las combinaciones de movimientos á distancias lejanas y en países en gran parte desconocidos, y por completo hostiles, es siempre difícil; no basta con que una de las columnas llegue al fin apetecido; muchas veces ésta sufre un descalabro, si las demás no cooperan en la forma convenida.

Aparte de que la dirección de las operaciones fué, como hemos visto, en muchas ocasiones desacertada, la ejecución contribuyó con frecuencia á

los fracasos sufridos. La falta de movilidad que caracteriza al ejército inglés se mostró claramente en el movimiento de Buller, desde *Colenso* á *Spion Kop*, y no cabe dudar de que sin esta circunstancía se hubiese obtenido un resultado muy distinto. Además, admira la facilidad con que sin prévio estudio, sin reconocimiento y sin exploración, se lanzaron á veces los generales á empresas arriesgadas, siendo ejemplo de ello la marcha nocturna de Gatacre á *Stormberg*, fiándose sólo en los guías que le acompañaron y cuya fidelidad no parece bien averiguada. Esta falta de preparación produjo resultados desastrosos. Los ingleses equivocaron el camino; en vez de una marcha nocturna de tres horas y media, resultó otra de siete; la posición boer sólo era abordable por un punto, y los ingleses, en vez de llegar á él, se encontraron al pié de otro inaccesible. Fatigados por lo largo de la marcha, y sorprendidos por los boers, hubieron de efectuar la retirada, describiendo alrededor de la posición enemiga un semicírculo completamente batido por el fuego de los boers, que se contentaron con perseguir á los ingleses tan sólo con proyectiles, que muchas veces no estallaban. Si en vez de esto hubiesen salido de su posición y cargado contra el adversario, la ruina de la columna Gatacre resultara completa.

En suma, nada nuevo ha revelado, ni podía revelar, la guerra anglo-boer en lo que se refiere á principios y ejecución de las operaciones estratégicas: *La unidad de dirección, la concentración de fuerzas, la destrucción de los núcleos enemigos, son los procedimientos únicos para obtener la victoria. Pero no basta concebir bien un plan, precisa además saberlo ejecutar y esto con la mayor rapidez posible.*

TÁCTICA.

Desde el punto de vista de la *Táctica* no es cierto que la guerra anglo-boer haya descubierto nuevos horizontes, ni dado lugar á hechos que no pudieran preverse; si en la mayor parte de los combates la ofensiva de los ingleses ha fracasado ante la defensiva de los boers, se debe á las malas disposiciones adoptadas por aquéllos, á deficiencias muy graves en el ejército inglés. El combate del *Modder*, y que mejor debiera llamarse del *Riet*, librado el 28 de noviembre entre las tropas de lord Methuen y las de Cronje, uno de los más rudos y característicos de aquella guerra, lo demuestra palpablemente.

Los boers ocupaban en la orilla Norte del *Riet* una posición que dominaba la del Sur, ó sea la izquierda, en la cual se hallaban los ingleses. La posición boer estaba formada por una meseta, de la cual parten contrafuertes que descienden suavemente hacia el río. Este recibe el *Modder* un poco agua arriba de la posición ocupada, que tiene próximamente la forma de media luna, apoyando el cuerno derecho en la aldea de *Modder* y el izquierdo en una granja. La posición boer, situada próximamente á 1 kilómetro del río, estaba atrincherada con obras de campaña cuyo perfil daremos luego á conocer. En la orilla Sur del río y formando una posición avanzada había otra línea de trincheras, desenfilada de las vistas por grupos de árboles. Las trincheras estaban precedidas de alambradas y frente á la posición, de 700 en 700 metros, montones de piedra, ó piedras sueltas suficientemente visibles, marcaban las distancias y servían para graduar el tiro. Las piezas estaban protegidas por espaldones, sueltas ó agrupadas de dos en dos: únicamente un grupo tenía tres piezas. La comunicación entre las dos orillas del río se efectuaba por barcas y balsas desenfiladas de las vistas de la orilla inglesa.

Las dos líneas de trincheras tenían un desarrollo de 10 kilómetros, y las fuerzas que las guarnecían eran 7000 hombres y 10 piezas. Los boers en esta batalla, como en todas las que libraron, no tenían reservas. En general formaban siempre dos líneas atrincheradas; la primera presentaba poca resistencia, la guarnecían con escasas fuerzas, y servía principalmente para llamar la atención de los ingleses, desviándola de la principal; cuando aquéllos se hallaban próximos la abandonaban, trasladándose rápidamente á la segunda. Muchas veces sólo ocupaban los sectores de trinchera más amenazados, marchando de unos á otros según las circunstancas. De este modo podían ocupar, con fuerza escasa, frentes muy extensos. No tenían reservas, así es que rota la línea en un punto, la defensa resultaba imposible y había que abandonar la posición; y las reacciones ofensivas tampoco eran fáciles, por faltar núcleos de fuerzas capaces de llevarlas á cabo.

Los ingleses, que en esta campaña han manifestado gran afición á las marchas nocturnas, que casi siempre han terminado en fracasos, emprendieron la operación á las cuatro de la madrugada: lord Methuen disponía de 9000 hombres y 22 piezas, superioridad numérica muy escasa con respecto á los boers.

Al amanecer empezó el fuego de artillería, que se prolongó por espacio de dos horas con escaso resultado, por razones que luego expondremos, y á las ocho, próximamente, la infantería, sin que le precedieran patrullas exploradoras, y sin la menor idea de la fuerza y extensión de la línea enemiga, emprendió la marcha. Esta la verificaron los ingleses, como en *Belmont*, en dos líneas con intervalos, sin adoptar el verdadero orden de combate recomendado en las tácticas modernas y prescindiendo, como hemos dicho, de patrullas exploradoras. Como de costumbre los boers dejaron aproximar á sus adversarios; á los 600 metros, cuando ya la infantería inglesa quedó dentro de la concavidad ó tenaza formada por el enemigo, empezó á sufrir un fuego nutridísimo; las bajas fueron numerosas y, envuelta la columna por todos lados, el avance resultó imposible. De cuando en cuando algunos oficiales, dotados de mayor energía, intentaban el asalto; pero á los pocos momentos era preciso detenerse. Los jefes encargados de conducir las columnas no habían recibido órdenes detalladas, é ignoraban el cometido que á cada

uno correspondía; el Estado Mayor ó no enviaba órdenes, ó éstas no llegaban. La falta de reconocimientos indujo á lord Methuen á creer que los boers habían abandonado la posición y tenía ya designado el edificio del pueblo de *Modder* en que debía establecerse: la sorpresa y el desencanto que sufrió fueron, pues, grandes. A las tres de la tarde llegan al campo de batalla, procedentes de *Belmont*, en tren, medio batallón y una batería; por entonces se había ya reconocido que el punto débil del enemigo era su ala derecha; el frente resultaba inatacable por estar en el vértice de la tenaza; para envolver el ala izquierda era necesario atravesar primero el *Riet*, luego el *Modder*.

Los ingleses, atravesando el primero de dichos ríos agua abajo de la posición boer, atacaron el pueblo de *Modder:* para ello las baterías avanzaron y con su fuego, hasta entonces poco menos que ineficaz, prepararon el asalto de la infantería. Los orangistas, que por primera vez veían el efecto de las granadas de lydita, fueron presa del pánico; á las cuatro de la tarde los ingleses ocuparon la aldea de *Modder*. Cronje, sin embargo, se sostenía en el ala izquierda; á las seis tuvo noticia de la derrota del ala derecha, y entonces abandonó precipitadamente la posición, dejando en ella las piezas de que disponía. Los ingleses, con gran sorpresa, se encontraron al día siguiente dueños del campo. Este combate costó á los ingleses una pérdida de 75 por 100 de su efectivo: á los boers tan sólo 150 hombres.

Las faltas cometidas en este combate fueron por ambas partes muy marcadas. Empezaron los ingleses por desconocer, como de costumbre, la fuerza y posiciones del enemigo; esta falta de servicio de exploración caracteriza á casi todas las operaciones emprendidas durante esta época. Tal falta trataron de suplirla por medio de un prévio cañoneo, que ni en este combate ni en ningún otro dió resultado; los efectos producidos por la artillería fueron siempre escasos; los boers, perfectamente desenfilados en sus trincheras, no contestaban y, por consiguiente, no era posible por este medio reconocer la extensión de sus posiciones.

Es de creer que si lord Methuen hubiera enviado agua arriba y abajo del *Riet* patrullas exploradoras, hubiese podido ver á primera hora lo que vió ya después de medio día, cuando las bajas eran numerosas, y emprender desde luego el ataque contra la derecha de los boers. Después

de dos horas de fuego, en que la artillería consumió gran cantidad de municiones, la infantería emprendió el avance sin que cada una de las unidades que en el combate intervino tuviera instrucciones suficientes ni supiera el cometido que debía desempeñar, ni el objetivo que le estaba asignado. De improviso esta infantería, presentando, por usar formaciones viciosas, gran blanco al enemigo, recibe el fuego de los boers casi á boca de jarro: en pocos momentos los ingleses se apelotonan y responden con fuego por descargas, casi ineficaces, al certero tiro individual de los boers, que produce bajas numerosas. En estas condiciones, sin recibir orden alguna, sin avanzar ni retroceder, buscando refugio en los obstáculos naturales, la infantería inglesa, permanece cinco horas, hasta que á las tres se decide por fin el ataque del ala derecha enemiga. Esto produce la retirada de los boers, pero los ingleses no se percatan del triunfo hasta el día siguiente, en que hallan abandonada la posición enemiga. Caracterizan, pues, este combate por parte de los ingleses, el desconocimiento de la fuerza y situación del enemigo; el empleo de formaciones viciosas; el del tiro de salvas por la infantería; gran consumo de municiones por parte de la artillería; laxitud é inercia durante la mayor parte del combate; falta de dirección, de vigor, de impulsión en el mando. Añádase á esto que la superioridad numérica de los ingleses era escasa, y no hay que extrañar que la primera fase del combate fuera desastrosa y el desastre hubiera sido completo é irremediable, á no ser el adversario incapaz de reacciones ofensivas.

Por parte de los boers es de alabar la excelente preparación del terreno para el combate; el arte de desenfilarse en el fondo de sus trincheras; la preparación del terreno anterior, acotado con piedras para el conocimiento de las distancias; la sangre fría con que esperaban la aproximación del enemigo y sobre todo el buen uso del excelente fusil que manejaban. Pero es altamente censurable la falta de reservas y la actitud pasiva observada durante el combate, que les impidió sacar fruto de las ventajas obtenidas. Si las reservas hubiesen existido es casi seguro que, por medio de ellas, se hubiese evitado la toma del pueblo de *Modder* y el abandono de la artillería; no existiendo, la ruptura de la línea boer determinaba forzosamente la pérdida de la posición y la retirada.

Pero hay que observar que, aquí como siempre, los factores morales decidieron el resultado de la lucha; los boers tuvieron sólo 150 bajas, cantidad exígua que en modo alguno justifica su retirada, debida sólo, como ya hemos dicho, al efecto no material sino psicológico producido por las granadas enemigas en el ala derecha, y en la izquierda al temor de quedar envuelta por la retirada de aquéllos. Así, pues, los boers, vencedores materialmente, perdieron la batalla por causas meramente morales.

Deducir de esta batalla que la ofensiva es hoy completamente imposible, fuera absurdo; al fin y al cabo los ingleses, á pesar de su poca superioridad y de sus muchas faltas, se apoderaron de la posición enemiga.

Se nos dirá que no sucedió así en *Maggersfontein*, en *Colenso*, en *Spion Kop* y en *Vaal Krantz;* pero hay que tener en cuenta que en todos los combates las faltas de los ingleses son garrafales. En *Maggersfontein* se repite el hecho de emprender el ataque sin prévio reconocimiento; para evitar los efectos del fuego enemigo se recurre á la marcha nocturna, haciendo llegar las tropas al amanecer cerca de la posición boer; pero poco antes de que los ingleses emprendan la marcha, un vivo cañoneo dá la señal de alarma á los boers, que siguen el movimiento de las columnas y dejan, como en el *Modder*, que se aproximen hasta los 600 metros de distancia; aquí, como allá, la infantería inglesa, sorprendida, se arremolina: en poco tiempo queda aniquilada y permanece también sin recibir órdenes y sin saber el partido que ha de tomar, durante horas enteras. Menos afortunado que en el *Modder*, lord Methuen, no puede remediar el desastre.

En *Colenso* las disposiciones de Buller son altamente censurables. El objetivo era pasar el *Tugela* por dicho punto; los boers se habían atrincherado perfectamente en la orilla Norte, que era dominante; y podían seguir con la vista la marcha de las columnas enemigas. En la orilla Sur poseían además las alturas de *Ihnlawe*, desde las cuales se coge de revés parte del curso del *Tugela*. Buller formó tres columnas, la central debía efectuar el paso hacia *Colenso*, el ala izquierda debía dirigirse agua arriba, tratando de vadear el río; el ala derecha apoderarse de las alturas de *Ihnlawe*. Para que este plan se realizara, era preciso que las dos alas marcharan al ataque préviamente; de lo contrario

el centro tenía que introducirse dentro de la tenaza formada por la posición boer, y aun hubiera sido preferible empezar por arrojar á los boers de la orilla Sur del *Tugela*, apoderándose del monte *Ihnlawe*, sin cuya posesión no era prudente intentar el paso del río. No se hizo así; las columnas partieron todas al mismo tiempo y sin instrucciones suficientes. Faltaron los reconocimientos prévios, y así sucedió que el ala izquierda inglesa no pudo pasar el río por el punto elegido, porque no se percató de que los boers, por medio de un dique, habían elevado el nivel de las aguas, haciéndolo invadeable; hubo, pues, que buscar agua arriba otro paso y se halló en un punto en que el río describía una curva cuya concavidad miraba al Sur, y por consiguiente resultaba envuelto por las posiciones boers; así y todo algunos soldados se lanzan á la corriente; el río tenía allí 7 piés (2,10 metros) de profundidad y por tanto invadeable; por este lado fracaso.

En el centro dos baterías avanzaron hasta 600 metros de los bosques tallares de la orilla del *Tugela* y 1100 del fuerte *Wylie*, que era como el reducto central de la defensa de los boers: materialmente acribilladas, estas baterías lo pierden todo; Buller abandona ya la idea de pasar el río, y procura, á toda costa, salvar aquellas piezas, pero inútilmente. El fuego había empezado á las cinco de la mañana, á las siete y media el ala izquierda había ya fracasado y en el centro las dos baterías quedaban perdidas. En el ala derecha las cosas no iban mejor: la brigada montada Dundonald emprende la marcha sin reserva de infantería ni exploradores, sorprendida por el fuego de un *comando* boer, que se colocó sobre su derecha; hubo de renunciar á apoderarse del monte *Ihnlawe*. A las once de la mañana la retirada de los ingleses era completa; las causas de este desastre y del éxito de los boers, las mismas que en el *Modder;* estos últimos tampoco supieron llevar á cabo reacciones ofensivas y los ingleses pudieron retirarse sin ser perseguidos. Las pérdidas inglesas alcanzaron el 7 por 100 del efectivo combatiente; las de los boers fueron insignificantes.

Los ingleses demostraron en estos combates una deficiencia táctica notable: puede decirse que desde Crimea no habían sostenido guerras con ejércitos regulares, y las que han sostenido después no han sido propias para amaestrarlos en el empleo del armamento moderno. Las

formaciones compactas y los fuegos colectivos podían dar, y dieron, buen resultado en Omdurman contra los dervises armados de fusiles medianos, que no sabían manejar, pero eran imposibles contra los boers. La infantería inglesa no se hallaba familiarizada con los modernos procedimientos de combate, y presentaba siempre grandes blancos, tanto más peligrosos cuanto los boers tenían suficiente sangre fría para no disparar sobre ellos más que á pequeñas distancias.

Un crítico inglés, Mr. Art Roe, dice que «la infantería inglesa no sabe maniobrar en campaña; los oficiales se atienen estrictamente al reglamento y no saben subordinar las formaciones al terreno. El tiro carece de libertad y expontaneidad, el soldado dispara como un autómata á la voz de mando y los oficiales se muestran partidarios del empleo de fuegos colectivos como lo hicieron en Waterloo sus abuelos». Todos estos procedimientos son precisamente opuestos á las propiedades del armamento moderno, y no es de extrañar que en tales condiciones las bajas producidas por el fuego de la infantería inglesa fueran escasas. Precisamente en este punto los boers eran la antítesis de los ingleses; todos ellos manejaban bien el arma con la cual estaban familiarizados, y aunque no todos fueran excelentes tiradores, los había en gran número. Empleaban el tiro individual, que les permitía dirigir la puntería, y como en la mayor parte de los casos conocían bien el terreno y en algunos, como en *Maggersfontein*, tenían marcadas las distancias por medio de piedras, se comprende que la graduación del alza no ofreciera dificultades. Aprovechando el descuido de los ingleses, que se aproximaban mucho á la posición enemiga, y con suficiente sangre fría para no disparar hasta el último momento, sus proyectiles resultaban muy aprovechados.

La pesadez de las tropas inglesas y su dificultad en maniobrar contrastaba también con la movilidad táctica de los boers. Estos dejaban sus caballos en sitio seguro, y cuando querían emprender la retirada, ó cambiar de sector, montaban rápidamente, y se trasladaban al sitio deseado; por esto en la mayor parte de los casos los ingleses, aun cuando llegaron á apoderarse de las posiciones boers, no hicieron prisioneros, ni sacaron fruto de la victoria, y por esta misma razón les era fácil á los boers defender frentes extensos con fuerzas relativamente escasas;

las que guarnecían sectores no atacados pasaban á defender los que lo eran con violencia.

Aun cuando los boers no tenían establecido un servicio regular de exploración, el conocimiento del terreno, la simpatía de los habitantes del país y la instalación de puestos en los puntos dominantes, les daban á conocer el movimiento de las columnas inglesas, y cada vez que éstas intentaban una sorpresa, resultaban desagradablemente sorprendidos.

En otro punto hubo también diferencia esencial entre el modo de proceder de ambas infanterías y es en lo que se refiere al empleo de la fortificación. Es asombrosa la cantidad de tierras removidas por los boers, pues, como ya hemos dicho, la extensión de sus líneas era muy superior á la de fuerzas necesarias para la defensa. La trinchera boer presentaba el perfil indicado en la figura 1 que, como se ve, tiene la for-

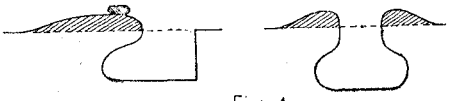


Fig. 1

ma de botella unas veces, otras únicamente presenta esta forma en la parte que mira al enemigo; algunas veces se les daba un perfil trapecial, siendo el fondo más ancho que la parte superior, lo cual exigía taludes en contrapendiente. La profundidad de estas trincheras variaba entre $1^m,25$ y $1^m,50$; las menos profundas tenían parapetos de sacos terreros. Si el terreno no presentaba suficiente consistencia para los taludes en contrapendiente, lo revestían. Estas trincheras se trazaban formando *zig-zag* para que fuera más difícil enfilarlas, y de distancia en distancia se dejaban en el terreno dados de $1^m,30$ de espesor que servían de traveses (fig. 2). Aprovechaban también para la defensa los obstáculos na-

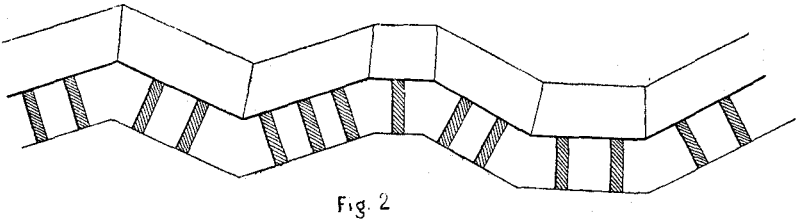


Fig. 2

turales, desenfilaban las trincheras de las vistas por medio de los árbo-

les y ramaje, y para dificultar el acceso á ellas situaban delante alambradas: algunas veces, para colocarlas con rapidez, en los terrenos en pendiente, arrollaban espino artificial á un carrete, sujetaban el extremo del alambre á un árbol ú otro punto de la cresta y dejaban rodar los carretes de modo que se cruzaran en varias direcciones, formando una red difícil de salvar. Introducidos los boers en las trincheras, desafiaban la lluvia de proyectiles enemigos y así se explica que sus bajas fueran escasas.

También merece consignar el sistema de los boers de establecer varias líneas atrincheradas, de las cuales las primeras sólo estaban destinadas á llamar la atención del enemigo y á retardar su marcha; y aún se dice que en algunas ocasiones disparaban desde los atrincheramientos más avanzados con fusiles en que empleaban la pólvora antigua, con objeto de que el humo de ésta les hiciese más visibles, y ocultara los atrincheramientos posteriores. Las diferentes posiciones ocupadas por los boers entre *Hope Town* y *Kimberley*, que dieron lugar á los combates de *Graspan*, *Belmont*, *Modder*, *River* y *Maggersfontein*, en cada una de cuyas posiciones había á su vez dos líneas de atrincheramientos, impusieron al ejército inglés muchos días de marcha y le ocasionaron multitud de bajas. Pero claro es que tal sistema exige el conocimiento del país, tiempo suficiente para atrincherarse y personal avezado al manejo de las herramientas. Tales procedimientos, combinados con un buen empleo de reservas convenientemente dispuestas, para pasar oportunamente de la defensiva á la ofensiva, claro es que pueden producir excelentes resultados.

En cambio los ingleses apenas emplearon la fortificación, que les hubiera evitado algún desastre, y lord Methuen, en vez de aprovechar la noche para meterse dentro de la tenaza formada por las posiciones inglesas, pudo haber levantado atrincheramientos que le sirvieran de apoyo en los avances sucesivos. Este modo de proceder es el admitido por los autores alemanes, quienes confiesan que, en muchos casos, habrá que atacar una posición defensiva por procedimientos análogos á la guerra de sitios. Los mismos ingleses en *Paardeberg* lo hicieron así. La noche que precedió á la rendición de Cronje, quebrantados ya los boers moral y materialmente y rendidos por el sueño y la fatiga, los cana-

dienses aprovecharon esta circunstancia para avanzar en dos líneas hasta 30 metros de la posición enemiga: la primera línea llevaba la bayoneta armada; la segunda iba acompañada de un destacamento de zapadores: aprovechando la obscuridad, la primera línea llegó hasta 80 metros de la posición boer, se echó y rompió el fuego, que sostuvo durante quince minutos, mientras los zapadores, situados 70 metros más atrás, construyeron una trinchera en donde se alojó después la primera línea. Esta trinchera, situada por consiguiente á 150 metros de la posición enemiga, contribuyó poderosamente á que los boers capitularan.

No fué tan feliz la aplicación hecha en *Spion Kop*, en donde los ingleses se limitaron á una trinchera de 90 metros de longitud y $0^{m},75$ de profundidad, construída durante la noche y que resultó enfilada al día siguiente. Tras de este atrincheramiento, á todas luces insuficiente, se aglomeraron al día siguiente multitud de fuerzas que sufrieron numerosas bajas. Esta deficiencia en los atrincheramientos contribuyó poderosamente á que los ingleses no pudieran sostenerse en aquella posición tan trabajosamente conquistada.

Respecto á la artillería, la índole de esta guerra impidió que desempeñara el papel importante que ha tenido en otras campañas. Por de pronto uno de los adversarios, los boers, contaba con escaso material y con personal cuya instrucción tenía que ser forzosamente deficiente; así no es de extrañar que los efectos producidos por las piezas de aquéllos fueran escasos. El Transvaal disponía de 4 piezas de sitio de 15,5 centímetros de calibre, construídas en el Creusot; 6 de campaña de tiro rápido de 7,5 centímetros del Creusot; 8 del mismo calibre, Krupp; 4 obuses de 12 centímetros, sistema Krupp; 3 cañones de 7,5 centímetros Maxim-Nordenfelt; 1 cañón de 7,5 centímetros, Skoda; 8 ametralladoras Maxim-Nordenfelt de 3,7 centímetros, y 13 ametralladoras para cartuchos de infantería (5 para Lee-Metford y 8 para Martiny Henry). El Estado de Orange disponía de 14 cañones Krupp de 7,5 centímetros, 6 Armstrong de campaña y 3 de montaña cargados por la boca; 3 ametralladoras Martiny Henry y 1 Krupp de 3,7 centímetros. Esta enumeración basta para comprender la dificultad de emplear la artillería en masa, dada la heterogeneidad de las piezas.

Así, pues, en la mayor parte de los casos se empleaban las piezas

aisladas, algunas veces se llegaron á agrupar hasta tres. Con tan escasos y heterogéneos elementos no es de extrañar la ineficacia de los bombardeos emprendidos contra *Ladysmith*, *Mafekin* y *Kimberley*. Un testigo presencial del sitio de *Ladysmith*, el teniente coronel Coxhead, dice: «Durante cuatro meses 600 hombres, 600 caballos y muchos bueyes estuvieron diariamente expuestos al fuego de cuatro piezas de sitio y varias de campaña, y, al terminar el sitio, las pérdidas fueron un oficial y tres hombres heridos, un caballo y cinco mulos muertos y otros pocos heridos levemente; en total una cantidad de pérdidas que sorprende por lo pequeña. Hubo multitud de casos verdaderamente maravillosos; granadas que penetraban en tiendas ocupadas sin causar daño, que chocaban contra la tienda y rebotaban, que estallaban y rastreaban las líneas sin herir, que atravesaban puestos de guardia y estallaban al exterior sin producir daño. Casos de esta naturaleza se presentaban con frecuencia y las pérdidas fueron casi nulas, lo que debe atribuirse especialmente á que las espoletas de tiempo del enemigo estaban mal graduadas, á que las granadas se hundían en el terreno sin estallar y, si estallaban, los fragmentos y balines no causaban daño alguno.»

«Por término medio los boers disparaban dos toneladas de proyectiles por día, y sólo producían una baja cada dos días, de modo que resultaban necesarias cuatro toneladas por cada hombre fuera de combate. La mayor parte de los cañones boers disparaba á distancias excesivas y los artilleros no sabían usar las espoletas de tiempo. Las granadas de pequeño calibre llegaban silbando débilmente, herían sin fuerza y rebotaban. Los tan alabados *pom-pom* resultaron inofensivos: en el campo de *César* un proyectil de *pom-pom* mató un soldado y oí decir que una escolta de caballería fué herida por otro.»

El manejo del shrapnel es muy delicado y así se comprende que los boers no supieran utilizarle. Dadas las formaciones en que se presentaba la infantería inglesa y las retiradas que hubo de efectuar al alcance del fuego adversario, una buena artillería hubiera producido en sus filas bajas numerosísimas, y sin embargo, apenas produjo efecto. El jefe de la artillería boer, Albrecht, dice que después de algunas horas de fuego, sus piezas no llegaron á poner fuera de combate 100 ingleses. Lo que sí hay que alabar en los boers es la facilidad en transportar y colocar

en puntos elevados piezas relativamente pesadas, como eran las de sitio. En *Kimberley*, á pesar de que el general French se presentó en la plaza casi por sorpresa, pudieron retirar toda la artillería emplazada durante el sitio.

La artillería inglesa ha empleado en esta guerra cañones de campaña de 7,62 centímetros de calibre: los de las baterías rodadas lanzaban proyectiles de 6,8 kilógramos y los de á caballo de 5,67: los cañones de montaña, por el poco peso del proyectil (4 kilógramos), apenas producían efecto: el obús de campaña de 12,7 centímetros, además del shrapnel, tiene como dotación granadas cargadas con lydita. Los destacamentos navales empleaban piezas de tiro rápido, cuyos calibres varían entre 15 y 7 centímetros. Las piezas de sitio eran cañones de 12,5 y 10 centímetros y obuses de 15; éstos lanzan también granadas cargadas con lydita. Las ametralladoras Maxim empleaban cartuchos de infantería: había, sin embargo, algunas de mayor calibre, con las cuales se formaban secciones de dos piezas, que acompañaron á las brigadas de infantería y caballería y á los batallones de infantería montada.

Las causas de que la artillería inglesa no produjera apenas efecto, sobre todo teniendo que combatir un enemigo que la poseía muy escasa y no era muy práctico en el manejo de cañones, se debe en parte á las condiciones del material empleado; en parte al modo de efectuarlo, y en gran parte al empleo de atrincheramientos por parte de los boers. La artillería inglesa ha procurado tener un material muy ligero; el cañón destinado á las baterías de á caballo es el más ligero de todos los de campaña, y esta ligereza se ha obtenido á expensas de la potencia. Las piezas boers eran de mayor alcance, y esto, unido á los efectos producidos por el tiro de la infantería, obligaron con frecuencia á los ingleses á colocar la artillería á distancias excesivas: las espoletas de tiempo empleadas por los ingleses estaban graduadas hasta 3650 metros, y como algunas veces había que tirar á distancias mayores, los intervalos entre el punto de explosión y el blanco resultaban muy grandes y los balines llegaban con escasa fuerza viva. Para este caso convenía el empleo de las granadas y la artillería de campaña inglesa había prescindido de ellas. Si bien es verdad que el shrapnel es el proyectil de mayor importancia contra tropas descubiertas, no sucede lo mismo cuando éstas sa-

ben cubrirse y disminuir el blanco presentado. La disposición de las trincheras boers hizo casi ineficaz el tiro de los cañones, demostrando que, en casos análogos, para preparar el asalto es necesario recurrir al tiro curvo. Para ello disponían los ingleses de los obuses de 12,5 y 15 centímetros; pero el primero resulta muy pesado y por tanto poco móvil, y como pieza de posición de poca potencia. Las famosas granadas de lydita no parece que dieran el resultado que de ellas se esperaba y muchas no estallaron; en nuestro concepto, esto puede atribuirse á que esta clase de pólvora, que no es otra cosa que el ácido pícrico, necesita para estallar cebos muy potentes y no siéndolo sólo se produce una combustión incompleta, y por consiguiente una explosión atenuada. Según el *Broad Arrow* la explosión es normal cuando, al estallar el proyectil, aparece un humo negruzco, y resulta incompleta cuando es verdoso, y esto sucedía casi siempre que se disparaban dichas granadas. Por esto, sin duda, recientemente se ha adoptado en Inglaterra, para cebar la lydita, una pólvora formada de dos partes de picrato amónico y tres de salitre y esta es la que recibe fuego de la espoleta.

Respecto al empleo de la artillería, mientras en algunas ocasiones, por las causas ya expuestas, se establecieron las piezas á distancias excesivas, en otras se pecó por el extremo contrario, como en el ataque de *Colenso* en que, al principiar el combate, se situaron dos baterías á 800 metros de la fusilería boer: inútil es decir que quedaron pronto fuera de combate y aun cuando se sacrificó mucha gente para salvarlas, esto fué imposible y las piezas resultaron perdidas. Los ingleses no emplearon casi nunca la artillería en grandes masas, lo cual se debió quizá á la falta de posiciones propias para ello y también á deficiencia en la movilidad. El ganado europeo dió en el Africa austral malos resultados y, por otra parte, la viabilidad es deficiente. Unicamente en *Paadeberg* y en *Spion Kop* se reunieron masas de importancia: en el primero de dichos puntos los 4000 hombres de Cronje fueron cañoneados por 120 piezas; contra *Spion Kop* se establecieron 80 piezas divididas en dos grupos. En ambos casos los efectos materiales fueron escasos.

Quedó sentado en la guerra anglo-boer el poco efecto producido por la granada de metralla contra tropas bien atrincheradas, debido en parte á que la trayectoria de aquella resulta demasiado rasante, y en parte

á que los balines que pueden alcanzar á tropas en estas condiciones proceden de proyectiles que estallan á bastante distancia de la cresta de los atrincheramientos y llegan ya con escasa fuerza viva. Las granadas de percusión tampoco parece que en estas condiciones produzcan grandes efectos, porque es difícil que choquen precisamente en los puntos deseados, y más aún si los atrincheramientos se disponen de modo que presenten poco blanco, ni vale el recurrir á espoletas retardatrices, porque el parapeto de tierras presenta en este caso poco espesor y resistencia, y las granadas estallan después de rebasada la trinchera. El empleo de piezas para tiro curvo tampoco es una solución del todo satisfactoria, porque éstas tienen menor precisión que los cañones, y si los atrincheramientos presentan poco blanco, y sobre todo poca profundidad, el número de proyectiles necesarios para producir efectos será enorme.

Contra atrincheramientos dispuestos como los de los boers, el único medio de que la artillería produzca efecto consiste en combinarla hábilmente con la infantería, y los ingleses hicieron todo lo contrario. El cañoneo preliminar, con que empezaron siempre los combates, y cuyo objeto era obligar á los boers á descubrirse, para efectuar el reconocimiento de la posición, resultó, sobre inútil, perjudicial; era para los boers como un aviso de que el ataque iba á empezar. Al cesar el cañoneo, aquéllos rompían el fuego contra la infantería inglesa, que imprudentemente había avanzado. Precisamente debió efectuarse lo contrario; la infantería del ataque, por cuantos medios tuviera á su alcance y sin imprudencia, atrincherándose, si era necesario, debió con sus fuegos obligar á los boers á descubrirse y entonces la artillería aprovechar la ocasión; en estas condiciones ó los boers hubieran sufrido mayor número de bajas, ó bien, por el temor de descubrirse, sus fuegos resultaran menos certeros. Los ingleses, en vez de valerse *sucesivamente* del fuego de las dos armas, debieron emplearlas *simultáneamente*. Esto, y tomar de enfilada las trincheras enemigas, son los dos únicos procedimientos eficaces para que la artillería pueda producir efectos contra tropas así protegidas. La trabazón íntima entre ambas armas exige durante la paz, por parte de los generales, el estudio práctico de su empleo en las grandes maniobras, para llegar al conocimiento de las propiedades que á ambas caracterizan y que deben utilizarse en bien de las dos y del ejército. En este

punto, como en otros muchos, el inglés demostró palpablemente su falta de instrucción.

La dirección general de los combates dejó mucho que desear por ambas partes. Los boers se limitaron á sostener un orden lineal, que, una vez roto, no podía rehacerse; el sistema no podía ser más primitivo, y una vez ocupadas las trincheras, no hacía falta dirección alguna; ni hubo jamás maniobras, ni tropas con que ejecutarlas. Vencedores, se limitaban á perseguir al enemigo con sus fuegos; vencidos, marchaban en busca de los caballos para emprender fuga veloz, y, si era posible, llevar al enemigo á una emboscada.

Los ingleses tampoco estuvieron más acertados, y su sistema resultó casi tan primitivo como el de los boers; las columnas destinadas al ataque avanzaban hasta donde podían, y si no les era posible sostenerse, se retiraban también como les era posible. Cuando se apoderaban de alguna de las posiciones enemigas, sucedía, como en *Spion Kop*, que, por falta de dirección y órdenes adecuadas, las primeras tropas permanecían horas enteras en condiciones desfavorables, sufriendo el fuego enemigo, sin recibir refuerzos. La artillería llegaba tarde y sea por falta de elementos, ó por falta de práctica ó por ambas cosas á la vez, no se atrincheraban, ó lo hacían en malas condiciones. Las apreciaciones de lord Roberts acerca de los combates de *Spion Kop*, apreciaciones que, á modo de comentarios, acompañan el parte relativo á dichas operaciones, son realmente poco lisonjeras.

«Es de sentir, dice el generalísimo, que sir Carlos Warren no visitara personalmente *Spion Kop*, al medio día ó por la tarde, sabiendo que la situación era muy crítica y que la pérdida de la posición produciría el fracaso de las operaciones.»

«Mandó al general Coke que se presentara en su cuartel general y el coronel Thorneyecroft tomó el mando de la posición más elevada, siendo así que el general Coke creyó que le había sido confiada al coronel Hill.»

«Tales omisiones, ó errores, pueden ser en sí triviales; pero ejercen influencia considerable en el curso de los sucesos y opino que sir Redwers Buller tiene razón al decir que hubo un defecto de organización y de sistema que resultó altamente desfavorable para ladefensa de *Spion Kop*.»

«El plan para la liberación de *Ladysmith*, tal como consta en estos

partes, estaba bien concebido, y estoy de acuerdo con sir Redwers Buller en que debió producir resultado. Si fracasó, fué debido quizá en parte á las dificultades del terreno y á las posiciones ocupadas por el enemigo; pero también, probablemente, á errores de apreciación y á la falta de capacidad administrativa de sir Carlos Warren.»

«Sin embargo, cualesquiera que sean las faltas cometidas por éste, el fracaso corresponde también al jefe que tenía el mando supremo y que, según parece, no supo afirmar su autoridad.»

«Finalmente, resulta también responsable de la derrota el subordinado que creyó deber asumir una responsabilidad injustificable é inútil. El hecho satisfactorio que se desprende de estos partes es la conducta admirable de las tropas durante las operaciones.»

Este hecho satisfactorio no resulta en realidad demasiado *halagüeño* para los generales que tomaron parte en tales operaciones.

De lo expuesto puede deducirse:

1.° La infantería que ataca una posición debe ir siempre precedida de patrullas exploradoras.

2.° El avance de la infantería debe hacerse con precaución, mientras no se tenga conocimiento, por lo menos aproximado, de la posición enemiga.

3.° Han de proscribirse por completo las formaciones compactas: la primera línea del atacante ha de ser siempre un cordón de tiradores más ó menos denso, según la resistencia que presente el enemigo, y los sostenes tendrán que adoptar frecuentemente la misma formación. Las reservas han de desenfilarse cuanto sea posible de la vista del enemigo, aprovechando los obstáculos del terreno.

4.° La fuerza de una infantería, aparte de su vigor moral, reside en el buen empleo de su arma, por cuya razón hay que dar mucha importancia á la instrucción en el tiro. Conviene emplear fuego individual con preferencia al colectivo, sólo posible á grandes distancias.

5.° El empleo de la fortificación es cada vez más necesario, sobre todo cuando el enemigo es tenáz, está dispuesto á resistir hasta el último momento y dispone de un buen fusil. Durante la noche pueden construirse los atrincheramientos, que luego han de servir de base para el avance, y en muchas ocasiones éste deberá hacerse mediante aproches.

Conquistada una posición es preciso atrincherarla rápidamente, si se temen, como en *Spion Kop*, reacciones ofensivas.

6.° Los ataques de frente, por sí solos, rara vez tendrán éxito: hay que combinarlos con los de ala y flanco y aquellos sólo podrán llevarse á fondo contra un enemigo ya quebrantado.

7.° Los ataques nocturnos sólo son posibles cuando se conoce bien el terreno y la situación del enemigo, y es fácil sorprenderle; en caso contrario resultan contraproducentes.

8.° Los efectos del shrapnel contra tropas bien atrincheradas son casi nulos, no resultando tompoco muy eficaces, ni las granadas ni el empleo de piezas para tiro curvo. En el caso que consideramos, la artillería ha de procurar que las trincheras enemigas queden enfiladas, pues si las bate de frente, sólo consigue malgastar municiones.

9.° El fuego de artillería y el de infantería han de ser simultáneos; á fin de que ésta obligue á los defensores á descubrirse para detener el avance del atacante y aquella aproveche la ocasión para obtener algún resultado y producir bajas. Las actuales piezas de tiro rápido se prestan admirablemente á este objeto, pues permiten disparar en poco tiempo gran número de proyectiles. No se crea, sin embargo, que puede prescindirse de la observación de los primeros disparos; sin este requisito, que permite graduar las alzas, el resultado del fuego sería nulo. La artillería, por su inmovilidad y por las circunstancias especiales en que se encuentra con respecto á la infantería, está en mejores condiciones para apreciar las distancias y aprovechar la precisión de sus piezas. Es un grave error pretender que la rapidez del tiro puede compensar la precisión.

10. Hoy más que nunca conviene que las órdenes dadas á las unidades que han de intervenir en la batalla indiquen el cometido que cada una ha de desempeñar y las relaciones con las colaterales. Sólo así podrá lograrse que en los momentos críticos procedan sin vacilaciones y no tengan que aguardar órdenes que, con frecuencia, no podrán llegar, por lo menos oportunamte. Indicar á las columnas ó fuerzas atacantes el camino que han de seguir, no basta: precisa que cada jefe se dé cuenta clara del cometido que se le asigna. No basta decir *hay que hacer tal cosa*, es necesario añadir *con qué objeto.*

EFECTOS PRODUCIDOS POR EL ARMAMENTO MODERNO.

Creemos ahora muy oportunas algunas consideraciones acerca de los efectos materiales producidos por el armamento moderno, basadas en los resultados de las últimas campañas, y especialmente en la que nos ocupe, pues con ello será fácil refutar las ideas de Juan de Bloch y otros que, examinando con marcada parcialidad los resultados de esta campaña, deducen con harta ligereza la imposibilidad de la guerra ofensiva, dados los efectos del armamento hoy en uso.

Las batallas se pierden moral, no materialmente: ciertamente el efecto moral que produce el desastre es resultado de las pérdidas materiales que ocasiona el fuego. Pero las pérdidas necesarias para conseguir este fin varían según el estado de ánimo, ó, si se quiere, según la energía moral del que las sufre. Tal ejército que abandonará el campo de batalla en un día dado, cuando sus pérdidas sólo alcancen un 5 ó 6 por 100, otro día se sostendrá y aun alcanzará la victoria con un tanto por ciento mucho mayor. El efecto moral producido depende no sólo del número de bajas, sí que también del tiempo necesario para producirlas: si éste es corto, el pánico se apodera de la unidad que las sufre, y éste, propagado á las demás, ocasiona la derrota. Un ejército puede sufrirla con un tanto por ciento exíguo de bajas, si en un momento determinado una de las unidades que lo forman queda aniquilada. La victoria depende casi siempre de la superioridad alcanzada en un solo punto. Al estudiar los estragos causados por el fuego de los boers en el ejército inglés es, pues, preciso ver si en total son mayores que los de las pasadas campañas, y también si algunas unidades han sufrido más que las aniquiladas en batallas de otras épocas. Con este objeto creemos que lo más elocuente es presentar el estado que figura en el tomo

LVIII (pág. 485) de la *Revue d'Artillerie*, y que forma parte de un notable trabajo sobre el efecto vulnerante de las armas modernas, debido al capitán de artillería Mr. Fossat.

OBRAS CONSULTADAS.	GUERRAS Ó COMBATES.	ARMAMENTO.	TANTO POR 100 MEDIO de pérdidas en muertos y heridos		TANTO por 100 de muertos con relación al total de los alcanzados.
			Para el conjunto de los combatientes.	Para algunas unidades.	
O. BERNT: *Die Zahl im Kriege.*	Guerras de Silesia (1741-1763). . .	»	17	»	25
	Id. Napoleónicas (1800-1815). . . .	»	15	»	21
	Id. de Crimea (1854).	»	14	»	29
	Id. de Italia (1859).	»	8	»	19
	Id. de Bohemia (1866).	»	8	»	24
	23 regimiento austriaco en Trautenau.	Anterior al fusil de pequeño calibre.	»	31	»
	Guerra Franco-alemana (1.er período).		9,5	»	24
	4.a brigada de infantería de la guardia prusiana en Gravelotte.	»	»	42	»
	3.er regimiento francés de granaderos de la guardia en Mars la Tour	»	»	52	»
	16 regimiento infantería alemana en Mars la Tour.	»	»	68	»
H. NIMIER: *Archives de médecine et de pharmacie militaire (1893).* . . .	**Guerra civil de Chile (1891).**	Los balmasedistas, fusiles de 11 mm.; los congresistas 2/3 de fusiles de 11 milímetros y 1/3 de 8 mm.			
	Batalla de Concon { Congresistas. .		7,2	»	17
	Batalla de Concon { Balmasedistas		33	»	33
	Batalla de Placilla { Congresistas. .		14	»	24
	Batalla de Placilla { Balmasedistas		25	»	40
H. NIMIER: *Archives de médecine et de pharmacie militaire (1897).* . . .	**Guerra Chino-japonesa (1894-1895).**	Generalmente fusiles de 11 milímetros, y excepcionalmente de 8 mm.			
	3.a división japonesa en Corea. . .		10,2	»	16
Revue militaire (1899). . . .	**Campaña del Sudan (1898).**	Los ingleses usaron Lee-Metford de 7,7 mm.			
	Bajas de los dervises en la batalla de Omdurman.	»	54	»	40
SEVERO GÓMEZ NÚÑEZ: *La Guerra hispano-americana. Barcos, cañones y fusiles.*	**Guerra Hispano-americana (1898).**	Los españoles Mauser de 7 milímetros; los americanos Krag Jörgensen de 6 mm.			
	División de caballería americana.		14	»	14
	1.a división americana, combates del 1 al 3 de julio.		10	»	14
	Españoles en el combate de S. Juan		31	»	20
	Id. id. del Caney.	»	30	»	25

OBRAS CONSULTADAS.	GUERRAS Ó COMBATES.	ARMAMENTO.	TANTO POR 100 MEDIO de pérdidas en muertos y heridos		TANTO por 100 de muertos con relación al total de los alcanzados.
			Para el conjunto de los combatientes.	Para algunas unidades.	
	Guerra del Transvaal (Pérdidas inglesas)				
PAINVIN: *Revue du Cercle militaire (1899-1900).*	Desde el principio de la campaña hasta 1.º de enero de 1900.	»	9	»	25
	Combate de Glencoe.	»	7	»	20
	Combate de Elandslaagte.	»	7,5	»	20
	Combate de Graspan.	»	4,8	»	13
	Combate de Modder River.	»	7,25	»	19
	Combate de Maggersfontein.	»	10	»	24
	Combate de Colenso.	»	7	»	18
	Combate de Spion Kop.	»	15,9	»	28
	Combate Vaal Krantz.	Los boers Mauser de 7 mm.	7	»	15
	Tropas de Buller del 14 al 28 de febrero de 1900.	Los ingleses Lee-Metford de 7,7 mm.	17	»	16
	1.º Kings Royal Rifle Corps en Glencoe.		»	12	»
	2.º batallón de Gordon highlanders en Elandslaagte.	»	»	13	»
	Lancashire fusiliers en Spion Kop.	»	»	23,6	»
	Thorneycrofts mounted Infantry en Spion Kop.	»	»	62	»
	Durham Light Infantry en Vaal Krantz.	»	»	12	»
	Royal marine Light Infantry en Graspan.	»	»	32,8	»
	Brigada de highlanders en Maggersfontein.	»	»	25,4	»
	2.º batallón highlanders en id.	»	»	35,8	»

Basta fijarse en este estado para deducir las siguientes consecuencias:

1.ª Mientras en las guerras anteriores á la adopción de los fusiles de pequeño calibre el tanto por ciento de bajas alcanzó á 15 y 17, en la anglo-boer el más elevado corresponde á la batalla de *Spion Kop* y fué de 15,9, no superior á los números anteriores.

2.ª En la batalla de *Mars-la-Tour* el 16 regimiento de infantería alemana perdió el 68 por 100 de su efectivo; durante la guerra anglo-boer las mayores pérdidas han correspondido al regimiento de infantería montada de Thoneycroft y han sido algo inferiores.

Resumiendo los datos del adjunto estado en la forma que á conti-

nuación indicamos se vé aún más claramente que el tanto por ciento de pérdidas disminuye con los progresos del armamento.

Guerras de Silesia.	17	por 100.
Guerras napoleónicas.	15	»
Guerra de Crimea.	14	»
Campaña franco-alemana (primer período) .	9,5	»
Guerra del Transvaal (pérdidas inglesas). . .	8,5	»

Resulta, pues, que la violencia del fuego no ha producido en esta guerra mayor número de bajas que en guerras anteriores, y téngase en cuenta que había dos razones para que así sucediera y eran: primero, la gran destreza de los boers como tiradores, y segundo, las formaciones compactas que presentaba la infantería inglesa.

Llama la atención en el estado adjunto las grandes pérdidas sufridas por las tropas combatientes en la guerra civil de Chile y la de los españoles en los combates de las Lomas de San Juan y el Caney. Lo primero se debe á la diferencia de armamento entre las tropas de ambos partidos; mientras los congresistas poseían bastantes fusiles Mannlicher de pequeño calibre, los balmasedistas estaban armados únicamente con fusiles Gras: el efecto producido por aquéllos fué tan terrible que los balmasedistas declararon que antes que volver al ataque preferían retroceder y ser fusilados por sus propias reservas. Respecto á las pérdidas de los españoles en las acciones citadas no hay que extrañarlas, dada la resistencia desesperada que en ellas hicieron; así y todo, ni el tanto por ciento correspondiente á estas acciones ni el que resulta de las libradas en Chile, llega á las pérdidas de la infantería alemana en Saint-Privat.

Respecto al modo de repartirse los efectos producidos por ambas armas, infantería y artillería, ya hemos visto antes la opinión de un testigo presencial acerca del efecto producido por la artillería boer, que fué casi nulo y no parece que fuese mayor el debido al de la artillería inglesa; 120 cañones ingleses dirigidos contra Cronje y sus 4000 hombres, durante diez días, sólo produjeron 5 muertos. En *Modder River* y *Colenso*, según el teniente coronel Frocard, el fuego de la artillería inglesa sólo condujo á un lamentable derroche de municiones.

Del estudio del capitán Fossat, á que antes hemos hecho referencia, tomamos el siguiente estado relativo á las pérdidas causadas por la artillería y por la fusilería.

GUERRAS.		PÉRDIDAS PRODUCIDAS POR EL FUEGO DE	
		FUSILERÍA.	ARTILLERÍA.
1859.	Franceses.	91,7 por 100	5,1 por 100
1864.	Daneses.	84 »	9,1 »
1866.	Austriacos.	90 »	3 »
	Prusianos.	79 »	16 »
1870. . . . . Primer período. .	Franceses.	70 »	25 »
	Alemanes.	94 »	5 »
Chino-japonesa. .	3.ª división japonesa. .	84,4 »	8,6 »
Anglo-boer. . . .	Boers.	78,7 »	21,3 »

Estos datos parecen contradecir lo que hemos dicho acerca del escaso resultado obtenido por la artillería inglesa en los campos de batalla; pues exceptuando la guerra franco-alemana, en ninguna otra ha producido esta arma un tanto por ciento de bajas igualmente elevado. Esta contradicción, sin embargo, no existe, y el tanto por ciento de bajas producido por la artillería se debe á que, por razones que hemos expuesto, la infantería produjo también muy pocas, por lo cual las debidas á la artillería resultan *relativamente* numerosas. Pero las pérdidas sufridas por los boers en los combates de mayor importancia demuestran claramente que los efectos del fuego inglés fueron de escasa eficacia.

Otra cuestión que ha suscitado el empleo de las armas de pequeño calibre es si producen heridas más ó menos mortíferas que las anteriores, y si el choque de sus proyectiles basta en todos casos para detener á los que lo reciben.

La relación entre el número de muertos y el de heridos no parece haber sufrido variaciones importantes; en las guerras napoleónicas fué de 1 muerto por cada 4 heridos; en la de Crimea, 1 por cada 3,5; en las

de 1866 y 1870, 1 por 4,2, y en la del Transvaal hubo por cada 100 heridos 23,3 muertos, ó sea próximamente 1 por cada 4,3. Según el doctor Bircher, sólo un 25 por 100 de la superficie del cuerpo humano está expuesta á recibir heridas mortales, y, por consiguiente, la relación entre el número de muertos y el de heridos ha de ser próximamente 1 de los primeros por cada 4 de los segundos, que no difiere de los datos de observación. Vemos, pues, que desde este punto de vista las antiguas armas y las modernas se equivalen. Lo que sí parece deducirse de los informes médicos de las últimas guerras es que el número de heridos que curan es ahora mucho mayor y las curaciones más rápidas. Estos hechos, que parecen bien comprobados, se deben á varias causas. Desde luego hay que mencionar los adelantos quirúrgicos que han conducido á tratamientos más adecuados. Pero además de esto tienden á disminuir la gravedad de las heridas y facilitar su curación dos causas que son: primera, *la reducción del calibre*; segunda, *la dureza de los proyectiles empleados*. A primera vista pudiera creerse que los efectos del proyectil dependen exclusivamente de su fuerza viva, y como los modernos tienen velocidades mucho mayores, que compensan superabundantemente la disminución de masa, y, en suma, producen mayores energías, sus efectos debieran resultar más mortíferos. Pero tratándose de blancos animados esto no es absolutamente exacto, porque hay una circunstancia que influye poderosamente en sus efectos y es la sección del proyectil. Cuanto mayor sea, mayor es también la superficie de tejido lastimada, puede ser más considerable el número de vasos rotos, y, por tanto, la hemorragia producida, y además, también los proyectiles de mayor calibre arrastran consigo más cuerpos extraños y dificultan la asepsia. Por otra parte, las grandes velocidades favorecen la perforación de las partes heridas, lo cual, en varios casos facilita la curación, evitando que el proyectil se incruste en el interior de los miembros.

La camisa, ó envoltura, que rodea al núcleo de plomo de los modernos proyectiles, tiene la ventaja de impedir la deformación de éstos, sobre todo al chocar con los huesos; las deformaciones de los proyectiles antiguos daban lugar con frecuencia á fragmentos de forma irregular y aristas vivas que desgarraban los tejidos y aumentaban la hemorragia; además, todos estos fragmentos eran otros tantos cuerpos extraños que

contribuían á dificultar la curación. A estas causas se debe, sin duda alguna, que el número de heridos que hoy se curan sea mayor que en épocas anteriores y más rápida también la curación.

El estado que ponemos á continuación, y figura en el artículo ya citado, demuestra claramente lo que acabamos de indicar. Según el doctor Dent, en la campaña sudafricana sólo se han producido 4,8 defunciones por cada 100 heridos, mientras que en la guerra franco-alemana llegó el tanto por ciento de la mortalidad á 14,2.

	POR CADA 100 ALCANZADOS.			
	Muertos en el campo de batalla.	Muertos á consecuencia de las heridas.	Incompletamente curados.	Completamente curados.
Guerras anteriores á la adopción de los fusiles de pequeño calibre.	20	12	21	47
Guerra hispano-americana (pérdidas de los americanos).	12	6	9	73
Guerra anglo-boer (pérdidas inglesas).	17,9	5,5	5,2	72,4

En algunas guerras sostenidas contra pueblos salvajes, se ha llegado á dudar de que las balas de los fusiles modernos tuvieran eficacia suficiente para detener á los heridos, y se citan algunos casos de la campaña del Chitral en que soldados indígenas, heridos diferentes veces, han podido continuar la marcha sin grandes molestias. Pero en las guerras sostenidas entre pueblos civilizados, estos hechos no se han observado, por lo menos de un modo tan notable. Esto se explica por la circunstancia de que el sistema nervioso influye considerablemente en la mayor ó menor gravedad de los efectos producidos, y como los europeos, y en general los pueblos civilizados, tienen dicho sistema más desarrollado, no necesitan los proyectiles producir efectos vulnerantes excesivos para poner un hombre fuera de combate, por lo menos durante algunos días. Los pueblos salvajes, menos nerviosos, resisten más fácilmente las fatigas, privaciones y dolores, mostrando una resistencia pasiva muy superior á la de los europeos, y así se explica que un indígena que en la campaña del Chitral recibió seis balazos, uno de los cuales penetró por el

cuello y salió por la boca, arrancándole varios dientes, pudo, sin embargo, trasladarse, por su propio pié, al puesto de socorro y curó por completo.

Así, pues, puede deducirse de estas campañas que las balas modernas producen conmociones menos intensas, introducen raras veces cuerpos extraños en las heridas, no suelen fragmentarse; cuando hieren partes blandas, la curación suele ser rápida, las fracturas de los huesos producen menor cantidad de esquirlas; las heridas de las articulaciones curan muchas veces con solo inmovilizarlas y casi nunca exigen amputaciones; las heridas penetrantes del cráneo, pulmón y abdomen, si no son inmediatamente mortales, curan muchas veces.

En suma, pues, nada prueba que los estragos causados por el armamento moderno sean superiores á los del antiguo, antes bien, resulta disminuido el tanto por ciento de bajas, así en los campos de batalla como á consecuencia de las heridas. Ahora, como antes, las enfermedades, sobre todo en los climas tropicales, constituyen el principal enemigo y la causa más eficiente de las bajas que sufren los ejércitos en campaña.

Respecto á los efectos producidos por los proyectiles de artillería, las opiniones están conformes en que son más graves, y las heridas curan más difícilmente. Esto se debe, en cuanto á los shrapnels, á que los balines son de mayor calibre que los proyectiles de fusil y además carecen de camisa ó envoltura, resultando de ello que obran de un modo parecido al de los antiguos proyectiles; se fragmentan, producen mayor número de esquirlas é introducen cuerpos extraños. Esto mismo, y aun en mayor escala, acontece con los cascos de granada de forma irregular, y muy propia para desgarrar los tejidos blandos. Los ingleses emplearon en esta guerra las famosas granadas de lydita, de las cuales se dice que, además de los efectos ordinarios, resultan asfixiantes. La lydita es un explosivo de combustión incompleta, y produce por consiguiente gran cantidad de óxido de carbono, cuyos efectos son bien conocidos; no es, pues, extraño que si uno de estos proyectiles estalla cerca de un grupo más ó menos numeroso, algunos de los que lo formen lleguen á notar síntoma de asfixia, ó por lo menos dificultad en la respiración. Se cita el caso de que algunos boers, á consecuencia de estos efectos, que-

daron privados de sentido durante algún tiempo, sin presentar herida alguna, y que 50 soldados del *Kings Royal Rifles*, cerca de los cuales estalló una granada, notaron gran molestia en la respiración y tuvieron que aplicar el rostro contra el suelo para evitar la fetidez de los gases. Por nuestra parte creemos que hay en todo esto exageración manifiesta, pues, á pesar de haber manejado repetidas veces el ácido pícrico no hemos notado tales efectos. Comprendemos que se dejen sentir en el interior de las galerías de mina ó en sitios poco ventilados, pero al aire libre, si el efecto se produce, ha de ser pasagero. Lo que sí ha resultado exagerado, según testigos presenciales, es el efecto destructor que á las granadas de lydita se atribuía. El efecto moral producido ha sido mucho mayor que el material, y ya hemos visto que en el combate de *Modder River* el estallido y los embudos producidos por las granadas fueron las causas determinantes de que los boers abandonaran las posiciones que formaban su ala derecha.

Como consecuencia de lo expuesto, creemos poder reproducir los siguientes párrafos de un artículo que publicamos en la *Revista Científico-Militar*:

«Pero aun cuando los nuevos fusiles no hayan dado por resultado aumentar el número de bajas, no cabe negar que han cambiado por completo la fisonomía del combate. Si ántes era posible aproximarse hasta 500 metros del enemigo en formaciones compactas, sin temor á sufrir bajas considerables, hoy á distancia triple el fusil produce efectos de entidad. El alcance del armamento moderno obliga, por consiguiente, á tomar á distancias considerables formaciones de combate: las tropas tienen que marchar no ya encerradas en filas, que fácilmente podían dirigir y dominar los oficiales, sino en formaciones más sutiles. Este desgrane de fuerzas tiene dos inconvenientes: en primer lugar, substrae el soldado á la acción inmediata y directa del oficial; en segundo lugar, influye en su estado moral; en el peligro, la proximidad del compañero anima, la masa infunde valor. Desperdigar la tropa es, pues, una causa deprimente desde el punto de vista moral. Por otra parte, como el efecto del fuego se deja sentir á grandes distancias y el avance en estas condiciones es siempre lento, la duración del combate ha de aumentar. Así lo demuestra, en efecto, la experiencia; pues mientras en la guerra

de Silesia las batallas sólo duraban algunas horas, en la Franco-alemana y Turco-rusa alcanzaron mayor duración, y alguna vez fué preciso combatir más de un día.

Ahora bien, cuanto más dure la batalla y más difícil sea el avance, se comprende que existan mayores probabilidades de que el agresor se desmoralice y haya de renunciar al asalto. De aquí que la ofensiva encuentre mayores dificultades que en épocas anteriores y que los ataques de frente, sin hallarse combinados con otros envolventes, sean poco menos que imposibles. A todo esto hay que añadir que la pólvora sin humo dificulta mucho el conocimiento de la posición del enemigo, y puede dar lugar á sorpresas desagradables para el que ataca, sobre todo, si no procura préviamente, por cuantos medios tenga á mano, determinar la situación del adversario.

Otro inconveniente de no escasa monta ha revelado la campaña del Transvaal, y decimos que lo ha revelado, porque no tenemos noticia de que se produjera, por lo menos con igual intensidad, en guerras anteriores: es la dificultad de transmitir órdenes á tropas bajo la acción eficaz del fuego enemigo. Esta dificultad, que llegó á imposibilidad, en los combates del *Modder* y *Maggersfontein*, dió por resultado que durante mucho tiempo se hallaran varias unidades bajo la acción del fuego enemigo, sin saber qué resolución tomar ni cuál era el cometido asignado. Pero tal dificultad puede remediarse, dando á los jefes de las distintas columnas de ataque instrucciones precisas acerca del objetivo que se les asigna. Nada de esto sucedió en los citados combates, que como todas las operaciones del primer período de la campaña, demostraron la impericia de los encargados de dirigir al ejército inglés.

En resumen, no puede en modo alguno afirmarse que la campaña Anglo-boer haya destruído los principios fundamentales de la táctica: ha demostrado, sí, como ya se había visto en guerras anteriores, las ventajas que el moderno armamento proporciona á la defensiva; pero esta circunstancia ha quedado compensada por la pasividad de los boers, por su completa ineptitud para efectuar reacciones ofensivas. En cambio el ejército inglés dió al enemigo las mayores facilidades para que aprovechara el armamento moderno; al principio de la campaña no puso en práctica los preceptos recomendados por casi todos los autores milita-

res: creyó que podía emplear contra los boers iguales procedimientos que contra los dervises y afridis. Escritores ingleses muy concienzudos dicen que el ejército inglés creía hallarse aún en la época de Waterloo. A pesar de todo, las hecatombes no han sido tales como algunos han pretendido.

Lo que ha demostrado la guerra del Africa austral, es que las tropas que han de luchar contra enemigos dotados de armamento moderno necesitan mayor instrucción y un *valor moral* muy elevado. Pero precisamente el estado social de la mayor parte de las naciones, el sistema de reemplazo hoy en vigor y la corta duración del servicio, tienden más bien á rebajar que á elevar el espíritu militar y éste constituye en realidad la base de la resistencia de las tropas.

Un ejército no puede sufrir mayor número de bajas que las necesacesarias para quebrantar la *energía moral* de que dispone en el momento del combate. Esta depende del estado psicológico de las tropas, que es en extremo variable. No es, pues, de extrañar que los progresos del armamento no hayan coincidido con un aumento en el número de bajas; antes bien, éstas parecen disminuir, lo cual puede explicarse por la depresión del valor moral, ó, si se quiere, del espíritu militar de los ejércitos modernos, ó bien porque éste no ha aumentado en proporción de las dificultades del actual procedimiento de combate y de los efectos del fuego á mayores distancias, que exigen que el soldado resista más tiempo la tensión nerviosa engendrada por el peligro. En resumen, las bajas necesarias para que un ejército se repute vencido, depende del elemento *hombre* y no del elemento *arma*, y aquél, sobre todo, cuando se halle embebido en una colectividad y en desequilibrio moral, se conserva constante al través de los siglos.

CABALLERÍA É INFANTERÍA MONTADA.

La índole de esta campaña, y las condiciones de los ejércitos combatientes, no se prestaron á que desempeñara en ella la caballería papel importante. Los boers carecían de este arma, y los ingleses no dieron muestras de saberla manejar. La exploración fué siempre deficiente, y sea por el empleo de la pólvora sin humo, sea por el desconocimiento completo del teatro de la guerra y por la índole de ésta, sea también por falta de instrucción adecuada para ello, el servicio de exploración ó no se hizo, ó se hizo mal. Claro es, que si la infantería inglesa se hallaba con frecuencia detenida é imposibilitada de avanzar á causa del fuego de los boers, no podía en modo alguno emplearse la caballería en los campos de batalla, para dar cargas, que hubiesen resultado por completo infructuosas. Pero en muchas ocasiones, sobre todo cuando los ingleses se reputaban vencedores, la caballería se destinó á la persecución, y la mayor parte de ellas el resultado fué caer en una emboscada y rendirse; de modo que tales persecuciones, lejos de ser fructíferas, resultaron siempre perjudiciales. Esto demuestra palpablemente que si bien la caballería inglesa dió muestras de ímpetu, no las dió de hallarse preparada para desempeñar su principal cometido, cual es, servir de ojos y oido al ejército. Bien es verdad que las innumerables sorpresas de que los ingleses fueron víctimas, demuestran que los servicios de exploración y seguridad se hallaban en el mayor descuido.

Indudablemente la operación más importante llevada á cabo por la caballería inglesa durante toda la campaña, fué la marcha de la división French para el levantamiento del sitio de *Kimberley*; esta marcha pudo efectuarse con gran rapidez, gracias á que todas las tropas de que disponía dicho general eran montadas; pero quizá en este caso las cosas

marcharon más rápidamente de lo que convenía. Es evidente que para lord Roberts tenía mayor importancia derrotar y copar, si era posible, á Cronje, que entrar en *Kimberley*; esto hubiera sido la consecuencia inmediata de lo otro, pero la toma de la población no suponía en modo alguno la rendición del general boer. La división French, en vez de marchar directamente á *Kimberley*, debió torcer hacia el Oeste para coger de flanco las posiciones de Cronje, é impedir la retirada; haciéndolo así quizá hubiese logrado un mes antes la capitulación de los boers, evitando las penosas marchas desde *Jacobsdal* á *Paardeberg*. Como las fuerzas que seguían á French estaban compuestas principalmente de infantería, hubieron de quedar muy retrasadas y Cronje aprovechó el claro que quedó entre ellas y French para retirarse, lo cual no hubiese sucedido sin la atracción que *Kimberley* ejerció sobre la división French, desviándola de su principal objetivo.

Es indudable que durante la marcha de *Jacobsdal* á *Bloemfontein* estuvo encomendado á la división French un papel importantísimo, que parecía relativamente fácil de desempeñar, dada la naturaleza del terreno no muy accidentado, y la falta de caballería de los boers; pero á pesar de estas ventajosas circunstancias, es lo cierto que esta división por sí sola nada pudo lograr, ni en concepto estratégico ni en el táctico. Lo que resulta probado es que la caballería inglesa llegó á *Bloemfontein* en un estado deplorable, y, según afirman autoridades inglesas, no sólo á consecuencia de las fatigas ocasionadas por la marcha, si que también por la falta de conocimiento en el manejo y cuidados que el ganado exige, y de los cuales no se mostraron muy conocedores los oficiales ingleses. Hay que advertir, además, que esta marcha de la caballería no se puede comparar en rapidez con las efectuadas en las guerras europeas, ni mucho menos con los famosos *raids* de la guerra de Secesión americana. Para recorrer 150 kilómetros, el ejército inglés empleó 27 días; no puede por tanto citarse esta marcha como un ejemplo de rapidez.

En esta guerra favoreció mucho la movilidad táctica y estratégica de los boers, la ventaja de ser casi todos montados; pero sería un error creer que los ejércitos europeos pueden tener infantería montada en iguales condiciones. El boer, por la necesidad de montar, á fin de recorrer las largas distancias que separan los lugares habitados en países de

escasa población, es naturalmente jinete, por lo menos á su manera; de modo que sin esfuerzo alguno monta y se sostiene á caballo; por otra parte, el boer podía hacer uso de los caballos del país, que estaban á su vez familiarizados no sólo con la comarca, si que también con los hábitos de sus dueños. El caballo era para el boer un auxiliar que le prestaba excelentes servicios, sin exigirle en cambio grandes cuidados. Pero no debe creerse que los boers trataran nunca de suplir con infantería montada los servicios de la caballería, pues si tuvieron conocimiento de los movimientos y situación de las fuerzas inglesas, fué principalmente por el espionage, por confidencias, por el conocimiento del país; servicio de exploración no lo hubo. Y claro es que no pudieron soñar jamás en emplear fuerzas montadas en los campos de batalla.

No ha sido ciertamente en esta campaña en donde se ha hecho por primera vez uso de la infantería montada por parte de los ejércitos europeos; los ingleses ya la habían empleado, y con buen éxito, en Egipto, y no constituía novedad. Pero los boers podían ser todos *infantes montados*; cualquier ejército europeo que opere en comarcas lejanas de su país, en donde no sea fácil emplear en grandes masas la caballería, sólo podrá valerse con ciertas limitaciones de la infantería montada. En primer lugar no todos los infantes podrán tenerse bien á caballo, y aun cuando se diga que para el caso que nos ocupa no se necesita ser buen jinete, es preciso por lo menos serlo malo, pues al fin y al cabo hay que exigir al que monta que no se caiga del caballo.

En segundo lugar la adquisición del ganado no es fácil; pues el infante montado, so pena de convertirse en soldado de caballería, ni sabe ni puede dar al caballo los cuidados que necesita; precisa que éste se halle entregado poco menos que á sí mismo. Esto sólo puede hacerse con ganado del país, pues la experiencia ha demostrado que el procedente de otros climas, en donde por lo común se halla sujeto también á distinta alimentación, sufre muchas bajas. Pero claro es que los habitantes del país tendrán buen cuidado de retirar el ganado y evitar que el invasor lo utilice. Además, si bien es cierto que el caballo proporciona mayor movilidad y sobre todo evita fatigas, no deja de ser una impedimenta en algunos casos, tanto por la necesidad de alimentarlo, como porque en muchas ocasiones precisa desmontar, y en tal caso raras veces po-

drá prescindirse de dejar fuerza que lo custodie; pues si los boers no lo hacían era, en primer lugar, porque ya sabían que no era de temer que los ingleses descubrieran el sitio en que los dejaban, y además ya el caballo boer se hallaba avezado á quedarse sólo en el sitio en que su dueño lo dejara, y esperar tranquilamente que volviera.

Así, pues, entendemos que la infantería montada no es más que un expediente al cual deberá recurrirse en el caso de que, por circunstancias especiales, no pueda emplearse la caballería y á la cual nunca podrá suplir, y creemos que los ingleses erraron en muchas ocasiones al unir en una misma columna caballería é infantería montada, porque ésta forzosamente ha de quitar á la primera la velocidad que le caracteriza, ó quedar rezagada, en cuyo caso la unión se rompe.

Siempre que el terreno y las demás circunstancias lo permitan, creemos preferible el empleo de unidades de ciclistas al de infantería montada, pues la bicicleta permite en carreteras mayor velocidad y no exige los cuidados del ganado; claro es que una bicicleta no llega á donde puede hacerlo un caballo, sobre todo si es del país en que se emplee; pero en este caso el medio de locomoción tiene por principal objeto trasladar al soldado con la menor fatiga y mayor velocidad posible, y en muchos casos bastará que lo aproxime al punto en que ha de emplearse.

Por la misma razón creemos que la caballería instruida en el tiro podrá, en muchos casos, prestar mejores servicios que la infantería montada, sobre todo si va acompañada de ametralladoras, cuyo calibre sea igual al del arma de fuego usada por los jinetes y que sirven para reforzar la acción de éstos.

La infantería montada será siempre un arma híbrida, que sin reunir las ventajas de ninguna de las otras, tendrá gran parte de sus inconvenientes. Si por circunstancias especiales no puede recurrirse ni á los ciclistas ni á la caballería, claro es que el empleo de la infantería montada será una solución aceptable y hasta necesaria, pero no conviene exagerarla ni creer que lo que ha resultado posible entre los boers, pueda serlo para la totalidad de un ejército regular.

Lo que acabamos de manifestar acerca de la infantería montada es aplicable al empleo de las ametralladoras. Sería un error creer que éstas

pueden substituir á la artillería; su verdadero papel se reduce á aumentar la potencia del fuego de la caballería é infantería montada. Para este objeto creemos preferibles las ametralladoras cuyo calibre sea el mismo que el de los fusiles, porque de este modo no se complica el municionamiento. Los calibres intermedios entre los de fusil y cañón no los creemos en este caso convenientes, porque para obrar como artillería resultan de poca potencia, y para producir el efecto de infantería, no es necesario complicar el municionamiento. Por otra parte, cuanto menor es el calibre de las ametralladoras, mayor es su movilidad y también pueden llevar consigo más crecido número de municiones, circunstancia muy atendible cuando se trata de fuerzas que, alejándose del grueso, conviene que transporten gran cantidad de municiones, sin que el peso resulte excesivo.

De todos modos, cuando la lucha tome el caracter de defensa de posiciones, como ha sucedido en la que nos ocupa, y éstas se defienden con el armamento moderno y pólvora sin humo, la constitución de vanguardias ligeras y fuertes que pueden á la vez reconocer y tantear, sin comprometerse, es de todo punto indispensable, y para ello en cada caso habrá que recurrir al arma y á los elementos más adecuados á la clase de terreno en que se opera y á las condiciones de los ejércitos beligerantes.

LOCOMOTORAS CARRETERAS, TRENES ACORAZADOS
Y GLOBOS CAUTIVOS

No puede afirmarse, por lo menos que sepamos, que la guerra que nos ocupa haya sido fecunda en progresos técnicos, á pesar de que los ingleses, por lo adelantado de su industria, se hallaban en condiciones de realizarlos.

Las principales aplicaciones técnicas han sido el empleo de locomotoras carreteras y el de trenes acorazados; pero ninguna de las dos constituye verdadera novedad. Las primeras las usaron ya los mismos ingleses en Crimea, pero entonces eran muy imperfectas, por lo cual su empleo fué muy limitado, generalizándose más en las campañas franco-alemana y turco-rusa. Las usadas en el Sud de Africa han sido las de Fowler, á las cuales hubo que hacer algunas modificaciones exigidas por la naturaleza de la comarca. Estas modificaciones consistieron en protegerlas contra los torbellinos de arena levantados por el viento, emplear llantas de mayor anchura, para poder marchar por terrenos poco consistentes, disponer el hogar de modo que pudiera quemar toda clase de combustible, incluso el petróleo, y aumentar la capacidad de los depósitos de agua. Entre varios servicios prestados por estas locomotoras se cita el del paso del *Tugela*, sin necesidad de puente, pues, gracias á la anchura de las llantas, no se hundían en el lecho. Estas máquinas pesaban 18 toneladas y desarrollaban 120 caballos; la caldera soportaba presiones de 12,6 kilógramos por centímetro cuadrado; los depósitos de agua contenían 1560 litros. Estas locomotoras podían marchar con velocidades de 3, 6 y 9 kilómetros por hora, y los últimos tipos alcanzaban hasta 12 kilómetros. Al principio arrastraban trenes de 25 toneladas, es decir, vez y media su peso; pero las últimas remolcaban ya pesos mayores. Además de servir para el remolque de los trenes, se emplearon como máquinas fijas para mover una dinamo y producir luz eléctrica para los tornos á

que se arrollan los cables de los globos cautivos y para arrastrar arados capaces de abrir surcos de 0,75 metros de profundidad.

Los trenes acorazados han sido otro de los elementos de que los ingleses han usado con frecuencia, aun cuando no siempre en ocasiones oportunas, pues para que den buen resultado precisa que la vía á retaguardia se halle segura, de lo contrario puede un tren encontrarse aislado, sin poder avanzar ni retroceder. No hay inconveniente en aplicar el acorazado á las locomotoras para caminos ordinarios y á los carros que arrastran. Hay que tener en cuenta que las corazas sólo pueden servir contra la fusilería y la artillería de campaña, pues de lo contrario habría que emplear planchas de gran espesor y resultaría un peso que, por sí sólo, exigiría todo el esfuerzo de tracción que la máquina es capaz de desarrollar. De todos modos los convoyes acorazados, ya sea en las vías férreas, ya en carreteras, sólo pueden tener aplicación limitada, pues el número de locomotoras y carruajes acorazados será siempre escaso. Pueden reputarse tales trenes, ya conduzcan tan solo carruajes aspillerados para fusilería, ya lleven además piezas para tirar á barbeta, como atrincheramientos móviles; pero para que sean útiles es necesario asegurar antes las comunicaciones por donde han de transitar, sin cuyo requisito fácilmente pueden caer en poder del adversario. Los ingleses los emplearon muchas veces para el transporte de las piezas pesadas que emplazaron contra las posiciones boers. En este caso la escolta del convoy iba en otro carro, protegida por planchas de acero aspilleradas.

El empleo de los trenes acorazados no constituye tampoco una originalidad de esta guerra, pues ya los usaron los franceses en el sitio de Paris para dar movilidad á algunas piezas, pero sin resultados.

Los globos cautivos los emplearon los ingleses para reconocimientos; pero no parece que sacaran de ellos gran provecho, dado que raras veces llegaron á tener idea de las posiciones ocupadas por los boers. Este empleo de los globos es de tanta mayor utilidad cuanto más cuidado pone el enemigo en ocultar sus atrincheramientos, de modo que es de suponer que, en lo sucesivo, tal aplicación se irá generalizando. Los globos cautivos empleados por los ingleses tienen 240 á 250 metros cúbicos de capacidad y se componen de capas de tripa superpuestas y unidas sin

costura. La barquilla es pequeña y con la borda baja, á fin de que un observador, de rodillas, pueda mirar por encima de ella. El cable de acero, de 760 metros de longitud y 4,7 milímetros de diámetro, lleva otro telefónico. El hidrógeno va en recipientes de 5 á 6 milímetros de espesor, que pueden resistir una presión de 210 kilógramos, y á 120 atmósferas, contienen 3,6 metros cúbicos de gas: cada carruaje transporta 35 de estos recipientes. El parque aerostático está constituido por un carro con el torno para arrollar el cable, uno con accesorios y cuatro para llevar recipientes; éstos van arrastrados por cuatro caballos y los demás por seis.

Los automóviles, que creemos han de tener grandes aplicaciones en las guerras futuras, no parece que hayan desempeñado papel, por lo menos digno de mencionarse, en esta guerra, siendo de creer que la falta de buenas comunicaciones haya contribuido á ello. De todos modos, la introducción de este elemento significa siempre disminución en la cantidad de ganado, cuya adquisición, alimentación, conservación y reemplazo constituye una de las mayores dificultades.

Tampoco parece que haya tomado carta de naturaleza en esta campaña el empleo de los aparatos de telegrafía sin alambres, que han de substituir con ventaja á los ópticos, cuyo uso resulta frecuentemente imposible por el estado de la atmósfera.

LA GUERRA ANGLOBOER NO HA DEMOSTRADO LA SUPERIORIDAD
DEL SISTEMA DE MILICIAS
CON RELACIÓN AL DE EJÉRCITOS PERMANTES.

Las dos consecuencias más importantes que han querido deducirse de la guerra sudafricana han sido: la imposibilidad de la ofensiva y la superioridad de las milicias sobre los ejércitos permanentes. Ya hemos visto hasta qué punto podía aceptarse lo primero y ahora vamos á examinar si es más admisible lo segundo.

Al estudiar la movilización hemos expuesto los principios rudimentarios de la organización militar de los boers. El efectivo que éstos pusieron en campaña fué variable y es difícil fijarlo con exactitud. En 1.° de enero de 1900 ascendía á 29.000 hombres en el Transvaal y 17.000 en Orange, á cuyos efectivos hay que añadir, entre africanders y extranjeros, 8000 más, lo cual dá un total de 54.000 combatientes. Pero según parece nunca llegaron á reunir tal cifra, y de los datos que proporciona la *Revue Militaire des Armées étrangères* resulta que el máximo de fuerzas que simultáneamente sostuvo la campaña fué de 30.000 hombres.

Esto en cuanto á la cantidad; veamos ahora la calidad. Desde el punto de vista físico, el boer, tirador excelente, jinete consumado, conocedor del terreno, ágil, robusto, avezado á la vida del campo y á la fatiga, sin necesidades de ninguna clase, constituye, sin duda alguna, un soldado ideal. Ningun ejército puede oponerle otro que reuna condiciones no ya iguales, ni siquiera aproximadas. En lo moral posee el boer excelentes condiciones; pero contrarrestadas por defectos que se pusieron de relieve durante la guerra. En la obra de H. C. Hillegas *With the Boer Forces*, repetidamente citada en el artículo de la *Revue Militaire*, á que nos hemos ya referido, se hace del boer el siguiente retrato: «Cuando cree que su deber es combatir y arriesgar la vida, lo hace como pocos; pero si presume que su presencia en el combate no es necesaria, prefiere quedar

en el campamento. Cuando se sujeta á la disciplina lo hace por creerlo su deber, pero no por temor á la autoridad de sus superiores. Es profundamente religioso, y se halla convencido de que, obedeciendo, cumple los designios de la Providencia, que vela por su causa. Debe más á su religión que á la habilidad como tirador las condiciones de un buen soldado. Si el ejército boer se hubiese formado con gente irreligiosa é indisciplinada, en vez de granjeros devotos, apenas hubiese opuesto resistencia. La religión de los boers es su disciplina.»

Esta disciplina es, sin embargo, como ya hemos visto, muy relativa, y como los jefes se nombran por elección, la influencia que ejercen sobre sus subordinados es escasa. El boer fía más en su valor individual que en la acción colectiva: el espíritu de independencia le conduce á obrar apáticamente, ó á no obrar, cuando reputa que se le mandan cosas inútiles. Este mismo espíritu de independencia, y una confianza exagerada en sí mismos, les hacía mirar con cierto desden á los voluntarios extranjeros que servían en sus filas. Si se exceptúa el coronel de Villebois Marenil, el comandante Albrecht y algún otro, ningún extranjero mereció la confianza de los boers, convencidos de que nada podían aprender de aquellos. Pero á pesar de estos defectos, el boer constituye una primera materia como no puede presentar ninguna otra nación, y si alguna vez la superioridad de las milicias debió quedar sentada, ha sido en esta guerra.

Si por un lado la milicia boer constituye en su género un modelo que conceptuamos imposible de imitar por pueblo europeo alguno, por otro el ejército inglés dista mucho de la perfección. Ya en otra ocasión presentamos á los lectores del MEMORIAL un sucinto estudio de las condiciones morales y materiales de aquél ejército, y los acontecimientos de la guerra sudafricana han puesto perfectamente de relieve todos los defectos que allí apuntamos. No puede negarse ciertamente á las tropas británicas el valor de que en todas ocasiones han dado pruebas; pero han demostrado también todas las jerarquías, con rarísimas excepciones, falta de instrucción individual y colectiva, desconocimiento de los modernos procedimientos de combate, descuido en los servicios de seguridad y exploración, movilidad escasa, falta de iniciativa y dirección. De modo que frente á un sistema de milicia casi perfecto, y hasta nos atre-

vemos á decir inimitable, se ha presentado un ejército permanente con imperfecciones notorias. Además, mientras el boer pelea por la defensa de su patria, por su hogar, por su familia, *por sér* ó *no sér*, el soldado inglés solamente lo hace por el honor de la bandera y obligado por la disciplina. Si en estas condiciones, repetimos, no ha quedado demostrada palpablemente la pretendida superioridad de las milicias, es que tal superioridad no puede existir.

Los éxitos obtenidos por los boers durante los primeros meses de la campaña fueron realmente inesperados, pues aun cuando su comportamiento en épocas anteriores inducía á prever una resistencia tenaz, no podía esperarse que por espacio de tanto tiempo impusieran á los ingleses la defensiva, á lo cual ciertamente contribuyeron los errores por éstos cometidos. Estos éxitos, y la universal antipatía que inspira Inglaterra, produjeron á favor de los boers una corriente, universal también, de simpatía, que impulsó á muchos á deducir consecuencias que no están por cierto basadas en una apreciación imparcial y desapasionada de los sucesos.

Hay que considerar en la campaña anglo-boer dos periodos: en el primero, ó de guerra regular, es en donde ocurre la verdadera lucha entre la milicia boer y el ejército inglés; el segundo, es una guerra de guerrillas; por consiguiente, en realidad, la supremacía del sistema de milicias hay que buscarla en el primer periodo. Ahora bien, en éste vemos invariablemente á los boers eligiendo posiciones, atrincherándose en ellas y, aprovechando las excelentes condiciones de tirador que les caracteriza, dar caza al ejército inglés, que, por su parte, hizo cuanto pudo para que las bajas fueran numerosas. Ciertamente que en la mayor parte de los casos el ataque de los ingleses fracasó: sólo en *Belmont*, *Graspan* y *Modder* pudieron apoderarse de las posiciones enemigas; pero ¿qué ventaja sacaron los boers de ello? es indudable que ninguna. Jamás aprovecharon los desastres de sus adversarios para aniquilarlos, como pudieron hacerlo repetidas veces. La situación de las tropas de Buller después de las derrotas de *Spion Kop* y *Vaal Krantz* era ciertamente crítica; un ejército en plena retirada, desmoralizado y debiendo pasar un río en presencia del enemigo victorioso, raras veces efectuará la operación sin dejar en manos del adversario casi todo su material y crecido

número de prisioneros, y, sin embargo, en tales condiciones los ingleses pudieron retirarse tranquilamente. Los boers detuvieron á sus enemigos cuatro meses en la línea del *Tugela* y tres en *Maggersfontein*: pasaron largo tiempo sitiando á *Ladysmith*, *Kimberley* y *Mafeking*, y sin embargo, los ingleses, con el movimiento envolvente efectuado por lord Roberts, hicieron inútiles todos los esfuerzos desarrollados por sus adversarios: de las plazas sitiadas ni una sola pudieron conquistar, y esto que las guarniciones de *Kimberley* y *Mafeking*, y los medios de defensa, eran bien escasos.

En vista de esto, no puede defenderse la superioridad de un ejército de milicianos. Estos, atrincherados en sus posiciones, mientras sólo tenían que recurrir á la eficacia del fuego individual, desarrollaban perfectamente sus admirables cualidades; pero para tomar la ofensiva carecían de la disciplina que funde al individuo en la masa general, y que es indispensable para dar impulsión única y verdaderamente eficaz al ejército. Dadas las condiciones en que se encontraron los ingleses al principio de la campaña, sobre todo después de las derrotas de Buller en el *Tugela*, Gatacre en *Stormberg* y Methuen en *Maggersfontein*, un verdadadero ejército los hubiera barrido del *Natal* y, penetrando en la colonia del *Cabo*, hubiera destruído todas las vías férreas que luego sirvieron para facilitar á lord Roberts su entrada en campaña.

Las circunstancias que hemos expuesto, contribuyeron á dar á los generales boers una aureola ó reputación militar, que es también exageradísima. Tenían el buen sentido, ó si se quiere el sentido práctico del hombre más dado á los trabajos materiales que al estudio; conocían perfectamente el terreno; pero ni como estratégicos, ni como tácticos, ni como organizadores han superado á los guerrilleros de otros paises. La idea de repartir, como hemos visto, en grupos, muchos de ellos de escasa fuerza, las tropas de que disponían, diseminando sus fuerzas, ya no muy numerosas; el empeño de apoderarse de plazas que para nada les hubiesen servido; los errores cometidos por Joubert en el *Natal* y por Cronje en *Orange*, no indican ciertamente conocimientos militares. De todos estos generales el más reputado y más práctico en la direción de los ejércitos era Joubert, á quien ya se debió la victoria de *Amajuba Hill*, y sin embargo, fué el responsable de que la campaña del *Natal* fracasara. Se

trata de atenuar sus faltas por la edad y achaques que padecía, pero también contribuyó á que permaneciera á la defensiva absoluta, el temor de comprometer su gente y de sufrir muchas bajas.

El éxito alcanzado por los jefes boers se debe principalmente á sus cualidades como guerrilleros, al perfecto conocimiento del terreno. En el libro antes citado, *With the Boers Force*, C. Hillegas dice: «El general Cronje ha dirigido las operaciones en la frontera occidental de las repúblicas, cuya topografía conocía tan bién como la de sus propias posesiones. El general Meyer había pasado la mayor parte de su vida en los alrededores del *Biggasberg* y en el alto *Natal*, y no había en estas comarcas un sitio con el cual no estuviese familiarizado. El general Botha era oriundo del valle de *Tugela* y en su infancia cazó el antílope en donde más tarde debía resistir las fuerzas del general Buller. Cristian de Wett nació en *Dewetsdorp*; no había en aquella comarca valle ni barranco que no hubiese recorrido antes de la guerra. El general De Larey pasó gran parte de su vida en el *Griqualand* occidental: cuando llevó sus fuerzas hacia *Kimberley* ó hacia la región Sudoeste de las repúblicas, se encontró en terreno conocido. Snymans, sitiador de *Mafeking*, habitaba antes de la guerra el distrito de *Marico* y conocía la región occidental del Transvaal.»

Este conocimiento del terreno dió á los boers grandísimas ventajas, sobre todo teniendo en cuenta que sus adversarios lo desconocían por completo, careciendo de buenos mapas y de buen servicio de exploración. Los éxitos obtenidos por las fuerzas boers fueron en definitiva completamente nulos; porque las victorias de nada sirven, si no se aprovechan. Mientras los ingleses acumularon falta sobre falta, no pudieron vencer á sus adversarios; cuando fueron bien dirigidos, la guerra regular terminó rápidamente.

Los éxitos obtenidos por los boers, se deben principalmente á sus condiciones como guerrilleros: por ello resisten el empuje de los ingleses, y parece que se hallan aún en condiciones de continuar por más tiempo la resistencia. En esta guerra se repite lo que ha sucedido siempre y cuando se ha tratado de combatir un alzamiento verdaderamente nacional, en que ha bastado un puñado de hombres decididos y conocedores del país, para tener en jaque ejércitos numerosos, y aquí

la cuestión se ha complicado aún con el factor clima, que tan desfavorablemente interviene en las guerras coloniales. Los boers, defendiendo su independencia con tenacidad admirable, no han hecho más que poner en práctica los procedimientos usados por nuestros guerrilleros en la guerra de la Independencia, por nuestros cabecillas en la guerra carlista, por los cubanos y por los filipinos. Y así les sucede á los ingleses en el Sud de Africa lo que á los franceses en España, á nosotros en Cuba y á los norteamericanos en Filipinas. No vale ser de una *raza superior* para dominar rápidamente pueblos que sostienen una guerra nacional y se hallan decididos á jugar el todo por el todo. La historia de las numerosas columnas que persiguen á los guerrilleros y los estrechan en un círculo de fuego, ó hierro, se ha repetido en la guerra del Transvaal; unas veces era De Wet, otras De Larey, otras Botha los que estaban ya á punto de sucumbir; pero en el momento crítico las fuerzas de éstos se han desvanecido, para aparecer nuevamente, obligando á comenzar la persecución, y acá sorprendían un convoy, allá copaban un destacamento, ó se apoderaban de un tren repleto de víveres ó municiones. El sistema es viejo, casi tan viejo como el mundo; y los ingleses están aprendiendo á su costa, si no lo han aprendido ya, que las *naciones vivas* también sufren contratiempos.

Los boers, como pueblo débil y enemigo de los ingleses, se han captado las simpatías, para ellos desgraciadamente estériles, de la masa de todas las naciones; la lucha desesperada y tenaz que sostienen contribuye poderosamente á desfigurar un tanto los resultados obtenidos en su campaña contra Inglaterra, sobre todo por parte de aquellos que, por sus opiniones políticas y sociales, se hallan ya predispuestos á favor de ciertas ideas. Por esto los enemigos de los ejércitos permanentes se empeñan en deducir, como consecuencia de los hechos acaecidos en el Africa austral, la superioridad de las milicias, cuando, al fin y al cabo, examinando los sucesos imparcialmente, resulta todo lo contrario. Pero aun suponiendo que la milicia boer hubiese probado plenamente tal superioridad ¿puede afirmarse que haya en Europa nación alguna capaz de formar otra en iguales condiciones?

Desde el punto de vista físico no creemos que nadie trate de comparar al boer con los habitantes de los países europeos; claro es que los de

las ciudades quedan desde luego descartados, y aun cuando entre los del campo se hallaran algunos que, por sus ocupaciones, tuvieran aptitud para resistir toda clase de fatigas, la mayoría de ellos difícilmente sabe manejar un fusil; éste y el caballo son compañeros inseparables del boer. Aparte de las condiciones físicas, que hacen individualmente de cada boer un excelente soldado, ya hemos visto que, según opinión autorizada, los factores morales han contribuido aún más poderosamente que los materiales á la resistencia que presentan al invasor las repúblicas sudafricanas. Los pueblos europeos, y en general todos los que alcanzan cierto grado de cultura y riqueza, pierden la virilidad que caracteriza á los pueblos primitivos y pobres. El apego á los bienes materiales, á la comodidad y al lujo se sobrepone á todo y facilita la tarea de los invasores. Compárese la conducta de los boers con la de los franceses en la guerra de 1870 y con la de los griegos en la de 1895. Recuérdese lo que pasó en España durante la última guerra, al presumirse que se equipaba una escuadra destinada á operar contra las costas de la Península, y el pánico que produjo en los Estados Unidos el rumor de la proximidad á sus costas de la escuadra española, más inmotivado aún que el originado en nuestro país. A los que tan injustificadamente se amedrentaron dedica Mahan en su libro *Lessons of the war with Spain* el siguiente párrafo, que no tiene desperdicio: «No bastaba pensar en Cuba y Puerto-Rico como puntos de ataque; había otras consideraciones que se imponían. Tenemos un extenso litoral y era notorio que su defensa, juzgada según las ideas modernas, era tal que ni los técnicos ni las poblaciones podían fiar en ella. Muchos ciudadanos dieron muestra de un pánico indigno de hombres, pánico desmesurado, irreflexivo y por consiguiente irracional, debido en gran parte, según temo, al falso evangelio de paz que muchos predican para el bienestar material y la tranquilidad de ánimo de los que lo creen: de aquel evangelio que se esfuerza con sus argumentos contra la guerra, en apagar todo resentimiento justo, toda idea noble, estraviando la masa con la exageración de los males de la guerra y de las pérdidas y arrojando *la perla de la paz al cerdo del egoismo*» (sic).

Pensar que con estos elementos, que tanto abundan hoy en todos los países, y que en rigor forman casi toda la clase media ávida de rique-

za, de comodidad, de lujo, y dominada por la idea de esquivar toda clase de sacrificios morales y materiales, puede formarse una milicia como la boer, es delirio evidente; y si aquella ha resultado, á pesar de las condiciones excepcionales de sus individuos, con todos los defectos anejos al sistema, medradas resultarían las naciones que intentaran fiar á tal sistema la conservación de su independencia. Gracias que los ciudadanos pacíficos no embaracen con lamentaciones, temores y pánicos la acción de las fuerzas militares, obligando á los gobiernos á emplearlas, no en donde su acción resultara más eficaz, sino en los puntos que tales ciudadanos creen más propios para su tranquilidad y reposo. Cuando una nación se halla sériamente amenazada, no basta con que cumplan con su deber los ejércitos de mar y tierra; precisa que todos los ciudadanos conserven la suficiente virilidad y entereza para imponer, ya que no material, moralmente al adversario.

Es indudable que el derecho de la fuerza ha sido siempre el que en último resultado ha dirimido las contiendas entre los pueblos; pero no puede negarse que, en estos últimos tiempos, con el predominio de las naciones *prácticas* y *positivas*, sobre las que han derramado raudales de sangre en defensa de ideales, más ó menos aceptables, la preponderancia de la fuerza se ha acentuado. De ello hemos resultado las primeras víctimas, pero no seremos las únicas.

FIN.

FERROCARRILES ESTRATÉGICOS.

FERROCARRILES ESTRATÉGICOS

POR

D. EUSEBIO GIMÉNEZ LLUESMA,

COMANDANTE DE INGENIEROS.

MEMORIA PREMIADA EN PÚBLICO CERTAMEN
ORGANIZADO POR LOS
ANALES DEL EJÉRCITO Y DE LA ARMADA
CON MOTIVO DE LA MAYORÍA DE EDAD Y JURAMENTO
DE S. M. EL REY D. ALFÓNSO XIII.

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

1902

ÍNDICE.

LA FRONTERA PORTUGUESA.

Páginas.

LAS RÍAS DE GALICIA.

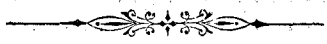
EL CANTÁBRICO.

LA COSTA DE LEVANTE.

Páginas.

LAS ALPUJARRAS Y GIBRALTAR.

RECOGIMIENTO.



ADVERTENCIA.

Desde el 29 de marzo del presente año 1902, fecha en que terminé este trabajo que destinaba al Certámen militar, hasta hoy 29 de septiembre, día en que le doy la última mano para enviarlo á la imprenta, se han desarrollado sucesos de gran importancia para España, que vienen á confirmar las esperanzas que manifestaba al final del capitulo *Recogimiento.* Y como estos sucesos tal vez influyan de una manera decisiva en la resolución del problema nacional de los ferrocarriles militares, no puedo menos de hacerme cargo de ellos y de encabezar la Memoria con algunas consideraciones que creo muy pertinentes.

Decía yo el 29 de marzo al final del citado capítulo *Recogimiento*:

«Nos hemos encontrado muchas veces, en el curso de este trabajo, con la necesidad de una línea militar, y decíamos: *Hay que gestionar la construcción de este ferrocarril, absolutamente necesario para la defensa nacional, y de gran conveniencia para la vida normal del país.* Pero al escribir esto, se me presentaba la dificultad del elemento activo que debía ejecutar la gestión. Si no existiese el federalismo, el divorcio entre los centros ministeriales, entre todas las clases, entre todas las profesiones, entre todos los cuerpos, la gestión sería sencilla y de se-

guro resultado; pero la falta de unión entre los españoles, la falta de armonía, la falta de ideales comunes, se traduce en atraso, en estancamiento, en anemia, en raquitismo de la vida nacional.»

«Para salir de esta postración, favoreciendo las corrientes regeneradoras que vienen de nuestras provincias del Cantábrico, y para recoger las aspiraciones de los que no se resignan á que el territorio español quede limitado á las mesetas castellanas, hacen falta elementos de opinión, de una parte, y de otra, el elemento que inspire unas veces, que recoja otras, los ecos que vengan de las sociedades patrióticas, de las corporaciones como la *Liga marítima,* ya creada, ó como la *Liga de ferrocarriles*, que debía crearse, por ir confundidos intereses de todas clases, tanto en las comunicaciones marítimas como en las terrestres; elemento activo, poderoso; elemento independiente, cuya vida y cuyos intereses sean la vida y los intereses de la patria; y ese elemento vigoroso, creador, resumen de todas las actividades y de todas las aspiraciones nacionales, debe buscarse en las alturas, debe buscarse en el Trono; sólo puede serlo el Poder real.»

«Concluí este trabajo en el momento en que el sonido alegre de las campanas de mi pueblo conmemoraba la resurrección del Redentor del mundo. ¿Será éste un aviso, un síntoma, una esperanza, un anuncio de que en próxima fecha vendrá á la vida oficial el Redentor de España? Al salir de mi recogimiento, siento consuelo en el alma: tengo fé, y espero.»

. . . . . .

No habían transcurrido dos meses. Llegó el 17 de mayo, y se verificó la imponente ceremonia de la Jura del Rey. El pueblo de Madrid aclamaba con delirante entusiasmo al Soberano, cuyo reinado empezaba en tan memorable día. Los príncipes extranjeros no podían disimular el encanto que les pro-

ducía el trato agradabilísimo, la precoz inteligencia y la extensa cultura de S. M. Todo anunciaba que las esperanzas concebidas iban á realizarse.

El Rey es el Jefe del Ejército y de la Armada; y como el Jefe es el que debe dar el ejemplo de amor al uniforme, S. M. se presentó en todas partes vestido de Capitán General ó de Almirante. Este ha sido el acto más significativo de amor y de interés por las Instituciones militares.

Llegó la época del veraneo y marchó la Corte á San Sebastián. Se proyectó la visita al Principado de Asturias. En aquella hermosa región española está Covadonga, cuna de la nacionalidad española. Allí tenemos ahora, también, la base de la Nueva España, y desde allí vienen los ecos que nos anuncian la reconstitución de la patria, ecos que he consignado en la Memoria, con el epígrafe de *Nueva Reconquista.*

Los recuerdos del pasado en Covadonga; la hermosa realidad del presente, con el poderoso renacimiento industrial de Asturias; la esperanza en el porvenir, á la vista de aquella fecunda vida de trabajo manual é intelectual, habrán constituído un conjunto encantador para nuestro Rey. Y al visitar las fábricas vistiendo el uniforme militar y siendo proclamado Rey de los obreros; al hacer ver la perfecta compatibilidad que existe entre el estudio de los problemas de la guerra y la afición y el estudio de todo aquello que represente el fomento de la riqueza pública, dió un alto ejemplo de unión de todas las clases sociales (de especial aplicación, por cierto, á los que quieren hacer incompatibles el uniforme militar y el ejercicio de la ingeniería en el terreno particular), y despertó la esperanza, avivando la fé, de que los problemas nacionales tendrán un defensor poderoso, armonizando distintas tendencias y aunando los esfuerzos de todos aquellos que deban intervenir en la resolución de tales problemas.

Y ahora sí que repito con el espíritu abierto á toda clase de esperanzas, lo que decía al terminar esta Memoria: «Al salir de mi recogimiento, siento consuelo en el alma: tengo fé y espero.»

RESUMEN Y CLASIFICACIÓN DE LÍNEAS.

LÍNEAS GENERALES PARA LA CONCENTRACION.

RESUMEN GENERAL

DE LAS

LÍNEAS PROPUESTAS, PROYECTADAS Ó EN CONSTRUCCIÓN

QUE SE CITAN EN ESTA MEMORIA.

SORIA Á CASTEJÓN.—Ferrocarril de vía ancha ó normal, que sería sección de la línea directa de Madrid á Paris.

PAMPLONA Á PASAJES.—Ferrocarril de vía ancha, que serviría de unión entre los campos atrincherados de Pamplona y Oyarzun, y sería sección de la línea directa de Madrid á Paris.

PAMPLONA Á JACA.—Ferrocarril de vía ancha, prolongación del anterior, que comunicaría los campos atrincherados de Jaca y Pamplona.

PAMPLONA Á IRÚN.—Ferrocarril de vía estrecha, que serviría para comunicar con Pamplona los valles de la cuenca del Bidasoa.

PAMPLONA Á RONCAL.—Ferrocarril secundario para comunicar á Pamplona con todos los valles de la región oriental de Navarra. Esta línea tendría un ramal á Sangüesa, por Lumbier.

ESTELLA Á PAMPLONA.—Ferrocarril de vía estrecha, que sería prolongación del de Vitoria á Estella.

ESTELLA Á LOGROÑO.—Ferrocarril de vía estrecha para establecer la comunicación entre Estella y la derecha del Ebro.

ESTELLA Á VITORIA.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del de Pamplona, para unir la posición de Estella con la llanada de Alava.

VITORIA Á DURANGO.—Ferrocarril de vía estrecha para establecer la comunicación directa entre Vitoria y Bilbao, por el enlace con la red de vías férreas vizcainas.

BARBASTRO Á AINSA.—Ferrocarril secundario para enlazar á Barbastro con la posición defensiva de El Grado y con Ainsa, centro importante de la montaña.

LÉRIDA Á BALAGUER.—Ferrocarril de vía estrecha, que podría ser la primera sección, después de transformarse, de la línea del Noguera Pallaresa.

VIELLA Á LÉRIDA.—Ferrocarril de vía estrecha, de gran importancia, que nos daría acceso á la frontera, y que pondría en comunicación con Lérida al valle de Arán, región de la vertiente septentrional de los Pirineos.

LÉRIDA Á MEQUINENZA.—Ferrocarril de vía estrecha, que enlazaría estos dos puntos del valle inferior del Segre, que constituyen, con Balaguer, una sola posición defensiva.

MEQUINENZA Á ALCAÑIZ.—Ferrocarril de vía estrecha que pondría á Lérida en comunicación directa con la derecha del Ebro y que enlazaría la línea directa de Zaragoza á Barcelona, con la de Valdezafán.

ALCAÑIZ Á MONTALBÁN.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del anterior, que enlazaría el Bajo Aragón con Montalbán, centro de las comunicaciones ferroviarias que van á construirse para la extracción de los carbones de Utrillas.

MONTALBÁN Á TERUEL.—Ferrocarril de vía estrecha, que sería la prolongación del de Zaragoza á Montalbán y Utrillas.

TERUEL Á LANDETE.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación á Teruel con la Serranía de Cuenca.

LANDETE Á UTIEL.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación la Serranía de Cuenca con la región de Levante.

UTIEL Á ALBACETE.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del anterior, que pondría en comunicación á Teruel con la Mancha y que enlazaría las dos líneas de Madrid á Valencia, una que está en explotación y otra que se ha de construir.

ALBACETE Á VADOLLANO.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación á la Mancha con la sierra de Alcaráz y con la cuenca del Guadalquivir.

BERGA Á GUARDIOLA.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del de Manresa á Berga, que nos acercaría á la zona en donde debían operar las tropas de la Cerdaña.

RIPOLL Á RIBAS.—Ferrocarril de vía ancha, que sería un ramal del de Barcelona á San Juan de las Abadesas, por Granollers y Vich.

RIBAS Á PUIGCERDÁ.—Ferrocarril de vía estrecha, que nos permitiría operar en la Cerdaña y en toda la zona de los valles altos del Ter, Llobregat y Segre.

FIGUERAS Á ROSAS.—Ferrocarril de vía ancha, que enlazaría nuestra plaza fronteriza con el golfo de Rosas, primera posición de la base de operaciones marítima de la costa de Levante.

GERONA Á OLOT.—Ferrocarril de vía estrecha, en parte construído y en explotación, que debía comunicar la importantísima posición de Olot con el centro defensivo de la región oriental fronteriza de Cataluña.

ALCAÑIZ Á SAN CÁRLOS DE LA RÁPITA.—Ferrocarril de vía ancha, llamado de Valdezafán, que sería la línea directa de Zaragoza al Mediterráneo, terminando en el puerto natural de Los Alfaques. Esta línea pasaría frente á Tortosa, gran cabeza de puente sobre el río Ebro.

MONTALBÁN Á ZARAGOZA.—Ferrocarril de vía estrecha, que está en construcción adelantada, y que será una sección de la línea directa de Zaragoza á Teruel.

MONTALBÁN Á CALAMOCHA.—Ferrocarril de vía estrecha, que servirá para poner en comunicación el centro de Montalbán con el central de Aragón.

MONTALBÁN Á VINARÓZ.—Ferrocarril de vía estrecha, de gran importancia militar, por poner en comunicación el centro de Montalbán, la plaza de Morella y el puerto de Vinaróz, en el Mediterráneo. Atravesaría esta línea el Maestrazgo, y debía subvencionarse, pues no puede construirse sin auxilio del Estado.

CALAMOCHA Á GUADALAJARA.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del de Montalbán á Calamocha, que pondría en comunicación el noroeste del Maestrazgo con Molina de Aragón y con toda la cuenca del Tajo.

CALAMOCHA Á CARIÑENA.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación la cuenca del Huerva con la del Giloca.

CUENCA Á LANDETE.—Ferrocarril de vía estrecha, que enlazaría á Cuenca con Teruel, y con Valencia por Utiel.

CUENCA Á VILLARROBLEDO.—Ferrocarril secundario que enlazaría las líneas de Alicante á Madrid, de Madrid á Utiel y de Manzanares á Motilla del Palancar.

MADRID Á UTIEL.—Ferrocarril de vía ancha, de gran importancia para

la defensa de la costa de Levante, pues completaría la línea directa de Madrid á Valencia.

Manzanares á Motilla del Palancar.—Ferrocarril de vía ancha, que sería la comunicación directa entre Valencia y Extremadura.

Alicante á Dénia.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación todos los puntos de la costa de Levante entre Alicante y Valencia.

Alicante á Játiva.—Ferrocarril de vía ancha, que completaría la línea directa de Alicante á Valencia.

Almería á Huércal-Overa.—Ferrocarril de vía ancha, que pondría en comunicación á Murcia con Almería.

Baza á Guadix.—Ferrocarril de vía ancha, enlace con la línea de Almería á Linares.

Granada á Moreda.—Ferrocarril de vía ancha, que completaría la línea directa de Murcia á Granada.

Granada á Martos.—Ferrocarril de vía ancha, que pondría en comunicación directa á Granada con Jaen, y que enlazaría las líneas de Bobadilla á Granada, de Jaen á Puente Genil, y que sería la prolongación de la línea de Despeñaperros.

Granada á Calahonda.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría á Granada en comunicación directa con las Alpujarras y con la costa del Mediterráneo.

Almería á Málaga.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación los pueblos de la costa de Almería, Granada y Málaga.

Puertollano á Córdoba.—Ferrocarril de vía ancha, que sería una sección de la línea directa de Madrid á Sevilla.

Ronda á Morón.—Ferrocarril de vía ancha, que pondría en comunicación á Sevilla con la Serranía de Ronda y con la línea de Algeciras á Bobadilla.

Ronda á Jerez de la Frontera.—Ferrocarril de vía ancha, que sería la comunicación á retaguardia de Sierra Carbonera, entre Cádiz y la Serranía de Ronda.

Plasencia á Madrid.—Ferrocarril de vía estrecha por el valle del Tiétar, que le daría á Madrid una nueva línea de comunicación con Plasencia.

Plasencia á Cória.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del anterior, que podría ser una sección, después de transformar la vía estrecha en vía ancha, de la línea internacional que fuese á Monfortinho.

Cória á Alcántara.—Ferrocarril secundario, que pondría en comunicación estos dos puntos avanzados de la frontera hispano-portuguesa.

Alcántara á Alburquerque.—Ferrocarril secundario, que cruzaría la línea de Cáceres á Portugal, enlazando con ella, y relacionaría estas dos plazas con la base de operaciones.

Alburquerque á Olivenza.—Ferrocarril secundario, que pondría en comunicación directa con la plaza principal de Badajoz las plazas secundarias, extremos de esta línea.

Olivenza á Fregenal de la Sierra.—Ferrocarril secundario, prolongación del anterior, que enlazaría con la línea que tomaríamos como base de operaciones.

Avila á Salamanca.—Ferrocarril de vía ancha, parte construído y en explotación, que completaría la línea directa de Madrid á Salamanca.

Zamora á Fermoselle.—Ferrocarril secundario de acceso á la frontera portuguesa.

Zamora á Alcañices.—Ferrocarril secundario de acceso á la frontera portuguesa.

Benavente á la Puebla de Sanabria.—Ferrocarril secundario, que pondría en contacto con la base de operaciones el territorio de Sanabria, zona fronteriza de importancia.

Benavente á Medina del Campo.—Ferrocarril de vía ancha, que sería una sección de la línea directa de Madrid á Galicia.

Benavente á León.—Ferrocarril de vía ancha, que sería una sección de la línea directa de Madrid á Gijón.

Valladolid á Toro.—Ferrocarril de vía ancha, prolongación del de Ariza á Valladolid, que enlazaría en Tordesillas con las líneas directas de Madrid á Galicia y Asturias, y en Toro con la línea de Zamora.

Monforte á Vigo.—Ferrocarril de vía estrecha, última sección de nuestra base de operaciones sobre la frontera portuguesa, para evitar la línea del Miño por su proximidad á la frontera.

Monforte á la Ría de Arosas.—Ferrocarril de vía ancha de gran

importancia militar, porque pondría en comunicación directa las regiones oriental y occidental de Galicia.

Orense á Verín.—Ferrocarril secundario, que pondría en comunicación con Orense toda la región meridional de la provincia, zona fronteriza de gran importancia.

Vigo á Bayona.—Ferrocarril secundario para las fuerzas móviles, en la márgen izquierda de la ría de Vigo.

Pontevedra á Cangas.—Ferrocarril secundario, que pondría en comunicación las rías de Pontevedra y de Vigo, contribuyendo á la defensa en la márgen derecha de esta última.

Carril á Cambados.—Ferrocarril secundario para la defensa de la costa oriental de la ría de Arosas.

Padrón á Santa Eugenia.—Ferrocarril secundario para la defensa del noroeste de la ría de Arosas.

Santiago á Noya.—Ferrocarril secundario para la defensa de la ría de Noya y de Muros.

Santiago á la Coruña.—Ferrocarril de vía ancha, que sería una sección de la importantísima línea directa de comunicación entre Ferrol, Coruña y Vigo.

Coruña á Corcubión.—Ferrocarril secundario para la defensa de la ría de Corcubión.

Ferrol á Gijón.—Ferrocarril de vía estrecha de gran importancia, que pondría en comunicación directa á Galicia con Asturias, por Villalba y Mondoñedo.

Ferrol á Ortigueira.—Ferrocarril secundario de la costa.

Ortigueira á Vivero.—Ferrocarril secundario, prolongación del anterior.

Vivero á Foz.—Ferrocarril secundario, prolongación del anterior, que enlazaría con la línea directa del Ferrol á Gijón.

Villafranca del Bierzo á Ribadeo.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación la interesante comarca del Bierzo con la costa del Cantábrico.

Lugo á Ribadeo.—Ramal ó ramales de ferrocarril de vía estrecha, que enlazáran con las dos líneas de Villafranca á Ribadeo y de Ribadeo al Ferrol.

Cangas de Tineo á Pravia (Valle del Narcea).—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación á Cangas de Tineo con Tineo, con Pravia y con la costa del Cantábrico, enlazando con el ferrocarril del Ferrol á Gijón y con el de Trubia y Oviedo.

Trubia á la costa.—Ferrocarril de vía ancha, prolongación del de Oviedo á Trubia, que enlazaría con el de Gijón al Ferrol.

Gijón á Ribadesella.—Ferrocarril de vía estrecha, prolongación del de Gijón al Ferrol, y que enlazaría con el de Oviedo á Santander.

Infiesto á Cabezón de la Sal.—Ferrocarril de vía estrecha, que completaría la línea del Cantábrico.

Alar del Rey á Burgos.—Ferrocarril de vía estrecha, que enlazaría las líneas de Venta de Baños á Burgos y Santander, y que pondría en directa comunicación á estos dos puntos del sostén.

Aranda de Duero á Burgos.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación á Burgos con la línea del Duero, y que sería una sección del ferrocarril del Meridiano.

Aranda de Duero á Segovia.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación á Segovia con la línea del Duero.

Sepúlveda á Soria.—Ferrocarril de vía estrecha, que sería un ramal del anterior, y que pasando por Burgo de Osma, pondría en comunicación directa á Segovia con Soria.

Avila á Segovia.—Ferrocarril de vía estrecha, que pondría en comunicación directa estas dos plazas castellanas, puntos avanzados de la región central.

CLASIFICACIÓN

DE LAS

LÍNEAS PROYECTADAS, PROPUESTAS Ó EN CONSTRUCCION

QUE SE CITAN EN ESTA MEMORIA.

VÍA ANCHA Ó NORMAL.

Soria á Castejón.
Jaca, por Pamplona, á Pasajes.
Ripoll á Ribas.
Figueras á Rosas.
Alcañíz á San Carlos de la Rápita.
Madrid á Utiel.
Manzanares á Motilla del Palancar.
Alicante á Játiva.
Almería á Huércal-Overa.
Baza á Guadix.
Granada á Moreda.
Granada á Martos.
Puertollano á Córdoba.
Ronda á Morón.
Ronda á Jerez de la Frontera.
Avila á Peñaranda de Bracamonte.
Benavente á Medina del Campo.
Benavente á León.
Valladolid á Toro.
Monforte á la ría de Arosas.
Santiago á la Coruña.
Trubia á la costa del Cantábrico.

VÍA ESTRECHA DE UN METRO ENTRE CARRILES.

Pamplona á Irún.
Estella á Pamplona.
Estella á Logroño.
Estella, por Victoria, á Durango.
Lérida á Balaguer.
Viella, por Lérida, Teruel y Albacete, á Vadollano.
Berga á Guardiola.
Ribas á Puigcerdá.
Gerona á Olot.
Montalbán á Zaragoza.
Montalbán, por Calamocha, á Guadalajara.
Montalbán, por Morella, á Vinaroz.
Calamocha á Cariñena.
Cuenca á Landete.
Alicante á Denia.
Granada á Calahonda.
Almería á Málaga.
Plasencia, por San Martín de Valdeiglesias, á Madrid.
Plasencia á Coria.
Monforte á Vigo.
Ferrol á Gijón.
Villafranca del Bierzo á Rivadeo.
Lugo á Rivadeo.
Cangas de Tineo á Pravia.
Gijón á Rivadesella.
Infiesto á Cabezón de la Sal.
Alar del Rey á Burgos.
Aranda de Duero á Burgos.
Aranda de Duero, por Sepúlveda, á Segovia.
Sepúlveda á Madrid, por Buitrago.
Sepúlveda, por Burgo de Osma, á Soria.
Avila á Segovia.

FERROCARRILES SECUNDARIOS

(UN METRO Ó MENOS ENTRE CARRILES).

Pamplona á Roncal.
Barbastro á Ainsa.
Cuenca á Villarrobledo.
Coria, por Alcántara, Alburquerque, Badajoz y Olivenza, á Fregenal de la Sierra.
Zamora á Fermoselle.
Zamora á Alcañices.
Benavente á la Puebla de Sanabria.
Orense á Verín y Puebla de Sanabria.
Vigo á Bayona.
Pontevedra, por Marín, á Cangas.
Carril á Cambados.
Padrón á Santa Eugenia.
Santiago á Noya.
Coruña á Corcubión.
Ferrol, por Ortigueira y Vivero, á Foz.

LÍNEAS GENERALES

PARA LA CONCENTRACIÓN.

SOBRE LOS PIRINEOS.

Ejército de operaciones de Cataluña.

LÍNEA PRINCIPAL.—Granada, Moreda, Guadix, Baza, Huércal-Overa, Murcia, Alicante, Alcoy, Játiva, Valencia, Tarragona y Barcelona.

LÍNEA SECUNDARIA.—Vadollano, Alcaráz, Albacete, Utiel, Landete, Teruel, Montalbán, Alcañiz, Mequinenza y Lérida.

Ejército Central.

LÍNEA PRINCIPAL.—Sevilla, Córdoba, Puertollano, Madrid, Alcuneza y Zaragoza.

LÍNEAS SECUNDARIAS.—Badajoz, Ciudad-Real, Madrid, Alcuneza y Zaragoza, ó Badajoz, Mérida, Cáceres, Madrid, Alcuneza, Soria y Castejón.

Ejército del Norte.

LÍNEA DE LA COSTA.—Ferrol, Gijón, Ribadesella, Cabezón de la Sal, Santander y Bilbao.

LÍNEA DE CASTILLA.—Vigo, Monforte, León, Venta de Baños, Burgos y Miranda de Ebro.

SOBRE LA FRONTERA PORTUGUESA.

Líneas principales.

1.ª Pamplona, Alsásua, Miranda de Ebro, Valladolid, Medina del Campo y Salamanca.

2.ª Zaragoza, Ariza, Valladolid, Medina del Campo, Salamanca y Plasencia.

3.ª Barcelona, Zaragoza, Madrid, Cáceres y Badajoz.

4.ª Valencia, Utiel, Motilla del Palancar, Manzanares y Badajoz.

5.ª Almería, Guadix, Moreda, Granada y Sevilla ó Huelva.

6.ª Baeza, Córdoba y Sevilla.

7.ª Ferrol, Coruña, Santiago, Redondela y Vigo.

8.ª Rivadeo, Lugo, Monforte y Orense.

9.ª Gijón, Oviedo, León, Benavente y Zamora.

SOBRE LAS COSTAS.

Líneas radiales sobre las costas.

1.ª Madrid, Medina del Campo, Benavente, Astorga, Monforte y Coruña.

2.ª Madrid, Medina del Campo, Benavente, Palanquinos, León, Oviedo y Gijón.

3.ª Madrid, Valladolid y Santander.

4.ª Madrid, Valladolid, Miranda de Ebro y Bilbao.

5.ª Madrid, Alcuneza, Soria, Castejón, Pamplona y Pasajes.

6.ª Madrid, Zaragoza, Caspe, Reus y Tarragona ó Barcelona.

7.ª Madrid, Utiel y Valencia.

8.ª Madrid, Chinchilla y Alicante.

9.ª Madrid, Chinchilla, Murcia y Cartagena.

10.ª Madrid, Alcázar de San Juan, Baeza y Almería.

11.ª Madrid, Baeza, Moreda, Granada y Calahonda.

12.ª Madrid, Puertollano, Córdoba, Bobadilla y Málaga, ó Cordoba, Bobadilla, Ronda y Algeciras.

13.ª Madrid, Puertollano, Córdoba, Sevilla y Cádiz ó Huelva.

Líneas principales, paralelas á costas y fronteras.

1.ª Rosas, Figueras, Gerona, Barcelona, Tarragona, Tortosa, Valencia, Játiva, Alcoy, Alicante, Murcia, Huércal-Overa, Baza, Guadix, Moreda, Granada, Bobadilla, Ronda, Morón, Sevilla y Huelva.

2.ª Viella, Lérida, Albacete, Vadollano, Córdoba y Sevilla.

3.ª Huelva, Zafra, Mérida, Cáceres, Plasencia, Salamanca, Zamora, Benavente, Astorga, Monforte y Vigo.

4.ª Coruña, Lugo, Monforte, Astorga, León, Venta de Baños, Burgos y Bilbao.

5.ª Vigo, Santiago y Coruña.

6.ª Ferrol, Rivadeo, Gijón, Santander y Bilbao.

7.ª Bilbao, Miranda de Ebro, Zaragoza, Lérida, Barcelona, Gerona, Figueras y Rosas.

LOS FERROCARRILES MILITARES.

LÍNEAS MILITARES.

El Arte militar tiene por objeto la resolución de problemas militares de carácter indeterminado. Por eso es arte y no ciencia. Entre la infinidad de soluciones de un problema de la guerra, la inspiración del que ejerza el mando, le hará elegir la más conveniente, la que le lleve á la victoria.

Los progresos de la ciencia y de la industria moderna dan grandes medios al general de un ejército. La buena aplicación de todos los elementos que constituyen la fuerza armada, será el primer paso para arrollar al enemigo.

El militar moderno debe tener gran ilustración y mucha iniciativa. Las guerras de esta época se parecen muy poco á las de los tiempos en que las comunicaciones eran escasas y las armas poco perfeccionadas. Los principios generales de la estrategia son los mismos, pero el desarrollo de los planes tácticos se ha de amoldar á los poderosos medios de que hoy disponen los ejércitos.

La ciencia es un auxiliar del mando, pero la inspiración del artista del campo de batalla, es la única que da la victoria.

El arte del ingeniero tiene muchas aplicaciones en la guerra. La tarea del ingeniero militar de fortificaciones es muy ingrata, pues trabaja sin más satisfacción que la que le proporciona el cumplimiento del deber. Los beneficios que de sus proyectos y de sus obras han de resultar, no están á la vista de los profanos. Trabaja con el pensamiento fijo en la guerra, y en tiempo de paz nadie se acuerda de que pueda venir el cañón á turbar la tranquilidad que en época normal se disfruta en las zonas fronterizas.

El ingeniero militar de ferrocarriles tiene una misión más simpática, más agradecida; sus proyectos influyen siempre en la vida normal,

en tiempo de paz, y aunque tenga su pensamiento fijo en la guerra, realiza una obra beneficiosa, cuya influencia se toca lo mismo en tiempo de guerra que en tiempo de paz.

Y esto es, porque el ferrocarril puramente militar casi no existe. Toda vía férrea, servida ó no, por personal militar, beneficia poco ó mucho la comarca que atraviesa. Toda vía férrea, ténganse ó no en cuenta las condiciones estratégicas de su trazado, tendrá interés militar. Entre el ferrocarril puramente militar, destinado única y exclusivamente á escuela práctica, y la línea minera de servicio particular, cerrada á toda clase de tráfico para el público, hay un mundo de distancia. La casi totalidad de las vías férreas está comprendida entre estos dos extremos de la serie.

No comprendo el estudio de un proyecto de ferrocarriles de líneas militares, sin ponerlo en combinación con los intereses generales del país. Es muy fácil proyectar en el papel; todos tenemos el derecho de dedicar los ratos perdidos á soñar imposibles, á gozar con nuestras fantasias, á dejar volar el pensamiento por las regiones ideales. Pero estos sueños y estas fantasías no conducen á nada práctico, á nada que sea de utilidad para el engrandecimiento de nuestra patria. Y como yo entiendo que tengo el deber de encaminar todas mis actividades á cooperar á la obra común de reconstitución del país, me niego á mí mismo el derecho de soñar y el de proponer lo que sea irrealizable.

En el estudio que ahora empiezo, no pienso separarme del camino de la realidad, y al hablar de la conveniencia de una línea de interés militar, hablaré siempre de la mayor ó menor probabilidad de su construcción.

No me atreveré tampoco á proponer un plan de concentración. Los planes de concentración los hará siempre el Estado Mayor General. Lo único que me atreveré á intentar, es dar las líneas generales, facilitar todas las soluciones, poner al servicio del mando, de la verdadera dirección de la guerra, los proyectos de vías férreas que considere necesarias; y si éstas se construyen, que se tomen como elementos de concentración; pues estudiando, comparando lo que hay y lo que debe haber, se deducirá seguramente el poco ó mucho acierto de las líneas proyectadas.

Direccion.

La clasificación de las vías férreas, y en general de todas las comunicaciones, en lo que respecta á su dirección para el caso de una guerra, es ya tradicional. Tenemos vías férreas radiales que van del interior del territorio á las costas ó fronteras, como son las de Madrid á Santander, ó de Madrid á Jaca, á Plasencia ó á Málaga, y tenemos líneas paralelas á las fronteras y costas, como la de Miranda de Ebro á Barcelona, la de Astorga á Huelva, la de Córdoba á Sevilla, la de Játiva á Gerona ó la de Monforte á Burgos. Y pueden considerarse todos los ferrocarriles (pocos serán siempre) que no estén incluídos en esas dos grandes secciones, como ramales de enlace, pues las líneas de importancia, muy raro ha de ser que no sirvan para la concentración sobre la base de operaciones, permitiendo la marcha del contingente de las distintas regiones á los puntos estratégicos determinados ó que no sean apropósito para el traslado paralelo á la frontera ó costa amenazada, reforzando los puntos que se crea conveniente.

No creo deber insistir en esto de la clasificación. El estudio particular de cada línea, ya nos dirá el papel que pueda desempeñar en la guerra, y todo lo que aquí dijéramos sobre este asunto, nos quitaría el tiempo para otra cosa.

Vía ancha.

La línea de gran tráfico es la vía férrea normal, llamada de vía ancha, la de interés general, la que tiene gran capacidad de transportes. La red de vías férreas españolas debe rectificarse, pues ya se verá en el curso de nuestro estudio, que basta algún que otro ramal de enlace para tener líneas directas entre puntos que se comunican hoy por ferrocarriles de trazado tan defectuosos, que obligan á recorrer al viajero muchos kilómetros que podrían ahorrarse.

La rectificación de esta red de vías férreas de interés general, es de gran importancia, como es muy importante poner en comunicación directa puntos que hoy no lo están.

La vía ancha tiene muchos inconvenientes en España, y á esto debemos atribuir lo costoso de muchas líneas. La gran distancia entre carriles impide soluciones económicas en muchos casos, pues el radio de las curvas no puede reducirse como convendría, á fin de ceñir la línea al terreno. Pero como la red de ferrocarriles de interés general la tenemos ya como base, y como el sistema de vía está ya adoptado con todas sus ventajas y con todos sus inconvenientes, en muchos casos propondremos la construcción de líneas de esta clase, por tratarse de ramales de enlace, de secciones de prolongación, de trozos que completen y perfeccionen nuestra defectuosa red de ferrocarriles.

Vía estrecha.

Estuvieron desacreditados en España los ferrocarriles de vía estrecha, y de este descrédito no tuvo la culpa el sistema; toda la responsabilidad la tuvieron las compañías pobres ó las compañías torpes, que se enamoraban de la economía proporcionada por el empleo de carriles de 16 ó 18 kilógramos por metro, carriles que eran un peligro para el viajero, si se marchaba á gran velocidad, ó que daban orígen á *trenes-tortugas* que hacían formar mal concepto de un sistema de vía que era el más propio para muchas comarcas españolas.

Lo que no supieron ó no quisieron hacer las compañías extranjeras, lo hicieron las compañías bilbainas. La construcción del ferrocarril de Bilbao á Santander, línea de 1 metro de entrevía, dió la pauta de lo que son y de lo que valen esas líneas, que van cubriendo con una espesa red todo el territorio de nuestras provincias del Norte. Y para llegar á una buena clasificación, conviene que formemos dos grupos con los ferrocarriles llamados de vía estrecha. Llamaremos al primero, al de 1 metro de entrevía, al que no exagere el radio de las curvas ni las pendientes, al que se construya con carriles de 30 ó más kilógramos por metro lineal, al que permita el gran tráfico, al que pueda ponerse en parangón con una línea de interés general, lo llamaremos, repito, *ferrocarril de vía estrecha.* Y llamaremos al otro grupo de líneas cuya distancia entre carriles sea de 1 metro ó de menos, y cuyas condiciones de construcción y de trazado no permitan grandes velocidades, y que sean propios para

servir intereses puramente locales y para aprovechar, en todo ó en parte, las carreteras ya construídas ó en construcción, les llamaremos, digo *ferrocarriles económicos* ó *secundarios*.

Red española.

La red de ferrocarriles de vía estrecha, y recordemos que damos este nombre á los que tengan 1 metro de entrevía y que permitan grandes velocidades, es ya de gran importancia en España. No estamos, sin embargo, ni á la mitad del camino. El sistema de vía es muy apropósito para las comarcas montañosas, y por eso se adopta en el Norte de España. Vamos á tener líneas de vía estrecha que hagan una verdadera competencia á otras de vía ancha. No hace mucho se acaba de convenir en las bases del negocio, para construir un ferrocarril de esta clase, de Medina del Campo á Gijón, y esta línea será de gran utilidad para Asturias, teniendo, casi, el carácter de línea de interés general.

Esa importancia que ha llegado á adquirir la red de ferrocarriles de vía estrecha impone, desde el punto de vista militar, que las tropas del batallón de esta especialidad se dediquen á la escuela práctica de los ferrocarriles de vía estrecha, con la misma atención que á la de los ferrocarriles de vía ancha ó normal. En la paz se ha de tener todo preparado para la guerra; y lo mismo en la construcción de la vía que en las prácticas de tracción, encontrará el personal del batallón grandes diferencias entre uno y otro sistema de vía. Por esta razón, no podrá admitirse nunca como escuela práctica completa de las tropas de ferrocarriles, aquella que se dedique á trabajar con un sólo sistema de vía.

. . . . . .

Clasificadas ya las vías férreas con arreglo á su dirección y con arreglo á su importancia, pasemos á estudiar la concentración sobre las costas y fronteras del territorio nacional.

LOS PIRINEOS.

LA BASE DE OPERACIONES.

En el caso de una guerra con Francia, nuestra primera línea de defensa es la gran cordillera Pirenáica: la segunda sería el Ebro.

Para defender los Pirineos, nuestra base de operaciones se apoyaría en el Cantábrico y en el Mediterráneo; Bilbao y Barcelona serían los puntos extremos. Miranda de Ebro, Castejón, Zaragoza y Lérida, completarían esa línea estratégica.

El sostén de la base de operaciones se apoyaría, también, en el Cantábrico y en el Mediterráneo, con Santander y Tarragona. Los puntos medios importantes serían Burgos, Soría, Calatayud, Alcañíz y Tortosa.

Zonas de defensa.

Los Pirineos, geográfica y militarmente considerados, se dividen en tres secciones, que son: Pirineos orientales ó catalanes, Pirineos centrales ó aragoneses y Pirineos occidentales ó navarros. Bilbao, Miranda y Castejón, Santander y Burgos, se relacionan con Navarra. Barcelona y Lérida, Tortosa y Tarragona, están comprendidos en la zona catalana ú oriental. Zaragoza es el gran centro de acción sobre los Pirineos centrales. Soria relaciona las zonas navarras y aragonesa. Alcañíz sirve de relación entre las zonas aragonesa y catalana, y Calatayud es el sostén de Zaragoza.

Objetivos.

A tres zonas de defensa corresponden tres ejércitos de operaciones. Los ejércitos extremos, el catalán y el vasco-navarro, tienen un objeti-

vo independiente, la defensa de sus respectivas zonas. El ejército aragonés tiene un objetivo doble: debe defender los Pirineos centrales, pero debe también estar siempre dispuesto á cooperar á las operaciones de los otros dos ejércitos. La posición Castejón-Tudela, de una parte, y Lérida, por la otra, servirán de puntos de unión entre el ejército de Aragón y los otros dos.

Tropas.

El ejército de operaciones vasco-navarro ó del Norte, se nutriría con tropas de las regiones de Galicia y de Valladolid, así como de las suyas propias. El ejército aragonés ó Central, tendría como base del efectivo de sus tropas, las de la región aragonesa, y lo completarían las de Castilla la Nueva, Extremadura y parte occidental de Andalucía.

Las tropas del antiguo reino de Granada, región de Levante y Cataluña, constituirían el ejército de operaciones Oriental.

Concentración.

La concentración sobre la base de operaciones sería incompleta, pesada y dificultosa, con las comunicaciones actuales. Es preciso tomar muy en serio estas dificultades, y prepararnos para el caso de una guerra. No es propio de naciones que estimen en algo su decoro, estar sin preparación para la defensa. El que quiera la paz que se prepare para la guerra, pues no hay mejor defensa de la fuerza del derecho que el derecho de la fuerza.

Bilbao—Ferrol.

La concentración sobre Bilbao ha de hacerse por la costa del Cantábrico. Hoy tenemos el excelente ferrocarril de 1 metro de entrevía, de Bilbao á Santander. Esta línea, modelo entre las de su clase, tiene una gran capacidad de transporte, y puede considerarse, por su inmejorable construcción, como un ferrocarril de vía normal.

Entre Santander y Asturias está hoy interrumpida la comunicación, pues sólo tenemos el ramal de Santander á Cabezón de la Sal y el de

Oviedo á Infiesto. Pero esta interrupción durará muy poco. Con el poderoso empuje que hoy tienen los negocios industriales en el Norte de España, se realizan toda clase de empresas. Las compañías de los dos ramales citados se han entendido, y proceden con actividad á la construcción del ferrocarril de Cabezón de la Sal á Infiesto, á fin de tener completa la línea del Cantábrico, entre San Sebastián y Asturias.

La terminación del ferrocarril del Cantábrico no basta para las necesidades de la defensa; pero afortunadamente los hombres de negocios del Norte de España, no se duermen, y ha surgido otro proyecto; se trata de construir una línea de Gijón al Ferrol, y como esta línea tendrá vida propia, y como en Bilbao, Santander y Asturias sobran capitales para esta importantísima empresa, podemos contar, para un plazo más ó menos largo, con un ferrocarril de 1 metro de entrevía, de gran capacidad de transporte, que arranque del Ferrol, pase por Villalba y Mondoñedo, alcance la costa, cerca de Rivadeo y Castropol, y marche por Luarca á Gijón.

Verificada la unión de Gijón con el Ferrol y de Oviedo con Bilbao, nos faltaría completar la obra con un ramal, por la costa, desde Gijón á Llanes ó Ribadesella, á unirse con la línea de Santander. Debía unirse también la sección occidental con Pravia, Trubia y Oviedo.

Para contar con la línea del Ferrol á Bilbao, al tratar de concentración de tropas, conviene examinar si dicho proyecto es realizable, ó si nos apoyamos sobre falsa base, hija de fantasías periodísticas. Los sueños son muy peligrosos para la vida de las naciones, y por haber soñado mucho los españoles, llegó un momento en que la realidad nos hizo despertar bruscamente, y nos convenció de que es preciso andar con mucho tiento, y de que no se debe fiar la honra de las naciones á discursos, marchas patrióticas y poesías.

No se trata de artículos de periódicos, de iniciativas parlamentarias, ni de sueños de los pueblos interesados en la construcción del ferrocarril de Gijón al Ferrol; se trata de un excelente negocio industrial, y por lo tanto, se tiene el derecho de esperar que se construya esa línea en un plazo relativamente corto.

En efecto. Toda la región occidental de Asturias, desde Castropol hasta Avilés, es rica en población y en minerales. No tiene más comu-

nicación con la capital de la provincia y con el puerto de Gijón, que la carretera de la costa y la vía marítima. Gijón, con el colosal renacimiento de su industria y con la construcción del puerto de Musel, va á ser un centro de negocios tan importante, que es muy fácil llegue, antes de veinte años, á ponerse al nivel de Bilbao. Estos grandes centros industriales y mercantiles atraen con una gran fuerza de atracción á las comarcas próximas, que necesitan estar en relación con ellos; y en ese caso se encuentra toda la región occidental de Asturias.

Se están construyendo algunos ferrocarriles mineros, perpendiculares á la costa de esa región asturiana. Estos ferrocarriles crearán en dicha costa grandes intereses; y los pueblos en donde estén los embarcaderos, rebosarán de vida y de población. Estos pueblos necesitarán relacionarse entre sí; necesitarán, también, ponerse en relación con la capital de la provincia para todo cuanto dependa de la administración pública, y buscarán igualmente el centro de atracción mercantil: la plaza de Gijón. Tantos intereses creados, tantas necesidades que buscan satisfacción, tantos capitales en juego, no pueden menos de concurrir á la resolución de un problema, cuya fórmula comprende todos los datos, cuya traducción consiste en construir el ferrocarril de Gijón á Castropol.

Pero no basta esto. La línea á Castropol sólo tendría una importancia secundaria; sería una línea asturiana, un ferrocarril de interés local; y se trata de algo más importante.

Los mineros bilbainos y algunos grupos catalanes, han adquirido grandes cotos en la provincia de Lugo: y la salida del mineral ha de ser por el puerto de Rivadeo. Asturias no se resigna á estar incomunicada con Galicia, y como el interés de los hombres de negocios contribuye al deseo de gallegos y asturianos, nos encontramos ante un problema de resolución facilísima, convirtiendo el ferrocarril de Gijón á Castropol, línea de interés local, en una sección del ferrocarril de Gijón al Ferrol, línea de interés general. Por todas estas consideraciones creo en la posibilidad, en la facilidad, de llegar á disponer de una buena línea de concentración sobre Bilbao, por la costa, partiendo de las provincias del Norte de Galicia, de la Coruña y de Lugo, puesto que esta última capital gallega estará unida por un ramal al ferrocarril del Cantábrico.

La Robla—Valmaseda.

Bilbao dispone de una línea secundaria de concentración que podía hoy substituir, en parte, á la de Oviedo á Santander; me refiero á la de La Robla á Valmaseda, pues el contingente de Asturias podría dirigirse por la línea de León hasta la estación de La Robla, y en este punto tomar el ferrocarril minero que lo llevaría directamente á Bilbao; pero esto sólo sería una solución del momento, puesto que no es de temer ninguna complicación internacional antes de que se termine el ferrocarril de Infiesto á Cabezón de la Sal.

Monforte—Miranda.

La concentración sobre Miranda de Ebro se haría por el ferrocarril de Castilla la Vieja.

Las tropas de Galicia que hubiesen de ir por esta línea, se concentrarían en Monforte. Parte de ellas, las de Vigo, Pontevedra y Orense, seguirían el ferrocarril que por esta capital va á Monforte. Las restantes vendrían á Monforte por la línea de la Coruña y Lugo.

Desde Monforte continuarían su marcha por el ferrocarril de vía normal hasta Venta de Baños, en donde cambiarían de dirección, remontando hacia el Norte por la línea de Burgos.

Para las tropas de Galicia resulta esta línea excesivamente larga, y lo peor es que el remedio no parece fácil. Unir á León directamente con Burgos, construyendo un ferrocarril de vía ancha desde Mansilla de las Mulas hasta la capital castellana, sería una buena solución militar, pero muy antieconómica. Esa línea no tendría vida de ninguna clase, habría de cargar su construcción y explotación completamente sobre el presupuesto, y como, por otra parte, no es de absoluta necesidad, ni para la concentración ni para la retirada, me inclino á optar porque se dejen las cosas como están, puesto que en el porvenir dispondremos del ferrocarril del Cantábrico, y hoy tenemos el de la Robla á Bilbao; y la línea de Valladolid, por Burgos, á Miranda de Ebro, sólo es conveniente para la concentración de las tropas de Galicia, concentración que podrá hacerse perfectamente, cuando esté construido por completo el ferrocarril del Cantábrico, desde El Ferrol á Bilbao.

Madrid — Miranda.

Si se considera necesario en los planes de la campaña, que parte de las tropas de la región central se incorporen al ejército de operaciones del Norte, la concentración es sencillísima sobre Miranda, pues se dispone de la línea de Madrid á este punto importantísimo, que pertenece á la línea del Ebro y á la base de operaciones.

No cito la línea por donde habían de marchar las tropas concentradas en Valladolid, por creerlo innecesario; tienen su ruta marcada, y no hay duda que el punto de concentración había de ser Miranda de Ebro.

Soria — Castejón.

Estudiada la concentración en Bilbao y Miranda de Ebro, tratemos ahora de dos puntos de gran importancia: uno de la base de operaciones, y otro del sostén; el uno es Castejón y el otro Soria. Castejón, punto de enlace entre los ejércitos de operaciones del Norte y Central; Soria, posición importantísima, cuyo papel militar cae de lleno en la región aragonesa, en la misión que debe desempeñar el ejército que atienda á la defensa de los Pirineos centrales.

Pueden concentrarse tropas en la posición Castejón-Tudela, bien descendiendo por el Ebro desde Miranda, ó bien remontando nuestra segunda línea de defensa desde Casetas. Pero cualquiera de las dos soluciones es de una imperfección manifiesta. Castejón debe estar en relación directa con Soria, y esto solamente puede lograrse construyendo el ferrocarril de vía normal que una esos dos puntos, que tan importantes son para la defensa.

El ramo de Guerra tiene poca intervención en la construcción de los ferrocarriles españoles, y aun la poca que tiene es tan discutida, es tan regateada, que resulta poco decorosa para los organismos militares encargados de velar por los intereses de la defensa nacional.

Existían, no hace muchos años, tres capitales de provincia no enlazadas á la red general de vías férreas: Soria, Teruel y Almería, suspiraban por un ferrocarril. Se confeccionaron tres leyes de concesión en condiciones excepcionales para conseguir la construcción de las correspondientes líneas. El Estado subvencionó con largueza el ferrocarril de Alcuneza á Soria y el de Linares á Almería. Después de muchos contra-

tiempos y de muchas desilusiones se alcanzó también que la locomotora recorriese el trayecto de Sagunto á Calatayud, dejando oir sus simpáticos silbidos en Teruel, última capital de provincia que carecía de ferrocarril.

Pues bien, á pesar del sacrificio hecho por el Estado, la línea de Soria quedó incompleta; es pobre en tráfico y movimiento; no alcanza la importancia que debe tener. Si se hubieran tenido en cuenta las condiciones militares de dicha línea; si se hubiera recordado lo que és y lo que representa el gran reducto numantino para la defensa del territorio nacional; si hubiese habido empeño en estudiar por completo el problema, no cabe duda de que se hubiera caido en la cuenta de que el ferrocarril de Alcuneza á Soria debía tener su término natural en Castejón. Existe, sí, según creo, proyecto aprobado y ley de concesión; pero no existe, con seguridad, conocimiento exacto de lo que representa la línea de Soria. Ocupémonos un poco de este ferrocarril.

Por no adelantar ideas, por no proceder con todo el orden compatible con la importancia y extensión del problema de los ferrocarriles militares, no trataré ahora en detalle de la vía férrea que se ha de construir, á toda costa, de Pamplona á Pasajes. Esta vía forma parte del proyecto de Jaca á ese importantísimo puerto fronterizo; pero á reserva de tratar de dicha línea en momento oportuno, no creo que sea obstáculo el considerar construída la sección de Pasajes á Pamplona. Y veamos entónces lo que podríamos conseguir.

Se encuentra Irún al nordeste de Madrid. Si partimos de la capital de España por la línea del Henares, nos dirigimos al nordeste. Si tomamos en Alcuneza la línea de Soria, vamos en dirección de Sur á Norte. Si suponemos construído el ferrocarril de Soria á Castejón y examinamos su orientación, vemos que nos lleva al Nordeste, en dirección próximamente paralela á la línea del Henares. Al cruzar el Ebro, en Castejón, vuelve á caminarse de Sur á Norte, y así llegamos hasta Pamplona, sin rodeos, sin perder camino, sin que la configuración geográfica del territorio nos haga desandar lo andado.

En Pamplona nos obligarían las condiciones estratégicas de la línea á perder en una sección la dirección general. Rodearíamos el macizo montañoso que tiene por centro á Leiza, y por retaguardia del monte

Aya, alcanzaríamos el puerto de Pasajes, enlazando con el ferrocarril del Norte. El rodeo sería de escasa importancia en esa sección.

Compárese este recorrido de Madrid á Pasajes con el de la línea de Valladolid y Burgos. Véase el ahorro de 95 kilómetros, la economía de tiempo y de dinero que representa en el viaje de Madrid á la frontera francesa, y convéngase en que nadie ha tenido interés porque España tenga comunicaciones rápidas y bien orientadas para el tráfico internacional. De otro modo, la ley excepcional de concesión del ferrocarril de Torralba á Soria, hubiese comprendido la prolongación hasta el Ebro.

Considerada bajo este aspecto la línea de Soria, no cabe duda de que se facilita su construcción. El ramo de Guerra debe interesarse por ella, puesto que tiene un doble objetivo para la defensa; nos comunicaría directamente el reducto soriano con la posición Castejón-Tudela, y nos daría una línea directa á la frontera francesa. Los intereses militares están en esta ocasión de acuerdo con los intereses comerciales; y cuando se consigue la armonía entre la defensa y la riqueza nacional, no debe retardarse un momento la construcción de obra que á todo atiende. La guerra se hace con dinero; el dinero se gana con el trabajo; el trabajo no puede ser productivo si el ejército no garantiza la tranquilidad pública. Busquemos siempre la armonía entre la producción y la defensa, y trabajaremos por la prosperidad de la patria.

Zaragoza.

El gran centro de acción de la línea del Ebro, es Zaragoza. El ejército que se apoye en la capital aragonesa tiene una misión principal en la guerra, cuando ésta se desarrolle en la cordillera Pirenáica. No sólo debe defender este ejército los Pirineos centrales; debe también estar en íntimo contacto con el del Norte y con el de Cataluña; debe cubrir sus flancos; debe acudir con su auxilio, siempre que la marcha de las operaciones le obligue á ello. El centro de la línea del Ebro, no es una posición pasiva; no debe ser una plaza fuerte que espere el ataque regular; es, por el contrario, un centro de actividad, de movimiento, de contínuas maniobras estratégicas.

Considerado el papel de Zaragoza desde tal punto de vista, pronto se deduce la consecuencia de que el ejército Central no puede tener menos

efectivo que los del Norte y Cataluña; convendría, á ser posible, que fuese mayor que cualquiera de los otros dos.

La concentración sobre Zaragoza no es difícil. Podemos considerar como origen de la línea del Henares y del Jalón la plaza de Cádiz. Todo el contingente de Andalucía y de la región Central, ha de seguir esa línea para concentrarse en Zaragoza. Si acudieran á la capital aragonesa tropas de Valencia, de la región de Levante, podrían disponer del ferrocarril Central de Aragón, ó sea el de Valencia, por Sagunto, Teruel y Calatayud, á Zaragoza.

Lérida—Zaragoza.

Entre Zaragoza y Lérida, nuestra base de operaciones sería la vía férrea que une estas dos capitales, la que pasa por Tardienta y Monzón, la que contiene los puntos de arranque de las líneas de Jaca y Barbastro.

Lérida.

Lérida pertenece al teatro de operaciones de Cataluña, y las fuerzas, que en dicha plaza debieran concentrarse, serían de las que habían de constituir el ejército de operaciones encargado de la defensa de los Pirineos orientales.

La línea de concentración sobre Lérida, es la de Tarragona; las de relación, en la base, los ferrocarriles á Zaragoza y Barcelona.

Barcelona.

Barcelona, la gran capital catalana, sería el extremo oriental de nuestra base de operaciones; sería el centro de acción de la costa, desde la desembocadura del Ebro hasta la frontera.

El ejército de Cataluña se había de constituir con las tropas de la región, en primer término; con las de la región de Levante, y con las de la parte oriental de Andalucía.

La línea de concentración sobre Barcelona es la de la costa, que une á la capital catalana con Valencia. En Tarragona se separarían las tropas de Lérida de las del núcleo principal: la antigua capital romana, no ha perdido, ni perderá, su gran importancia militar.

Barcelona—Murcia.

Hemos supuesto concentradas en Valencia las fuerzas que debían marchar á Barcelona por la línea de la costa; pero es preciso hablar algo de la concentración de tropas en la ciudad del Turia.

De Valencia parte el ferrocarril de Madrid, que se une en la Encina con el de Alicante, y en Chinchilla con el de Murcia y Cartagena. En el actual estado de nuestras comunicaciones, claro está que no habría otro camino para la concentración. El contingente de Almería podría concentrarse en Murcia y acudir á Chinchilla. El de Alicante acudiría á la Encina, y todos esos contingentes, el de Almería y Murcia, el de Alicante y Albacete, pasarían por la Encina y podrían concentrarse en Valencia.

Pero basta echar una ojeada sobre el mapa para convencerse de lo imperfecto de esta concentración, sólo admisible en un país que por no amar la paz, no se prepara nunca para la guerra.

En primer lugar, las tropas de Granada no tendrían comunicación directa con la región de Levante. Después nos encontramos con que el contingente de Almería, necesitaba ir por carretera hasta Huércal-Overa.

Hecha la concentración en Murcia, era preciso remontarse hacia Chinchilla, perdiendo tiempo y recorriendo más camino del que debía recorrerse.

El ángulo pronunciado que forman, en la Encina, las líneas de Alicante y de Valencia, obliga también á un rodeo inconveniente. Es preciso, pues, estudiar las vías férreas que se han de construir y ver luego el papel que harían en la concentración de tropas sobre Valencia, primero, y luego sobre Barcelona.

Játiva—Alicante.

Alicante no tiene comunicación directa con Valencia y debe tenerla. La obra se va realizando poco á poco, y si no se la empuja, tal vez tarde mucho tiempo en que veamos construído el correspondiente ferrocarril.

La unión directa de Valencia con Alicante ha de ser por Játiva y Alcoy. En Játiva cambia la dirección de la línea de la Encina, y ese

punto es el de arranque del ferrocarril, en construcción, de Alcoy. Hoy se encuentra en explotación desde Játiva hasta Onteniente, y se está construyendo la última sección.

Pero la obra quedará á mitad. No hace muchos días que se autorizó al ministerio de Obras públicas, por las Cortes, para otorgar la concesión de un ferrocarril de Alcoy á Alicante. Si esta línea se construyera, tendríamos ya la comunicación entre Alicante y Valencia, ó mejor aún, entre Valencia y Murcia, pues para eso se podría hacer uso del ferrocarril directo de Alicante á Murcia, pasando por Elche y por Orihuela.

Murcia—Almería.

Tendríamos así resuelta una parte del problema; pero todavía hacía falta algo más.

Almería consiguió, después de largos años de lucha, verse unida á la red de vías férreas españolas. Se construyó el ferrocarril de Linares, y tuvo así fácil y cómoda comunicación con Madrid. Ahora le falta ponerse en comunicación con Murcia y con toda la región de Levante, para lo cual basta construir el ramal de Huércal-Overa á Almería, uniendo de este modo los ferrocarriles de Linares y Granada con la vertiente oriental.

Murcia—Granada.

Queda un sólo punto que examinar, y es el de comunición de Granada con Almería, con Murcia y con la costa de Levante.

Se otorgó hace años la concesión del ferrocarril de Murcia á Granada. Dificultades económicas y errores en la dirección de la empresa, fueron causa de que la construcción de esta línea sufriese grandes aplazamientos, originando temores de completo fracaso y de abandono del negocio.

Pero con la construcción del ferrocarril de Almería se ha podido encontrar una solución ventajosa, que facilita la realización de la idea concebida por aquéllos que pensaron unir á Granada con la región levantina.

La construcción del ferrocarril de Murcia á Granada quedó limitada á unir aquella capital con Baza, en la alta cuenca del Guadalquivir, ó en

esa hoya en donde se reunen todos los afluentes que constituyen el Guadiana Menor. La explotación entre Murcia y Baza está establecida. La antigua ley de concesión se ha modificado, y se proyecta construir un ramal de Baza á Guadix, estación de la línea de Linares á Almería.

Pero esta solución no daba á Granada la comunicación que deseaba, y como los granadinos no querían renunciar á ella, se estudió el modo de hacer practicable el completar la obra. El nuevo proyecto consiste en la construcción de un ramal de Granada á Moreda, estación también del ferrocarril de Almería á Linares. Una vez construídos estos dos ramales, tendremos ya la comunicación directa de Granada con la costa de Levante, y podremos considerar la siguiente línea: Algeciras, Bobadilla, Granada, Moreda, Guadix, Baza, Murcia, Alicante, Alcoy, Játiva, Valencia y Barcelona.

El contingente de Andalucía podría dividirse como se quisiera, y la concentración sobre la base de operaciones podría efectuarse con gran facilidad, una vez supuestas construídas las líneas indicadas.

Si se quería enviar tropas andaluzas al ejército del Norte, se concentrarían en Sevilla, y tomarían la línea Sevilla, Mérida, Plasencia, Salamanca, Medina del Campo, Valladolid y Burgos.

Para enviar tropas andaluzas al ejército Central, se emplearía la línea de Córdoba y Alcázar de San Juan, para ir á Madrid y Zaragoza.

Y por último, si se enviáran á Cataluña, se haría uso de las líneas de Granada, Linares y Almería á Murcia y por Alicante, Alcoy y Valencia á Barcelona.

El sostén.

Estudiada ya la concentración sobre la base de operaciones, conviene examinar la relación de los puntos estratégicos de dicha base con los sostenes y de éstos con el interior del país. De esta manera podremos entrar en el estudio de los ferrocarriles militares del campo de operaciones, de los que llevan las tropas á combatir, de los que han de jugar un papel tan principal y tan inmediato en la marcha de la guerra.

Santander y Burgos.

Santander es el sostén de Bilbao, y Burgos el de Miranda de Ebro. Santander comunica perfectamente con la capital vizcaina, por el sólido ferrocarril de vía estrecha que une los dos puertos del Cantábrico. Pero en cambio, con Burgos, no tiene comunicación directa por ferrocarril, y éste es un gravísimo inconveniente, cuando se trata de dos puntos inmediatos de la línea de sostén. Es necesario poner en relación directa las dos ciudades castellanas.

En Burgos tiene un buen apoyo Miranda de Ebro, y con excelente y directa comunicación por el ferrocarril del Norte. Pero Burgos, que constituye un punto estratégico de primer orden, por ser la puerta de entrada del invasor en Castilla la Vieja, pierde mucho de su eficacia por falta de comunicaciones ferroviarias; estas comunicaciones deben construirse si se quiere que la capital castellana desarrolle toda la fuerza que por derecho le corresponde.

Ferrocarril del Meridiano.

Se habló mucho, años atrás, del ferrocarril del Meridiano, de la vía férrea que debía unir directamente á Madrid con Santander, pasando por Burgos. Se confeccionó un anteproyecto, se redactó una Memoria y se agitó la opinión. Pero nada se consiguió, á pesar del gran empeño de burgaleses y santanderinos, porque se trataba de un lujoso proyecto de doble vía ancha: en este proyecto campeaba más la fantasía y el entusiasmo, que el conocimiento de la realidad.

No bastaban Madrid, Burgos y Santander para dar vida á una línea de tantas pretensiones; línea que debía recorrer comarcas muy escasas de población; que tenía que atravesar el puerto de Somosierra; que, después de atravesar Castilla la Vieja, debía descender rápidamente á la costa del Cantábrico; ferrocarril cuya construcción debía tener un presupuesto elevadísimo, y cuyo rendimiento no podía nunca estar en relación con los gastos que exigirían las numerosas é importantes obras de fábrica que impondría una traza inspirada en ideas de lujo, de comodidad y de competencia con la compañía del Norte.

Después del fracaso del proyectado lujoso ferrocarril del Meridiano,

en el que se trabajó con un tesón y entusiasmo dignos de mejor suerte, surgió otro proyecto que le substituía, aunque era de menos importancia. Se trataba del ferrocarril de vía estrecha de Madrid, por Burgos, á Santoña.

Parece que existían grandes probabilidades para la construcción de esta línea. La Diputación provincial de Madrid subvencionaba el ferrocarril hasta Buitrago ó hasta el límite de la provincia. Burgos auxiliaba la construcción en proporción considerable; y á pesar de todas estas ventajas nada pudo conseguirse. ¿Obedeció este fracaso á que la compañía constructora solamente quería recabar el compromiso de las subvenciones, buscando una prima de traspaso, ó reconoció por causa lo costoso de la construcción? No conociendo el proyecto, es difícil dar una opinión con garantías de acierto; pero me inclino á creer que la responsabilidad del fracaso la tuvo la compañía concesionaria, por su falta de prestigio y de capitales.

Hoy renace la esperanza. Se vuelve á hablar de proyectos que realizarían, en parte, el antiguo pensamiento. Se adoptará la vía de 1 metro entre carriles, pero se construirá una línea de gran capacidad de movimiento, inspirándose en la construcción del excelente ferrocarril de Bilbao á Santander, modelo entre los de su clase.

En la provincia de Burgos, en la alta cuenca del Arlanzón, se han encontrado yacimientos mineros. La compañía propietaria proyecta transportar los productos de las minas al puerto de Bilbao. Como los burgaleses son hombres de tesón y de patriotismo, y no cejan en todo aquello que tienda á fomentar la riqueza de la provincia, se pusieron al habla con la compañía minera. La Diputación provincial consiguió que el ferrocarril minero no fuese directamente de Cineda de la Sierra á Bilbao, sino que tomase á Burgos como punto obligado.

Y no pára en esto lo que desean los burgaleses. Se quiere resucitar el antiguo proyecto de ferrocarril del Meridiano, trazando una línea directa entre Burgos y Madrid. La comunicación con Santander la tendrán de una manera indirecta, buscando el enlace en Sodupe, con la línea Vascomontañesa. El problema no está mal planteado, y el único inconveniente que le encuentro, es que sea inglesa la compañía minera: los ingleses tienen muy mala mano en España, y si ellos no desacreditan

el negocio, no cabe duda de que podremos contar en plazo relativamente corto con la línea directa de Madrid á Burgos, por Aranda de Duero.

Burgos—Alar del Rey.

La construcción del ferrocarril del Meridiano, en la forma que se proyecta, no nos resuelve el problema de la comunicación directa entre Burgos y Santander: la tendríamos entre la capital castellana y el centro de la Península, pero la línea del sostén quedaba interrumpida. Las necesidades de la defensa imponen que se construya un ramal de Alar del Rey á Burgos, ramal de unión de las líneas que parten desde Venta de Baños y que van á la costa del Cantábrico.

Ahora bien, ¿debía ser este ramal propuesto de vía ancha ó de vía estrecha? La contestación sería muy sencilla, si yo tratase la cuestión de los ferrocarriles estratégicos desde un punto de vista puramente militar. Si España tuviese un gran presupuesto de Guerra; si nuestra patria fuese tan rica y estuviese tan floreciente que pudiera invertir grandes cantidades en todo aquello que exigieran las necesidades de la guerra, claro está que respondería sin vacilar. El ramal de Alar del Rey á Burgos debe ser de vía ancha: se trata de una línea de unión entre dos ferrocarriles de vía normal, y es preciso que sea del mismo sistema de vía.

Pero conviene no entusiasmarse demasiado y no proponer lo que no sea absolutamente necesario, teniendo en cuenta que nuestra patria está en camino de reconstitución, y que debe mirarse con mucho cuidado todo cuanto se refiera al presupuesto de gastos. Por esta razón, creo que el ramal de Alar del Rey á Burgos debe ser de vía estrecha; solución imperfecta, es verdad; pero una solución viable, puesto que la capital castellana va á ser un centro de comunicaciones ferroviarias de 1 metro de entrevía, y es fácil que en este plan pueda incluirse la línea de Alar, que le daría una buena comunicación con Santander. Tendría además esta línea un gran interés local por servir esa comarca del partido de Villadiego, comarca que está completamente desprovista de comunicaciones ferroviarias.

Burgos y Soria.

En la línea del sostén, Soria sigue á la estratégica plaza de Burgos. No tienen estos dos puntos comunicación directa por vía férrea, ni la tendrán en el porvenir. El gran macizo montañoso, constituído por las sierras de la Demanda, de Cameros y Cebollera, impide esa comunicación.

Pero si se considera el distinto papel que han de representar Burgos y Soria; si se tiene en cuenta que aquella plaza es la puerta de Castilla la Vieja y que está enlazada íntimamente con los Pirineos marítimos ó cantábricos, y la otra plaza es una posición de flanco para el ejército invasor, y que debe estar unida á la región aragonesa y á la central; si se estudia paso á paso la probable marcha de una campaña desgraciada, se comprenderá que Burgos y Soria pertenecen á ejércitos distintos, á distintos campos de operaciones, y que por lo tanto no necesitan tener esa directa comunicación ferroviaria, que es indispensable entre Santander y Burgos, puntos del sostén para la línea de defensa de los Pirineos; puntos de la base de operaciones para la línea de defensa del alto valle del Ebro, y puntos de la línea de defensa en el tercer período de la campaña, cuando el invasor pretenda penetrar en las llanuras de Castilla y correrse por la costa cantábrica.

No tienen comunicación directa por vía férrea Burgos y Soria, y ya vemos que no hay que esperar que la tengan; pero conviene que se comuniquen por ferrocarril, á retaguardia del macizo montañoso que está entre esos dos importantísimos puntos estratégicos; y esta comunicación, no sólo no es difícil de conseguir, sino que satisface á otros fines de verdadera importancia.

Burgos—Aranda—Segovia.

Aranda de Duero es un centro importantísimo de comunicaciones. Por dicho punto pasa la carratera de Burgos á Madrid, que salva la cordillera Carpetana en el puerto de Somosierra. Por Aranda pasa la carretera de Soria á Valladolid, que recorre el valle del Duero. También es Aranda estación del ferrocarril de Valladolid á Ariza; y con tantas y tan excelentes comunicaciones, resulta que Aranda de Duero

no está unida por ferrocarril con Burgos, con la capital de la provincia.

Lo mejor es enemigo de lo bueno. Este aforismo, que es tan fecundo manantial de resoluciones sensatas para el hombre de sentido práctico, es una sabia enseñanza para Burgos y para Aranda. Existe una ley de concesión para construir un ferrocarril de vía ancha de Aranda á Burgos: esta línea no se ha construído por lo antieconómica que es, y por eso no se atrevió con ella ninguna compañía constructora.

Vinieron los sueños del lujoso ferrocarril del Meridiano, y Aranda esperó verse unida con la capital de su provincia y con la capital de España, así como se entusiasmó con ser punto de paso obligado para la línea directa á Santander. Pero pasó aquel sueño y volvió Aranda á sus desconfianzas y escepticismos.

Se proyecta después la línea de Madrid á Santoña, y vuelven Aranda y Burgos á reanimarse; pero aquel proyecto también fracasó.

Viene la construcción del ferrocarril de Valladolid á Ariza; y á pesar de las grandes ventajas que proporciona esta línea al gran centro de Aranda, no puedo menos de considerar como una irrisión, como una burla de la suerte, ver que Aranda tiene comunicación ferroviaria con Valladolid y con Soria, y no la tiene directa con Burgos. Este estado de cosas debe cesar cuanto antes, y la solución más práctica—á mi modo de ver—es la que voy á exponer.

Se impone, por de pronto, la construcción del ferrocarril de 1 metro de entrevía, desde Aranda de Duero, por Lerma, á Burgos. Con esta línea quedarían en comunicación ferroviaria, con la capital de la provincia, los partidos de Aranda, Roa y Lerma.

Los partidos judiciales de Sepúlveda y Riaza están aislados de Segovia, que es la capital de la provincia; y digo que están aislados, pues en esta época las carreteras sólo deben considerarse como comunicaciones de enlace.

Es preciso construir un ferrocarril de vía estrecha de Segovia á Sepúlveda. En este punto debía la línea bifurcarse, dirigiéndose un ramal hacia Aranda de Duero y otro á Burgo de Osma, debiendo éste prolongarse hasta Soria, capital de la provincia.

Con los ferrocarriles citados conseguíamos que la provincia de Segovia comunicase con dos cabezas de partido que hoy están aisladas.

Conseguíamos también que Aranda de Duero estuviese en comunicación ferroviaria con la capital de la provincia, Burgos, y con Segovia, ó sea con la línea de Madrid. Y conseguíamos, por último, que Segovia, punto avanzado de la región Central, tuviera una línea de enlace con Soria, importante reducto de la región aragonesa; regiones que debían estar perfectamente unidas en las primeras fases de la campaña.

La unión de Soria con Burgos quedaba establecida. La línea Burgos, Aranda, Almazán, Soria, ó el ramal que pasaba por el Burgo de Osma, nos darían una comunicación, por ferrocarril, entre los dos puntos del sostén, á retaguardia del macizo montañoso que los separa, ciñéndose á las estribaciones de la cordillera Ibérica, que tan principal papel debían jugar en la campaña cuando nuestra línea de defensa fuera el valle del Ebro.

Esta solución en nada se opone al ferrocarril del Meridiano de vía estrecha. Lo que sucede es, que vamos examinando las diferentes secciones con independencia unas de otras; y se realicen ó no las esperanzas que ahora se tienen de que se construya el ferrocarril directo de Madrid á Bilbao, conviene que nos preparemos para construir la línea por secciones, á fin de que un fracaso probable no nos haga caer en el anterior pesimismo.

Unida Segovia á Burgos, en la forma que se acaba de exponer, y suponiendo construído el ramal de Alar del Rey á Burgos, bastaría luego un último esfuerzo para completar la línea con el ferrocarril de Buitrago y con la prolongación de éste hasta Sepúlveda.

Claro está que lo que convendría es que no fracasase el proyecto de Madrid á Bilbao, por Burgos; pero estando en ese negocio los ingleses, hay que temerlo todo.

Soria y Calatayud.

Soria y Calatayud son los sostenes de Castejón y Zaragoza.

Ya hemos visto que la comunicación de Soria con la base de operaciones puede y debe establecerse á toda costa, por ferrocarril, prolongando la línea de Alcuneza á Soria. Este gran reducto montañoso, sin cuya posesión no puede dominarse el territorio español, comunica con Calatayud por Almazán y Ariza.

Calatayud ha ganado en importancia con la construcción del Central de Aragón, con el ferrocarril de Valencia y Teruel. Siempre tuvo la importancia que le da su posición geográfica, por el encuentro, por la unión de los rios Jalón y Giloca; y esas condiciones geográficas han obligado siempre á tomarlo como centro de comunicaciones. Con Zaragoza está enlazado por la línea de Madrid á la capital aragonesa, línea que se une, en Casetas, con el ferrocarril de la Rioja, con la vía férrea que recorre á lo largo nuestra base de operaciones.

Mequinenza—Alcañíz.

En la orilla derecha del Ebro, aguas abajo de Zaragoza, tenemos una comarca interesante que se llama el Bajo-Aragón. Alcañíz, Híjar y Caspe, son tres importantísimos puntos de esa comarca, cuyo papel en la guerra ha de ser de gran interés. Las comunicaciones han hecho de Samper otro punto importante del Bajo-Aragón; pero téngase presente que conviene considerar unidos á todos estos puntos, constituyendo una sola zona, por lo que respecta á su misión militar.

Tenemos incomunicada á Lérida con la derecha del Ebro. Esta es una grave falta desde el punto de vista militar. La acción de la plaza del Segre se extiende, de una parte, hasta Balaguer, y de otra hasta Mequinenza.

Lo primero que hace falta es poner en comunicación ferroviaria á Lérida con Mequinenza. Pero esto no resuelve el problema mas que á medias: seguiría, en este caso, la incomunicación de Lérida con el Bajo-Aragón.

Varias soluciones se presentan para el trazado de la vía férrea que había de unir las dos zonas de las orillas del Ebro, frente á Mequinenza, y conviene que las examinemos una á una.

Un ferrocarril de vía estrecha de Alcañíz á Mequinenza, cruzando en Nonasque á la línea directa de Zaragoza á Barcelona, sería la mejor solución desde el punto de vista militar. Las dificultades para este trazado se reducen á dos, y no son de las que deben hacer desechar una traza que satisface á lo que exigen las necesidades de la defensa. Tendríamos el paso de un barranco profundo, en donde habría que construir un viaducto, y sería preciso, también, estudiar cuidadosamente la

bajada á Mequinenza, ó mejor dicho, hacia el puente que debía construirse frente á este importantísimo punto del Ebro. Esta solución no sería la más económica, pero sí la que debía elegirse, porque tiene, entre otras ventajas, la de poner en comunicación directa á Lérida con Alcañíz, sin necesidad de trasbordos.

Al estudiar el trazado del ferrocarril directo de Zaragoza á Barcelona, se proyectó la línea desde Caspe á Fayón, siguiendo la orilla derecha del Ebro, y pasando frente á Mequinenza. Esta traza tiene el gran inconveniente de que la línea estaría siempre dominada desde la orilla izquierda, y como se trata de una línea de retirada, no creo que deba defenderse, aun siendo muy buena, desde el punto de vista técnico.

Y vamos ahora á la tercera solución. Está para estudiarse un ferrocarril de vía estrecha desde Fraga á Mequinenza y Fayón. Esta línea tiene gran importancia para el estudio que vamos haciendo, y es fácil que sea la que nos dé resuelto el problema.

Conviene desechar la segunda solución, ó sea la de remontar el Ebro, desde Mequinenza á Caspe, pues esta solución, que es muy buena desde el punto de vista técnico, no es aceptable considerada como línea militar. Tendremos que comparar la primera con la tercera solución; pero antes de hacerlo, y á fin de verificar el estudio con conocimiento de todos los datos que debemos considerar, es conveniente que hablemos antes del ferrocarril

Montalbán—Alcañíz—Caspe.

La cuenca carbonífera de Utrillas, en las inmediaciones de Montalbán, está llamando la atención de los hombres de negocios que tienen por campo de operaciones la provincia de Teruel. Entre los distintos proyectos de ferrocariles mineros que existen para el transporte de los lignitos de Utrillas y Gargallo, está el que debía unir la cuenca carbonífera con la línea de Barcelona. La estación de enlace sería Samper de Calanda. Este proyecto es preciso variarlo, pues hoy variaron las circunstancias, y ya no hay razón ninguna para acercar á Zaragoza la estación de enlace: la capital aragonesa va á tener muy pronto línea directa á Utrillas y Montalbán, pues la construcción de este ferrocarril

está muy adelantada, y para nada necesita que el ferrocarril minero del Bajo-Aragón enlace en Samper. En cambio conviene acercar esos carbones á Barcelona.

El ferrocarril minero de Utrillas debe partir de Montalbán, desde la estación del directo á Zaragoza, ó bien desde la misma cuenca mineral, pero teniendo á Montalbán como punto obligado. Debe luego esta línea pasar por Alcañíz y continuar hasta Caspe. En Alcañíz enlazaría con el ferrocarril de Valdezafán; en Caspe tendría enlace con la línea de Cataluña.

Una vez aceptada esta traza, podríamos ya comparar las dos soluciones propuestas para el ferrocarril de Alcañíz á Mequinenza. Supongamos que se construye la línea de Montalbán á Caspe por Alcañíz, y la que está en estudio de Fraga á Fayón, por Mequinenza. En este caso ya tenemos la comunicación ferroviaria entre Mequinenza y Alcañíz: esta línea debíamos considerarla dividida en tres secciones. La primera sección, de vía estrecha, desde Mequinenza á Fayón; la segunda, de vía ancha, de Fayón á Caspe; y la tercera, de vía estrecha, de Alcañíz á Caspe. Esta solución tiene la ventaja de que podemos esperar con grandes probabilidades que la línea se construya, sin que el Estado tenga que hacer nada para ello. Pero tiene, en cambio, el gravísimo inconveniente de que nos deja interrumpida la línea de vía estrecha de Lérida á Montalbán, obligándonos á dos trasbordos, uno en Fayón y otro en Caspe.

No existiría esta interrupción si se construyese el ferrocarril de vía estrecha de Alcañíz á Mequinenza, por Nonaspe; pero esta solución es más costosa y presenta pocas facilidades de éxito. Queda hecha la propuesta; pero si no se realiza, podemos aceptar como buena la solución Alcañíz, Caspe, Fayón y Mequinenza.

Valdezafán.

La comunicación entre Alcañíz y Tarragona se ha de establecer por Tortosa, y la línea que uniría el Bajo-Aragón con Tortosa, será el ferrocarril de Valdezafán, que sigue la orilla derecha del Ebro hasta Tierra-Baja; tiene la misma vía que el directo á Barcelona hasta la Puebla de Híjar, pasa luego por Alcañíz, penetra en el Maestrazgo, pasa, ó pasará,

frente á Tortosa, cruzando la línea de la costa, y terminará su recorrido en el gran puerto natural de los Alfaques.

Esta línea, de tanta importancia para la comunicación de Zaragoza con el Mediterráneo, tiene una historia muy triste y muy larga; pero parece que ahora existen grandes probabilidades de que la construcción se lleve á cabo y de que podamos contar con dicha línea en caso de guerra, para relacionar á Zaragoza con Tortosa, la gran cabeza de puente sobre el río Ebro, que constituye el enlace de las regiones de Valencia y Cataluña.

En el campo de operaciones.

REGIONES DE LOS PIRINEOS.

Está admitido por todos los geógrafos y por todos los militares que los Pirineos deben dividirse en tres partes, en tres secciones; y en el estudio que hacemos sobre ferrrocarriles estratégicos, seguimos la marcha impuesta por todos los tratadistas, deduciendo de ella que, en la defensa de la gran cordillera Pirenáica, corresponden tres ejércitos de operaciones á las tres secciones de la cordillera que constituye nuestra primera línea de defensa.

Pero hay siempre que tener en cuenta el papel que ha de jugar el ejército Central de operaciones, distinto de la misión que deben desempeñar el ejército del Norte y el de Cataluña. Los extremos tienen un solo objetivo, defender la parte de frontera que les corresponda; el intermedio tiene un objetivo doble: no sólo ha de atender á la frontera, sino que debe estar en relación con los otros dos ejércitos; debe cubrir sus flancos, debe auxiliarlos, debe cooperar á las operaciones que ellos ejecuten.

Algo parecido á la misión del ejército central le ocurre á la sección de los Pirineos aragoneses. Desde el pico de Vignemale á la izquierda, está en íntima relación con los Pirineos occidentales ó navarros; desde dicho pico á la derecha, todo contribuye á relacionarlo con los Pirineos orientales. Debemos, pues, considerar dividida nuestra línea de defensa en dos grandes secciones. La oriental sería la que parte del pico de Vig-

nemale, la que se apoya en la estribación que separa los valles de Broto y de Santa Elena; y la occidental, la que partiendo de esta importantísima estribación, corre hacia el país vasco-navarro.

La más importante consecuencia de esta división es que la plaza de Jaca está en íntimo enlace con Pamplona, que las tropas de la canal de Berdun cubren el flanco derecho del ejército del Norte, y que han de contribuir á todas las operaciones en que intervengan las fuerzas de Navarra.

Jaca—Pasajes.

Que se llame campo atrincherado ó zona fortificada la serie de fuertes que se construyen alrededor de Oyarzun, poco importa; como campo atrincherado puede considerarse para el papel que ha de jugar en la defensa de la frontera hispano-francesa. Forma parte del campo de Oyarzun el grandioso puerto natural de Pasajes; de modo que al hablar de Oyarzun, puede siempre considerarse que se habla también de Pasajes.

El otro campo atrincherado que nos encontramos, parte construído, gran parte sin construir, es Pamplona, centro de acción sobre los Pirineos navarros. Oyarzun se opone á la marcha del invasor sobre Vitoria, Miranda y Burgos, así como á que se corra por la costa, y Pamplona es el obstáculo que se le presenta para que baje al Ebro por Tudela, ó para que amenace el gran centro estratégico de Zaragoza.

Completa la acción de Oyarzun y Pamplona la plaza de Jaca, con sus fuertes-barreras avanzados; podemos considerar que estos tres campos atrincherados son los centros de acción, los núcleos de la defensa de toda la parte occidental de los Pirineos, llevando el punto de división al pico de Vignemale, atendiendo á la canal de Berdun, enlazando el ejército Central con el del Norte, pensando en todas las contingencias que pueden ocurrir, y no dejándose llevar de fórmulas matemáticas, adoptando las ideas hechas y admitiendo separaciones, autonomías é independencias que no resultan en la práctica de las operaciones. Por eso es preciso pensar en Jaca al hablar de Pamplona y Oyarzun: las tres posiciones constituyen una línea contínua.

Ya que constituyen una línea estratégica contínua los tres campos

atrincherados del Cantábrico, de Navarra y de Aragón, claro está que se deduce lógicamente que se impone la unión de estos puntos por medio de una vía férrea. La construcción del ferrocarril de Jaca á Pasajes es preciso realizarla cuanto antes: el ramo de Guerra debe trabajar sin descanso hasta que consiga ver unidos los tres campos atrincherados de la frontera de los Pirineos.

Pamplona—Pasajes.

El ferrocarril de Jaca á Pasajes tiene dos secciones completamente distintas, sirviendo de punto común á éstas la plaza de Pamplona.

La sección de Jaca á Pamplona nos da una comarca de poca vida, de poco movimiento, incapaz por hoy de atraer á ninguna empresa para lanzarse á los azares de la construcción de un ferrocarril de vía ancha, por no vislumbrarse una compensación de los gastos en lo escaso del probable rendimiento. Esta sección, esta parte del ferrocarril, entra de lleno en la categoría de las líneas militares, puesto que su principal misión había de ser la unión, el enlace de los campos atrincherados de Jaca y Pamplona.

No está en el mismo caso la sección de Pamplona á Pasajes. Tiene tanta ó más importancia militar, más sin duda alguna, que la otra sección; pero completando esta importancia militar, jugando un papel de primer orden en la defensa de los Pirineos navarros, debe considerarse como una línea de gran tráfico y de movimiento colosal, por las muchas necesidades á que satisface.

Al hablar de Soria y Castejón, hablamos también del ferrocarril de Pamplona á Pasajes, considerándolo como una sección de la línea internacional directa de Madrid á Hendaya. Bastaba por sí sola esta condición para que el ferrocarril de Pasajes á Pamplona mereciese la atención de las empresas y la del ministerio de Obras públicas. Pero existen otras fuentes de ingresos para esa línea.

Francia no quiere que se prolongue el ferrocarril de Canfranc, como lo ha demostrado en todas ocasiones. La comunicación directa de Zaragoza con Paris, es un verdadero sueño, y todo el movimiento internacional de la capital aragonesa se lo llevaría la línea de Pamplona á Pasajes.

Y no solamente el tráfico internacional, que debiera hacerse por vía férrea. Es que el puerto guipuzcoano, cuyas condiciones se mejoran de día en día, habría de ser por necesidad el puerto de Zaragoza y de todo el valle del Ebro medio.

Y todavía tenemos más. La comunicación más corta entre el Cantábrico y el Mediterráneo, la tendríamos con el ferrocarril de Pasajes, por Pamplona y Castejón, á Zaragoza, y de Zaragoza á Tarragona, ó de Zaragoza, por la línea de Valdezafán, á Tortosa y La Rápita.

El Central de Aragón también mantendría relaciones con esa sección del Norte, pues todo el movimiento—y es mucho, en ganado caballar, de arrastre y en frutas,—de la región valenciana, tomarían la línea de Teruel, y por Calatayud, Casetas y Pamplona, buscaría el ferrocarril de la frontera en Pasajes.

No hace mucho se proyectaba por el ministerio de Estado la organización de trenes fruteros de Murcia y Valencia á Bilbao. Pues bien, si se construyese el ferrocarril de Pasajes, á este puerto vendrían muchos de aquellos trenes.

Mucho más se podría decir sobre este asunto, para demostrar la importancia que tiene para la riqueza pública el ferrocarril de Pamplona á Pasajes; pero basta con lo dicho para probar que esa línea produciría grandes rendimientos, acortaría nuestras comunicaciones internacionales, abarataría los transportes y serviría grandes intereses. Nos encontramos, pues, en otro de esos casos ideales en que una línea satisface en alto grado, y por igual, á exigencias de la defensa nacional y á las necesidades del tráfico mercantil.

Pero para que este ideal se realice; para que la línea sea manantial de riqueza de una parte, y de otra satisfaga las condiciones estratégicas, es preciso, es absolutamente preciso, que el trazado se ajuste á lo que impongan el arte militar y el arte del ingeniero. Condiciones técnicas de construcción y explotación, y condiciones militares; todo ello hay que tenerlo presente; á todo ello debe subordinarse la traza del ferrocarril; pues de no hacer esto, de olvidar uno de los datos del problema, en vez de ser reforma beneficiosa, sería un padrastro que le habría salido al campo atrincherado de Pamplona.

PROYECTO ANTIGUO.

Se confeccionó hace algunos años el proyecto del ferrocarril de Jaca á Pasajes. El olvido de las condiciones esencialmente militares de esta línea, fué el primer obstáculo con que se tropezó. La sección de Pamplona al mar se desarrollaba á vanguardia del campo atrincherado de Navarra, entregaba el ferrocarril al invasor, é incomunicaba desde el comienzo de la campaña los centros fortificados de Navarra y Guipúzcoa. Esto no podía ser de ninguna manera, pues una línea de interés general no puede ponerse á disposición del enemigo.

La diputación de Navarra quería, con determinación plausible, establecer buena comunicación entre la capital y todos los pueblos navarros de la vertiente septentrional de los Pirineos, como los del Valle del Baztán, Vera, etc.; pero esta condición no era bastante para justificar el trazado antimilitar de línea tan importante en la defensa nacional. La comunicación de aquella comarca con Pamplona, exige un ferrocarril económico, una línea de interés local, pero no un ferrocarril de vía normal, que debe servir tantos y tan variados intereses.

Esta equivocación sobre el papel del ferrocarril de Pamplona á Pasajes, rebajando su categoría y su importancia, ha sido causa evidente del retraso en la construcción de la línea.

TRAZADO CONVENIENTE.

Examinemos ahora el trazado más conveniente para que dicho ferrocarril satisfaga á los intereses de la defensa, en primer término, sin que por ello pierda la línea sus grandes condiciones para el tráfico.

Entre Oyarzun y Pamplona tenemos el gran macizo montañoso, en donde está el monte Aya y el estratégico punto de Leiza, y es preciso de todo punto que el ferrocarril de unión entre los dos campos atrincherados vaya á retaguardia de esa gran posición defensiva. Mientras ese macizo esté en nuestro poder, el ferrocarril que partiendo de Pamplona vaya por Irurzun y el valle de Larraun á Pasajes, no estará nunca en peligro y servirá para el movimiento de fuerza y de material. Si ese macizo montañoso cae en poder del invasor, será porque habrá tomado uno ó dos de los campos atrincherados que tiene en su flanco; y en ese

caso, de nada podría ya servirnos la línea de comunicación. Habría, pues, nuestro ferrocarril cumplido la misión que debía desempeñar en la defensa.

No sucedería lo mismo si la línea estuviese á vanguardia de la gran posición militar que se extiende entre Pamplona y Oyarzun. Podrá el invasor dominar las posiciones secundarias á cuyo amparo corriera el ferrocarril; y teniendo nosotros los campos atrincherados y el macizo montañoso que los une, nos encontraríamos sin comunicación ferroviaria, y privados de todas las ventajas que en estos casos dá una línea perfectamente emplazada.

No se trata aquí de un estudio técnico de ferrocarriles, y por la tanto no creo pertinente detallar el trazado del ferrocarril de Pamplona á Pasajes; basta suponer las condiciones generales á que ha de satisfacer el proyecto, y en este caso son sencillísimas, por lo simplificado que queda el problema.

Lo principal es que la línea vaya á retaguardia del monte Aya. Sería conveniente que la traza se llevase por Leiza; pero como esto no es absolutamente necesario, se nos presentan varias soluciones.

La unión directa de Irurzun y Pasajes sería muy costosa y no compensaría lo elevado del presupuesto de la construcción.

La traza Irurzun, Leiza, Andoain, nos permitiría construir con más economía, y es preferible á la primera.

Pero la verdadera solución, en mi concepto, es la de unir á Irurzun con Tolosa, por el puerto de Azpiroz. Esto le daría más importancia de la que hoy tiene á la industrial Tolosa. El ferrocarril de Pamplona á Pasajes, por Irurzun, Betelu y Tolosa tendría grandes condiciones estratégicas; y ahorrando 50 kilómetros de recorrido, y suponiendo construída la línea de Soria á Castejón, la podríamos considerar como sección de la línea directa de Madrid á Paris, y como línea estratégica de primer orden.

Pamplona—Jaca.

Hablemos ahora de la sección de Jaca á Pamplona. Esta sección tiene muy poca importancia para el tráfico; la tiene y muy grande, como línea estratégica, como lazo de unión entre los campos atrincherados

de Pamplona y Jaca. Se trata, pues, de un ferrocarril militar, en donde el elemento mercantil entra en proporción insignificante.

No se necesita discurrir mucho para conocer el trazado general de este ferrocarril. Lo impone la constitución geográfica de la comarca y el papel que ha de jugar en la guerra.

Una de las líneas radiales de defensa que han de partir de la capital de Navarra, es la que está jalonada con las posiciones Pamplona, Izaga y nudo Sangüesa-Lumbier. A retaguardia de esta línea debe construirse la vía férrea de Jaca.

El nudo Sangüesa-Lumbier es el límite oriental del campo de acción de Pamplona; se entra luego en la canal de Berdún, y nos encontramos con la región aragonesa, con el ejército central.

Debe remontar la línea el valle del Aragón, río que corre por el fonde la canal de Berdún; y al penetrar el ferrocarril en esta comarca de tanto valor militar, conviene dar á la vía férrea todas las condiciones de seguridad posibles. La margen derecha del río nos dá un terreno más llano, más franco; la construcción de la línea sería más económica; pero en cambio, la margen izquierda nos daría mejores condiciones militares, por servir el río Aragón de foso de defensa del ferrocarril. Es, pues, indudable que la traza debe llevarse por la margen de la izquierda, cruzando el río entre Sangüesa y Tiermas, pero mucho más cerca de Sangüesa.

Las carreteras que descendiesen de los valles de los Pirineos, cruzarían el río en los puntos de enlace con el ferrocarril; en cada uno de esos puentes se construiría un fuerte perfectamente emplazado con relación á la vía férrea. Ese conjunto de cabezas de puente constituiría la línea fortificada de la canal de Berdún.

El enlace del ferrocarril de Pamplona con el de Huesca, en la plaza de Jaca, debía prepararse cuidadosamente, á fin de que no destruyese el efecto de algunas obras de la defensa. Se trata de un problema de gran sencillez, y no vale la pena de insistir sobre este punto.

RESUMEN.

Construído el ferrocarril de Jaca á Pasajes con la traza que se indica; teniendo en la canal de Berdún el foso del río Aragón á vanguardia;

pasando por el centro de la gran posición, que suponemos fortificada, Sangüesa-Lumbier; resguardándose con la posición de Izaga; poniéndose bajo la acción de los fuegos de Pamplona; tomando la retaguardia del núcleo montañoso del Aya, y terminando en el defendido puerto de Pasajes, dentro del campo de Oyarzun, la línea de Jaca al Cantábrico tendría colosal importancia para la defensa, pues nos daría gran facilidad para mover nuestras tropas, siempre á cubierto de los fuegos y de las vistas del invasor. No existe en España línea proyectada ni construída que tenga la importancia militar de la de Jaca á Pasajes; pues no es que se trate de un *ferrocarril conveniente*, se trata de una *vía absolutamente necesaria*; y de un modo ó de otro, con auxilios de uno ó de otro ministerio, con iniciativas de una ó de otra clase, es preciso, de toda precisión, que esa línea se construya.

No recuerdo bien qué general era ministro de la Guerra cuando se trató de resucitar el proyecto del ferrocarril de Jaca á Pasajes, dándole forma práctica y viable para llegar pronto á su construcción; tengo idea de que estaba en el ministerio el general Azcárraga, aunque no me atrevo á asegurarlo. No sé tampoco, de quién partió la iniciativa; pero lo que sí puedo asegurar, es que el proyecto de ley era excelente, y que fué una verdadera lástima que aquel proyecto no fuese adelante.

Las bases en que se apoyaba la proposición de ley, eran las siguientes:

1.ª El ministerio de Fomento subvencionaría la línea con el máximo que la ley general de Obras públicas permitiera, teniendo en cuenta las leyes excepcionales de concesión que se habían votado para otros ferrocarriles.

2.ª Se recabaría toda la subvención posible de las diputaciones de las provincias interesadas, Huesca, Zaragoza, Navarra y Guipúzcoa.

3.ª El resto, la diferencia que hubiera entre el producto de las subvenciones y el coste total del presupuesto de construcción, lo pagaría el ramo de Guerra.

No cabe duda alguna de que la proposición de ley estaba redactada con gran inteligencia y con gran sentido práctico; pero como se trataba de un asunto de verdadera importancia, todo se quedó en proyecto, y sin esperanzas de que se vuelva á tratar de esa cuestión.

Y esto no puede ni debe ser. La defensa nacional exige que se construya la línea de Jaca á Pasajes, y el interés de los que manejan el presupuesto del Estado consiste en que se obtenga resultado de cuanto se gaste en obras de fortificación. Las comunicaciones militares completan el valor defensivo de las obras fortificadas, y no debe mirarse con indiferencia que se estén invirtiendo millones y más millones de pesetas en los fuertes de Oyarzun, Pamplona y Jaca, y que tengamos sin enlace esos tres campos atrincherados. El ministerio de la Guerra no puede por sí sólo acometer la empresa; pero puede y debe gestionar sin descanso que se realice el proyecto.

El ferrocarril de Jaca á Pasajes debe construirse á toda costa.

LÍNEAS Á VANGUARDIA.

El ferrocarril de Jaca á Pasajes, fuertemente defendido y atendiendo en su trazado á todas las exigencias militares que debía satisfacer, sería el eje de todas las comunicaciones estratégicas del territorio vasconavarro y de la canal de Berdún.

Convendría estudiar cuidadosamente, y con gran prudencia, todos los proyectos de ferrocarriles secundarios que se hubieran de construir á vanguardia de aquel importantísimo eje. Si estos proyectos se estudian en todas sus fases; si se tienen en cuenta sus condiciones militares; si se logra armonizar los intereses de la vida local y de la defensa nacional, no sólo no deberá oponerse el ramo de Guerra, sino que apoyará la concesión y construcción de dichas líneas.

Si se tiene en cuenta la relación de los distintos valles navarros con la capital, no creo que hagan falta más de dos ferrocarriles secundarios, con uno ó varios ramales, á vanguardia de la línea de Jaca á Pasajes.

Pamplona—Irún.

Suspira Navarra por dar comunicación fácil con Pamplona á los valles de la vertiente septentrional de los Pirineos occidentales, y esta aspiración tan noble, puede verla satisfecha con el ferrocarril de vía estrecha de Pamplona á Irún. Si se defiende bien la línea Pamplona-Velate; si la traza de la vía férrea se desarrolla en la vertiente Norte de la cordillera en condiciones ventajosas para la defensa, atendiendo á la fa-

cilidad de la destrucción del ferrocarril en caso de guerra; si no se subordinan las condiciones militares á consideraciones económicas más ó menos discutibles, podría esa línea, no sólo no perjudicar á la defensa, sino contribuir al rápido movimiento de las tropas en la cuenca del Bidasoa.

Si el problema se resuelve de este modo, buscando la armonía que nunca debe dejar de existir entre las conveniencias locales y las necesidades de la defensa, todos los pueblos del Bidasoa tendrían fácil comunicación con Pamplona. Ramales de tranvías de vapor ó eléctricos enlazarían con el ferrocarril principal, que se desarrollaría por encima de Urroz y Labayen, y Navarra habría visto realizado su ideal, sin peligro para la buena comunicación entre Oyarzun y Pamplona.

En una guerra con Francia, el invasor tendería á apoderarse del valle del Baztán. Los tranvías de aquella zona no podrían ser de gran utilidad al enemigo, y sobre todo, si nuestras tropas destruían las líneas con oportunidad. Lo de más importancia para el invasor sería el ferrocarril principal; pero éste podría defenderse mejor, y ser su destrucción más sencilla, por tener necesidad de numerosas obras de fábrica. Hasta tal punto podría alejarse el peligro de que el enemigo utilizase el ferrocarril de Pamplona á Irún, que todo el que entienda un poco de comunicaciones militares comprenderá, que al invasor le sería de más utilidad la carretera del puerto de Velate, que un ferrocarril que se desarrollara en escabrosa ladera, y cuyas numerosas obras de fábrica podrían inutilizarse de tal modo, que su recomposición fuese más larga que el tiempo de duración de la guerra.

Pamplona—Roncal.

Otro ferrocarril podría construirse en territorio navarro á vanguardia del de Jaca á Pasajes. Este ferrocarril sería de carácter secundario, de interés local, un verdadero tranvía con motor mecánico; me refiero al de Pamplona al Roncal.

Aoiz, cabeza de partido judicial, está unido por carretera á la capital de la provincia. Por esta carretera podría construirse un ferrocarril secundario, con las desviaciones naturales en esta clase de obras. Este tranvía debía pasar por Sansoain, y cortando transversalmente el valle

de Salazar, penetraría en el Roncal, terminando en el pueblo que lleva el nombre del valle.

Esta línea debía enlazarse con la de Jaca á Pasajes, con un ramal que pasara por Lumbier, y que tuviese su estación de enlace completamente á cubierto de todo peligro, por estar en la posición fortificada de la brecha entre Sangüesa y Lumbier.

El valle del Roncal está muy lejos de Pamplona, y conviene para la vida normal, en tiempo de paz, construir una comunicación cómoda y rápida con la capital; y esto se lograría con el ferrocarril propuesto.

En tiempo de guerra este ferrocarril secundario no sería peligroso, si teníamos ocupada y fortificada la gran posición militar que rodea al puerto de Areta. En vez de ser peligroso para la defensa, nos serviría este ferrocarril, que vendría á ser una línea interior, para atender con más rapidez á los valles del Pirineo que atravesaría la línea propuesta.

No creo necesario, ni conveniente, otro ferrocarril secundario á vanguardia de la línea de Jaca á Pasajes. Pudiera suceder que se encontrasen yacimientos mineros en la vertiente meridional de los Pirineos, y en ese caso, se propondría la construcción de vías férreas para servicio de las minas. Estos ferrocarriles mineros, que descenderían por los valles á buscar la línea principal, convendría estudiarlos muy bien; convendría que tuviesen poca importancia; deberían tener fáciles condiciones de destrucción en caso de retirada, y además, debían fortificarse las estaciones de empalme con la línea principal. Y sobre todo habría que estudiar perfectamente el punto de partida, para dejar siempre al invasor una zona sin comunicaciones, y que fuese de fácil defensa con tropas ligeras.

Estella.

Estella es centro de una gran posición defensiva; mejor dicho, de un colosal reducto de seguridad, sin cuya posesión, el invasor que hubiese tomado á Pamplona no podría avanzar con tranquilidad hacia el Ebro, porque tendría siempre amenazada su línea de comunicaciones.

Vitoria es un punto estratégico de primer orden; es un gran centro de comunicaciones, cuya acción en la guerra será de capital importancia para nuestra línea de defensa en los Pirineos occidentales.

La línea Estella-Vitoria sirve de enlace á la línea de defensa, en su parte occidental, con la base de operaciones en el alto valle del Ebro y en el Cantábrico.

La red de carreteras que cruzan las zonas en donde se encuentran Vitoria y Estella, no basta para las modernas necesidades de la guerra, ni tampoco para las conveniencias de esas comarcas en tiempo de paz. Se impone la construcción de un ferrocarril de vía estrecha de primera clase, que sirva de unión á esos dos grandes centros estratégicos, que sirva, además, de enlace con los ferrocarriles vizcainos de 1 metro de entrevía, y que tenga estaciones de empalme con las líneas de Castejón á Pamplona y con la de Jaca á Pasajes, que debemos suponer construída.

Parte de este ferrocarril es el vasco-navarro; el de Durango á Estella, que solamente tiene construída y en explotación la sección de Vitoria á Salinas, conviene que se empuje su terminación y que se gestione con la compañía, la pronta unión de Durango, Vitoria y Estella.

El ferrocarril vasco-navarro debía continuarse por el Oeste de Estella, terminando en la plaza de Pamplona.

Conveniente sería para completar la acción de Estella, que tuviese comunicación directa con el Ebro; y esto puede y debe conseguirse, construyendo un ferrocarril de vía estrecha desde Estella á Logroño. Esta línea, si llegara á construirse, tal vez no quedase en la capital de la Rioja; tendría su prolongación natural, con el carácter de ferrocarril económico, hasta Burgos, por Nágera y Santo Domingo de la Calzada, enlazando así con la red de ferrocarriles de vía estrecha de la región burgalesa.

Gallur—Sádaba.

A retaguardia de la línea de Jaca á Pasajes, y á vanguardia de nuestra base de operaciones; en esa extensa zona casi despoblada que se halla comprendida entre el Aragón, el Ebro y el Gállego, no cabe más ferrocarril que uno secundario desde Gallur á Sádaba, punto de cruce de la carretera de Cinco Villas y de la proyectada de Pitillas á Murillo.

Una sección de este ferrocarril, la de Gallur á Egea de los Caballeros, no tardará en construirse, pues hace falta para la explotación de

una fábrica azucarera, y se ha pensado ya en la línea. Como el coste sería de poquísima importancia, buenos los rendimientos y grande la facilidad de construcción, creo que existen muchas probabilidades de que se construya el ferrocarril en esa sección.

Pero conviene la prolongación hasta Sádaba, pues así aumentaríamos el valor estratégico de este punto, del que habían de partir la carretera de Sos y Sangüesa; la de Pitillas, en la línea de Castejón á Pamplona; la de Murillo, en la línea de Huesca á Jaca, y la de Gallur, en el ferrocarril del Ebro.

Jaca.

El ferrocarril de Canfranc no creo que llegue á ser línea internacional. Francia no quiere la perforación de los Pirineos, y bien claro lo ha demostrado siempre, al no hacer nada en su territorio para el enlace con la línea española de Canfranc y con la proyectada del Noguera Pallaresa.

Pero se trate ó no de una línea internacional, el ferrocarril de Tardienta á Huesca y Jaca, sería una excelente comunicación entre Zaragoza y la canal de Berdún, línea que nos permitiría atender á la defensa de los Pirineos centrales, en la sección que está en íntimo contacto con los Pirineos navarros.

El trazado de la línea de Huesca á Jaca, siguiendo el valle del río Gállego, desde Murillo, nos dá un punto importantísimo y algo peligroso, si no se atiende á su defensa, que es Sabiñánigo. Este punto, este notable recodo de la línea, puede considerarse como el extremo oriental de la canal de Berdún, pues esta interesante posición geográfica está perfectamente enlazada con la Val Ancha, que relaciona los valles del Aragón y del Gállego, y que indudablemente debió servir en otro tiempo de unión entre estos valles, antes de la brecha, de la rotura que hoy existe, entre la sierra de Guaza y la de San Juan de la Peña. En el concepto estratégico sigue siendo la Val Ancha prolongación de la canal de Berdún, y Sabiñánigo y Sangüesa son los extremos de esa importante línea.

El enlace en Jaca de los ferrocarriles de Zaragoza y de Pasajes, se había de hacer bajo los fuegos de la plaza, en sitio perfectamente elegi-

do, y cuya seguridad fuera tal, que no pudiera caer nunca la estación de empalme en poder del invasor, mientras resistiera la plaza de Jaca.

Sabiñánigo.

A vanguardia de Sabiñánigo no debía construirse ningún ferrocarril. De la estación á Biescas hay poca distancia y ya tenemos la carretera. En el caso de que conveniencias locales obligasen á la construcción de una vía férrea, debía ésta limitarse en Biescas, y tener el carácter de tranvía de motor mecánico, sin abrir ninguna otra vía de comunicación, á la que tuviera que atender la defensa, y que obligase á gastar en nuevas fortificaciones.

Y aun debe preverse el caso de que la empresa de los Baños de Panticosa deseara proporcionar comodidades á los bañistas, construyendo una vía férrea. Era preciso á toda costa, que esta línea fuese casi un juguete, un ferrocarril funicular, impropio para los transportes, de fácil destrucción, y que sólo sirviera para la comodidad del enfermo.

Alta Montaña.

La sección de los Pirineos que parte del Pico de Vignemale y termina en el Mediterráneo, podría muy bien dividirse desde el punto de vista militar, en dos secciones, perfectamente deslindadas. La primera comprendería la cuenca del Cinca, la de los Nogueras, Ribagorzana y Pallaresa, y terminaría en el Valle de Andorra. La segunda parte comprendería el alto valle del Segre y el resto de los Pirineos orientales.

Las montañas de las provincias de Huesca y Lérida tienen el mismo carácter y exigen los mismos medios de defensa. En aquellas escabrosas comarcas, no pueden operar los ejércitos, y solamente las tropas ligeras podrían moverse y hacer una guerra de guerrillas con partidas de voluntarios ó con tropas del ejército territorial. El enemigo no podría atraverse á penetrar en un país falto de comunicaciones y á tan larga distancia de las llanuras, en las que encontraría recursos para hacer la guerra. Tendría, además, el inconveniente de la inseguridad de su línea de comunicaciones; no podría transportar material ni provisiones, y por lo tanto, solamente debemos preocuparnos de proyectar bien las carre-

teras en esa zona, para que nos permitan acudir á la frontera y para que puedan ser defendidas con facilidad.

No es difícil conseguir esto. Todos los valles que descienden de los Pirineos, en la Alta Montaña de Huesca y Lérida, son valles estrechos, de gran pendiente, con desfiladeros terribles, en donde el flanqueo es imposible, y puede, por lo tanto, tenerse al enemigo siempre en jaque, con muy pocas fuerzas y con ningún peligro.

La condición precisa para que esas carreteras contribuyan siempre á la defensa y sean contrarias para la invasión, es que no tengamos el empeño suicida de hacerlas internacionales, ni siquiera que lleguen á la frontera. Hay que dejar una zona fronteriza sin comunicaciones de ninguna clase, á fin de que no tenga nunca medios el enemigo para llevar la guerra. De esta manera, no tendremos necesidad de gastar dinero y tropas en fortificaciones tan lejanas de la base de operaciones, y podremos concentrar las fuerzas en las zonas peligrosas. Debe tenerse también en cuenta, que esas carreteras internacionales en comarcas tan pobres, no sirven para nada en tiempo normal, como no sea para el contrabando, pues las transacciones y transportes que por ellas se hagan, tienen que ser, por necesidad, insignificantes.

Noguera Ribagorzana.

El Noguera Ribagorzana es el eje de la zona montañosa que consideramos, de la que se extiende entre el valle de Broto y el alto valle del Segre; de Boltaña á la Seo de Urgel. Por este valle necesitamos *á toda costa* una vía férrea.

No debemos considerar el caso de que España tome la ofensiva contra Francia, porque no podemos luchar con ninguna gran potencia; pero en toda guerra cabe la ofensiva parcial, la ofensiva táctica; la que tiene por objeto distraer las fuerzas del enemigo; la que le obliga á concentrar tropas en puntos determinados, impidiéndoles tomar parte en el ataque general. Y si España tiene un trozo de frontera que le permita atacar, ó por lo menos amenazar, es el valle de Arán, territorio español en donde nace el Garona, río francés, y que está en la vertiente septentrional de los Pirineos.

Pocos ignorarán que existe un proyecto de ferrocarril internacional

de vía ancha, que debía partir de Lérida, pasar por Balaguer, remontar el Noguera Pallaresa y atacar el túnel internacional por bajo del puerto de Salou, y que dejase abandonado, *completamente abandonado*, nuestro valle de Arán. Este trozo de territorio español lo empujábamos, lo echábamos en brazos de los franceses. Con ellos tendría buenas comunicaciones; con nosotros no podría comunicar más que por una carretera que pasaría por el puerto de la Bonaigua; carretera obstruída, cegada todos los años por las nieves del Pirineo.

El trazado por el Noguera Pallaresa, en la alta cuenca de este río, se adoptó teniendo en cuenta consideraciones económicas, y olvidando que en las comunicaciones internacionales, la economía en la construcción es uno de los factores de menos importancia.

El proyecto tarda en realizarse, pues por lo visto Francia tiene poco interés en que la línea se construya. Pero nosotros nos encontramos en caso distinto: se construya ó no la comunicación internacional, estamos en el deber de unir el valle de Arán con las llanuras del Segre.

Hace tiempo que hay quien gestiona la construcción de un ferrocarril de vía estrecha desde Lérida á Viella (capital del Valle de Arán), por el Noguera Ribagorzana. Este último verano se presentó el negocio en Bilbao y no se recibió mal; pero el momento era poco oportuno, por la paralización de toda clase de transacciones en la importante plaza mercantil de Vizcaya. No creo que desmaye el que persigue la construcción de esa línea, y todos los buenos españoles debemos desear que encuentre por fin un grupo de capitalistas españoles que se lancen á realizar esa empresa.

Se trata de construir un ferrocarril eléctrico que penetre en el valle de Arán, teniendo el túnel de los Pirineos en territorio español. Para esto no hacen falta negociaciones ni tratos internacionales; y por lo tanto, si la empresa es viable, en el concepto económico, debemos esperar que se realice.

Indudablemente deben existir grandes saltos de agua en el Noguera Ribagorzana. Si se dispone de una gran energía, nada tiene de particular que se haya pensado en la electricidad como fuerza motriz.

Si en terreno tan accidentado; si en valle tan estrecho y de tanta pendiente; si en desfiladeros tan angostos, se adopta la vía de 1 metro,

claro está que la compañía tendrá á medio resolver el problema económico. Y si el Gobierno tiene en cuenta lo que nos importa tener comunicación directa con Viella; *traer á territorio español*, en ferrocarril, á nuestros compatriotas del otro lado del Pirineo, y disponer de una línea de acceso á las altas crestas de esa cordillera, que tan lejos está de nuestra base de operaciones, nos encontraremos con que se ha resuelto la otra mitad del problema, y que podemos esperar que se construya el ferrocarril del Noguera Ribagorzana.

En la cuenca de este río es casi seguro que existan minas, y por esta razón se habrá pensado en el ferrocarril. Si existen, por fortuna, esos yacimientos minerales, y la línea tiene vida propia, tendremos mucho adelantado para llevar á feliz término la empresa.

Pero el túnel á través de los Pirineos será muy costoso, y tal vez la compañía que se atreviera á construir la línea, siguiendo todo el valle del Ribagorzana, no tuviese bastantes alientos para completar la obra, prolongando el ferrocarril hasta Viella, ó más aún, buscando el enlace con la red de vías férreas de Francia. Pues bien; en este caso, el Estado debía auxiliar á la compañía para que *á toda costa*, y *cualquiera que fuese el presupuesto de construcción del túnel, se uniese por ferrocarril á Viella con Lérida, que sería lo mismo que traer á la vida nacional á los españoles del valle de Arán.*

No serviría tal vez este ferrocarril para una campaña ofensiva contra Francia, que no hemos de hacer; tal vez no serviría tampoco esa línea para el transporte de numerosas fuerzas y de pesado material de guerra, que no haría falta; no sería uno de esos ferrocarriles estratégicos que llevan la guerra á largas distancias, remolcando las potentes locomotras, pesados trenes que conducen á la concentración brigadas, divisiones y cuerpos de ejército. Podría no ser nada de eso; pero sería siempre una línea que facilitaría la comunicación del valle de Arán con el territorio español, atrayéndole á su patria y no empujándole hacia el extranjero; sería un ferrocarril que nos permitiría atender á las tropas que guarneciesen los fuertes de aquellas imponentes posiciones defensivas; serviría esa importantísima vía férrea para el transporte de tropas ligeras, para llevar la guerra á territorio francés, para impedir que el enemigo estuviese tranquilo; para obligarle á que distragera

fuerzas; para hacerle sentir al otro lado del Pirineo el empuje de nuestros valientes y sufridos montañeses.

Con un eje como el ferrocarril del Noguera Ribagorzana, estaba resuelto el problema de las comunicaciones de la Alta Montaña, en Aragón y Cataluña.

Para que el Estado auxiliara la construcción de este ferrocarril debía ser condición precisa el que su capacidad de movimiento tuviese la intensidad suficiente para las necesidades de la defensa; á cuyo fin habría que examinar cuidadosamente el peso del carril, el plano y perfil de la línea, y la importancia de los manantiales de energía con que contase. Y aun el auxilio que se le prestara, por grande que éste fuese, y mi opinión es que fuese considerable, debía ser precisamente para el acceso al valle de Arán, para la construcción del túnel de los Pirineos. La subvención permitiría convertir una línea de interés local en otra, no de interés general, sino en una comunicación internacional. Como esto era una ventaja tan grande para la compañía, entre el Estado y la empresa debían sufragar los gastos ocasionados por la importantísima comunicación subterránea, que librase á los araneses del obstáculo de las nieves, para venir en invierno á la vertiente meridional de los Pirineos.

El ferrocarril de Jaca á Pasajes y *el del Noguera Ribagorzana, son las dos líneas en que debe echar todo el peso de su influencia el ramo de Guerra*, haciendo toda clase de sacrificios, y poniendo todo su empeño para su construcción. Uno de ellos servirá de lazo de unión entre tres campos atrincherados; el otro nos pondrá en comunicación con un valle que está del otro lado de la cordillera que constituye nuestra primera línea de defensa. *Tanto el uno como el otro, deben construirse á costa de toda clase de sacrificios.*

Lérida—Balaguer.

La ley de concesión del ferrocarril internacional del Noguera Pallaresa, está en pié. Se construirá esa línea, según que haya ó no compañía que se atreva con el negocio.

Pero la cuestión es que por no construirse la línea internacional del Pallaresa, tenemos sin comunicación ferroviaria al importantísimo pun-

to de Balaguer. Conviene, pues, que estudiemos una solución provisional, á fin de que Balaguer tenga comunicación, por ferrocarril, con Lérida, capital de la provincia y centro de la posición defensiva del Segre, posición jalonada por Balaguer, Lérida y Mequinenza. El valle del Segre pertenece á dos zonas distintas. Aguas arriba de la Seo de Urgel está en relación con la Cerdaña, el Llobregat y el Ter. En el curso medio del río se relaciona con la zona montañosa por donde corren los Nogueras: luego entra en la llanura de Lérida y Balaguer. Se comprende, pues, la necesidad de construir un ferrocarril entre estos dos puntos del Segre.

No creo que deba ser obstáculo insuperable, para la construcción de este ferrocarril, la ley de concesión del Noguera Pallaresa. Podría redactarse una proposición de ley que autorizara la construcción de una línea de vía estrecha, de Lérida á Balaguer, con la misma traza y el mismo perfil que debe tener la línea internacional de vía ancha. Y en el caso de querer construir todo el ferrocarril del Noguera Pallaresa, la sección de Lérida á Balaguer servirá de base para la línea internacional, bastando para esto convertir en vía ancha el trozo de vía estrecha.

Barbastro—Ainza.

Entre los ferrocarriles de Huesca á Jaca y de Lérida á Viella (suponiendo construído este último), no tenemos otra vía férrea de penetración, de acceso á la frontera, que el corto ramal de Selgua á Barbastro.

Al Norte de Barbastro tenemos el importantísimo punto de El Grado, que tiene grandes condiciones para convertir lo que ya es una excelente posición defensiva, en posición fortificada. Sería conveniente que una vía férrea llegase hasta El Grado. Basta para esto prolongar la de Selgua á Barbastro, que aunque sea de vía normal ó ancha, hasta El Grado no podía ser excesivamente costosa.

Poco antes de llegar á Boltaña, partiendo de Barbastro y pasando por El Grado, nos encontramos con Ainza, centro que recoge las avenidas de muchos valles altos de aquella comarca. La construcción de un ferrocarril secundario desde El Grado hasta Ainza sería muy conveniente y de gran utilidad para la defensa. Como el coste de este ferrocarril no sería grande, por tratarse de una línea con carácter económi-

co, en un valle en donde ya tenemos carretera, creo posible la construcción, por pocas condiciones que presente la comarca para darle vida propia.

Carreteras de Huesca.

Entre las vías férreas del valle del Cinca (Barbastro-Grado-Ainza) y del Noguera Ribagorzana (Lérida-Viella), tenemos una extensa zona montañosa muy escasa de comunicaciones ordinarias, que hace falta construir. El eje de la zona comprendida entre los dos ferrocarriles proyectados puede considerarse que es el valle del Ésera, por donde debe construirse la carretera de Gráus á Benasque.

Desde Sahun, punto importantísimo del valle, debe construirse una carretera al Plan, que debe continuar hasta Ainza.

Desde el Run, otro punto importantísimo del mismo valle, debe partir otra carretera, para cruzar el valle de Isábena y enlazar en Vilaller con el ferrocarril del Noguera Ribagorzana.

Otra carretera debía partir de Gráus remontando el valle del Isábena y uniéndose con la del Run á Vilaller.

Por último, debía construirse una carretera que, partiendo de la de Barbastro al Grado, se dirigiese á Benabarre, cruzase con Noguera Ribagorzana y terminase en Tremp.

ZONAS CATALANAS.

Desde el Valle de Andorra hasta el Cabo de Cervera, en el Mediterráneo, se extiende la otra zona de frontera por donde son posibles las invasiones de la parte de Francia. El campo de operaciones del ejército de Cataluña es tan interesante como el del Norte, y en ellos es en donde se haría la verdadera campaña.

Nuestra base de operaciones sería el ferrocarril de Lérida á Barcelona: el territorio catalán, entre la base y los Pirineos, puede considerarse dividido en dos zonas. La zona oriental sería la de las cuencas fronterizas Muga y Fluviá y la del bajo Ter, limitada ésta por el gran macizo montañoso que separa á Olot de la cuenca del alto Ter. La zona occidental estaría constituída por las altas cuencas del Ter, Llobregat y Segre.

Veamos ahora el estado de las comunicaciones ferroviarias en el campo de operaciones del ejército de Cataluña.

Gerona.

En la zona oriental, en la de la costa, tenemos la plaza de Gerona, que es el centro de toda esa interesante comarca. Comunica Gerona con Figueras, importante posición fortificada que ha de sufrir radical transformación, por medio del ferrocarril de Barcelona á la frontera francesa.

Podemos considerar como flanco derecho de la posición de Figueras el puerto de Rosas, importantísimo punto de la costa y del estratégico golfo del mismo nombre. Rosas y Figueras no tienen comunicación por ferrrocarril y es preciso que la tengan.

El ferrocarril de Figueras á Rosas debe ser de vía ancha, á fin de que todas las operaciones que por dicha línea se verifiquen, puedan prepararse desde Gerona. Los trasbordos en este caso harían perder mucho tiempo, y las operaciones serían muy activas en el Ampurdán, por tratarse de comarca fronteriza, cruzada por una vía férrea y por una carretera, que son comunicaciones internacionales.

La posición de Gerona debe considerarse prolongada hasta el mar por su flanco derecho. La Bisbal está en íntima dependencia con Gerona, y estas dos plazas tienen comunicación ferroviaria por el ramal de Flasó, empalme con el ferrocarril de Francia á Palamós, punto importantísimo de la costa.

El último núcleo defensivo de la zona oriental que consideramos, tiene por centro á Olot, posición de importancia capital para la defensa de los Pirineos orientales y para la seguridad de la plaza de Gerona. Hoy no existe comunicación ferroviaria entre Olot y Gerona, pero se está construyendo un ferrocarril entre estos dos puntos: ya está explotándose la sección de Gerona á Amer. Esta línea es importantísima, y conviene que se termine lo antes posible.

La plaza de Gerona tiene comunicación con Barcelona por el ferrocarril de Granollers, y por la línea de la costa, que se une en Martorell con la anterior. La verdadera línea estratégica es la de Granollers, pues la de Mataró estará bajo los fuegos de la escuadra enemiga, si logra

aproximarse á tierra, por disponer nosotros de pocas fuerzas navales, circunstancia que es muy de temer.

También disponemos del ferrocarril de Gerona á San Feliú de Guixols, punto de la costa al Sur de Palamós.

Vich.

El río Ter tiene separadas por las profundas gargantas de las Guillerías, su cuenca alta y baja. La cuenca alta se relaciona con la del Llobregat y con la Cerdaña, ó sea con el valle alto del Segre. La baja cuenca pertenece á la zona oriental, en cuyo centro está la plaza de Gerona.

Las comunicaciones entre Olot y la alta cuenca del Ter han de ser carreteras; y de éstas debemos considerar construídas tres de ellas, que son necesarias. Una la que comunica á Olot con San Juan de las Abadesas, por el puerto de Santigosa; otra la de Olot á Ripoll, por Vallfogona y el puerto de Canas, y la tercera á Manlleu, por San Feliú de Pallerols. Con estas tres carreteras tendremos comunicación perfecta entre la zona oriental y la del alto Ter.

Vich, centro importantísimo de la alta cuenca del Ter, está sobre la vía férrea de Barcelona, por Granollers á San Juan de las Abadesas. Esta línea llega hasta cerca de Camprodón, que es un punto fronterizo de gran importancia. Antes de San Juan de las Abadesas nos encontramos con Ripoll, posición de grandes condiciones para la defensa en el alto valle del Ter.

La importantísima línea de Ripoll, por Ribas, á Puigcerdá, no tiene hoy vía férrea construída, pero existen grandes probabilidades de que se construya. Vamos á examinar esta cuestión.

Ripoll—Puigcerdá.

En Ribas se han encontrado buenos yacimientos mineros que exigen la construcción de un ferrocarril; y como se tiene cerca la estación de Ripoll, ha pedido la compañía minera la concesión de una línea de vía ancha de Ribas á Ripoll. Se trata de nn ramal corto y de unas minas importantes, y por lo tanto es casi seguro que se construya en breve plazo.

También existe otra petición de concesión, ya otorgada, para un ferrocarril de vía estrecha desde Ripoll á Puigcerdá. No estoy lo suficientemente enterado para poder decir las probabilidades de que dicha línea se construya. Convendría que la compañía de Puigcerdá desistiese de la sección de Ripoll á Ribas, y construyese únicamente la de este punto hasta la capital de la Cerdaña.

La línea de Puigcerdá sería muy conveniente para la defensa, si en el trazado se tuviesen en cuenta las condiciones estratégicas. Al pasar por el coll de Tosas, era preciso que no se acercase más de lo necesario á la línea fronteriza, y además, que las bocas del túnel principal, así como las de los secundarios, pudiesen ponerse con facilidad en estado de defensa.

Manresa—Guardiola.

Manresa está en nuestra base de operaciones y es una importantísima posición de la cuenca del Llobregat.

De Manresa, en dirección hacia el Norte, parte el ferrocarril de Berga, que está construído y en explotación, hasta muy cerca de este punto. El proyecto es prolongar esta vía férrea hasta Guardiola, y entonces tendríamos una excelente línea de acceso hacia la frontera, con el ferrocarril de Manresa á Guardiola.

Barcelona.

No harían falta para la defensa más ferrocarriles que los indicados; bastaría enlazarlos todos por las carreteras proyectadas, á través de los macizos montañosos que separan unas zonas de otras.

Barcelona, gran centro de comunicaciones de la región catalana, tenía á vanguardia la vía férrea internacional de Gerona y Figueras; y en esa zona, estarían Olot y La Bisbal en comunicación ferroviaria con la capital de la provincia, con el centro defensivo de la zona oriental. Rosas lo estaría también con Figueras; de modo que toda esa comarca tendría una red de comunicaciones ferroviarias que bastaban para las necesidades de la defensa.

De Barcelona parte también el ferrocarril de San Juan de las Abadesas, el que pasa por Granollers y Vich, el que recorre todo el alto va-

lle del Ter. Y esta línea debemos considerarla completada con el ramal de vía ancha de Ripoll á Ribas, y con el ferrocarril de vía estrecha de Ribas á Puigcerdá. En este caso, la Cerdaña se encontraría en comunicación directa con Barcelona, con la base de operaciones.

Y también atendería Barcelona á todo el Llobegat por el ferrocarril de Manresa, por el de Berga y Guardiola, resultando Manresa un importante centro de acción, pues no sólo atendería al alto Llobregat, sino que serviría de enlace entre Lérida y Barcelona.

Estos ferrocarriles necesitarían ciertos enlaces por carretera, y hay que considerar las que completan la red de comunicaciones, como son las proyectadas de Berga á Bellver y de Berga á Arfa, puntos del alto Segre, uno á vanguardia y otro á retaguardia de la Seo de Urgel; la carretera de Guardiola á Ribas, y la de Argelaguer á Camprodón.

Con todas estas comunicaciones, es indudable que el ejército de Cataluña podría atender á todas partes y podría cubrir perfectamente nuestra línea de defensa, sacando todo el partido posible de las condiciones del terreno.

LA FRONTERA PORTUGUESA.

PORTUGAL.

Una guerra con Portugal es más que probable. Aliada nuestra vecina, por gusto, por necesidad ó por fuerza, con Inglaterra, se verá empujada á pelear con nosotros cuando convenga á la Gran Bretaña.

En una guerra con Francia, nuestra misión sería defender el territorio español, apelando únicamente á la ofensiva táctica, á la ofensiva parcial, y casi todas las operaciones tenderían á detener al invasor.

En una guerra con Portugal, bien sóla ó bien aliada, nuestro sistema de combatir ha de ser la ofensiva estratégica, arrollando ó procurando arrollar cuanto se interponga entre la frontera y la capital del pueblo que nos provoque.

Secciones de la frontera.

La frontera portuguesa podemos dividirla en tres secciones. Ni la sección meridional, desde Ayamonte á Badajoz, permite una ofensiva conveniente para el buen éxito de la campaña, ni tampoco nos conduce á nada práctico el ataque decidido por la sección del Noroeste, desde el Tormes hasta la desembocadura del Miño, en el Océano Atlántico. La sección intermedia es la que debe llamar nuestra atención, pues las invasiones de una ó de otra parte, se verificarán por el Alentejo ó por la Beira.

Ejércitos de operaciones.

A las tres secciones de la frontera portuguesa corresponden tres ejércitos de operaciones. El de Galicia y el de Huelva, con una misión

puramente defensiva, en el concepto estratégico, y sirviendo para que apoye sus flancos el ejército que debe tomar la ofensiva; sirviendo también para cooperar á las operaciones del que ataque con verdadera decisión, invadiendo el territorio enemigo.

La composición de estos tres ejércitos de operaciones, claro está que debía ser distinta, teniendo el central mucho más efectivo que cualquiera de los otros dos. El Meridional y el del Noroeste tendrían misión importante, pero que no podría compararse con la que tendría el central.

Sevilla.

Nuestra base de operaciones sería la vía férrea paralela á la frontera, teniendo como puntos de gran importancia, Huelva, Zafra, Mérida, Cáceres, Plasencia, Salamanca, Zamora, Benavente, Astorga, Monforte, Orense y Vigo.

El centro de acción desde Huelva á Mérida, está en Sevilla. Desde Mérida hasta Salamanca, reconoce á Madrid como centro. Y desde Salamanca al Norte, primero, y luego hacia el Atlántico, existen varios centros secundarios, desde los cuales se van dominando pequeñas secciones de la frontera, respondiendo á la dirección convergente que la defensa tendría en esa región.

Estudiemos ahora la concentración de fuerzas sobre la frontera portuguesa; pero téngase presente que es preciso suponer construídas las líneas que hoy no existen y que deben existir.

En la región meridional se concentrarían todas las tropas andaluzas. Esta concentración es hoy facilísima para todas las provincias meridionales; y lo será más aún cuando queden unidas Granada y Murcia, por el ramal de Moreda, y por la prolongación del ferrocarril de Baza hasta el empalme con el de Linares á Almería. Y aun sin esta comunicación directa, podría ir muy bien el contingente de Almería á Baeza, y descender luego por la línea del Guadalquivir, para buscar el centro de Sevilla.

Vemos, de todas maneras, lo conveniente que es que desaparezcan las lagunas, las interrupciones del ferrocarril de Murcia á Granada. Para una concentración sobre los Pirineos, nos es absolutamente necesaria esa línea. Para una concentración sobre la frontera portuguesa, no

es de necesidad tan absoluta, pero es de indudable conveniencia. Y cuando una línea responde á fines distintos, debe construirse cuanto antes.

Tiene Sevilla para su servicio, en el caso de una guerra con Portugal, el ferrocarril de Huelva y el de Badajoz, uniéndose este último en Zafra con el paralelo á la frontera. Se encuentra, por lo tanto, la capital de Andalucía, perfectamente comunicada con la base de operaciones, de una parte, y de otra, lo está con las distintas provincias andaluzas, aun cuando las comunicaciones para la concentración sobre Sevilla no sean tan perfectas como era de desear. No trataremos ahora de estas últimas, por dejarlo para cuando se hable de la costa del Mediodía.

Ávila—Salamanca.

El ejército central, el que había de tomar la ofensiva, tendría á su cargo toda la sección de frontera que se extiende desde Badajoz, situada esta plaza en el notable recodo del Guadiana, hasta la desembocadura del Tormes, en el Duero. La parte de base de operaciones que le corresponde á este ejército, es la línea de Mérida á Salamanca. Mérida, Cáceres, Plasencia y Salamanca, serán los puntos principales en que, por ahora, debemos fijarnos.

La región central, la que tiene por centro á Madrid, puede comunicar hoy directamente con la base de operaciones que estamos considerando, por la línea del Tajo. Muy cerca de Plasencia tendrá á su disposición la línea de Mérida, hacia el Sur, y la de Salamanca al Norte. Podrá también hacerse uso de la línea de la Mancha, bajando á Ciudad Real y tomando el ferrocarril de Badajoz.

Y todavía se puede hacer más. Para ir á Salamanca, podría ascenderse por el ferrocarril del Norte hasta Medina del Campo, y tomar luego la línea que une este importantísimo centro de comunicaciones de Castilla con la ciudad de Salamanca.

Pero aquí nos encontramos con una solución indirecta, cuando nada se opone á que tengamos una excelente línea de comunicación entre Salamanca y Madrid, solamente con terminar la construcción del ferrocarril de Avila á Peñaranda.

La línea de Avila á Salamanca se halla en explotación entre esta

ciudad y Peñaranda de Bracamonte. Las necesidades militares y las conveniencias del país, imponen que se construya la sección de Avila á Peñaranda; y suponiendo terminada esta construcción, fácil es convencerse de que esta línea resulta muy directa, no solamente entre Madrid y Salamanca, sino entre Madrid y Oporto, comunicación de gran importancia comercial, cuyo verdadero valor no se ha podido apreciar hasta el día. Para que nazcan corrientes comerciales, es preciso que encuentren cauce apropiado para ellas.

Avila—Segovia.

Supongamos construído el ferrocarril de vía normal de Avila á Salamanca, ó lo que viene á ser lo mismo, el de Salamanca á Madrid. Téngase también en cuenta que Segovia es punto avanzado de la región central. Y recordemos, además, que se estableció como necesaria la construcción del ferrocarril de vía estrecha de Segovia, Sepúlveda, Soria, y el de Sepúlveda, Aranda de Duero, Burgos. Considerando construídas estas líneas, pronto se nota la laguna que nos resulta entre Avila y Segovia. Para ir de una á otra de estas dos capitales, por vía férrea, era preciso buscar uno de los vértices de ese cuadrilátero alargado, que parece un rombo, y que lo forman las líneas de Avila y Segovia, que se bifurcan en Villalba, y se vuelven á encontrar en Medina del Campo. Esta laguna, esta interrupción, debe remediarse con la construcción de un ferrocarril de vía estrecha que una directamente á Segovia con Avila. Tendríamos de esta manera una línea contínua desde Soria á Salamanca. Veamos ahora las comunicaciones que partirían de esta antigua ciudad castellana, á fin de llegar á comprender toda la importancia de dicho centro.

Concentración sobre Salamanca.

Prescindamos de las líneas á vanguardia y examinemos únicamente, por ahora, las líneas de concentración.

Las tropas de la región del Norte disponen de los ferrocarriles de Pamplona, de San Sebastián, de Bilbao, de Logroño y de Santander, lí-

neas que convergen todas, después de pasar por centros secundarios, en Valladolid. Desde esta capital castellana tenemos la vía férrea que, por Medina del Campo, va directamente á Salamanca.

La región aragonesa concentraría sus tropas en Zaragoza. Si todas, ó parte de estas fuerzas, convenía que se dirigieran al gran centro de comunicaciones que estamos estudiando, podría disponerse de la línea del Jalón hasta la estación de Ariza. Este es el punto de empalme con el ferrocarril de Valladolid, y por esta línea es por donde se podría trasladar las tropas de Aragón que conviniera concentrar en Salamanca.

No es probable que se quisiera disponer que el contingente de Cataluña se concentrase también en este punto; pero si el plan de campaña así lo exigía, tenemos la vía férrea de Barcelona á Reus y Zaragoza, y podrían seguir las tropas catalanas el mismo camino que con anticipación habían seguido las tropas aragonesas.

Tenemos, pues, á Salamanca en comunicación directa con Madrid, con Aragón y con Cataluña, y por lo tanto con toda la región de Levante. Solamente falta para que sea directa la comunicación con Madrid, que se acabe de construir la sección de Avila á Peñaranda: esta sección tiene de 62 á 63 kilómetros, y es preciso gestionar la continuación de las obras, á fin de que pueda abrirse cuanto antes á la explotación el ferrocarril directo de Madrid á Salamanca y Oporto.

Huelva—Astorga.

Hemos visto la perfecta comunicación que tiene Salamanca con las regiones que están á retaguardia de la base de operaciones. Pues aún la tiene mejor con las regiones fronterizas.

La vía férrea de Plasencia á Astorga le da la comunicación directa con Galicia, con León, con Oviedo y con el Cantábrico. Esa misma vía férrea, prolongada hacia el Sur, enlaza á Salamanca con Extremadura y con Andalucía, llegando en Huelva hasta la costa del Mediodía.

Vanguardia de Salamanca.

Para ver por completo la importancia del gran centro de comunicaciones de Salamanca, basta que nos fijemos en los ferrocarriles que tiene á vanguardia. Parte la línea general de la ciudad castellana y pasa á

Ciudad-Rodrigo, plaza española fronteriza. Continúa la vía férrea y penetra en Portugal en dirección de Guarda. En esta plaza portuguesa la línea se bifurca: un ramal rodea por el Norte la sierra de la Estrella, recorriendo la Beira Alta y pasando por Coimbra. El otro ramal sigue por la vertiente meridional de la misma sierra, cruza la Beira Baja y va á buscar Castello-Branco, encontrándose ya en las inmediaciones del Tajo. Estas vías férreas de la Beira, lo mismo la Alta que la Baja, son líneas de invasión, pues terminan en la capital, en Lisboa, y son líneas que atraviesan territorios recorridos por los ejércitos en todas las épocas de la historia, y donde se dieron las célebres batallas.

Entre Salamanca y Ciudad-Rodrigo está la estación de Fuente de San Esteban; desde esta estación parte el ferrocarril de Barca d'Alba, que sigue el valle del Duero y que termina en Oporto. Vemos, pues, que desde Salamanca parte una línea general que pone en comunicación directa á esta capital con todo el Norte de la nación portuguesa, y con esto deducimos que Salamanca es un centro de capital importancia. Las comunicaciones son tan buenas á vanguardia como á retaguardia; se encuentra perfectamente enlazada con todos los puntos estratégicos de la base de operaciones; por esta línea pueden trasladarse las tropas para emplearlas con arreglo á lo que exijan las necesidades de la campaña, acumulando fuerzas más al Norte ó más al Sur, y respondiendo siempre las comunicaciones á lo que de ellas necesite el general en jefe.

Extremadura y Castilla.

Conocida de cuantos hayan estudiado la geografía militar de España, es la gran cortadura, la notable interrupción que presenta la cordillera Carpetana á uno y otro lado del puerto de Baños. Salamanca domina el Norte de la cortadura. Plasencia ocupa en el Sur análoga situación.

Esta cortadura es el paso obligado de Castilla la Vieja á Extremadura, y la comunicación entre estas dos regiones españolas lleva consigo el contacto de las fuerzas que penetren en territorio portugués por las provincias de la Beira. Castilla la Vieja corresponde á la Beira Alta; Extremadura corresponde á la Beira Baja.

Línea del Tiétar.

Plasencia es un punto de gran importancia en nuestra base de operaciones. El ferrocarril de Madrid á Cáceres y Portugal, ó sea el ferrocarril del Tajo, empalma muy cerca de Plasencia con el que corre de Sur á Norte, para enlazar en Astorga con la línea de Galicia. La vía férrea del Tajo no debe ser la única que ponga en comunicación á Madrid con Plasencia, y como conviene construir otro ferrocarril, debemos tratar ahora de él.

El batallón de Ferrocarriles necesitaba tener una línea propia para Escuela práctica. Después de muchas tentativas y gestiones infructuosas, se pudo esperar la solución buscada adquiriendo la proyectada y empezada línea de Madrid á San Martin de Valdeiglesias. Se trataba de un negocio desastroso para la compañía concesionaria, y era preciso deshacerse de la línea: la ocasión era excelente para que el Estado adquiriese un ferrocarril por muy poco dinero, y que sirviese de Escuela práctica á las tropas de esta especialidad.

Tomemos como base que el batallón de Ferrocarriles termine la construcción y empiece la explotación del ferrocarril de Madrid á San Martin de Valdeiglesias.

Al Estado le conviene la prolongación de la línea, á fin de que los ingresos que obtenga le compensen los gastos que originen las tropas. Se impone esa prolongación por el valle del Tiétar, comarca de condiciones excepcionales y que estuvo siempre desatendida en el ramo de comunicaciones.

La prolongación de la línea de San Martin de Valdeiglesias por el valle del Tiétar, debe tener como fin el enlace de esta línea con la paralela á la frontera portuguesa, enlace que debe buscarse en la plaza de Plasencia. Dispondríamos entonces de dos líneas de comunicación directa entre este punto y Madrid. Sobre la línea del Tiétar conviene que digamos dos palabras.

Tengo un verdadero fanatismo por todo aquello que represente la unión entre pueblo y ejército. Me atrae poderosamente toda aquella obra que contribuya al mayor brillo de las instituciones militares y al fomento de la riqueza pública. No olvido, ni por un momento,

que el ejército no es una clase de la nación, sino que es la nación puesta en armas, la fuerza, el brazo de la patria. Por esto busco siempre la armonía entre los intereses militares y los intereses generales del país.

El ferrocarril del valle del Tiétar, prolongación del de San Martín de Valdeiglesias, sería conveniente para la buena instrucción de las tropas de ferrocarriles; sería también muy conveniente para compensar al Estado de los gastos de explotación que la línea tuviera en la primera sección, por atravesar ésta un país muy pobre; y resolvería, por último, un problema local para una comarca interesante, huérfana hoy de buenas comunicaciones.

Hay muy pocas gentes en Madrid que conozcan ese hermoso valle del Tiétar. No muy lejos de San Martín de Valdeiglesias se encuentra un collado de fácil acceso, y al ascender á él se contempla un espectáculo grandioso que no podía adivinarse. Al terreno pobre y miserable de los alrededores de San Martín, terreno de caza y de monte bajo, sucede un terreno fértil, con vegetación inesperada, con toda clase de productos. A corta distancia de Madrid se dá *el naranjo y la morera. ¡Qué pocos madrileños saben esto!*

Pues bien; esa interesante y rica comarca; ese oasis de la tierra castellana, no ha tenido la suerte de que se construya una vía férrea de interés local. Orientada al Mediodía; sirviéndole de grandiosa espaldera la sierra de Gredos; abundante en aguas por el deshielo de las nieves, reune en sí toda clase de elementos para que pueda considerarse como el invernadero de Madrid.

Los pueblos de la vertiente meridional de la sierra de Gredos y de la derecha del Tiétar, reclaman un ferrocarril de vía estrecha de Madrid á Plasencia; la construcción es fácil; la explotación sería altamente beneficiosa; Madrid tendría un colosal invernadero á poca distancia; la defensa nacional dispondría de una nueva línea de concentración sobre la base de operaciones contra Portugal; la comarca dejaría de estar aislada, y entonces, Arenas de San Pedro, Yuste y Jarandilla, serían conocidos como se merecen. Todos los intereses resultarían aunados y satisfechos; y por lo tanto, debe acometerse con brío y hasta con urgencia, la resolución de un problema tan sencillo, y que tantos beneficios había

de proporcionar. La cuestión está perfectamente estudiada, y falta únicamente dar cima á la obra.

Plasencia—Coria.

A vanguardia de Plasencia está la antigua plaza de Coria. Si el ferrocarril del Tajo se hubiese construído con arreglo al primitivo proyecto, se hubiera atravesado la frontera por Morfontinho, y Plasencia y Coria tendrían hoy comunicación por ferrocarril.

Pero se varió el proyecto; la línea se construyó en muy buenas condiciones militares para Portugal, que nos obliga á pasar dos veces el Tajo de Madrid á Lisboa, y Coria quedó aislada de Plasencia.

Pudiera suceder que en el porvenir se construyese la línea de Morfontinho; pero adelantándonos á esa contingencia, debemos construir un ferrocarril de vía estrecha, con curvas y pendientes propias de una línea normal, que una á Coria con Plasencia. En el caso de que se quiera convertir este ramal en línea internacional, fácil sería transformar la vía estrecha en vía ancha, puesto que ya se impone la condición para el proyecto, de que curvas y pendientes estén proyectadas para esta clase de vía. Cuando se tiene en cuenta el porvenir, se da gran facilidad de resolución á una infinidad de problemas.

Cáceres.

Separado pocos kilómetros de la línea del Tajo, ó de la de Madrid á Lisboa, tenemos otro importantísimo punto de nuestra base de operaciones. Cáceres, capital de una de las dos provincias extremeñas, es el centro de acción de la base sobre la parte de frontera que se extiende desde Alcántara hasta Alburquerque, plazas ambas, estas últimas, que tuvieron gran importancia en nuestras antiguas guerras con Portugal.

Nada puede decirse de particular sobre la concentración de fuerzas en Cáceres, pues las comunicaciones de esta plaza con el interior del país, no son directas, dependen de Plasencia y de Mérida, y por lo tanto, estos otros centros son los que deben llamar nuestra atención principalmente, considerando á Cáceres como punto intermedio, y cuya acción solamente se ejerce á vanguardia de la base de operaciones, por la

excepcional posición que ocupa en la línea de invasión de Valencia de Alcántara.

Coria—Alcántara—Alburquerque.

Para facilitar la acción de Cáceres sobre la frontera, hace falta poner en comunicación ferroviaria las plazas fronterizas.

Suponemos construído el ferrocarril de vía estrecha de Plasencia á Coria. Este ferrocarril debe prolongarse, siguiendo el valle del Alagón, hasta la antigua plaza de Alcántara, que está ya en la izquierda del Tajo.

La línea de Plasencia, Coria, Alcántara, debía prolongarse todavía más, cruzando el ferrocarril del Tajo y en dirección á Alburquerque.

Esta vía férrea desde Plasencia á Alburquerque, solamente debía tener condiciones excelentes de construcción entre Plasencia y Coria. Después de este punto, puede admitirse una línea secundaria, que no tenga tanta capacidad de transportes. Los grandes movimientos de tropas se verificarán á retaguardia en la base de operaciones, y los movimientos de detalle podrían verificarse por el ferrocarril de Coria á Alburquerque, línea que facilitaría grandemente toda clase de operaciones, poniendo en comunicación perfecta las fuerzas de la izquierda y de la derecha del Tajo, á vanguardia de nuestra base de operaciones. La necesidad de esta línea en una guerra ofensiva, no requiere demostración de ningún género.

Mérida.

Mérida es un centro de comunicaciones que tiene más importancia que Salamanca en una guerra con Portugal; y cuando la ciudad castellana tiene tan gran interés, fácil es deducir lo que vale y representa la antigua ciudad romana.

No depende la superioridad de Mérida sobre Salamanca de que concurran en ellas más vías de comunicación; depende de que la invasión por el Alentejo es infinitamente de más eficacia que la que tome la Beira Alta por campo de operaciones, y Mérida es el punto de concentración obligado para marchar á Badajoz, tomar Elvas y dirigirse á Setubal y al valle inferior del Tajo.

Las dos vías férreas que pasan por Mérida se cruzan en ángulo recto. Una de las ramas la pone en comunicación con Cáceres, Plasencia y Salamanca. La rama que baja de Norte á Sur, pasa por Zafra, se bifurca y la comunica por vía férrea con Sevilla y con Huelva.

A retaguardia tiene la línea del Guadiana, ó sea la comunicación con la Mancha y con la región de Levante. A vanguardia tiene la línea de Badajoz, que enlaza con la red de ferrocarriles portugueses.

Pueden concurrir á Mérida las tropas de la región central, de Aragón y de Cataluña, por la línea de Madrid á Cáceres, y por la de Cáceres á la plaza que consideramos. También pueden esas tropas de la región central dirigirse á Mérida por la línea de Ciudad-Real, y por esta misma línea acudiría el contingente de la región de Levante.

Andalucía comunica con Mérida por el ferrocarril de Huelva, por el de Sevilla, y también por el que partiendo de Córdoba y pasando por Bélmez, enlaza en Almorchón con la línea de Ciudad-Real.

Vemos, pues, que Mérida es un gran centro de comunicaciones á retaguardia de la frontera portuguesa, siendo el sostén, el punto de apoyo de la plaza fronteriza de Badajoz. Nada tenemos que decir sobre los ferrocarriles de vía ancha que en Mérida concurren; pero sí conviene llevar la atención sobre la frontera, en la zona cuyo centro de acción está en la antigua plaza romana.

Alburquerque—Fregenal.

Dejamos interrumpida nuestra línea secundaria fronteriza en la plaza de Alburquerque. Esta línea debía prolongarse á Badajoz, poniendo así en comunicación ferroviaria á la plaza principal con la secundaria que de ella había de depender. Y si esta solución era de necesidad en tiempo de guerra, era de indudable conveniencia para la vida normal de la comarca, puesto que así estaría Alburquerque en directa relación con la capital de la provincia.

Y no debía terminar esa línea secundaria en Badajoz. Al Sur de esta plaza tenemos á Olivenza, y dicha línea debía cruzar el ferrocarril del Guadiana, y venir á la antigua plaza portuguesa, situada hoy en territorio español.

Desde Olivenza se prolongaría la línea, cuyo trazado vamos dando

por secciones, hasta Fregenal de la Sierra, pasando por Jerez de los Caballeros, y se uniría al ferrocarril de Zafra á Huelva.

El ferrocarril de vía estrecha que partiendo de Plasencia pasara por Coria, siguiese el valle del Alagón, cruzara el Tajo en las inmediaciones de Alcántara, tocase esta plaza, se dirigiera á Alburquerque, cortando el ferrocarril del Tajo, que continuase su marcha hacia Badajoz, que tuviese como punto obligado á Olivenza, y que, pasando por Jerez de los Caballeros, enlazase en Fregenal de la Sierra con la línea de Zafra á Huelva, sección de nuestra base de operaciones, es indudablemente una comunicación ferroviaria de absoluta necesidad para el tiempo de guerra, y de gran conveniencia para la vida normal del país. Debe, pues, trabajarse para la construcción de esta vía férrrea, cuyo coste podía ser de poca importancia, puesto que solamente en su primera sección, de Plasencia á Coria, es en donde debía exigirse que se sujetara á lo dispuesto, en curvas y pendientes, para los ferrocarriles de vía normal. En todo el resto de la línea, que era casi la totalidad, podía hacerse en condiciones altamente económicas, aprovechando carreteras y dándole el verdadero carácter de ferrocarril secundario.

Zamora.

Dejemos ya la región central y meridional, y examinemos las condiciones de nuestra base en la región del Noroeste.

La base de operaciones de Salamanca á Vigo, ó mejor dicho, desde Vigo á Zamora, no tiene otra finalidad que la de hacer una guerra defensiva, tomando solamente la ofensiva táctica en algún portillo que se prestase para ello. La acción principal estaría concentrada en la zona que se extendiera desde Mérida y Badajoz á Salamanca y Ciudad-Rodrigo.

Seguiremos la línea de Sur á Norte, y nos encontraremos con la plaza de Zamora, plaza que está á horcajadas sobre el Duero.

No hace falta hablar mucho para conocer la comunicación que Zamora tiene con el interior del país. El ferrocarril de Medina del Campo la pone en relación directa con Madrid, y la línea de Plasencia á Astorga establece las comunicaciones con el Noroeste y con el ejército principal de operaciones.

A vanguardia de Zamora tenemos dos puntos fronterizos á los que conviene atender. Al Sur del Duero está Fermoselle, enlazado hoy por una carretera con la capital de la provincia. Conviene que se aproveche esta línea y se construya un ferrocarril secundario desde Zamora á Fermoselle por Bermillo. Una línea de esta clase cuesta muy poco, y ésta de que tratamos sería muy conveniente para la paz y para la guerra.

El otro punto indicado es Alcañices, comunicado hoy con Zamora por una carretera de tercer orden. También conviene que esta carretera se aproveche para un ferrocarril secundario, que sería de poco coste.

Benavente.

Si continuamos siguiendo nuestra base de operaciones en dirección al Norte, nos encontramos con Benavente. Por una anomalía muy común en España, este importantísimo centro de comunicaciones ordinarias no estaba, hasta hace muy poco, enlazado á la red general de vías férreas. Construída ya y puesta en explotación la línea de Plasencia á Astorga, empieza para Benavente una época de prosperidad, pudiendo abrigar la esperanza de que concurran en este centro varias vías férreas, que lo pongan en comunicación directa con todas las regiones españolas.

Puebla de Sanabria.

A vanguardia de Benavente sólo debe construirse un ferrocarril. La alargada cuenca del Tera, el territorio de Sanabria, tiene grandes condiciones militares con relación á la frontera portuguesa. La mucha distancia que hay entre Benavente y la Puebla de Sanabria, exige la construcción de un ferrocarril secundario, pues no es justo ni conveniente tener esa comarca tan interesante completamente aislada de la vida general del país. No basta la carretera; es preciso que se aproveche esta comunicación ordinaria para la construcción de un ferrocarril económico.

Benavente—Medina.

Queda ya expresada la esperanza del risueño porvenir que le ofrecen á Benavente las nuevas vías férreas que se proyectan ó que deben

proyectarse. Ocupémonos ahora de esta cuestión, pues no sólo afecta á un punto determinado; es asunto de interés vital para un gran número de regiones españolas.

La comunicación entre Madrid y Galicia, entre el centro y el Noroeste de España, no es lo que debe ser. Va la línea de Galicia dando vueltas y revueltas, y como si la naturaleza no bastara para tener tan alejada del centro del territorio español á la simpática región gallega, se encargó el hombre de cooperar á este alejamiento, trazando una vía férrea que tan poco responde á las necesidades de la vida moderna. El error cometido está en vías de rectificación.

No hace mucho que se pidió la concesión, y hasta creo que se votó la ley, de un ferrocarril desde Medina del Campo á Benavente. Solamente con este ramal se acortaría considerablemente la distancia entre Madrid y La Coruña, pues podría substituirse el recorrido de Medina del Campo, Valladolid, Palencia, León y Astorga, por el de Medina del Campo, Benavente, Astorga. El ahorro de kilómetros es de gran importancia, y aunque se presenten inconvenientes para la construcción de ese ramal, creo que la tenacidad gallega podrá vencer toda clase de obstáculos y conseguir rectificar la línea de Madrid á La Coruña.

Benavente—León.

Supongamos construído el ramal de ferrocarril de vía ancha de Medina del Campo á Benavente. El objetivo de ir rectificando errores antiguos, no podía quedar satisfecho, pues formando cuerpo con el reducto gallego y con la meseta castellana, tenemos en el Norte el Principado de Asturias. Un ramal de ferrocarril de Benavente á León, bien directo, ó bien enlazando con la línea de Palencia en Palanquinos ó Tomeros, resolvería el problema de la comunicación directa de Asturias con el centro y con el mediodía de España.

La línea Madrid, Segovia, Medina del Campo, Benavente, León, Gijón, sería una comunicación muy directa entre la región central y la región asturiana.

La línea Gijón, León, Benavente, Salamanca, Cáceres, Mérida, Zafra, Sevilla, resultaría de colosal importancia para Asturias.

El coste del ramal de ferrocarril de Benavente á Palanquinos sería

de poca consideración, puesto que no hay que salvar obstáculos que exijan grandes gastos, y por lo tanto debemos confiar en su construcción.

Toro—Valladolid.

A retaguardia de Benavente y Zamora tenemos á Valladolid, la capital más importante de Castilla la Vieja. Un centro de tanto interés, no podíamos dejarlo aislado de las nuevas líneas generales de Madrid á la Coruña y á Gijón, y para remediar este inconvenientn, mejorando la red de comunicaciones castellanas, debía prolongarse la línea de Ariza á Valladolid, cruzando en Tordesillas á la de Medina del Campo á Benavente, y enlazando en Toro con el ferrocarril de Zamora.

Si se construía este ramal de poco coste, puesto que no habría en él obra de importancia, se cruzarían en Tordesillas dos líneas muy directas entre regiones lejanas: la línea de Zamora á Calatayud, Zaragoza y Barcelona, que serviría también para comunicar con Valencia por el Central de Aragón, y la general de Madrid á La Coruña y de Madrid á Gijón. Véase lo fácil que es ir rectificando errores cuando hay buen deseo y verdadero interés por la prosperidad del país.

Astorga.

La gran importancia que tuvo siempre Astorga, puerto de entrada en El Bierzo, y por lo tanto en la cuenca del Miño, se aumentó considerablemente al servir de punto de empalme de la línea de Galicia á Madrid y de la de Andalucía á Castilla la Vieja.

En Astorga es en donde cambia el rumbo de nuestra base de operaciones, pues aquella dirección general que llevábamos de Sur á Norte, toma, poco despues de este punto, la dirección hacia Occidente, hacia el Atlántico.

Nada hay que hacer en Astorga, en lo que se refiere á construcción de ferrocarriles. Está enlazado este importante centro de comunicaciones, con todas partes, por medio de líneas de interés general. Es punto de partida del ferrocarril paralelo á la frontera portuguesa. Se comunica directamente, por León, con Asturias, Palencia y Valladolid. Se encuentra hoy en la línea general de Galicia, y continuará siendo punto importante de la misma cuando se construya el ramal de Medina del

Campo á Benavente. No hace falta, pues, preocuparse de nuevas vías férreas que concurran en Astorga.

Monforte—Vigo.

La interesante comarca de El Bierzo, que nos encontramos después de Astorga, no tiene acción directa sobre la frontera portuguesa, por estar interpuesta entre una y otra el territorio de Sanabria.

Después de atravesar El Bierzo llegamos á Monforte, centro de comunicaciones de gran importancia, por bifurcarse en dicho punto la línea de Galicia, dirigiéndose un ramal á Lugo y á la Coruña, y otro á Orense y Vigo.

Sobre la línea de Monforte á la Coruña, nada hay que decir, pues su trazado responde de una manera admirable, lo mismo en lo que toca á la defensa nacional que en lo referente á la vida general del país. Pero no sucede lo mismo con la línea de Monforte, por Orense, á Vigo, pues este ferrocarril, ni comunica directamente la región oriental de Galicia con la de la costa occidental, ni satisface á los más elementales principios del Arte militar.

La línea de Orense á Vigo va por la derecha del río Miño; y aguas abajo de Ribadavia, poco después de entrar en la provincia de Pontevedra, cae toda ella bajo la acción de los fuegos del territorio portugués. Basta esta sola consideración para desechar, en absoluto, como base de operaciones, el ferrocarril de Vigo á Orense.

Tampoco podemos admitir la solución de considerar como buena comunicación la de Monforte á la Coruña, y de aquí á Vigo, cuando se llegue á la unión de Santiago con Coruña. Es una comunicación indirecta que no resuelve el problema, y es preciso estudiar la única solución que existe. Y no se trata de una solución solamente ventajosa desde el punto de vista militar; satisface á toda clase de conveniencias, y puede, por lo tanto, tener grandes probabilidades de éxito. Esta solución, única, necesaria, y que hay que buscar á toda costa, es la construcción de un ferrocarril de vía ancha de Monforte á la ría de Arosas.

Alrededor de Monforte tenemos una cuenca minera de colosal importancia. Un sindicato de Cataluña tiene grandes planes con relación á esos yacimientos mineros. El primer proyecto que se presenta á la

vista para el transporte del mineral, es la construcción de un ferrocarril directo de Monforte á la costa y parece que se ha elegido á Vigo como puerto de embarque.

Relacionada con la explotación de esas minas está, según se asegura, la compra del salto de agua de Los Peares, de 60.000 caballos de fuerza; y como el pensamiento es, no sólo exportar el mineral de hierro, sino el de beneficiarlo, constituyendo altos hornos, no se sabe si se elegirá como centro industrial á Monforte, transportando á este punto la energía del salto de agua de Los Peares, ó si la fábrica se emplazará cerca de donde está el manantial de fuerza. En uno ú otro caso se construiría un ferrocarril de Monforte á Vigo, y siendo éste minero, es de suponer que sea de vía estrecha, de 1 metro entre carriles.

Suponiendo construído el ferrocarril de Monforte á Vigo, debe gestionarse la construcción de un ramal de vía estrecha que una esta vía férrea con Orense, pues este ramal completaría nuestra base de operaciones. Para comprender lo necesario de esta vía férrea, basta fijarse en las detestables condiciones militares de la línea del Miño, aguas abajo de Ribadavia. En la actualidad resulta completamente inservible para caso de guerra. Para la vida normal es también inconveniente, por no comunicar á Vigo y Pontevedra, de una manera más directa, con la cuenca del Miño.

Orense—Verín.

Orense es un buen centro de acción sobre una parte de la frontera portuguesa, pues en el territorio de su provincia nacen muchos ríos que penetran en Portugal. Bande, Ginzo de Limia y Verín, están enclavados en cuencas que vierten sus aguas y que tienen su desembocadura en la costa portuguesa. Los dos primeros pertenecen á la cuenca del Limia: el otro pertenece á la cuenca del Duero. Todo ese territorio del Sur de la provincia de Orense, está huérfano de comunicaciones ferroviarias.

Debe construirse un ferrocarril secundario, una línea de interés local, desde Orense á Verín, por Allariz y Ginzo de Limia. Esta línea estaría en relación por una carretera de primer orden con la de Benavente á Puebla de Sanabria, pues este punto y Verín están unidos por la

carretera que ciñe la frontera portuguesa, y que pasa por La Gudiño. También sería conveniente construir un ferrocarril secundario de Verín á Sanabria.

Si se unían por ramales de carretera á la vía férrea de Orense á Verín los puntos de Bande y Celanova, habríamos puesto en buenas condiciones de comunicación toda esa parte de zona fronteriza, que constituye la región meridional de la provincia de Orense.

Vigo.

La plaza de Vigo es el último punto de nuestra base de operaciones. El ferrocarril de Redondela pone á esta plaza en comunicación con la fronteriza de Tuy, y el de Pontevedra y Santiago, suponiéndole prolongado á la Coruña, enlaza á la plaza de Vigo con todas las vías gallegas.

La guerra hispano-portuguesa en la parte de frontera cuyo centro de acción es Vigo, tendría un objetivo secundario. La defensiva así como la ofensiva no tendrían otra finalidad que la de llevar la guerra á todo el territorio enemigo. Hay un caso, sin embargo, en que tal vez se concentrase todo el interés de la guerra en esa parte de frontera, y esto sucedería si nuestra cándida vecina se dejase engañar por la astuta Inglaterra. El objetivo único de la Gran Bretaña, sería el de apoderarse de las rías de Galicia, teniéndole sin cuidado el centro de la Península, y las ventajas que pudiera obtener su aliada, si lograsen alcanzar la victoria. Entonces, el papel de Tuy, plaza fronteriza, el de Vigo, plaza de la base de operaciones, y el de Coruña-Ferrol, gran centro de acción sobre la región occidental de Galicia, verían centuplicada su importancia, comparada con la que se les puede asignar en una guerra franca y abierta entre las dos naciones de la Península Ibérica.

LAS RÍAS DE GALICIA.

LAS RÍAS DE GALICIA.

La guerra de España con Portugal sería siempre una guerra combinada en la frontera y en la costa. Claro está que esto sucedería con cualquier otra nación poderosa, pues no iba á renunciar al ataque de nuestras costas; pero con relación á Portugal, deben siempre tenerse en cuenta factores extraños, enemigos nuestros. España no atacará á Portugal, porque nada le queremos quitar; porque el pueblo español quiere estrechar lazos de afecto, quiere convivir con el pueblo hermano de raza y de territorio. Y si nosotros no hemos de ofender ni de atacar á Portugal, claro está que la ofensa ó el ataque han de partir del lado de allá de la frontera.

Pero como España tiene un ejército más numeroso que Portugal; como tenemos más medios de acción que la nación vecina, no es probable que nos provoque por gusto, y si lo hace, será impulsada por influencias extrañas, por naciones que están siempre atentas á recojer todo aquello que pueden adquirir con el menor esfuerzo y con el menor gasto posible.

Debemos, pues, suponer, que en una guerra con Portugal tendríamos dos fronteras; la hispano-portuguesa, de una parte, y de otra, la del Campo de Gibraltar. El objetivo serían las rías de Galicia, puntos de escala excelentes entre Londres y el Mediterráneo.

Vigo—Arosa—Ferrol.

La costa de Galicia podemos considerarla dividida en dos secciones por el cabo de Finisterre. Cada una de estas secciones está sujeta á vientos distintos, y por lo tanto, conviene que las escuadras obren con cierta independencia, no teniendo necesidad de doblar el cabo para atender al cumplimiento de su misión.

Los puntos de nuestra base de operaciones en la costa gallega, pueden reducirse á tres. El más próximo á la frontera portuguesa estaría constituído por la excelente bahía de Vigo, en combinación con la ría de Pontevedra.

El del Norte sería el grupo de rías de la Coruña, Arés y Ferrol, que constituyen una sola bahía, y una sola posición defensiva, ó un solo centro de ataque.

Entre estos dos grupos de rías de tanta importancia de nuestra base de operaciones, tenemos la ría de Arosa, que dispone de muchos y buenos fondeaderos. Los españoles conocemos muy poco la ría de Arosa; en cambio los ingleses la conocen con todo detalle, y su escuadra aparece contínuamente frente á Villagarcía, y practica sondajes y ejercicios en todas las épocas del año.

Las otras rías de la costa de Galicia no tienen fondo suficiente para las escuadras, y su defensa debe confiarse á las fuerzas móviles de mar y tierra, cerrando los pequeños fondeaderos que en ellas existen.

Vemos, pues, que debemos reducir á tres puntos, á tres posiciones, nuestra base de operaciones marítimas en la costa de Galicia. La primera consecuencia que de esto deducimos, es la necesidad de una vía férrea que una á Vigo con la ría de Arosa y con Coruña y Ferrol. El problema no es de difícil resolución.

Disponemos ya del ferrocarril de Vigo á Pontevedra. Tenemos en explotación, desde hace poco, el de Pontevedra á Santiago.

Si se prolongase esta línea hasta la general de Madrid á Galicia, podría comunicarse Vigo con la Coruña y con el Ferrol. Falta, pues, únicamente que se gestione la prolongación del ferrocarril de Pontevedra á Santiago.

Hace años que esta línea se hubiera construído, si no fuera por el afán de pleitear que tenemos los españoles, y especialmente nuestros simpáticos compatriotas los gallegos. Los celos de localidad entre Santiago y la Coruña, son la causa de que esa línea no se construya. Quieren los unos que enlace en el punto más próximo con la línea de Castilla. Quieren los otros que vaya directamente á la capital de la provincia y que no se tome desde luego el ferrocarril de Lugo. Es preciso que se prescinda de esas rencillas, y que se atienda al bien general; y los in-

teres generales del país exigen que se construya con urgencia el ferrocarril de Santiago al punto de enlace más próximo con la línea de Madrid á la Coruña, á fin de que estén en directa comunicación el Norte y el Sur de la costa de Galicia.

Este ferrocarril tiene tanta importancia para la guerra como para la vida normal del país; y como los rendimientos compensarían admirablemente los gastos de explotación y los de construcción, es preciso que no se pierda el tiempo y que se ponga cuanto antes á Santiago en comunicación ferroviaria con la capital de la provincia y con la capital de la nación. Conviene, además, tener en cuenta, que mientras la línea no se prolongue, la sección hoy construída tendrá poca vida, y no podrá aumentar sus escasos rendimientos. No responden estas secciones aisladas á ningún fin de importancia; y por esta razón no servirán para nada, en tanto que no se complete la línea con la prolongación al Norte de Santiago.

Vigo y Pontevedra.

Si suponemos construído el ferrocarril de vía ancha de la Coruña á Vigo, y el de vía estrecha de Vigo á Monforte, veremos que nuestra plaza gallega estará en perfecta comunicación con el Norte de la costa gallega, por Santiago; con el valle inferior del Miño y con la plaza de Tuy, por el ferrocarril de Portugal; y con la cuenca media del mismo río, por la línea directa á Monforte. No habrá, pues, que pedir nada á esta red de comunicaciones.

Pero faltarán las secundarias de la ría de Vigo, y éstas deben ser dos. El puerto de Bayona es una avanzada de la gran bahía gallega; y como las defensas de la ría de Vigo deben alcanzar hasta la desembocadura, es preciso construir un ferrocarril secundario de Vigo á Bayona. Esta línea es de muy poco coste, y tendría grandes rendimientos.

La ría de Pontevedra forma cuerpo para la defensa, con la ría de Vigo. Debería construirse, también, un ferrocarril secundario, aprovechando todo lo posible la carretera, desde Pontevedra, por Marín á Cangas. Estos dos puntos, que pertenecen uno á cada ría, conviene que estén unidos, comunicando así la orilla derecha de la bahía de Vigo con la izquierda de la ría de Pontevedra.

Estas vías secundarias tienen gran importancia para la defensa activa, pues las fuerzas móviles, cortas en número, conviene que tengan gran facilidad de movimiento.

Monforte—Arosa

Si nos dirigimos al Norte, nos encontramos con la ría de Arosa. No tiene esta ría la importancia que tienen los grupos de Vigo-Pontevedra y Coruña-Ferrol, para refugio de las escuadras. Es muy grande, muy abierta, y no puede defenderse tan bien como las del Norte y Sur de la costa. Pero por esa misma magnitud, por los excelentes fondeaderos que tiene, y por hallarse entre las dos posiciones principales, es preciso defenderla á toda costa con fuerzas móviles, impedir la entrada de las escuadras enemigas en los fondeaderos, y hacerla servir de enlace entre las otras dos.

El ferrocarril de Santiago á Vigo, ó sea el de Vigo á la Coruña, suponiendo construída la prolongación de la línea, tiene estación en Carril, punto que podemos considerar el fondo, el orígen de la ría. Vemos, pues, que el enlace entre las tres posiciones de la base marítima de operaciones en la costa occidental de Galicia, quedarían perfectamente enlazadas por el ferrocarril que corre de Norte á Sur, línea que serviría para hacer una defensa muy activa, trasladando las fuerzas móviles del ejército á donde obligaren los movimientos del enemigo.

Pero la red de comunicaciones principales de Galicia quedará incompleta, si no llegamos á unir de una manera directa el nudo de Monforte con la ría de Arosa. Si esta línea se construyese, Monforte resultaría ser el centro de acción sobre toda la costa gallega, puesto que de allí partirían líneas á Lugo y la Coruña, á Vigo y á Villagarcía. Y no solamente exigen los intereses de la defensa la unión directa de Monforte con la región occidental, sino que esta exigencia es tan imperiosa para la paz como para la guerra.

La divisoria entre el Miño y la vertiente occidental es una verdadera línea de separación entre dos zonas importantísimas, que solamente pueden comunicarse por ferrocarril, dando un gran rodeo por el Norte ó por el Sur. La comunicación ferroviaria, directa, entre esas dos zo-

nas, es preciso establecerla, y para conseguirlo deben aprovecharse todas las circunstancias favorables.

Una sociedad francesa ha pensado en la construcción de un ferrocarril eléctrico de Monforte á Santiago, por Chantada, Lalín y Silledo. Esta línea sería muy conveniente, si no fuese porque la comunicación directa entre Monforte y Carril exige algo más que un ferrocarril de vía estrecha; es preciso considerarla como línea de interés general, de vía ancha y subvencionada.

El trazado debía sujetarse á pasar por Chantada, Lalín y Estrada, pudiendo empalmar con el ferrocarril de Santiago, en el punto más conveniente, en una de las estaciones de Catoira ó Cesures, dándonos así comunicación directa entre la zona occidental de Galicia y el interior del territorio nacional.

La zona que recorrería esta línea se halla muy poblada. Entre los tres partidos judiciales de Chantada, Lalín y La Estrada, reunen 160.000 habitantes, y hoy se vé privada toda esa comarca de comunicaciones ferroviarias.

Si se tratase de una línea de interés local, convendría que se construyese ese ferrocarril eléctrico que se proyecta; y es seguro que aun sin el auxilio del Estado, podría confiarse en el éxito de la empresa. Pero se trata de una línea de interés general, que había de completar la red de comunicaciones de la región gallega; línea que sería factor esencialísimo para la defensa de las rías; ferrocarril que pondría en directa relación las dos grandes zonas en que se divide el gran reducto de Galicia, y que sería la verdadera continuación de la línea de Castilla. Tratándose de una línea de tan colosal importancia, el Estado no puede, no debe conformarse con un ferrocarril de interés local: es preciso subvencionar la construcción de una línea de vía ancha, que parta de Monforte y que empalme en Cesures ó Catoira con la de Santiago á Pontevedra.

La ría de Arosa y toda esa comarca central de la zona de la costa gallega, adquiriría gran importancia, y llegaría á ser de lo mejor del territorio español. Las dos líneas generales que tendríamos en esa zona, una de Norte á Sur, y otra de Oriente á Occidente, aproximarían entre sí á todas las provincias de Galicia, y las acercarían al centro de España.

Necesitaría la ría de Arosa dos comunicaciones secundarias, para cuya construcción se aprovecharían, en lo posible, las carreteras. La del Norte de la ría sería el ferrocarril de Padrón, por la Puebla de Caramiñal, á Santa Eugenia, y la del Sur, podría partir de Carril, pasar por Villagarcía y terminar en Cambados ó Gondar. Tendrían, así, comunicación ferroviaria con la línea general todos los fondeaderos de la ría, y no debe olvidarse que siendo ésta tan abierta, las fuerzas móviles de mar y tierra tendrían una misión principal que desempeñar; y ya que el mar nos daba tantas facilidades por los muchos refugios que encontrarían las pequeñas embarcaciones de la defensa, era preciso que preparásemos también las comunicaciones terrestres, á fin de que en todo momento pudiera acudirse con prontitud al sitio de peligro. Los ferrocarriles, el telégrafo óptico y eléctrico, la vigilancia y la movilidad, habían de ser los factores principales de una buena defensa en costa tan accidentada como la de las rías de Galicia. Atendiendo á estos principios generales, deduciremos la absoluta necesidad de preparar con tiempo todo lo que se refiere á comunicaciones ferroviarias.

Noya y Corcubión.

Las rías de Noya y Corcubión no sirven para refugio de escuadras. Su defensa estaría completamente entregada á las fuerzas móviles, y esto nos obliga más á facilitar las comunicaciones.

De Santiago á Noya debía construirse un ferrocarril secundario, haciendo que la línea tocara en la estación de Osebe. Otro ferrocarril secundario debía construirse á Corcubión, desde la Coruña. El enlace de estas dos vías férreas debía hacerse por carreteras, carreteras más necesarias en esa región que en otras muchas, que gozan de verdaderos privilegios.

Noya y Corcubión deberían estar unidos por la carretera, que ya está construída en gran parte, pero que debe terminarse, por faltar lo principal, que es el puente sobre el río Tambre. Esta cuestión de los puentes, en comarcas como Galicia, es de capital importancia, y casi debían empezarse las carreteras por la construcción de las obras de fábrica.

Otra carretera debía partir de Muros para empalmar con la de Noya á Corcubión; y por último, debía construirse la carretera de Corcubión á Santiago, por Negreira.

Con todas estas comunicaciones podría atenderse muy bien á la defensa de las rías de Noya y Corcubión.

Coruña—Ferrol.

La gran posición defensiva de la costa de Galicia es la constituída por las plazas de la Coruña y el Ferrol. Las rías de Coruña, Ares y Ferrol, se reunen todas ellas para que sólo haya una entrada en la bahía. En esa posición, verdadero apoyo de nuestra escuadra, tenemos el arsenal, con todos los recursos que para la guerra da un establecimiento de esta clase. La fácil defensa de los puntos importantes, aumenta el valor de esa posición. De la Coruña parte el ferrocarril de Castilla. De la Coruña ó de una estación de esta última línea, ha de partir el ferrocarril de Vigo y de Portugal. Del Ferrol partirá la línea del Cantábrico, la que por Gijón, Santander y Bilbao ha de morir en la frontera francesa. Circunstancias, todas estas, que se suman y que constituyen el título, la patente, el sello de lo que vale y lo que representa la posición Coruña-Ferrol, para la defensa nacional.

Ferrol—Vivero.

Supuesto construído el ferrocarril del Cantábrico; suponiendo igualmente que la línea de Pontevedra á Santiago se prolongara al Norte para buscar la comunicación con la Coruña; construído el ferrocarril de Ferrol á Betanzos para tener una línea que ciña la gran posición defensiva, poco queda que decir, en lo referente á comunicaciones ferroviarias que partan de este punto. Hasta se indicó ya la conveniencia de construir el ferrocarril secundario de Coruña á Corcubión. Falta únicamente indicar la necesidad de construir la línea secundaria del Ferrol á Ortigueira, á fin de llevar la acción directa de la plaza hasta más allá del cabo Ortegal. Entre Ortigueira y Vivero debe construirse un ferrocarril secundario, aprovechando la parte de carretera que fuera posible, entre las dos rías contiguas. Esta prolongación tendría importancia, puesto que serviría de ramal de unión entre el ferrocarril de Ferrol á Ortigueira y el que necesariamente debe construirse de Vivero á la línea de Gijón. En este caso, no sólo tendríamos el ferrocarril de Gijón á Ferrol, por Ribadeo, Mondoñedo y Villalba, sino que la línea

secundaria de la costa proporcionaría una nueva comunicación de Ribadeo con el Ferrol.

. . . . . .

Podemos dar ya por terminado todo el estudio referente á los ferrocarriles militares de las rías gallegas. Las de Foz y Ribadeo, no forman grupo especial; están comprendidas en la línea general del Cantábrico. Las rías de la costa occidental, las verdaderas rías gallegas, son dignas de la mayor atención, y todo aquel que se ocupa con verdadero patriotismo de política internacional y del fomento de las instituciones militares, debe dirigir la vista á Galicia, y ver allí el peligro para la integridad de la patria. No caigamos en el lazo que se nos tiende, de que solamente nos fijemos en las invasiones que se dirijan al centro del territorio nacional. Hay invasiones excéntricas que deben preocuparnos noche y día, pues no falta quien piensa en ellas para reirse de los que se cieguen con rutinas militares, y crean que el único objetivo á que hay que atender son las mesetas de Castilla. Hay quien piensa en el Ebro; pero hay también quien piensa en las rías de Galicia.

EL CANTÁBRICO.

PUERTOS DEL CANTÁBRICO.

El desembarco de un ejército con todo el material de guerra que los adelantos modernos exigen, se considera hoy casi imposible si no se toma préviamente un importante puerto de la costa. El desembarco en mar como el Cantábrico, que recoge todas las alteraciones, todos los oleajes, todas las tormentas del Océano Atlántico y del Mar del Norte, y cuyas costas bravías rechazan al invasor, no es de aquellos que permitan abrigar ilusiones á los que sueñan con sorpresas y con golpes de fuerza. Para desembarcar un ejército enemigo en la costa cantábrica, necesita apoderarse de un puerto. Las fuerzas móviles rechazarían el ataque, si se trataba de un puerto secundario. La fortificación y la escuadra española, impedirían que el invasor entrase con sus naves en los puertos militares.

En el mar Cantábrico debemos solamente contar con tres puertos; y aun estos tres, no están todavía en condiciones de abrigo para nuestra escuadra, ni de defensa para nuestro ejército.

Gijón, Santander y Bilbao, serán los puntos de nuestra base de operaciones marítimas sobre la costa del Norte. El gran centro industrial asturiano consiguió ver en vías de realización el grandioso proyecto de puerto de refugio, por el que suspiró tantos años. La bahía de Santander mejora de día en día: los contínuos trabajos que en ella se ejecutan, la convertirán en un puerto de gran importancia militar y comercial. Bilbao, la industrial capital de Vizcaya, no se contenta con su ría, que lleva los buques de mediano calado hasta las puertas de las casas; aspira y trabaja con el tesón que distingue á los vascos, por el puerto del Abra, por la gran obra que ha de completar la transformación de aquella villa española en un centro de riqueza, de actividad, de movimiento, en una capital que en nada revela que pertenece á una raza apática y

poco amante del trabajo. Y cuando Bilbao tenga su puerto del Abra, será considerada como el primer jalón que se puso en provincias á favor de la regeneración española.

Bilbao está en la vanguardia de nuestro renacimiento industrial. El ejemplo de Vizcaya ha repercutido en Asturias y en Santander. Antes de quince años, Gijón superará á Bilbao. El puerto del Musel, será el punto de apoyo de su fuerza industrial y comercial.

La raza montañesa sigue el mismo camino que la vizcaina y la asturiana. Un signo de ese movimiento hacia la vida moderna, lo da Santander con el arreglo de su hermosa bahía, que puede llegar á ser un gran puerto mercantil, y con excelentes condiciones militares. No falta mucho para que podamos considerar conseguido el objeto.

No debemos contar con los puertos de Santoña y de Pasajes. El primero no tiene fondo; el segundo es de entrada difícil, y está muy próximo á la frontera. Santoña queda reducido á una buena posición sobre la costa, que debe ocuparse para que no la ocupe el enemigo: el refugio de una escuadra en aquel fondeadero es completamente imposible. Pasajes debe considerarse como el apoyo marítimo del campo atrincherado de Oyarzun, y como un puerto comercial que debe defenderse. Queda, pues, reducida nuestra base de operaciones del Cantábrico, á los puertos de Gijón, de Santander y de Bilbao.

Vivero—Foz.

Nos quedamos en Vivero al terminar el estudio sobre las rías de Galicia; sigamos nuestra marcha por la costa del Cantábrico, y vayamos en dirección de la frontera franco-española.

El ferrocarril de Gijón al Ferrol tiene su traza perfectamente determinada hasta los límites de Asturias, hasta la ría de Ribadeo. Pero al llegar aquí, al cruzar el río Eo, la línea puede tomar dos direcciones; una de ellas ciñendo la costa, por Vivero y Ortigueira, y otra por Villalba, pasando por el Sur de la sierra de la Carba. Esta segunda solución presenta mayores ventajas, sobre todo desde el punto de vista militar; y como indudablemente también es la mejor solución desde el punto de vista técnico y económico, debemos esperar que sea la que se adopte.

Supongamos, pues, que al llegar á Ribadeo la línea del Cantábrico, se dirige á Mondoñedo primero, y luego á Villalba. En este caso se quedaría Vivero sin ferrocarril; y para remediar este inconveniente, debía construirse una vía férrea secundaria, aprovechando la carretera, en donde fuese posible, desde Vivero hasta el punto más conveniente para el empalme de la línea del Cantábrico.

Tendríamos, así, dos ferrocarriles desde el Ferrol hasta la ría de Foz. Uno de ellos sería la línea de Gijón al Ferrol, de vía estrecha de primera clase; y el otro, el ferrocarril secundario del Ferrol á Ortigueira, con la prolongación á Vivero y á Foz.

Villafranca—Ribadeo.

Esa comarca montañosa, constituída por los partidos judiciales de Fonsagrada, Becerreá y Villafranca del Bierzo, está cuajada de yacimientos mineros de importancia. Las exploraciones por aquella comarca, en busca de minerales, están á la orden del día. El antiguo proyecto de construir un ferrocarril de Villafranca del Bierzo hasta Ribadeo, es muy fácil que ahora tome cuerpo, y que tengamos una línea de gran interés, perpendicular á la costa del Cantábrico.

Se está actualmente construyendo el ferrocarril minero de Ribadeo á Villaodriel. Puede ser esta línea una sección de la de Ribadeo á Villafranca.

Supongamos construída esta línea, que tantas probabilidades de construcción nos ofrece. No pasaría por Lugo, como tampoco pasaría la del Cantábrico. Se impondría en este caso la construcción de dos ramales de unión, que partiendo desde la capital empalmasen con los dos ferrocarriles de vía estrecha, y pusieran á Lugo en directa comunicación con Villafranca del Bierzo y con Ribadeo, completando así la red de vías férreas de esta provincia.

Nueva reconquista.

Penetremos ya en territorio asturiano. En el Principado de Asturias no cabe que indiquemos las líneas que deben construirse, puesto

que dentro de pocos años no tendremos en aquella provincia valle importante que no tenga vía férrea.

Construída la línea de Gijón al Ferrol; terminado el ferrocarril de Santander á Oviedo, con la unión de Infiesto á Cabezón de la Sal; prolongada la vía férrea de Oviedo á Trubia, llevándola hasta la costa, y enlazando Gijón con la línea de Oviedo á Santander, en Ribadesella, ó en otro punto más conveniente, dispondremos de base ámplia para que se complete la red de vías férreas asturianas.

Právia, Tineo y Cangas, todo el valle del Narcea, gozará de las ventajas de un ferrocarril que termine en la costa del Cantábrico y que enlace con el de Gijón al Ferrol; tendremos un ramal de Ujo á Trubia, y veremos cubierto de vías férreas todo el territorio asturiano.

¿Y por qué esta esperanza que abrigo? ¿Por qué esta ilusión que acaricio? Pues por la fé que tengo en las condiciones de aquella raza laboriosa y de aquel país que tiene en sus entrañas todos los productos del reino mineral.

La cuestión de los ferrocarriles militares está íntimamente relacionada con la riqueza del país, y en un estudio como el presente, no puede menos de hacerse mención del grandioso renacimiento industrial de las provincias del Norte de España.

El primer paso lo dió Vizcaya. Las montañas de aquella hermosa comarca estaban llenas de minas de hierro. Terminada la última guerra civil, quedó aquel territorio cubierto de sangre española. Al cesar el fragor del combate empezó la lucha del trabajo, y el color rojizo de los campos cubiertos de sangre, fué substituído por el rojo de los minerales de hierro.

Era pobre y raquítica la industria española. El primer pensamiento del minero es el de la inmediata recompensa. La exportación del producto de las minas, es el procedimiento más sencillo. La ría de Bilbao se vió cubierta de buques que venían á España para llevar á otros paises la primera materia de la industria siderúrgica.

Pero la exportación del mineral enriquece al minero. La abundancia de capitales hace pensar en la transformación de las primeras materias. El espíritu de asociación realiza las empresas más difíciles. La sociedad anónima es hoy la fórmula más perfecta del capital industrial.

Se asociaron los capitalistas bilbainos; se instalaron altos hornos; se convirtió la tierra rojiza en barras, planchas, tubos y alambres; se creó la potente industria siderúrgica de las orillas del Nervión, y se echaron los cimientos del renacimiento industrial de España.

Las minas siguieron dando productos. Los capitales aumentaban de una manera prodigiosa. Bilbao y Vizcaya, eran ya reducido campo para aquellos hombres de negocios, que veían convertirse en sus manos las pesetas, en libras esterlinas. Se imponía romper el cerco tan estrecho que oprimía á los capitalistas bilbainos. Salieron de la provincia y exploraron todo el territorio español.

Pero cuando se estaba verificando este trabajo, surge la cuestión de Melilla. El completo fracaso militar que tuvimos en la costa de Africa, repercutió en América, y estalló la insurrección cubana. La guerra de Cuba trajo la de Filipinas. Había llegado el momento tantos años soñado por los norte-americanos, y precipitaron nuestra caída, con la pérdida completa, absoluta, de nuestro antiguo imperio colonial.

En la época de la guerra, se dudaba de la solvencia de España. Los capitales estaban escondidos y sin empleo, pues siempre el capital fué cobarde. Pero se hace la paz y se vé que España cumple honradamente sus compromisos. Se anima el capitalista; llama á la asociación á todos los españoles que liquidaron sus negocios en Ultramar, por querer vivir al amparo de la sagrada bandera de la pátria, y por querer morir en el territorio en donde nacieron, y en donde estaban las cenizas de sus padres. Brota el dinero de todas partes, y se prepara la lucha en el campo del trabajo.

Si antes de las guerras coloniales era pequeña Vizcaya para el empleo de los capitales acumulados, después de esas guerras debía serlo más, y entre las comarcas exploradas, llamó notablemente la atención de los bilbainos, la riquísima provincia de Asturias. El capitalista de Bilbao animó y asoció á sus empresas al capitalista *indiano*. Asturias tuvo su banco de Bilbao, y los capitalistas asturianos y bilbainos se unieron para levantar á colosal altura la nueva industria española. Compañías de navegación y de ferrocarriles adoptan el título de Vasco-Asturianas, y patentizan esa unión, ese abrazo que se dieron Asturias y Vizcaya.

Los bilbainos tenían mineral de hierro en abundancia, pero no te-

nían carbones. Para transformar la primera materia necesitaron el carbón que recibían por el puerto, ó que transportaban desde León por el ferrocarril minero de La Robla, construído expresamente para ese objeto. El tesón de los vascos venció todos los obstáculos que se presentaron contra la creación de la industria siderúrgica.

Asturias es una región minera completa. Tiene hierros y cobres; abunda el estaño y el zinc, y sobre todo, tiene minas de carbón. Aquel territorio privilegiado de nada carece: aquella raza honrada y trabajadora, dispone de todos los elementos necesarios para una nueva reconquista.

Cuando llega la hora de que un país cambie de rumbo, según los inescrutables designios de la Providencia, vemos siempre la acción divina en la sabia preparación que precede á las grandes transformaciones. Después de acumular los materiales, Dios ordena al hombre que ponga manos á la obra; el hombre cumple las divinas órdenes y levanta el edificio.

Asturias fué la cuna de la nacionalidad española; de allí partió la reconquista, y dejamos de ser para siempre colonia de otros pueblos más adelantados que el nuestro. De Asturias partirá también la nueva reconquista, y allí está la cuna de la nueva España, de la patria grande y querida, de la nación moderna, del pueblo trabajador, del país que lucha y se enriquece, de la raza que hace que se cuente con ella en el concierto político universal.

Y es que Asturias no tiene solamente elementos de engrandecimiento material. Esta es la primera materia. Tiene Asturias algo más. Se ha constituído en la universidad de Oviedo un grupo de hombres de ciencia que prestan preferente atención á todos los problemas de la sociología y de la enseñanza; hay en aquel país un cuerpo robusto y un alma grande y elevada; y por eso tengo fé en la obra emprendida por Asturias; porque el mundo material sirve de base al reinado del espíritu; porque allí se aspira á algo más que á la riqueza; allí se trabaja por una vida nueva; se trabaja por una España gloriosa; se lucha por la reconquista de nuestros antiguos prestigios, y para vencer en esa lucha, hace falta algo más que dinero; hace falta la fé; hace falta desechar el excepticismo, y ser fiel creyente de la regeneración española. . . . . .

. . . . . .

En un territorio como el de Asturias, en donde se trabaja con verdadera fiebre, en donde existen acumulados tantos elementos de progreso, en donde se constituyen tantas sociedades mineras, no hace falta preocuparse de los ferrocarriles que deben construirse. La línea del puerto de Pasajes nos da la comunicación con Castilla. El ferrocarril del Cantábrico, que pronto se terminará, establecerá la comunicación con Santander y Vascongadas. El de Gijón al Ferrol nos dará la comunicación con Galicia, y los ferrocarriles mineros que se proyectan, unos, y se construyen, otros, facilitarán la concentración de las tropas y la defensa de las costas. Supongamos, pues, construída la red de vías férreas de Asturias.

Santander.

La Montaña, la provincia de Santander, sirve de unión, de enlace, entre el territorio asturiano y el vasco. El abrazo que se dieron los capitalistas bilbainos y los de Asturias, cogió en medio á los *indianos*, montañeses. La zona de nuestro renacimiento industrial, en el Norte de España, no quedó interrumpida en la Montaña; Santander está transformándose por momentos.

Una de las primeras consecuencias del renacimiento de Santander ha de ser, por precisión, convertir aquella hermosa bahía en un puerto militar y comercial de primer orden. La obra está empezada, y no temo que se abandone el camino emprendido.

Es Santander el punto intermedio de nuestra base de operaciones marítimas en la costa del Cantábrico, y que sirve de enlace á los puertos de Bilbao y de Gijón.

Comunica perfectamente Santander con el centro de España, por medio del ferrocarril de Alar del Rey, Palencia y Valladolid. La comunicación con Bilbao es excelente, pues aquella línea de 1 metro de entrevía puede presentarse como modelo de construcción y explotación. La comunicación con Oviedo será también muy buena, cuando se termine la sección de Cabezón de la Sal á Infiesto. Y hay que suponer que se construya el ramal de unión con esta línea, desde el puerto de Gijón. Aun sin tener este ramal de unión, podrá comunicarse perfectamente

Santander con Gijón, por el ferrocarril del Cantábrico, primero, y luego, por la línea de Gijón á Oviedo.

Santoña.

El puerto de Santoña ya no sirve hoy para refugio de escuadras. Podría con grandes gastos aumentarse el fondo de la bahía; pero como con el alcance de la moderna artillería, los buques que se abrigasen detrás de la Peña de Santoña serían perfectamente batidos por la playa de Berría, resulta que no es conveniente el arreglo de aquel puerto, por no corresponder el gasto con las ventajas que se habían de conseguir.

Pero esto no quiere decir que Santoña no tenga valor alguno para la defensa de la costa del Cantábrico; nada menos que eso. Lo que sí debe afirmarse es que Santoña no debe ser plaza fuerte; no debe considerarse como puerto militar. Debe convertirse en una posición defensiva, en batería de costa; es preciso ocuparla para impedir que la ocupe el enemigo, y aquel puerto y aquella peña servirán de apoyo, de refugio, á las fuerzas móviles de mar y tierra.

Para que las fuerzas móviles puedan maniobrar mejor, deben estar Santoña y Laredo en comunicación con la línea de Bilbao á Santander, por medio de un ferrocarril secundario.

Castro-Urdiales tiene vía férrea; un ramal de comunicación con la línea de Bilbao.

Basta con lo dicho para formarse idea de lo que hay y lo que debe hacerse, respecto de comunicaciones ferroviarias, en la provincia de Santander.

Red vizcaina.

Si no debe preocuparnos la red de vías férreas asturianas, con mayor razón debemos afirmar lo mismo para los ferrocarriles vizcainos. Llevan la delantera en esta región, y lo que se supone que se hará pronto en Asturias, en Vizcaya está ya hecho.

El ferrocarril de Bilbao á Zumárraga, nos da el enlace con la línea general del Norte. El ramal á Deva y la prolongación á San Sebastián,

nos da primero una línea de acceso á la costa, y otra para trasladarse de uno á otro punto de ésta.

Las líneas de Plencia y Guernica, nos permiten atender también á esa región de la costa, y dentro de poco no quedará fondeadero alguno que no tenga comunicación por ferrocarril con la capital de la provincia, con el importantísimo punto de nuestra base de operaciones marítimas en la costa del Cantábrico.

Vitoria—Durango.

Nos faltará, sin embargo, una línea que complete la red de comunicaciones ferroviarias en el territorio vizcaino, y es el ramal de Durango á Vitoria. Es preciso á toda costa que se termine ese ferrocarril, pues la capital de Alava necesita comunicación directa con la de Vizcaya, y esa la tendrá en cuanto enlace en Durango con los ferrocarriles vizcainos.

Guipúzcoa.

Está la provincia de Guipúzcoa tan íntimamente ligada con nuestra línea de defensa de los Pirineos, que creo haber dicho, al tratar de la frontera franco-española, todo cuanto debía decirse sobre los ferrocarriles guipuzcoanos. Se habló largamente, en aquella parte, del ferrocarril de Jaca á Pasajes y del de Pamplona á Irún; por lo tanto, es inútil insistir ya sobre este punto, y podemos dar por terminado todo lo que se refiere á comunicaciones ferroviarias, en la defensa de la costa del Cantábrico.

LA COSTA DE LEVANTE.

ROSAS.—BALEARES.—CARTAGENA.

No es probable un desembarco en Cataluña, en el golfo de Valencia, en las playas alicantinas, si las fuerzas móviles del ejército están dispuestas á impedirlo. Podrá intentarse el ataque de un puerto con cuya conquista se cuente para dirigirse al interior del país; pero la empresa es más difícil de lo que á primera vista parece, y no creo que debemos temer una invasión por esa parte del territorio español.

Están las Baleares íntimamente ligadas, para la defensa marítima, á la costa levantina, y no deberá nunca considerarse aislada la costa peninsular de la costa isleña, pues constituyen un todo de un valor estratégico de primer orden. Limitémonos al objeto de este estudio, y veamos cuáles son los puntos importantes de nuestra base de operaciones marítimas en la costa de Levante, á fin de examinar las comunicaciones ferroviarias que existen y las que deben construirse.

Rosas y Cartagena son los extremos de esta base de operaciones. La bahía de Rosas tiene el grave inconveniente de ser muy abierta y de no fácil defensa. Cartagena es, en cambio, un puerto militar de primer orden, pues le dotó la naturaleza de la condición principal, haciéndole de fácil defensa, poniéndole á cubierto de las vistas y de los fuegos del enemigo, y dándole á retaguardia una excelente línea de comunicaciones.

Entre Cartagena y Rosas solamente podemos contar con puertos comerciales. La defensa estará completamente entregada á las fuerzas móviles de mar y tierra. Las comunicaciones ferroviarias tendrán importancia primordial en esta zona.

Cataluña.

Nada tenemos que indicar sobre ferrocarriles en la región de Cataluña. Pertenece esta región á la zona de defensa de los Pirineos orien-

tales, de una parte, y de otra, á la de la costa de Levante. Al tratar de una guerra en la frontera hispano-francesa, ya se dijo cuanto tenía que decirse sobre ferrocarriles de Cataluña. Ahora podremos dispensarnos de esta tarea y empezar el recorrido desde la desembocadura del Ebro.

El Maestrazgo.

El puerto de los Alfaques es lo primero que nos encontramos; puerto natural que en otros tiempos era de gran importancia. Hoy no lo es tanto, pero es preciso tenerlo bien defendido.

Entre el Ebro y el Turia tenemos el gran macizo del Maestrazgo, núcleo montañoso de colosal importancia, en el que se apoya sólidamente la costa, y desde el cual puede hacerse una defensa eficacísima contra todo aquel que intente desembarcar en las playas de la provincia de Castellón de la Plana.

El Maestrazgo se relaciona por las sierras de Gúdar y Javalambre, con los Montes Universales, con la sierra de Albarracín, con la Serranía de Cuenca; es decir, que el importante núcleo montañoso podemos considerarlo extendido hasta la Mancha, en donde tenemos el portillo de Albacete. Tortosa, Alcañíz, Montalbán, Teruel, Cuenca y Albacete, son puntos importantísimos, cuyas comunicaciones ferroviarias debemos estudiar, pues todos ellos tienen una influencia de primer orden en la defensa de la costa de Levante.

La proyectada, y en parte construída, línea de Valdezafán, desde Zaragoza á San Carlos de la Rápita, ó sea al puerto de los Alfaques, tiene gran importancia militar. No creo que haga falta gestionar por el ramo de Guerra la terminación de esta vía férrea, pues parece que se han orillado muchas dificultades que se oponían á su construcción, y se considera probable la continuación de los trabajos.

El ferrocarril de Valdezafán pasa por Alcañíz y ha de pasar frente á Tortosa, siguiendo la orilla derecha del Ebro. Tendremos, pues, una comunicación directa entre Tortosa y Zaragoza; la capital aragonesa tendrá una línea corta y directa, que la ponga en comunicación con el Mediterráneo.

Alcañíz.

Alcañíz, estación del ferrocarril de Valdezafán, puede llegar á ser un buen centro de comunicaciones ferroviarias; conviene que fijemos en ello nuestra atención, pues habrá tal vez necesidad de trabajar por la modificación de algún proyecto de ferrocarril, á fin de no privarnos de las ventajas que proporciona la construcción de una red de vías férreas con arreglo á principios fijos.

Si suponemos construído el ferrocarril de Valdezafán, Alcañíz estará en comunicación directa con Zaragoza, con Tortosa y con el Mediterráneo.

Las cuencas carboníferas de Utrillas y Garza imponen la construcción de un ferrocarril que transporte los productos de las minas á la región catalana, y este ferrocarril puede ir á enlazar en la Puebla de Híjar con la línea directa á Barcelona, según se proyecta; pero esta solución es altamente inconveniente, pues la traza debe tener como punto obligado á Alcañíz, capital del Bajo Aragón. El enlace con el directo á Barcelona se haría en Caspe ó en Nonaspe, según que se prescindiera del ferrocarril de vía estrecha de Alcañíz á Mequinenza, ó se contara con este ramal de unión, que cruzaría al directo en Nonaspe ó Fabara.

Se vé lo importante que sería el centro de Alcañíz, con la terminación del ferrocarril de Valdezafán, con la construcción del de Montalbán, por Alcañíz, á Caspe ó á Mequinenza, y con la línea de Mequinenza á Lérida; pues aún hemos de ver aumentada esta importancia cuando estudiemos la prolongación á Castilla, de la línea de Alcañíz á Montalbán.

Zaragoza—Montalbán.

Los yacimientos de minerales van á resolver muchos problemas ferroviarios en España: la cuenca carbonífera de Utrillas los resolverá en la provincia de Teruel: Montalbán será un buen centro de comunicaciones.

La primera línea que se pondrá en explotación para extraer los carbones de Utrillas, será la que ya está en construcción adelantada, desde Zaragoza, por Belchite y Vivel del Río, á las minas. Esta línea ser-

virá para llevar directamente á Zaragoza los lignitos cretáceos de Utrillas, y emplearlos en las fábricas, que aumentan de día en día en la capital de Aragón.

Montalbán—Caspe.

Otra línea de construcción probable, casi segura, será la de Montalbán á Caspe, por Alcañíz. La traza debe sujetarse á estos puntos, por que así quedarían satisfechos los intereses particulares y generales: todo trazado en esa dirección, que no tenga por punto obligado Alcañíz, será altamente inconveniente. El ferrocarril de Montalbán á Caspe tendría por objeto el transporte de los carbones de Utrillas que hubieran de consumir las fábricas de Cataluña. La estación de Caspe sería la de empalme con el ferrocarril directo de Zaragoza á Barcelona.

Montalbán—Guadalajara.

La vía férrea de Alcañíz á Montalbán deberá prolongarse hacia el Oeste, á fin de buscar el enlace con el Central de Aragón. La estación de empalme sería Monreal del Campo ó Calamocha, dependiendo del estudio detallado el que sea uno ú otro de estos puntos el elegido para el enlace. Este ramal que se cita, no sería otra cosa que una sección del ferrocarril que se proyecta construir hasta las minas de Utrillas, desde la provincia de Guadalajara: conviene hablar algo de esta línea, que sería de gran importancia.

El primitivo proyecto del ferrocarril directo de Madrid á Barcelona tenía como puntos principales, Guadalajara, Molina de Aragón, Monreal ó Calamocha, Montalbán, Alcañíz, Mora la Nueva, y por Reus á Barcelona. Fracasó, en parte, este proyecto; pero como la construcción de la línea empezó por Cataluña; como era muy conveniente que el directo á Madrid se desviara para pasar por Zaragoza; como la empresa se facilitaba grandemente, aprovechando las dificultades de la quiebra de la compañía del ferrocarril de Valdezafán, se impuso la variación del primitivo trazado, se remontó el Ebro hasta Zaragoza, y quedó construída la línea directa de Madrid á Barcelona, no tan directa como se pensó al principio, pero por lo menos acortando mucho el recorrido entre las capitales de Aragón y Cataluña.

Pero la variación de la traza primitiva dejaba sin ferrocarril á Montalbán y Molina de Aragón; y toda la alta cuenca del Tajo quedaba sin comunicaciones ferroviarias. No faltaban hombres de buena voluntad que pensaran en aquella olvidada comarca; pero las circunstancias no favorecían la realización de aquellos pensamientos. Hoy parece que varían esas circunstancias, y si se llega á conseguir lo que se desea, se logrará salvar á dos compañías de ferrocarriles; se dotará de una comunicación ferroviaria la alta cuenca del Tajo, y se llevarán los carbones de Utrillas á las fábricas de Madrid. Veamos de qué proyecto se trata.

Se construyó hace bastantes años el ferrocarril de Madrid á Arganda. La explotación no dió resultado; la compañía quebró y el Estado se incautó de la línea.

Se proyectó á partir de Arganda otro ferrocarril de vía estrecha, prolongación del anterior, que debía pasar por Chinchón y terminar en Colmenar de Oreja, con un ramal á Orusco, pueblo del valle del Tajuña.

Empezó la construcción de esta segunda línea. La compañía tropezaba con grandes dificultades económicas. La caducidad de la concesión era una amenaza constante.

Pero el tiempo y los esfuerzos de los interesados en la empresa, consiguieron arrollar todos los obstáculos. Se terminó el ferrocarril de Colmenar, se fusionó la compañía con la de Arganda, se salvaron los dos negocios, y se preparan á continuar la obra.

Para dos grandes líneas quiere servir de base el ferrocarril del Tajuña. Una de ellas es la de 1 metro de entrevía de Madrid á Turis y Valencia. La otra línea es la de la provincia de Guadalajara, que pasaría por Brihuega y Molina de Aragón, que cruzaría al Central en Calamocha ó Monreal del Campo, que terminaría en Montalbán y que serviría para el transporte de los carbones de Utrillas á las fábricas de Madrid.

Los nuevos rumbos de la compañía del ferrocarril del Tajuña inspiran verdadera confianza; y como la empresa ha de ser productiva, creo que podremos contar, para un porvenir próximo, con la línea Montalbán, Calamocha, Molina de Aragón, Brihuega y Guadalajara, pues

no dudo de que la construcción de esa línea obligase á unirla, por medio de un ramal, con la capital de la provincia principalmente beneficiada.

Montalbán—Teruel.

Tenemos estudiadas ya tres líneas que han de partir de Montalbán: una á Zaragoza, otra á Caspe, por Alcañíz, y otra á Guadalajara. Estudiemos ahora otra, cuya construcción presenta también grandes probabilidades.

La cuenca carbonífera de Utrillas exige un ferrocarril directo al Mediterráneo; mejor dicho, un ferrocarril para el transporte de los productos de las minas á la región valenciana. Las fábricas de Valencia requieren los carbones de Utrillas. Puede resolverse este problema con el ramal de Montalbán á Monreal del Campo, en donde enlazaría la línea minera con el Central de Aragón, ó sea con el ferrocarril de Valencia.

Pero hay otra solución mucho mejor, que tiene gran importancia, y de la cual habló no hace mucho tiempo en Zaragoza y en Valencia, persona que se ocupa constantemente de todo aquello que pueda tener influencia para el fomento de la riqueza pública y para la prosperidad de todas las comarcas españolas. La citada solución consiste en la construcción de un ferrocarril de vía estrecha desde Montalbán, ó desde Vivel del Río, á Teruel.

La importancia de este ramal, podemos apreciarla muy pronto; vamos á verlo.

El ferrocarril de Utrillas á Zaragoza, toca en Vivel del Río, y marcha directamente á la capital aragonesa. El ferrocarril minero de vía estrecha, de Ojos Negros á Sagunto, está replanteado y en construcción y pasa el río Alfambua á 3 kilómetros aguas arriba de Teruel. Valencia y el Grao tienen un ramal de ferrocarril de 1 metro de entrevía, que llega á Rafelbuñol, y que debe prolongarse á Sagunto. Solamente con construír 10 ó 12 kilómetros de vía de Rafelbuñol á Sagunto y el ramal de Vivel del Río á Teruel, tendríamos un ferrocarril de vía estrecha, directo, de Zaragoza á Valencia. Véase, ahora, si esta solución es fácil y si tiene importancia.

Montalbán—Vinaroz.

No hemos terminado aún con el futuro centro de comunicaciones de Montalbán; nos falta hablar de otra línea que tendría gran importancia militar, pero que no podrá construirse si el Estado no se encuentra dispuesto á subvencionarla en una ó en otra forma. Tal vez si se la incluyera en el plan de los ferrocarriles secundarios, podríamos abrigar alguna esperanza sobre ella. Me refiero al ferrocarril minero de Utrillas, por Morella, á Vinaroz.

Morella es un punto de gran importancia militar, y hoy lo tenemos sin ferrocarril ninguno, y casi sin esperanzas de que lo tenga. La línea minera de Utrillas á Vinaroz atravesaría el Maestrazgo, serviría á la plaza de Morella, y comunicaría directamente la costa del Mediterráneo con el futuro centro de comunicaciones de Montalbán. El negocio de construcción de esta línea no es tentador para ninguna compañía; pero si el Estado la auxiliara, tal vez podríamos esperar la realización de la empresa. En vista de la gran importancia militar de esta vía férrea, el ramo de Guerra debe trabajar para que desaparezcan todas las dificultades, y que podamos contar con el ferrocarril de Montalbán, por Morella, á Vinaroz, acercándose todo lo posible á San Mateo.

Calamocha—Cariñena.

Quería pasar del estudio de Montalbán al de Teruel; pero es muy tentador para mí decir dos palabras de Calamocha, á fin de completar todo cuanto se refiere á ferrocarriles en esa zona: he de hablar de un ramal de importancia, y que no sería justo callarse sobre él, aun cuando su misión no sea de las principales.

El ferrocarril de Molina de Aragón á Montalbán cruzaría el Central en Monreal del Campo ó en Calamocha. Para mí no cabe duda en la elección: debe ser en Calamocha.

Desde este punto, que solamente con ese cruzamiento de líneas tendría ya gran importancia, debía partir un ferrocarril de vía estrecha que fuese por Campo Romano y el puerto de Encinacorva á Cariñena, ramal que sería la continuación de la línea de Zaragoza á Cariñena.

La prolongación de esta última línea hasta Daroca, es una equivo-

cación de gran importancia para la compañía, pues ya no encontrará salida por ninguna parte. Si fuese, en cambio, á Calamocha, tendría la comunicación con Molina de Aragón, y enlazaría con una red de ferrocarriles de vía estrecha, consiguiendo de este modo dar un poco de vida á ese negocio, que limitado al Campo de Cariñena solamente conduce á la ruina.

Cuenca—Teruel.

Pasemos á Teruel, siguiendo nuestra marcha alrededor del importantísimo núcleo montañoso del Maestrazgo.

Tiene Teruel una gran importancia militar, lo mismo en el caso de invasión por la frontera hispano-francesa, si esta invasión llegara á la línea del Ebro, que para la defensa de la costa de Levante. El ferrocarril Central de Aragón, ó sea el de Valencia y Sagunto, por Teruel á Calatayud, le da una perfecta comunicación con las playas valencianas. Pero si la comunicación con Valencia es excelente, en cambio es detestable la que tiene Cuenca; y dada la importancia que este último punto tiene con relación á la costa de Levante, así como relacionada con las líneas de invasión que parten de la frontera francesa, no es posible que miremos con indiferencia ese aislamiento en que se encuentran Cuenca y Teruel. Es preciso, de todo punto, construir las líneas proyectadas, y que vamos á indicar enseguida.

Landete.

Próximas á los límites orientales de la provincia de Cuenca, y no lejos de la profunda é infranqueable garganta que forma el río Guadalaviar ó Turia, en esa zona, están las minas de Henarejos. Estas minas de carbón fueron ya explotadas por los romanos, pero la falta absoluta de comunicaciones en esa comarca ha hecho que quedaran completamente abandonadas.

Hubo quien ideó construir un ferrocarril de vía ancha de Aranjuez, por Cuenca, á Valencia, y le dió el título de directo, aunque no se lo mereciera. Se construyó, y en explotación está, la sección de Aranjuez á Cuenca. Se construyó, y también se explota, la sección de Valencia á Utiel; pero se renunció á buscar las minas de Henarejo, por Landete, y

á la unión con Cuenca. Acuerdo excelente, porque ni esa línea era directa, ni valía la pena de meterse por una comarca pobre y montañosa, obteniendo un capítulo de rendimientos que no podía compensar lo costoso de la construcción. Quedaron aisladas esas dos secciones, y la decisión fué muy acertada, para hacer lo que se debe hacer, y de cuya cuestión nos ocuparemos muy pronto.

Queda el asunto reducido á dotar á esa comarca montañosa de ferrocarriles de interés local; y planteado así el problema, presenta una buena solución.

En el proyecto primitivo del ferrocarril de Cuenca á Valencia, la estación de Landete debía ser el punto de donde partiese el cortísimo ramal de las minas de Henarejos. También estaba proyectado un ramal de Landete á Teruel. Los estudios hechos nos dan hecha también la solución que debemos perseguir.

Desde Landete deben partir tres ferrocarriles de vía estrecha. Uno de ellos iría á Cuenca, por Cañete; otro á Teruel; el tercero bajaría á Utiel, término actual del ferrocarril directo de vía ancha de Valencia á Madrid. Con estos tres ramales quedaba perfectamente servida esa zona montañosa, se daría salida á los carbones de las minas de Henarejos, estableceríamos la comunicación ferroviaria entre Cuenca y Teruel, y plantearíamos un nuevo problema, que era el de comunicar á Teruel con la Mancha. Vemos, pues, que la construcción de esos tres ramales tiene mucha importancia, y que no deben dejarse de la mano las gestiones necesarias para llegar á la construcción.

Madrid—Utiel—Valencia.

Hemos llegado á Utiel siguiendo la marcha, emprendida en Tortosa, alrededor de las montañas sobre las que se apoya la costa de Levante. Estamos en los límites de la Mancha y en el extremo de un ferrocarril que no puede quedar como está. Debe resucitarse el proyecto de línea directa de Madrid á Valencia; pero al trabajar por esta empresa, es preciso que se dé la solución verdadera, la más conveniente, la que resuelva el problema por completo. El ferrocarril directo de Madrid á Valencia debe tener por base la sección de Valencia á Utiel, y debe ir á la capital de España por el camino más corto, casi tocando á la ca-

rretera de Las Cabrillas. Todo lo que no sea esto, es gana de perder el tiempo.

El ferrocarril directo de Madrid á Valencia, por Tarancón, Motilla del Palancar y Utiel, será una línea de gran importancia comercial y de gran importancia militar. Valencia sería el puerto más cercano de Madrid; y si se construye el ferrocarril directo por Utiel, el movimiento entre Castilla la Nueva y Cataluña, se lo repartirían por igual las líneas de Zaragoza y Valencia. Sería de gran interés para Barcelona tener la comunicación con Madrid, pasando por Zaragoza ó tomando la línea de Valencia, sin que esto les desviase gran cosa de la dirección general.

Sobre la importancia militar de este ferrocarril directo, no hace falta insistir, pues basta tener en cuenta que Valencia es el centro de la costa de Levante, que la línea estaría en comunicación con Cuenca y Teruel, y que representaría el eje de simetría de todas las líneas radiales que fuesen desde la meseta de Castilla á las costas levantinas. Examinemos ahora la posibilidad de construcción de esta línea.

Se trata, desde luego, de una línea de vía ancha que debía subvencionar el Estado. La sección ya construída de Valencia á Utiel, pertenece á la compañía del Norte; y la explotación resulta ruinosa, porque para un ferrocarril de vía normal, y con la paralización del comercio de vinos, no basta la comarca de Requena y Utiel para dar vida á una línea de ese género.

La prolongación á Madrid sería relativamente económica, pues no hay que atravesar ninguna cordillera. El terreno es ondulado, y la línea iría por bajo de las últimas estribaciones de la Serranía de Cuenca.

El principal obstáculo que debía salvarse, y en donde se construiría la obra, ú obras de mayor coste, sería en el paso del río Cabriel. El paso del Júcar, Tajo y algunas líneas secundarias, no ofrecería grandes dificultades, y los puentes que se habían de construir no serían de los que hacen fracasar una línea de esta importancia.

A cambio de la subvención que se otorgara á la compañía concesionaria, debía exigir el Estado que la línea tuviese excelentes condiciones de explotación, que las curvas tuviesen un radio mínimo de 500 metros, que las pendientes tuvieran un máximo de 8 milímetros por metro, y

que todo se combinase para que los trenes rápidos llevasen una velocidad media de 50 kilómetros por hora.

Las condiciones del terreno permiten atender á todos estos extremos, y el papel de esta línea impone las grandes velocidades, á fin de poner á Madrid á *siete horas* de Valencia.

La compañía del Norte no se atreve á prolongar la línea completamente por su cuenta; pero es indudable que lo haría inmediatamente si esa prolongación fuese subvencionada por el Estado. Dada la gran importancia del ferrocarril directo de Madrid á Valencia, debía cuanto antes presentarse el oportuno proyecto de ley para subvencionar la línea de Madrid á Utiel, por Tarancón y Motilla del Palancar.

Manzanares—Motilla.

Supongamos construída esta línea y veamos qué otras comunicaciones deben combinarse con ella.

En Manzanares se unen los ferrocarriles de Andalucía y Extremadura; mejor dicho, los de Córdoba y Badajoz. Esta provincia extremeña, así como toda la región del Guadalquivir, tiene muy mala comunicación con Valencia, y como el tráfico es de alguna importancia, conviene rectificar la red de vías férreas manchegas. La línea de Ciudad-Real á Badajoz debe enlazarse con la directa de Madrid á Valencia; y este enlace sería poco costoso, por las buenas condiciones del terreno en esa región de la Mancha. El trazado de este ramal de unión debe tener como puntos obligados, Manzanares y Motilla del Palancar, que serían los extremos, y Socuéllamos y San Clemente. En Socuéllamos empalmaría con la línea de Alicante á Madrid.

Este ramal de ferrocarril de vía ancha, sería poco costoso, pues sólo tendría de importante el puente sobre el Júcar. Era preciso incluirlo en la ley de concesión de la línea directa á Valencia, pero sin subvencionarlo, porque no necesita auxilio de ninguna clase. La subvención sería únicamente para el trayecto de Valencia á Utiel, y se pondría la obligación de construir el ramal de Manzanares á Motilla del Palancar.

Cuenca—Villarrobledo.

Cuenca, la capital de la provincia, estaría en comunicación con la

línea directa de Madrid á Valencia, por el ferrocarril de vía ancha que parte de Aranjuez, y que cruzaría al proyectado en Tarancón, y también por el ferrocarril de vía estrecha de Cuenca á Utiel, por Cañete y por Landete. No bastarían, sin embargo, estas dos líneas para los fines militares y de la vida normal de la provincia de Cuenca. A remediar algunos inconvenientes se encamina la propuesta del ferrocarril secundario de Cuenca, por San Clemente, á Villarrobledo. Quedaría entonces completa la red de vías férreas de la parte meridional de la provincia, y todos los puntos importantes, en buenas condiciones de comunicación.

Utiel—Albacete.

Tratemos ahora de un ferrocarril de vía estrecha, que tendría gran importancia militar y que beneficiaría mucho á las comarcas que había de atravesar. Empezaremos por hablar de un ramal que partiera de Utiel y que fuese á Albacete, por Casas-Ibáñez.

Este ramal de unión entre las dos de vía ancha, ó de interés general, de Madrid á Valencia y Alicante, tendría, no sólo la importancia que le daría ese enlace y el de poner en comunicación con la capital de la provincia toda esa comarca de las riberas del Júcar, que constituye el partido judicial de Casas-Ibáñez, sino que nos daría una línea directa entre Teruel y Albacete, que sería paralela á la costa. Y si nos fijamos un poco en esta línea, y recordamos, además, lo que ya se dijo sobre Lérida, Mequinenza y Alcañíz, sobre Montalbán y Teruel, y sobre Utiel y Landete, veremos que este ramal que ahora se indica, no es otra cosa que una sección del ferrocarril de vía estrecha de Albacete á Lérida, línea paralela á la costa de Levante y toda ella de gran importancia militar, y manantial de riqueza y prosperidad para todas las comarcas que debía recorrer.

Una línea de esta clase no puede sujetarse á consideraciones locales; es preciso que sea de vía estrecha, sí, pero de construcción sólida, de gran capacidad de movimiento, que pueda ponerse en parangón con la de Bilbao á Santander, que pueda compararse con los ferrocarriles de vía ancha. Recordemos, como resumen, los puntos principales de esta línea, que serían:

Viella, *Lérida*, Mequinenza, Alcañíz, Montalbán, *Teruel*, Landete, Utiel y *Albacete*.

Chelva y Alberique.

Para cerrar el circuito, basta que desde Albacete tomemos la línea de la Encina, lleguemos á Valencia, y que por la costa fuéramos á Tortosa. En toda esta gran zona de Levante, que hemos ido estudiando, no queda en realidad nada que hacer y que revista importancia. Podría y debería unirse á Chelva con Liria, y esto puede lograrse con un ferrocarril secundario.

También se proyecta un ramal muy conveniente, y es el de Enguera á Alberique. Este ramal será continuación del ferrocaril de vía estrecha de Valencia, Torrente, Carlet y Alberique, quedando de esta manera comunicada la comarca enguerina con la capital de la provincia y con la Ribera.

Alicante—Denia.

Al tratar de una concentración sobre los Pirineos, se habló del ferrocarril directo de Alicante á Valencia, por Alcoy y Játiva. Ahora debemos tratar de otro ferrocarril, que sería de vía estrecha, y que pondría en comunicación á estas dos capitales de la costa de Levante.

El antiguo proyecto de ferrocarril de Alicante á Denia, parece que entra ahora en vías de realización. Tendríamos así una vía férrea que uniera todos los pueblos de la costa, y Villajoyosa, Denia y Alicante estarían en comunicación ferroviaria. Jábea quedaría á corta distancia de esta línea.

Construído el ferrocarril de la Marina, de Alicante á Denia, dispondríamos de un buen enlace con el ferrocarril directo, por medio del de Denia á Gandía y Carcagente. Como Sueca y Cullera tienen también vía férrea, vemos lo bien atendida que quedaría toda la costa de Levante con la construcción de todos los ferrocarriles citados en este estudio. Es fácil ver, que desde Alicante á Cartagena no hace falta ningún ferrocarril que sea de importancia militar: con las líneas actuales podría hacerse una buena defensa de la costa de Levante.

Albacete—Vadollano.

Existe un importantísimo proyecto de probable realización, que debemos tener muy en cuenta, relacionándolo con el ferrocarril de Viella á Albacete. Se trata de construir una vía férrea, creo que ancha, que una las estaciones de Chinchilla y Vadollano. Supongo que será de vía normal, porque se eligen dos estaciones de empalme, y parece que se persigue comunicar la cuenca minera de Linares con la provincia de Murcia.

No debe consentirse que esa línea, si se construye, busque el empalme en Chinchilla. Atravesando una gran extensión de la provincia de Albacete, cruzando el partido judicial de Alcaráz, pasando á corta distancia de la capital, constituiría un abandono de todas las conveniencias y una desidia imperdonable, permitir que fuese á Chinchilla y que dejase á un lado la capital de la provincia.

En el caso de construirse el ferrocarril de Albacete á Vadollano, trátese de una vía estrecha ó de una vía normal, podríamos considerar esta línea como prolongación de la de Albacete á Viella. En el resumen supondremos que es de vía estrecha.

LAS ALPUJARRAS Y GIBRALTAR.

SEVILLA—GRANADA—CÓRDOBA.

Podemos considerar la costa del Mediodía, desde Ayamonte al cabo de Gata, dividida en dos secciones: la oriental y la occidental. Málaga es el punto de enlace de estas dos secciones de la costa.

La región oriental tiene por centro á Granada, y como apoyo la escabrosa Sierra Nevada, que manda sus estribos al Mediterráneo por la interesante comarca de las Alpujarras. El centro de acción sobre la región occidental está en Sevilla: se apoya en la Serranía de Ronda. El enlace de las dos regiones, el enlace de Sevilla y Granada, lo tenemos en Córdoba. Córdoba se apoya en Sierra Morena, y Sierra Morena no es otra cosa que el muro de contención de la meseta de Castilla la Nueva. Lo primero que debemos tratar es de la comunicación entre Madrid y Córdoba.

Puertollano—Córdoba.

La región andaluza comunica con el centro de la Península, por la línea de Despeñaperros. De Madrid á Córdoba hay 442 kilómetros.

La línea directa de Madrid á Ciudad-Real, tiene su natural prolongación en la línea de Extremadura. Al llegar á Puertollano cambia bruscamente de dirección, y la que traía desde Madrid, de Norte á Sur, se convierte en una dirección de Oriente á Occidente. La unión de Puertollano con Córdoba nos daría una línea directa de Andalucía á Madrid.

El proyectado ferrocarril de Puertollano á Córdoba tiene un desarrollo de 127 kilómetros, que unidos á los 211 de Madrid á Puertollano, nos dá una distancia hasta Córdoba de 338 kilómetros. El ahorro de recorrido sería de 104 kilómetros, casi la cuarta parte de lo que hoy tenemos que recorrer para ir de Madrid á Córdoba.

La compañía del Mediodía, la de Madrid-Zaragoza-Alicante, es la concesionaria de ese ramal tan importante para la comunicación directa entre Castilla y Andalucía. No construye porque no se le obliga á ello, pues aquí no se trata de un concesionario sin capitales, que sólo es rico en sueños, en proyectos y en ilusiones; se trata de una compañía poderosa, que no construye porque no quiere, porque no le resulta mal obligar á los viajeros y mercancías á un recorrido de 442 kilómetros, cuando bastaba uno de 338.

El Gobierno y las regiones interesadas deben comprender que es bochornoso lo que sucede, y que debe obligarse á la compañía del Mediodía á que construya inmediatamante el ferrocarril de Puertollano á Córdoba.

Granada—Calahonda.

El centro de la región oriental es Granada. Los puertos á que debía atender serían Almería y Málaga, y al fondeadero de Calahonda.

La comunicación entre Granada y los dos importantes puertos del Mediterráneo, se establecería por la línea Málaga, Bobadilla, Granada, Moreda, Guadix, Almería. En toda esta línea sólo falta construir el ramal de Granada á Moreda.

Granada no puede ejercer, en buenas condiciones, la acción directa sobre el centro de la costa, por no estar construído el ferrocarril á Motril y Calahonda. Esta línea es de gran importancia militar y comercial. Las Alpujarras y la riquísima vega de Motril, están completamente aisladas; aislamiento que cesaría si se construyese el proyectado ferrocarril de vía estrecha, de Granada á Calahonda. Es preciso gestionar la construcción de esta importantísima línea. Con ella se completaría la acción de Granada sobre la región oriental de la costa del Mediodía.

Málaga—Motril—Almería.

La línea de Málaga, por Bobadilla, Granada y Moreda, á Almería, sería la verdadera línea estratégica para la defensa de la costa, por estar siempre desenfilada de las vistas y de los fuegos del enemigo; pero los pueblos de la costa se quedarían completamente aislados de los puer-

tos y del centro de acción. Por eso se impone la construcción del ferrocarril directo, de vía estrecha, de Almería á Málaga.

Pocas comarcas hay en España con las condiciones de población y riqueza que tiene la constituída por las estribaciones que manda la cordillera Penibética sobre la costa del Mediterráneo, para dar vida á un ferrocarril; y sin embargo, pasan los años, se va cruzando de vías férreas el territorio español, y las Alpujarras, Motril, Torrox, Adra, Velez-Málaga, Málaga y Almería, y tantos y tantos pueblos de importancia, no tienen una comunicación ferroviaria que los enlace. En la vega de Motril hay grandes intereses á que atender y grandes capitales empleados. Casas poderosas, cuyos haberes se cuentan por millones de pesetas, ó tal vez de duros; títulos nobiliarios que suman mucho en el mundo de la banca, en el mundo de los negocios y en el mundo del lujo y de la elegancia; sobra de medios para acometer empresa tan productiva y tan beneficiosa para el país; y á pesar de todo, no puede recorrerse aquella costa por ferrocarril. . . . . .

. . . . . .

Algo ha influido en esta cuestión la equivocada idea que existía en España sobre los ferrocarriles de vía estrecha. Se creía que estas líneas no servían para nada, sin comprender que la culpa no la tenía el sistema, sino la mala construcción de todas las que se hacían en España. Por esta preocupación tan general, que ahora ya no existe, se oponían algunos influyentes personajes malagueños á que la línea de la costa fuese de vía estrecha, y tenían el empeño de que fuese de vía normal. Esto solamente podría conseguirse á costa de grandes desembolsos, pues una vía ancha no permite ceñir la línea al terreno tanto como una estrecha; y cuando se trata de un territorio como el de la costa del Mediterráneo, entre Málaga y Almería, la diferencia de coste de una línea con radio mínimo de 300 metros ó de 100 ó 150, es verdaderamente colosal, y el negocio que es productivo en un caso, conduce en el otro á la ruina y á la quiebra.

Reconocida la necesidad de la construcción del ferrocarril directo de Almería á Málaga, y teniendo en cuenta que la estructura de aquel territorio impone la vía estrecha, y pensando, además, que ha de ser también de 1 metro de entrevía el ferrocarril de Granada á Motril y Ca-

lahonda, es preciso que se trabaje para conseguir la construcción de la línea de la costa, eligiendo como anchura de vía la de 1 metro entre carriles. Tendríamos entonces un enlace perfecto entre Málaga, Granada, Almería, Calahonda y todas las Alpujarras.

Martos—Granada.

Poco tenemos ya que decir de la región oriental de la costa del Mediodía, pues no hace falta hablar del ramal de Almería á Huércal-Obera, por haberse tratado de él al ocuparnos de la concentración sobre los Pirineos. Hablaremos únicamente del antiguo proyecto de ferrocarril de vía ancha, de Mengíbar á Granada.

No está todavía construído el ramal de Granada á Moreda, y podemos, por lo tanto, hablar como si no existiera solución para la directa comunicación entre Granada y Madrid.

El granadino que salía de la corte y quería ir á la hermosa ciudad del Darro, tomaba la línea de Despeñaperros y llegaba á Mengíbar. Si este granadino era uno de los pocos españoles que saben geografía y no ignoran lo que es un mapa, se ponía á contemplar con verdadera pena una carta geográfica de España, y veía un rectángulo, cuyos vertices eran Mengíbar, Córdoba, Bobadilla y Granada. Consideraba que era absurdo, que para trasladarse de Mengíbar á Granada, uno de los lados menores del rectángulo, le obligasen á recorrer los otros tres. Y si este granadino, además de ser hombre de cultura, era hombre de dinero, de iniciativas y de patriotismo, sentía brotar en su alma, como un grito de la conciencia, la obligación, el deber en que estaba de trabajar por la construcción de una línea directa de Mengíbar á Granada. Y se confeccionó el proyecto, que costó muchos miles de duros, y se otorgó la concesión con grandes subvenciones; pero las circunstancias no fueron favorables y la línea quedó sin construir, muriendo el patriotismo granadino sin ver realizado su hermoso proyecto.

Hoy ha variado por completo la cuestión. El ferrocarril de Linares á Almería vino á resolver el problema de comunicación directa entre Madrid y Granada, por medio del ramal que una esta capital con Moreda.

El ferrocarril de Puente Genil á Jaen recorre parte de la comarca

que debía recorrer el de Mengíbar á Granada; y al ocuparnos del antiguo proyecto, lo limitaremos al trayecto de Martos á Pinos-Puente, trayecto que representa las dos terceras partes de la primitiva línea, y que tiene gran importancia, pues nos da la comunicación directa por Alcaudete y Alcalá la Real, de Granada con Jaen, quedando ya perfectamente enlazadas todas las comarcas de la región oriental de Andalucía.

Serranía de Ronda.

Necesito vencer una gran repugnancia para pronunciar el nombre odioso de Gibraltar; pero los males no dejan de existir por cerrar los ojos para no verlos, y es preferible mirar de frente el peligro y prepararse para la lucha.

En la región occidental de la costa del Mediodía tenemos el Estrecho de Gibraltar. El centro de acción sobre toda esta zona está en Sevilla. Huelva y Málaga son los puertos comerciales: Cadiz es el puerto militar y comercial. La bahía de Algeciras es el objetivo de la defensa.

La serranía de Ronda manda sus estribaciones sobre la costa oriental del Estrecho y sobre la bahía. Ronda es el centro de la Serranía: á ella debemos confiar nuestros intereses. Cadiz, Sevilla, Ronda y Málaga, forman la red que debemos cuidar para operar en el Estrecho.

Morón—Ronda—Jerez.

El ferrocarril de la costa, de Málaga á Estepona, es un atentado contra la patria. El de Algeciras, por la costa, á Cadiz, también lo es. Deben desecharse ambas líneas y combatirlas en todos los terrenos.

Ronda tiene comunicación ferroviaria con Málaga, por Bobadilla. La comunicación no es muy directa, pero no hace falta otra, atendiendo á lo que Málaga representa con relación á Ronda y al Estrecho.

Sevilla y Cadiz deben tener ferrocarriles directos á Ronda. El problema es de gran importancia militar y de fácil resolución.

El ferrocarril de Utrera á Morón debe prolongarse, por Olbera, hasta enlazar con la línea de Bobadilla á Algeciras.

Desde Jerez de la Frontera debe partir una vía férrea, ya proyectada, que enlace también con la de Algeciras á Bobadilla.

Con estos dos ferrocarriles quedaría completa la red que nos hace

falta para que Ronda pueda responder á lo que la naturaleza le impuso al colocarla en el centro de la Serranía.

Las líneas más importantes son éstas. Podría construirse algún otro ferrocarril secundario; pero ante el problema principal de convertir á Ronda en el verdadero centro de comunicaciones de la Serranía, y en guardian de la honra de España frente al Peñón, todo lo demás es **verdaderamente secundario.**

RECOGIMIENTO.

RECOGIMIENTO.

CONCLUYO este trabajo, en el preciso momento en que suenan las campanas, en que oigo los tiros que en la calle y en el campo se disparan para solemnizar la resurrección de Cristo, del Redentor del mundo, del sublime Martir del Gólgota, del que dió su vida y su sangre por redimir al hombre. Esta coincidencia me obliga al recogimiento, y me hace pensar en lo inexcrutable de los designios divinos. Y aquí, en este retiro voluntario en que me encuentro, no puedo menos de sumirme en las más profundas reflexiones.

Dios vino al mundo para predicar la caridad, la paz, el amor á nuestros semejantes; y sin embargo, yo, cristiano ferviente, estoy ocupándome de la guerra. Parece esto una hipocresía, y sin embargo no lo es. Se impone hacer una profesión de fé: no de fé cristiana, que no es necesaria, sino de fé política, de fé social, de fé humana.

La guerra es un factor de la civilización. El hombre es imperfecto; el hombre solamente camina por la necesidad, por el hambre, por la fuerza. Los pueblos no progresan siguiendo la senda marcada por la razón: necesitan de la violencia, del empuje de otros pueblos más adelantados. Desde el salvaje del centro del África hasta Newton, hay un mundo de distancia. El paso de la vida primitiva á la vida civilizada, sólo se hace por la fuerza. Esta es la ley divina del progreso.

La finalidad de una campaña es la victoria. El fin de la guerra es conseguir la paz. El militar no ama la guerra por

la misma guerra: combate por el honor y por la prosperidad de su patria. Quiere la paz, y por eso estudia los problemas de la guerra. Tiene siempre presente, y repito el mismo concepto, que *no hay nada que garantice la fuerza del derecho, como el derecho de la fuerza.*

Estudio con verdadera fiebre los problemas relativos á la enseñanza, porque en una infinidad de cuestiones de gran importancia, que no se saben resolver, no hay en realidad otra cosa que un simple problema pedagógico. Al estudiar esas cuestiones tengo siempre un guía luminoso; tengo una idea salvadora; busco el hombre armónico, busco la armonía entre la resistencia física, la potencia intelectual y la delicadeza del sentimiento. Y este afán que tengo en la investigación del sér armónico, lo llevo del individuo al Estado, de lo particular á lo general.

El hombre debe ser ágil y robusto, inteligente y culto, honrado y caballero. El país, la patria, ha de ser rica, ha de ser fuerte, ha de mirar por su honor, ha de tener ideales grandes. El hombre de gobierno, *el estadista*, ha de *pensar alto y sentir hondo*; ha de sujetar sus planes á principios fijos, á leyes sábias, al conocimiento de su país, al de su época y al de su raza. *El sistema de vivir al día es un crimen de lesa patria.*

Y porque yo busco esa armonía entre todas las manifestaciones de la vida nacional, al estudiar los ferrocarriles de interés militar, examino también la influencia que estas líneas han de tener en la vida normal del país. Y me preocupo de la mayor ó menor probabilidad de su construcción, pues *no basta decir que un ferrocarril es conveniente para la concentración; es preciso ver si puede conseguirse, á poca costa, la construcción de la línea propuesta.*

Lo normal en la vida de un país, en esta época, es la paz: la guerra es lo anormal, lo accidental. Los ferrocarriles mili-

tares, ó que tengan interés militar, no pueden proyectarse pensando solamente en la guerra; hay que pensar también en el empleo de estas líneas en tiempo de paz. Cuando se quiere resolver los problemas mirando muy alto, la solución puede satisfacer á muchas necesidades, y ninguna cuestión exige mayor altura de miras que las que se refieren á la construcción de la red de ferrocarriles en el territorio nacional.

La tarea del ingeniero militar de ferrocarriles resulta altamente simpática, cuando se toma desde un punto de vista tan alto, pues no trata solamente de la guerra, de lo anormal; sino que trata, estudia, lo que se refiere á la vida normal, á la época de paz, á lo que fomenta la riqueza pública.

Y por lo mismo que la guerra es lo anormal, lo inesperado, se debe estar siempre á punto de entrar en campaña. Las tormentas estallan muchas veces después de un largo proceso de preparación; pero otras descargan sin que la atmósfera presente síntoma alguno de trastornos ni de alteraciones.

Pensaba yo, al estudiar las líneas militares de la costa del Mediodía, en que esta costa tiene para nosotros un doble carácter; es línea de defensa contra una invasión marítima, y es base de operaciones contra el Norte de África. Pero precipitaba el estudio que iba haciendo, porque no podía ver con calma ese punto negro del Peñón de Gibraltar, ni esa costa africana, que se apoya en el Pequeño Atlas. *Gibraltar y Marruecos representan nuestra resurrección ó nuestra completa ruina.*

El problema del Mediterráneo, el problema de Occidente, está ya en camino de resolverse. Pasó del período de preparación y entró en el de ejecución. La corriente nos arrastrará, pues ni podemos evitarla ni podemos oponernos á ella.

Francia necesita, á toda costa, el ferrocarril del Sahara, porque le es precisa la unión de Argelia, colonia del Mediterráneo, con sus posesiones del Niger. La seguridad de esta línea del gran desierto africano, exige la posesión del Tuat. La posesión del Tuat por Francia, equivale á atacar el problema de Occidente, porque hará desaparecer el *statu quo*.

La guerra es un factor de la civilización; y por la guerra entrará Marruecos en el concierto general de las naciones, bien conservando su independencia, más ó menos nominal, ó desapareciendo como unidad política, deshecha en girones por los que se arrojen sobre ese imperio africano.

Si se establece una gran potencia en el territorio marroquí, tendremos amenazada hasta nuestra independencia. El *statu quo* ya no puede sostenerse. Todas las nacione se aprestan á la lucha, menos la nuestra, que no tiene, ni ha tenido, desde hace muchísimos años, política internacional. Nos arrastrará la corriente, y sólo Dios sabe dónde podrá conducirnos. Hay que buscar una solución salvadora, porque el peligro está cercano, es inminente. Nuestro régimen federalista en el gobierno, constituído por unos cuantos cantones ministeriales, se opone á una vigorosa organización militar. Para buscar el remedio, hay que mirar muy alto, mucho más arriba que á las poltronas ministeriales. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Terminaba yo este capítulo y la Memoria, con lo que ahora copié en la introducción. Hacía ver la necesidad de que el Poder Real tomase á su cargo la resolución de los problemas nacionales que no sólo dependiesen de varios departamentos ministeriales, sino que fuesen comunes á todos los partidos políticos. Y uno de estos problemas es el de los ferrocarriles

estratégicos y la rectificación de nuestra defectuosísima red de vías férreas. . . . . .

. . . . . .

Una observación me resta que hacer. Estamos los españoles dominados por un criterio particularista, por exagerado espíritu de clase. A este modo de ser de nuestra raza se debe, que cuantos conmigo hablaron del problema de los ferrocarriles estratégicos, se entusiasmaron con la idea, pero encontrando siempre el gravísimo inconveniente del gran presupuesto que exigía la rectificación de nuestra red ferroviaría. Y en eso consiste principalmente el error.

No se trata, como se habrá visto en el curso de este trabajo, de realizar grandioso plan de obras públicas con fines exclusivamente militares. Se trata, por el contrario, de una labor económica, de un aprovechamiento de fuerzas sociales, de dar satisfacción á necesidades comerciales, á tráfico internacional, á fomento de la riqueza pública. Se persigue un ideal; se hace un llamamiento al patriotismo y al sentido común; se combate el barullo, el desconcierto, la ausencia de plan fijo que caracteriza á nuestros gobernantes.

Lo menos que puede pedirse al estadista, es que cumpla con su deber; y deber ineludible suyo es el de mirar hacia adelante y el de apoyarse en la obra realizada. La labor personal que solamente se inspira en la vanidad del personaje político, y que no persigue la realización de ningún ideal patriótico, merece el desprecio más absoluto. *Menos vanidad; menos egoismo; menos ambición, y más amor á la patria.*

FIN.

HELADURA DE PIEDRAS

IMPORTANCIA

DE ALGUNOS

DETALLES DE EJECUCIÓN EN LOS RESULTADOS DE PRUEBAS

DE

HELADURA DE PIEDRAS

MEMORIA

PRESENTADA AL

CONGRESO INTERNACIONAL DE PRUEBAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES

celebrado en París en Julio de 1901,

POR

D. JOSÉ MARVÁ Y MAYER,

CORONEL DE INGENIEROS,

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.

MADRID:

IMPRENTA DEL *MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.*

1902.

PRELIMINARES.

En las conferencias celebradas en Munich, Dresde y Berlin con objeto de uniformar los métodos de ensayo de materiales, se fijaron reglas que habían de seguirse para determinar el grado de resistencia de las piedras á los efectos de las heladas; según estas reglas el ensayo dicho comprende:

1. Comparación de la resistencia al aplastamiento de probetas de piedra, desecadas unas, otras saturadas de agua y otras saturadas de agua primero y sometidas después, veinticinco veces consecutivas, á los efectos de la helada y del deshielo.

2. Determinación de la pérdida de peso á consecuencia de esfoliaciones y de las materias disueltas en el agua después de las veinticinco veces que alternativamente sufrieron las piedras los efectos del hielo y deshielo.

3. Examen á la lupa de la piedra helada, á fin de determinar si se han producido grietas ó escamaciones.

Las probetas deberán tener la forma de un cubo, cuyas aristas midan 7 centímetros de longitud, y serán desecadas antes de proceder á saturarlas de agua. Esta saturación se obtendrá por inmersión de la piedra en el líquido, en 2 centímetros de altura, á la que seguirá más tarde sumersión completa.

Las probetas, una vez saturadas de agua, se someterán durante cuatro horas á una temperatura de — 10° centígrados á — 15° centígrados.

El deshielo tendrá lugar en una constante y determinada cantidad de agua destilada á la temperatura de 15° centígrados á 20° centígrados.

L'Instruction pour les épreuves de gélivité des pierres en Russie prescribe (1):

(1) Circular de 25 de junio de 1891.

Desecación á 30° centígrados.

Inmersión parcial de los cubos, hasta 2 centímetros de su altura durante veinticuatro horas: después inmersión total hasta saturación *suficiente*, que es de esperar se obtenga en el transcurso de cinco á siete días.

Veinticinco helamientos y deshielos. Para la congelación se emplea un armario frigorífico, y la mezcla de tres partes de hielo machacado y una parte de cloruro de calcio.

En el Laboratorio Federal para el ensayo de materiales en Zurich, se desecan los dados hasta obtener un peso constante; se saturan de agua destilada bajo la campana de una máquina neumática de mercurio, se sumergen inmediatamente en agua, en la que permanecen por espacio de veintiocho días, y se introducen después en el armario de una máquina frigorífica, en donde se les tiene durante siete horas del día y trece ó catorce de la noche, sometidos á la temperatura de — 15° centígrados á — 20° centígrados.

Finalmente, se deshielan los cubos en agua á la temperatura de + 15° centígrados, repitiendo veinticinco veces consecutivas las operaciones de congelación y deshielo.

En el Laboratorio de Puentes y Caminos de París, para conseguir rápidamente la *completa* saturación, colocan cada dado en un recipiente lleno de agua y éste bajo la campana de una máquina neumática. En el momento en que el vacío parcial ha llegado á media atmósfera, se hace caer en el interior de la campana un chorro de agua, la cual penetra *inmediatamente* en los poros de la piedra, obteniendo de este modo un resultado más satisfactorio que por el procedimiento de la inmersión al aire libre, prolongada durante cierto número de días.

Los cubos, una vez saturados de agua y pesados nuevamente, se hielan en una máquina frigorífica á la temperatura de — 10° centígrados á — 15° centígrados durante cuatro ó cinco horas, después se exponen media hora al aire en el mismo laboratorio, y enseguida se sumergen en agua á la temperatura de + 15° centígrados á + 20° centígrados hasta el completo deshielo. Se examina á la lupa cada ejemplar para reconocer si se han producido grietas ó escamaciones; y se reiteran veinticinco veces sucesiva y alternativamente estas operaciones de congelación y deshielo.

Las citadas reglas no son todo lo precisas que fuera de desear, pues

ni se determina cuál es la temperatura más propia para la rápida y completa desecación de las piedras, ni al resolver que las piedras han de ser sometidas á la congelación cuando estén saturadas de agua se especifica cuál sea este grado de saturación, ni aun se hace mención de los procedimientos que deben emplearse para obtenerla, así como de las causas que pueden ejercer influencia respecto á la cantidad total de agua absorbida.

Finalmente, tampoco se concretan los medios para producir la congelación, la influencia que tienen los distintos procedimientos de saturar de agua las piedras, la duración de los períodos de congelación, el número de éstos y algunos otros detalles de ejecución.

Son, éstos, importantísimos problemas de detalle, que debieran resolverse si se quiere dar á los ensayos de resistencia á los efectos de las heladas toda la precisión necesaria para conseguir uniformidad en los resultados, y la mayor rapidez posible en la ejecución de las pruebas.

De seguir indiferentemente uno ú otro de los procedimientos ya expuestos, sin dar valor á la importancia de algunos detalles de ejecución de estos ensayos, se corre el peligro de llegar á conclusiones completamente contradictorias respecto al grado de resistencia de las piedras al helamiento.

Con objeto de determinar la influencia que ejercen en los resultados finales algunos detalles de ejecución en los experimentos citados, hemos realizado una serie de ensayos, de los que daremos cuenta en las siguientes líneas.

Séanos permitido hacer préviamente una observación de verdadero interés: la falta de homogeneidad de las piedras de la misma procedencia y los defectos inherentes á esta clase de material, dificultan en extremo el fijar conclusiones rigurosamente exactas respecto á los ensayos de resistencia á las heladas; pero de los hechos más generales se podrán deducir ciertas reglas que, quizás, sean de alguna utilidad para la unificación de los métodos de ensayo.

A fin de comprobar la influencia de todas las circunstancias que concurren en la ejecución de los experimentos se eligieron piedras muy heladizas, otras que lo son menos, y otras, en fin, reputadas como inalterables, aun durante los fríos más intensos de nuestro clima.

Al primer grupo pertenecen las piedras calizo-areniscas de *Sax* (Alicante) y de *Archena* (Murcia); las de *Monóvar*, *Limorqui* y *Petrel* (Alicante), y las calizas de *Redueña* y *Guadalix* (Madrid) figuran en la segunda clase; y se incluyen en el tercer grupo, como inalterables á las heladas, las calizas de *Colmenar* y el granito duro de la Sierra de *Guadarrama* (Madrid).

Todas estas piedras se emplean en Madrid. El granito del Guadarrama, muy cuarzoso, de muy difícil labra por su gran dureza, se aplica principalmente á zócalos y basamentos.

La piedra caliza de Colmenar es muy estimada por su inalterabilidad y resistencia, no obstante las coqueras rellenas de materias terrosas que con frecuencia se observan en ella. Con esta caliza de Colmenar está construído en Madrid una gran parte del suntuoso palacio Real.

Las calizas de *Redueña* y de *Guadalix*, y la piedra de *Monóvar*, *Petrel* y *Limorqui* se emplean generalmente en los plintos, cornisas y jambas.

También hemos ensayado piedras calizas heladizas de *Hurones*, *Hontoria* y *Carcedo* (Búrgos), así como el granito de *Monte-Faro* (Coruña); pero de los experimentos realizados con éstas sólo daremos algunas ligeras indicaciones, á fin de acortar, en lo posible, la extensión de esta Memoria.

La caliza de Hurones es algo heladiza, pero se puede emplear en obras al abrigo de la intemperie, como se utilizó en la hermosa catedral de Búrgos. La de Hontoria es más resistente á los efectos de las heladas.

El granito de Monte-Faro es de aspecto terroso, muy abundante en feldespato y mica y se descompone fácilmente por las influencias atmosféricas.

Todas las probetas ensayadas se sacaron de sillares arrancados de la cantera en las fechas que se indican en el siguiente cuadro, y se labraron después con todo esmero en forma cúbica de 7 centímetros de arista, con una tolerancia máxima de ± 0,5 milímetros. La escrupulosa regularidad en la labra y la uniformidad en las dimensiones de los cubos nos relevan el hacer mención en lo sucesivo de su peso específico, limitándonos á hacer constar el peso absoluto de cada ejemplar determinado inmediatamente después de haber sido desecado.

PROCEDENCIA.		FECHA de la extracción del sillar.	MARCAS.
MURCIA.	Archena.	1880	*A.* — *a.*
ALICANTE.	Sax.	1890	*S.* — *s.*
	Petrel.	1892	*P.* — *p.*
	Limorqui.	1897	*L.* — *l.*
	Monóvar.	1899	*M.* — *m.*
MADRID.	Redueña.	1899	*R.* — *r.*
	Guadalix.	1899	*G.* — *g.*
	Colmenar.	1875	*C.* — *c.*
	Guadarrama.	1898	*B.* — *b.*
BÚRGOS.	Hurones.	1899	*H.* — *h.*
	Hontoria.	1899	*H. O.* — *h. o.*
	Carcedo.	1899	*C'.* — *c'.*
CORUÑA.	Monte-Faro.	1899	*F.* — *f.*

DESECACIÓN EN LA ESTUFA.

Según se determina en las instrucciones para los experimentos de resistencia de las piedras á las heladas, es condición indispensable que los cubos ensayados hayan alcanzado, bajo la temperatura constante de 30° centígrados, un estado de desecación tal, que su peso sea constante. En este momento es en el que se determina el peso específico de las piedras.

El tiempo que se tarda en desecar los cubos depende, como es natural, de su densidad, de la época en que se extrajo la piedra de la cantera, del estado higrométrico de la atmósfera y de otras varias causas. En nuestra opinión la temperatura de 30° centígrados, hasta ahora adoptada, es demasiado baja, pues de las observaciones hechas se deduce que no rebasando esta temperatnra, la desecación se verifica con mucha lentitud, aun cuando la aplicación del calor no se interrumpa ni de día ni de noche; y hasta se corre el peligro de no llegar nunca al estado de seguridad apetecido si la graduación higrométrica del aire se mantiene algo elevada.

En los ensayos á que se refiere esta Memoria se empleó para la desecación una estufa Frémy, dispuesta de modo conveniente para alojar en ella tres hiladas de cubos y calentada, noche y día, por mecheros de gas.

Durante estos experimentos se observó repetidas veces que siendo de 30° centígrados la temperatura de la estufa, los dados de piedra absorbían la humedad de la atmósfera en vez de perder por evaporación el agua contenida en sus poros, cuando se abrían los registros de entrada de aire con objeto de activar el tiro y la desecación.

Esta observación nos decidió á desecar los cubos de piedra á una temperatura media de 60° centígrados, mantenida sin interrupción alguna. Los pocos ensayos hechos sin rebasar la temperatura de 30° cen-

tígrados, cuyos resultados aparecen en el cuadro núm. **1**, hacen ver cuán ventajoso es el empleo de la temperatura de 60° centígrados.

Los cubos *a 13* y *a 14* perdieron respectivamente 3,92 gramos y 2,89 gramos á las cuarenta y ocho horas de desecación á la temperatura de 60° centígrados. Durante las ciento cincuenta horas subsiguientes y con temperatura de 30° centígrados hubo un aumento de peso de 0,92 gramos y 0,80 gramos, lo cual indica que las piedras absorbieron agua en vez de evaporarla; finalmente, después de doscientas treinta y cinco horas á la temperatura de 30° centígrados, el aumento de peso fué de 1,02 gramos para la probeta *a 13* y de 0,62 gramos para la *a 14*.

Por el contrario, los ejemplares *a 11* y *a 12*, del mismo peso que los *a 13* y *a 14* y sacados del mismo sillar, perdieron respectivamente 6,5 gramos y 5,9 gramos al cabo de noventa horas que permanecieron sometidos á la temperatura de 60° centígrados.

La desecación de los cubos *A 13* y *A 16* se hizo al principio á la temperatura de 30° centígrados, pero viendo que aquella era muy lenta en las noventa y siete horas durante las cuales se mantuvieron los 30° centígrados, se elevó á 60° centígrados, obteniendo al cabo de sólo trece horas una mayor pérdida de peso.

Parece, por lo tanto, que hay motivo bastante para proponer que se adopte la temperatura de 60° centígrados, mantenida sin interrupción día y noche á fin de conseguir una desecación rápida y completa; tanto más, cuanto que esta temperatura no produce en las piedras alteración alguna, ni química, ni mecánica.

La desecación debe prolongarse hasta que el peso de la probeta sea constante; pero debe hacerse observar que es sumamente difícil conseguir en absoluto este resultado, pues llega un momento en el que las piedras pierden ó absorben humedad, según sea la temperatura y el estado higrométrico del aire, hasta en el corto tiempo que se emplea en hacer la pesada. En su consecuencia debe considerarse como conseguida la desecación completa, cuando las diferencias de peso no excedan de 0,1 gramos.

SATURACIÓN DE AGUA.

Distintos procedimientos para saturar de agua las piedras.

Dejando á un lado las varias causas que complican el fenómeno de la congelación de las piedras, es preciso admitir que la desorganización de su estructura por efecto de las heladas (grietas y esfoliaciones) se debe á la fuerza expansiva del agua contenida en sus poros en el momento de su transformación en hielo. Los experimentos que hemos hecho, cuyos resultados se darán á conocer en esta misma Memoria, confirman la verdad de esta conclusión.

Es, pues, indiscutible que en los ensayos de que nos ocupamos desempeña un papel importantísimo la cantidad de agua absorbida por cada dado de piedra; y es también evidente que si cada centímetro cúbico de agua produce, al congelarse, un cierto esfuerzo de desagregación, ésta será mayor y los efectos de la helada se harán más sensibles cuanto mayor sea el grado de saturación.

Los dados de piedra deben someterse al helamiento en estado de saturación de agua; pero al poner en práctica esta regla es preciso saber qué ha de entenderse por *saturación* y no echar en olvido las distintas causas que ejercen influencia en los fenómenos de la absorción del agua.

Está admitido que la saturación es suficiente cuando en pesadas sucesivas se obtengan pesos poco diferentes entre sí; pero esto puede conducir á resultados completamente contradictorios.

Los dos procedimientos en uso para conseguir la saturación de las piedras son los siguientes:

A.—Inmersión al aire libre, prolongada durante el tiempo necesario.

B.—Inmersión en el vacío.—Se coloca la piedra bajo la campana de una máquina neumática en un recipiente lleno de agua ó sencillamente en un vaso. Después de haber llegado á un cierto vacío parcial, se intro-

duce agua en el vaso en que está la piedra dentro de la campana hasta que el dado esté completamente sumergido; se mantiene la depresión un cierto tiempo y al cabo de éste se sumerge el cubo totalmente en agua destilada, al aire libre.

A.—Saturación por simple inmersión.

Para facilitar el desprendimiento del aire contenido en los vasos capilares de la piedra y de este modo abreviar la absorción del agua, está preconizado que las probetas se sumerjan gradualmente en el líquido.

Es decir, que ha de empezarse por introducir en agua los cubos hasta una altura de 2 centímetros y al cabo de cierto tiempo se les sumerge totalmente. En algunos laboratorios la duración de la inmersión parcial es de veinticuatro horas: otras instrucciones no fijan el tiempo cuando se trata de piedras porosas; las veinticuatro horas de inmersión parcial parecen suficientes para conseguir que por la acción capilar aparezcan humedecidas todas las caras del cubo, y así lo hemos observado en las piedras *A.* — *a.*, *H.* — *h.*, *HO.* — *ho.*, *C'.* — *c'.*

Las piedras *S.* — *s.*, *P.* — *p.* y *L.* — *l.*, exigieron de cincuenta á setenta horas; las *M.* — *m.*, á pesar de una inmersión parcial prolongada más de doce días, no aparecieron humedecidas más allá de 2 centímetros sobre el nivel del agua, y fué preciso elevar sucesivamente este nivel para obtener que llegara á humedecerse su cara superior.

Las piedras porosas absorben la misma cantidad de agua, ya se emplee la inmersión parcial, pero continuada, de sólo 2 centímetros, ya se las sumerja totalmente después de haberlo hecho parcialmente.

La tabla núm. **2** contiene repetidos ejemplos que comprueban este aserto. La comparación se ha hecho entre piedras de la misma naturaleza y de peso aproximadamente igual; unas estuvieron sumergidas en agua, hasta 2 centímetros de su altura, durante cinco días; otras lo fueron parcialmente hasta la misma altura durante los dos primeros días y totalmente después.

En general, parece ventajoso prolongar la inmersión parcial antes

de que el agua cubra por completo los dados. Bajo este supuesto, lo más conveniente sería empezar colocando las piedras en 2 centímetros de altura de agua durante dos, tres ó cuatro días, elevar después el nivel á 4 centímetros y más tarde á 6 centímetros, á intervalos iguales de tiempo, y cuando por la acción capilar se hayan humedecido las caras laterales hasta dichas alturas.

Como la absorción de agua se verifica más fácilmente cuando se procede á la inmersión en el momento mismo en que se concluye de desecar las piedras, convendrá introducirlas en agua tan pronto como se saquen de la estufa.

De todos modos, la absorción de agua por inmersión gradual al aire libre, sin que antes se haya hecho en ellas un relativo vacío, es sumamente lenta. Cierto es que la mayor cantidad de agua es absorbida durante los primeros días; pero no lo es menos que durante varias semanas continúa la absorción con crecimiento que no es posible despreciar después de observar el efecto que produce en el momento de la congelación un pequeño aumento en el agua contenida en las piedras.

Ejemplares hay, tales como el *s. 9* (cuadro núm. **2**), que absorben más de 3 gramos en el intervalo de los treinta á los cincuenta días.

Influencia de la densidad.—Cubos sacados del mismo sillar tienen densidades muy distintas; como ejemplo de ello puede citarse entre las piedras *M.* — *m.* (tabla núm. **10**) el cubo *M. 13* de 672,72 gramos y el *m. 8* de 835,50 gramos, es decir, densidades que están en la relación de 1 : 1,23. Los ejemplares *l. 1* y *L. 8* (tabla núm. **9**) pesan respectivamente 727,50 gramos y 858,90 gramos: también se notan grandes diferencias entre las piedras *P.* — *p.*, *S.* — *s.* y en otras varias cuyos datos figuran en las tablas **7** á **13**.

Bajo el punto de vista de la absorción de agua puede establecerse la regla de que en dados de piedra sacados del mismo banco y saturados por el mismo procedimiento, el poder de absorción está en razón inversa de las densidades.

Los cuadros **7** á **13** ofrecen repetidos ejemplos de que cuanto mayor es la densidad de un dado tanto menor es la cantidad de agua absorbida. Es verdad que estudiando detenidamente los cuadros se pueden encontrar algunas anomalías, debidas, sin duda, á falta de homogeneidad;

pero el hecho general está bien marcado, muy en especial en aquellos ejemplares cuyos pesos difieren más.

Los cubos *l. 1* (727,5 gramos) y *l. 2* (760,9 gramos) absorbieron durante cincuenta días 49,90 gramos y 49,80 gramos de agua, en tanto que los *l. 9* (834,0 gramos) y *l. 10* (858,7 gramos) sólo tomaron en el mismo espacio de tiempo 24,8 gramos y 21 gramos respectivamente (cuadro núm. **9**).

El *r. 1* (756,10 gramos) absorbió 70 gramos en 40 días y el *r. 9* (801,02 gramos) sólo 52,56 gramos en el mismo espacio de tiempo. Lo mismo puede observarse en las piedras *m.*, *p.*, *c.*, etc., (cuadros **10**, **11**, etcétera).

La influencia de la densidad es también innegable en los cubos saturados en el vacío. Por esta razón, siempre que en adelante comparemos resultados en los ensayos de saturación y de congelación hechos con piedras de la misma cantera, haremos la comparación entre dados de 7 centímetros de arista con pesos de desecación iguales ó muy poco diferentes.

El punto de partida para determinar el agua absorbida será siempre el peso del ejemplar desecado.

B.—Saturación en el vacío.

Después de desecadas en la estufa se colocaron las probetas bajo la campana de una máquina neumática Bianchi: se hizo el vacío á 60 milímetros, mantenido durante quince minutos, y entonces se dejó entrar en la campana agua destilada hasta inmersión completa del cubo. Se mantenía aún durante quince minutos la misma depresión de 60 milímetros, á fin de facilitar la introducción de agua en los poros del dado, lo cual se reconocía fácilmente por las numerosas burbujas de aire desalojadas de los vasos capilares de la piedra que estallaban en la superficie del líquido, produciendo el efecto de una efervescencia: al cabo de este tiempo se sacaba el ejemplar de la campana de la máquina Bianchi y se llevaba á una cubeta llena de agua destilada, en la que el dado permanecía totalmente sumergido durante un cierto número de días.

Al llevarlas á la máquina neumática, pueden colocarse las piedras en un recipiente lleno de agua ó en el interior de un vaso metálico seco, hasta el momento de la aspersión.

De lo observado en nuestro experimento se deduce que es indiferente seguir uno ú otro procedimiento, pues la saturación obtenida después de la aspersión é inmersión ulterior es sensiblemente igual en los dos casos.

En harmonía con lo observado al saturar las piedras por simple inmersión al aire libre, la cantidad de agua absorbida por ejemplares de la misma cantera y de igual volumen es también más grande para los de densidad menor (cuadros **7** á **13**) cuando se hace la saturación por medio del vacío.

En algunos casos la diferencia es de gran importancia: por ejemplo, *M. 1* (691,12 gramos) absorbió 91 gramos de agua y *M. 12* (846,30 gramos) sólo 35,20, es decir, una tercera parte, sobre poco más ó menos (cuadro núm. **10**).

Estas observaciones nos obligan á insistir sobre la necesidad, ya expuesta, de que sólo se comparen los resultados de saturación y de congelación entre piedras de la misma procedencia y de igual densidad.

Si en el momento de sacar los cubos de la estufa de desecación se introducen inmediatamente bajo la campana de la máquina neumática y se les sumerge en agua por aspersión, se produce una gran efervescencia, que tiene todas las apariencias de una verdadera ebullición cuando se trata de piedras porosas con gran poder absorbente. En los ejemplares que, después de desecados en la estufa, han sido expuestos al aire libre durante algunos días antes de su saturación bajo la campana, se nota que la efervescencia es menor, lo cual podría indicar una menor absorción de agua.

En las piedras de mayor densidad el desprendimiento de burbujas de aire, de que venimos hablando, se prolonga durante largo tiempo: esta observación prueba bien á las claras que para obtener una saturación mayor conviene aumentar la duración del vacío y el tiempo de inmersión bajo la campana. También parece lógico suponer que el número de milímetros de vacío ha de tener influencia en el grado de satura-

ción, y que éste será mayor cuanto mayor sea la depresión obtenida bajo la campana de la máquina neumática.

La duración del vacío tiene, por regla general, grande influencia en la cantidad total de agua absorbida por las piedras: así parece deducirse de los pocos casos en que hicimos este experimento y de cuyos resultados dá clara idea el cuadro núm. **5**.

Para este objeto se ensayaron parejas de cubos de peso igual ó muy aproximado: se escogió uno de cada grupo y se tuvo durante diez minutos en el vacío, saturándolo después bajo la misma campana; y con el otro se siguió el mismo procedimiento, pero prolongando hasta sesenta minutos la duración del vacío; ambos ejemplares fueron inmediatamente sumergidos en agua destilada y pesados á los dos, seis, doce y treinta días siguientes.

El vacío prolongado hasta sesenta minutos produjo una mayor absorción de agua. *L. 15* saturado con sólo diez minutos tomó 44,68 gramos de agua después de doce días de inmersión y *L. 16* absorbió 57,20 gramos en el mismo espacio de tiempo, es decir, 12,52 gramos más. *L. 2* (782,7 gramos) (cuadro núm. **9**) con treinta minutos de vacío y treinta de inmersión absorbió 53,20 gramos; y *l. 4* (782,0 gramos) saturado por simple inmersión sólo tomó 47,10 gramos.

El cuadro núm. **3** presenta una sola excepción á esta regla. La piedra *P. 17* absorbió una cantidad de agua menor que la *P. 15*, no obstante haber sido mayor la duración del vacío.

La aplicación del vacío á la saturación, procedimiento ya seguido por Mr. Vaudoyer y hoy día en uso en los laboratorios de Puentes y Caminos de París, de Zurich, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército en Madrid, etc., es, por todo lo expuesto, sumamente ventajosa para abreviar la operación.

No será ocioso advertir que si bien en las piedras porosas la saturación es casi inmediata, en otras, cuyo poder de absorción es mayor, se hace indispensable una inmersión complementaria prolongada durante varios días.

En el cuadro núm. **4** se puede ver que las piedras *S* se saturaron por completo de agua bajo la campana: en cambio, las *L* exigieron seis días, si bien es verdad que la casi totalidad del agua absorbida lo fué

en los dos primeros días de inmersión, y casi pudiera decirse que durante las primeras horas (1).

Los dados *C. 1* á *C. 7* exigieron treinta días para su completa saturación; los *M. 7* á *M. 12* absorbieron, desde el sexto al décimosegundo día, hasta 4,90 gramos de agua; y si los cubos *M. 1* y *M. 19* á *M. 21* se saturaron más rápidamente, se debe á que su densidad es algo menor.

De lo ya expuesto se deduce que el tiempo necesario para conseguir la saturación por medio del vacío es variable y depende de la naturaleza de las piedras, de su densidad y del tiempo de permanencia bajo la campana. En la mayor parte de los casos el vacío de treinta minutos y 60 milímetros, seguido de seis días de inmersión, produce una saturación suficiente; pero es indispensable que en los últimos días de inmersión se compruebe por repetidas pesadas que los aumentos de agua absorbida son insignificantes.

Esto no obsta para que cierta clase de piedras requieran treinta días de inmersión.

Por medio del vacío antes de la inmersión se consigue, no sólo una mayor rapidez en la saturación sino también el que la cantidad total de agua absorbida sea mayor que cuando se emplea el procedimiento de simple inmersión gradual.

Esta diferencia, que siempre se advierte cuando se comparan los dos métodos de saturación en cubos del mismo peso y de la misma procedencia, es, á no dudarlo, mucho más marcada en los primeros días, pero después persiste en los sucesivos y no desaparece. Para anularla ó por lo menos para que fuera despreciable sería preciso, en nuestra opinión, que se prolongara la inmersión durante muchos meses y quizás durante algunos años.

En apoyo de esta conclusión están los numerosos ejemplos que figuran en los cuadros núms. **7** al **13**.

---

(1) *P. 13* (744,04 gramos) sometida al vacío durante treinta minutos y á 60 milímetros de depresión absorbió bajo la campana 37,05 gramos, y 37,71 gramos durante las cuatro primeras horas de inmersión.

P. 12 (747,19 gramos), en circunstancias semejantes, absorbió 45,80 gramos bajo la campana y 26,11 gramos después de un día de inmersión.

El aumento llega en algunos hasta el 30 ó 50 por 100 del agua total (véase *L. 8* y *l. 10; L. 4* y *l. 6; L. 2* y *l. 4*, cuadro núm. **9**); aun no siendo de tanta importancia, es siempre bastante grande (*R. 7* y *r. 8; R. 8* y *r. 9*, etc., del cuadro **12**; *P. 5* y *p. 2* del cuadro **11**, etc.). En las piedras muy porosas, tales como las *S* y *A* (cuadros **7** y **13**), la diferencia es mucho menos sensible.

A primera vista pudiera creerse que las *M. 6* á *M. 11* (cuadro número **10**) son una excepción de la regla; pero debe tenerse en cuenta que después del vacío sólo estuvieron sumergidas durante doce días, siendo así que requerían una inmersión mucho más prolongada. Por el contrario, los dados *M. 1* á *M. 5*, así como los *M. 19* á *M. 21* (cuadro núm. **4**), que por ser menos densos no han exigido después del vacío una inmersión tan prolongada, entran en la regla general.

Es de verdadera importancia llamar la atención respecto al hecho de que en los granitos no se observa diferencia entre los resultados obtenidos por uno ú otro procedimiento, circunstancia cuya causa puede explicarse admitiendo que el vacío, por grande que sea, no produce efecto alguno en el interior de la piedra (cuadro núm. **8**).

He aquí los resultados de otros ensayos hechos con probetas de piedra caliza dura de Colmenar:

	CUBOS DE 7 CM. DE ARISTA Volúmen = 343 cm.³		CUBOS DE 8 CM. DE ARISTA Volumen = 512 cm.³	
Marcas.	*C. 9*	*c. 9*	*C. 10*	*c. 10*
Procedimiento de saturación.	Vacío de 60 mm. é inmersión	Simple inmresión	Vacío de 60 mm. é inmersión	Simple inmersión
Peso de desecación.. *Gramos.*	873,25	863,14	1295,23	1301,58
AGUA ABSORBIDA.				
De 0 á 30 días. . . . —	16,95	10,16	18,89	12,97
De 30 á 60 — . . . —	0,75	1,74	0,36	2,10
De 60 á 90 — . . . —	0,00	0,75	0,32	0,14
De 90 á 120 — . . . —	0,15	0,35	0,20	0,25
Agua total. . . . . —	17,85	13,00	19,77	15,46
Diferencias. . . . —	4,85		4,31	

Para disipar toda clase de dudas respecto á este punto, cuya importancia no es preciso encarecer, se emplearon ambos procedimientos en la saturación de un mismo cubo. Los resultados obtenidos y expuestos en el cuadro núm. **5** no dejan nada que desear.

El cubo *r. 3*, por ejemplo, absorbió 56,20 gramos de agua á los cincuenta días de simple inmersión. Expuesto este mismo dado al aire libre á fin de hacerle perder la casi totalidad del agua absorbida, saturado después bajo la campana neumática durante diez minutos á una depresión de 60 milímetros y luego sumergido durante doce días, tomó 72,62 gramos de agua, contados sobre el peso de desecación, cantidad aproximadamente igual á la absorbida por el ejemplar *R. 3*, similar en peso de desecación y saturado por el vacío. La diferencia de agua absorbida por la probeta *r. 3*, por los procedimientos de inmersión simple y de vacío, es de 16,42 gramos.

Los cubos *l. 1*, *l. 2*, *l. 3*, *l. 5*, *r. 9* y *r. 11* acusan resultados muy semejantes.

Por consiguiente, puede afirmarse que la saturación por el vacío produce una absorción de agua mucho mayor que la obtenida por simple inmersión, aun prolongada por largo tiempo, excepto en los granitos y en las demás piedras de compacidad similar.

CONGELACIÓN.

El procedimiento de Mr. Brard, para determinar el grado de resistencia de las piedras á los efectos de la helada, fué desechado desde el momento en que Mr. Vicat observó en el puente de Borrèze que los ensayos por medio del sulfato de sosa no dan lugar á resultados de certeza indiscutible.

El mismo Mr. Brard recomendó la aplicación del frío producido artificialmente. Mr. Héricart de Thury propuso el empleo de una mezcla frigorífica compuesta de hielo machacado y cloruro de sodio, procedimiento que también fué seguido por Mr. Blümcke y adoptado en varios laboratorios de ensayo de materiales.

Innegables las ventajas que reporta el empleo de una máquina frigorífica y perfeccionadas éstas grandemente, no es de extrañar que de día en día se vaya generalizando su uso para la producción de bajas temperaturas.

La empleada en el Laboratorio del material de Ingenieros del Ejército es la máquina Douane, de cloruro de metilo. Los dados se colocan en el interior de unos vasos cilíndricos ó cámaras de aire del frigorífico, cuyas caras exteriores están constantemente bañadas por la *salmuera*, esto es, por una solución de cloruro de calcio, incongelable aun en las temperaturas más bajas que produce la evaporación del cloruro de metilo. A hora oportuna se ponía en marcha la máquina á fin de que á las doce del día se hubiese llegado á — 15° centígrados; como á las seis de la tarde la temperatura se elevaba á — 12° centígrados, era preciso poner de nuevo en marcha la máquina para descender otra vez á los — 15° centígrados. A las ocho de la mañana del día siguiente el termómetro acusaba — 7° centígrados; entonces se trasladaban los cubos desde las cámaras de aire del frigorífico á unos depósitos de agua á + 15° centígrados, en los que permanecían para deshelarse por espacio de tres horas.

Por lo tanto, en cada congelación los cubos de piedra estaban expuestos al aire frío en los vasos frigoríficos durante veinte horas y de ellas trece á catorce á temperaturas de — 10° á — 15° y el resto de — 10° á — 7°. El deshielo duraba tres horas, tiempo necesario para que los resultados de la congelación pudieran manifestarse y para que los dados de piedra absorbieran de nuevo por inmersión la pequeña cantidad de agua que se hubiera evaporado durante su permanencia en las cámaras de aire del frigorífero.

Es preciso tener en cuenta esta pérdida porque la evaporación subsiste aun en temperaturas tan bajas, y á esta causa debe atribuirse la mayor parte del hielo que se forma en el interior de los vasos, en cuyo fondo y superficie interior cilíndrica se deposita.

Influencia del procedimiento de saturación en los efectos de la congelación.

El procedimiento empleado para la saturación de los cubos ejerce marcada influencia en los resultados de la congelación de las piedras heladizas, de suerte tal que ejemplares que resisten los efectos de veinticinco helamientos consecutivos se hienden ó esfolian tan pronto como se les satura de otro modo.

A fin de determinar cuál era el procedimiento más conveniente, toda vez que según se siguiera uno ú otro se podía llegar á resultados completamente distintos, se sometieron á las alternativas de congelación y deshielo varios ejemplares de la misma procedencia y de iguales dimensiones, cubos de 7 centímetros de arista, unos saturados por simple inmersión prolongada durante cincuenta días y otros saturados por el vacío seguido de inmersión.

Los cuadros **7** á **13** contienen los resultados de estos experimentos, que pueden resumirse de la manera siguiente:

Los desperfectos producidos por congelación son más violentos en las piedras saturadas de agua por medio del vacío. Un cierto número de las saturadas por simple inmersión no llega á destruirse (véanse los ejemplares *s. 3*, *s. 5* y *s. 7* del cuadro núm. **13** y los *r. 4*, *r. 6*, *r. 7* y *r. 8* del cuadro núm. **12**). Se ha dado el caso de que ninguna de las piedras

l (cuadro núm. **9**) ha sufrido desperfecto en las veinticinco congelaciones y deshielos á que fueron sometidas, en tanto que sus similares *L* saturadas por el vacío se hendieron ó esfoliaron en su totalidad. Además, en las saturadas por simple inmersión se puede observar que cuando hay señales de destrucción, ésta es más superficial, predominan las esfoliaciones, y las grietas son menos numerosas, más finas y menos profundas.

Por el contrario, en las saturadas por el vacío las esfoliaciones son mayores y predominan las grietas en las piedras cuyo grado de resistencia á las heladas es menor. Las piedras muy heladizas se destruyen con rapidez, cualquiera que sea el procedimiento que se haya seguido para la saturación (piedras *A.* — *a.* del cuadro núm. **7**).

Parece, pues, que efectos tan distintos dependen de la cantidad de agua absorbida, ya que no ha de echarse en olvido que la comparación está hecha entre piedras de densidad igual ó muy poco diferente.

Las piedras saturadas por el vacío han absorbido mayor cantidad de agua; por consiguiente, los elementos de destrucción son en mayor número y han profundizado más en el interior de la masa.

En las sometidas á simple inmersión, la absorción de agua, y por tanto, los efectos del helamiento, son más superficiales.

Las piedras *M. 9* á *M. 11* (cuadro núm. **10**) que podrían tomarse como excepciones á la regla, no son, por el contrario, sino una nueva confirmación de ella; y si han resistido veinticinco veces consecutivas los efectos de la congelación y del deshielo se debe á que faltas de agua por insuficiencia en la duración de la inmersión, han dado lugar á resultados iguales á los obtenidos con los ejemplares *m. 4* y *m. 7* saturados por simple inmersión.

En cambio, el ejemplar *M. 2* que permanece inalterable á la primera congelación porque sólo ha absorbido 54,4 gramos de agua (1), se hien-

---

(1) Para llegar á este resultado se sometió la piedra, bajo la campana, á un vacío de diez minutos, seguido de aspersión, y, sin sumergirla después en agua fuera de la campana, se la llevó al frigorífico. Durante la inmersión del primer deshielo tuvo un aumento de agua de 42,91 gramos ó sea un total de 97,31; después se la hizo sufrir una segunda congelación en la cámara de aire de la máquina frigorífica. Ni en el segundo ni en el tercer deshielo hubo aumento de agua.

de á la cuarta porque de aquélla á ésta la cantidad de agua tomada ha llegado á 97,31 gramos.

Aún hemos de insistir sobre punto tan interesante como este, pero conviene decir antes algunas palabras respecto á otro procedimiento de congelación que con ventaja puede seguirse utilizando la máquina Douane.

Cuando se disponga de una máquina frigorífica del tipo de la Douane, de cloruro de metilo, pueden colocarse los dados de piedra en los vasos, cuyo enfriamiento se produce por el contacto exterior de la salmuera de cloruro de calcio, ó bien sumergirse en esta misma salmuera. En el primer caso, la congelación es debida al contacto del aire frío; en el segundo, al contacto de la solución de cloruro de calcio.

La congelación del agua contenida en los poros de las piedras es más fácil cuando éstas se hallan sumergidas en la salmuera, que por el contacto del aire frío en el interior de los vasos y esto es así á pesar de que el termómetro acusa la misma temperatura en la salmuera que en el interior de las cámaras de aire.

Si se sumergen las piedras en la salmuera, el frío penetra rápidamente en el interior del ejemplar y éste se hiende á la primera congelación si la piedra es heladiza y suficiente la saturación de agua.

Los cuadros **6** á **13** contienen los resultados de los experimentos que con este objeto hemos hecho.

Los efectos del helamiento por inmersión en la salmuera son más destructores y se manifiestan en la mayor parte de los casos por grandes grietas y en algunos por la rotura completa del ejemplar.

Piedras saturadas por el vacío, que habían resistido repetidas congelaciones, se partieron ó agrietaron en el primer helamiento á que se les sometió dentro de la salmuera (*R. 2* y *R. 6*, cuadro **12** y otros).

Esto da lugar á sospechar si los rápidos efectos de la prueba de congelación dentro de la salmuera se deberán no sólo á la formación de hielo en el interior de las piedras, sino también á la diferencia de contracciones entre las partes exteriores y la central de cada cubo. Pudiera, también, caber la duda de si el cloruro de calcio ejerce alguna acción química favorable á la congelación del agua; pero los ensayos hechos, de cuyos resultados damos noticia en las siguientes líneas, prueban que

tanto las grietas como las roturas se deben únicamente al helamiento del agua que llena los poros.

(a) Se eligieron piedras heladizas y se saturaron de cloruro de calcio, incongelable á — 20° centígrados, siguiendo en unas el procedimiento del vacío y en otras el de inmersión prolongada; se las sometió después dentro de la salmuera á temperaturas de — 15° centígrados y ninguna de ellas presentó la más ligera grieta, ni el más pequeño desmoronamiento.

(b) Después de bien desecados en la estufa se sumergieron otros ejemplares en la salmuera, sin prévia saturación de agua, y en su estructura no se notó la menor alteración.

(c) La piedra *l. 2* (cuadro núm. **6**), con 49,8 gramos de agua absorbida por simple inmersión, permanece inalterable en la primer congelación dentro de la salmuera. Desecada y saturada después por medio del vacío se hiende al primer helamiento con 54,90 gramos de agua absorbida. Efectos análogos pueden verse en otros ejemplos que aparecen en el citado cuadro.

(d) Las piedras no heladizas *B. 1 — b. 1, C. 1 — c. 1, C. 8 — c. 8* (granito de Guadarrama y calcárea de Colmenar) resistieron perfectamente la congelación aun dentro de la salmuera (cuadro núm. **8**).

La congelación por inmersión en la salmuera, es, pues, un procedimiento rápido y enérgico en las investigaciones para el estudio del grado de resistencia de las piedras á los efectos de la helada.

Este procedimiento exige, cuando la primer congelación no ha producido resultados, que se tenga en él la precaución de lavar la piedra en un gran chorro de agua y sumergirla después durante seis ú ocho días, á fin de eliminar toda la salmuera que hubiese podido quedar adherida á las caras ó hubiese penetrado en el interior de la piedra, pues no debe echarse en olvido que el cloruro de calcio es incongelable en las bajas temperaturas que alcanza la máquina frigorífica, y si los cubos estuvieran saturados de esta solución se harían inalterables á los efectos del frío.

La rapidez de este nuevo procedimiento de congelación, por medio de la salmuera á bajas temperaturas, ha permitido multiplicar los ensayos, cuyos resultados prueban que el agua absorbida por las piedras, en

relación con su densidad, es la única causa de los efectos destructores que las heladas producen (véase el cuadro núm. **6**).

La piedra *m. 1*, saturada por simple inmersión, se hiende á la primer congelación, porque la cantidad de agua absorbida (64,15 gramos) es suficiente, dado su peso (684,20 gramos) para producir dicho efecto. Lo mismo sucede con la piedra *L. 2*, saturada por el vacío con 51,2 gramos y agrietada en el primer ensayo. Por el contrario, el dado *l. 5*, de peso casi igual al *L. 2*, no absorbió más que 39,8 gramos, por simple inmersión durante cincuenta días, y debido á esto permaneció inalterable á los efectos de la congelación: desecado después y saturado bajo la campana con sólo 33,24 gramos de agua, sufrió igualmente sin alteración el efecto del helamiento. Pero deshelado de nuevo, lavado cuidadosamente y sumergido durante seis días para que desapareciera toda la salmuera, adquirió 13,35 gramos más de agua, es decir, un total de 46,59 gramos y entonces se produjeron las grietas en la primera congelación.

El cubo *L. 9*, del mismo peso que el *l. 5*, tiene una historia análoga. Expuesto bajo la campana neumática durante treinta minutos, sin ulterior inmersión, sólo absorbe 6,05 gramos de agua y la congelación no produce en él la menor alteración. Pero despues de deshelado y lavado absorbe 44,81 gramos de agua, ó sea un total de 50,7 gramos y se hiende á la segunda congelación.

Resultados muy semejantes nos ofrecen los cubos *P. 11*, *P. 12*, *P. 13*, *M. 13* y *M. 14*. Por medio de aspersiones bajo la campana y sin inmersión posterior se les hace absorber una cantidad de agua inferior á la que hubieran tomado con esta inmersión, que es el complemento del método del vacío; se llevan inmediatamente á la salmuera y resisten á la primer congelación; pero después de desheladas y con los consiguiente lavados absorben una mayor cantidad de agua y en los helamientos sucesivos se producen las grietas.

Si el aumento de agua absorbida en los deshielos es inferior á la cantidad necesaria, según el peso de la piedra, también permanecen inalterables. El cubo *r. 3*, que resistió á la congelación después de haber absorbido 56,20 gramos de agua en cincuenta días de simple inmersión, resiste del mismo modo á congelaciones posteriores, y ésta se debió

á que el agua embebida por él sólo fué en cantidad de 54,47 gramos, en tanto que sus similares en peso (*R. 2* y *R. 5*, cuadro número **12**) tuvieron que absorber, antes de agrietarse, 75,57 y 67,68 gramos de agua respectivamente.

El procedimiento del vacío no tiene otra influencia que la de hacer absorber á las piedras una cantidad de agua mayor que la obtenida por simple inmersión. El cubo *L. 10* (783,94 gramos) absorbe 54,35 gramos de agua bajo la campana neumática (treinta minutos y 60 milímetros) é inmersión de seis días; expuesto al aire libre pierde por evaporación 18,80 gramos, quedándole, por tanto, 35,55 gramos; se le somete á la congelación en la salmuera y resiste perfectamente. Producido el deshielo y lavado después, absorbe de nuevo hasta 52,26 grados y entónces se hiende á la segunda congelación. *L. 9* (786,10 gramos) se había agrietado con 50,70 gramos de agua.

No depende, pues, de la cantidad total de agua absorbida por una piedra el mayor ó menor efecto destructor que en ella produzca la congelación, sino de la cantidad en relación con la densidad del ejemplar.

M. 12 (846,30 gramos) y *m. 8* (835,50 gramos) (cuadro núm. **10**) se hienden al primer helamiento con 35,20 y 31,40 gramos de agua respectivamente, mientras que otro cubo sacado del mismo sillar, el *M. 13* (676,72 gramos) permanece inalterable con 47,22 gramos y necesita para agrietarse absorber 87,78 (cuadro núm. **6**). *L. 7* y *l. 2* y otros ejemplares de que se hace mención en los cuadros **7** á **13** confirman esta regla.

Por todo lo expuesto se pueden sentar las siguientes conclusiones:

Las esfoliaciones y grietas producidas por la congelación reconocen por única causa la fuerza expansiva del agua contenida en los poros de la piedra en el momento de su transformación en hielo. Para que estos efectos se produzcan es condición indispensable que las piedras hayan absorbido una cierta cantidad *mínimum* de agua, la cual varía con la densidad de cada ejemplar; y serán más visibles las señales de destrucción producida por el helamiento cuanto mayor sea el grado de saturación. En algunas ocasiones basta un pequeño aumento en la cantidad de agua absorbida para que se manifiesten las grietas ó esfoliaciones.

Si el efecto de las congelaciones es mayor en los cubos saturados por

el procedimiento del vacío, se debe única y exclusivamente á la mayor cantidad de agua que por este sistema absorben; y todo aquello que contribuya á una saturación más completa, será causa de que se manifiesten con mayor violencia los efectos de la congelación.

Otras circunstancias que ejercen influencia en los resultados de la congelación.

Se pueden helar los ejemplares brusca ó gradualmente: en el primer caso se deben colocar en la máquina frigorífica cuando el termómetro señale de — 10° á — 15° centígrados; en el segundo se introducen en las cámaras de aire comprimido antes de que funcione la máquina, la cual ha de estar en marcha hasta que se llegue á la temperatura de — 15° centígrados.

De varias observaciones hechas parecía deducirse que el enfriamiento gradual era causa de efectos destructores más grandes que los producidos por una aplicación brusca del frío, debido, quizás, á que por este último sistema se forma rápidamente una delgadísima capa de hielo que protege contra la congelación el interior de la piedra; pero nada se puede asegurar hasta ahora porque los resultados obtenidos no son bastante concluyentes.

Sin embargo, parece preferible, en bien de la exactitud en los resultados, el procedimiento de enfriamiento gradual, que, aun siendo más lento para el ensayador, está más en harmonía con la realidad y es fácil de aplicar dado el funcionamiento de las máquinas frigoríficas, que permite obtener gradualmente el descenso de temperatura.

Al sostener el vacío durante el tiempo de inmersión del cubo bajo la campana neumática se corre el riesgo de privar de aire á las primeras cantidades de agua que penetren en los poros de la piedra y de rebajar, por consiguiente, el punto de solidificación del líquido. Si á este fenómeno se agrega la dificultad de congelar el agua cuando llena los vasos capilares, será preciso convenir en que, para asegurar la completa congelación de todo el líquido que satura el ejemplar ensayado, es indispensable que se prolongue por tiempo suficiente la duración de cada helamiento.

El lapso de cuatro horas, hasta hoy prefijado, será probablemente demasiado corto cuando el enfriamiento haya de tener lugar dentro de las cámaras de aire y por tanto convendría prolongarlo al doble ó triple. Si se verifica el helamiento por inmersión de la piedra en la salmuera de la máquina Douane, basta con que su duración sea de seis horas á la temperatura de —15° centígrados.

Una vez reconocido que la fuerza expansiva del agua, cuando ésta se transforma en hielo, es, en estos ensayos, la única causa destructora de las piedras, resulta evidente que sus efectos serán mayores si la acción se repite mayor número de veces.

Al fijar la atención sobre este punto surge, desde luego, la duda de si la inalterabilidad de un ejemplar durante las alternativas de congelación y deshielo repetidas veintinco veces es una garantía absoluta. Para resolverla sería preciso hacer un gran número de experimentos con piedras reconocidamente heladizas, antes de afirmar que las veinticinco operaciones son suficientes para el objeto que se persigue; pero lo que está fuera de duda, en vista del resultado de nuestros ensayos, es que no puede disminuirse el número de congelaciones empleado hasta el día, como lo comprueba el haberse agrietado la piedra *M. 8* (cuadro número **10**) á la veinticuatro congelación.

PÉRDIDAS DE AGUA POR EVAPORACIÓN.

En las piedras saturadas de agua, las pérdidas de humedad por evaporación son frecuentemente rápidas y considerables aun á bajas temperaturas. Hace ya mucho tiempo que Mr. Minard hizo observar que las piedras pueden perder agua por evaporación á temperaturas de — 10° centígrados y — 12° centígrados, hecho que hemos comprobado midiendo, á diferentes intervalos, las pérdidas de peso de ejemplares saturados de agua y expuestos á la congelación en las cámaras de aire de la máquina frigorífica.

Cuando las piedras están expuestas al aire libre las pérdidas por evaporación son mayores y dependen siempre de la temperatura y del estado higrométrico de la atmósfera. Para determinar la rapidez y el valor de estas pérdidas se expusieron al aire libre durante algunos días del mes de marzo cubos saturados de agua (cuadro núm. **14**).

Las piedras *c. 2* y *c. 4* perdieron en un sólo día más de la mitad del agua de saturación, y las *r. 4* y *r. 8* el 80 por 100 sobre poco más ó menos.

Verdad es que el fenómeno no se produce siempre ni en el mismo tiempo ni con la misma rapidez, y es cierto, también, que las condiciones atmosféricas de aquellos días eran favorables á la evaporación del agua contenida en los ejemplares sometidos á este ensayo; pero aun así no puede menos de deducirse de él que es muy grande la facilidad con que las piedras expuestas al aire libre pierden en pocas horas una parte muy considerable del agua que han absorbido.

CONCLUSIONES.

De los ensayos de que se ha dado cuenta en los párrafos anteriores se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. Para el resultado de los ensayos de resistencia de las piedras á los efectos de la congelación, no es indiferente seguir el método de simple inmersión ó el procedimiento del vacío. Por el primero, se reputarían como resistentes á las heladas piedras que se declararían heladizas si se las sometiera á la saturación por el vacío (véanse las piedras *L.* del cuadro núm. **9**). La unificación de los resultados de los ensayos exige, pues, que se determine cuál ha de ser el procedimiento de saturación y se fijen, asimismo, todos los detalles que pueden influir en la cantidad de agua absorbida y en los efectos de la congelación, tales como la depresión bajo la campana neumática, duración de esta depresión y de la inmersión, número y duración de las congelaciones, intensidad del frío, aplicación gradual ó brusca de las temperaturas bajas, etc.

Si se admite que una piedra es heladiza cuando su resistencia á la tracción es menor que la fuerza expansiva del agua que llena sus poros en el momento de transformarse en hielo, será preciso que los dados sometidos á los ensayos de congelación estén todo lo saturados que sea posible, y que todos los detalles operatorios de la manipulación se dirijan á asegurar la perfecta congelación del agua absorbida por las piedras, hasta la contenida por los vasos capilares más profundos. Bajo este supuesto se podrían reglamentar del siguiente modo los ensayos de resistencia á las heladas:

a. Desecación de los dados en la estufa á 60° centígrados sin interrupción alguna, hasta conseguir un peso constante con ± 0,1 gramo de tolerancia, dato que deberá comprobarse en dos pesadas consecutivas.

b. Saturación por el vacío. Se sacará el dado de la estufa y se llevará directamente á la máquina neumática, bajo cuya campana se le mantendrá durante treinta minutos á 60 milímetros de vacío; se introducirá agua destilada hasta la inmersión de la piedra y se sostendrá la depresión durante otros treinta minutos. Inmediatamente después se sumergirá la piedra en agua destilada fuera de la campana y se prolongará esta inmersión hasta obtener un peso constante, ó con 0,1 gramo de aproximación, comprobado por pesadas sucesivas con intervalo de seis días.

c. Si se puede disponer de una máquina frigorífica, la aplicación del frío será gradual; á este efecto se introducirán las piedras en el frigorífico cuando la temperatura de éste sea algo superior á 0° y se hará funcionar la máquina hasta obtener la de — 10° centígrados á — 15° centígrados, la cual se mantendrá entre estos límites por espacio de doce horas.

Para operar el deshielo se sacarán los ejemplares del frigorífico y se expondrán al aire de la habitación una media hora, sumergiéndolos después en agua destilada á + 15° durante dos ó tres horas.

Cada ejemplar será sometido veinticinco veces á la congelación y al deshielo.

2. Cabe preguntar si los experimentos ejecutados con sujeción á las reglas precedentes resultan demasiado fuertes.

Como se acaba de exponer, las manifestaciones más violentas de los efectos de la congelación en las piedras son debidas á la mayor cantidad de agua que absorban. Está demostrado que la saturación por el vacío produce absorciones de agua más considerables que la simple inmersión aun prolongada por espacio de varios meses. Recordemos, finalmente, que un sólo día de exposición al aire libre es suficiente para que las piedras pierdan por evaporación una gran parte del agua que hayan absorbido.

Todo ello induce á creer que las piedras empotradas en los muros ó en las bóvedas, así como las colocadas en cornisas, plintos y en otros elementos de la construcción, no pudiendo absorber agua más que por una parte de su superficie y estando expuestas además á contínuas pérdidas por evaporación, contendrán menos cantidad de agua que los ejem-

plares saturados por medio del vacío en la campana neumática; y que por tanto, la acción de las heladas ha de ser menos intensa, por mucho que éstas se repitan.

Por el contrario en las construcciones hidráulicas, presas, muros de esclusa, pilas y estribos de puentes, etc., las piedras colocadas al nivel del agua están alternativamente bañadas por el líquido y en contacto con el aire, y por tanto, en circunstancias tan desfavorables como los ejemplares sometidos á las pruebas de congelación, puesto que la inmersión prolongada por tiempo indefinido determinará una absorción de agua en cantidad muy semejante á la que se consigue por medio de la máquina neumática.

Sería, pues, muy útil adoptar una escala de resistencia á las heladas que permitiese no desechar en absoluto piedras que, dotadas de una relativa resistencia á los efectos de la congelación, podrían emplearse en ciertas partes de obra, no obstante haber sido calificadas de heladizas en los ensayos verificados con arreglo á las reglas establecidas anteriormente.

3. Los detalles operatorios de los experimentos de congelación son demasiado lentos y sería conveniente abreviarlos. A este fin, si se dispone de una máquina frigorífica similar á la Douane, se deben helar, préviamente, dentro de la salmuera los ejemplares completamente saturados de agua por el procedimiento del vacío seguido de inmersión prolongada todo el tiempo que sea necesario. Si los cubos resisten dos congelaciones de cuatro á seis horas y de — 10° centígrados á — 15° centígrados, se puede afirmar que tales piedras no son heladizas. Antes de proceder á la segunda congelación es indispensable lavar perfectamente el ejemplar y sumergirlo durante seis días en gran volúmen de agua para que la salmuera desaparezca por completo.

Si se hiende el cubo ensayado, habrá llegado el caso de seguir con los demás ejemplares el método ordinario de las veinticinco congelaciones en las cámaras de aire.

No es necesario insistir sobre este punto para hacer resaltar el interés práctico que pueden tener las investigaciones relativas á la determinación del grado de resistencia de las piedras á los efectos de las heladas. Creemos asimismo que sería de utilidad proseguir estos estudios

y convendría multiplicar los experimentos hasta obtener resultados tan claros y decisivos que permitiesen, si hubiera lugar á ello, modificar los métodos de ensayo seguidos hasta el día, dictando á este fin reglas precisas.

TABLAS.

TABLA 1.

Desecación de los cubos de 7 centímetros de arista á temperaturas de 30° C. á 60° C.

CLASE DE PIEDRA.	PESO PRIMITIVO.	PÉRDIDAS DE PESO.			
		48 HORAS á 60° C.	150 HORAS á 30° C.	196 HORAS á 30° C.	235 HORAS á 30° C.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
a. 13	608,84	3,92	— 0,92	0,17	— 0,27
a. 14	668,59	2,82	— 0,80	0,33	— 0,15
		48 HORAS á 30° C.	145 HORAS á 30° C.	13 HORAS á 60° C.	36 HORAS á 60° C.
		gr.	gr.	gr.	gr.
l. 12	826,34	3,44	3,44	1,86	1,55
l. 13	801,52	4,55	4,55	1,83	1,57
l. 14	822,24	4,17	4,17	1,83	1,40
l. 15	750,39	3,95	3,95	1,40	1,45
A. 13	583,62	1,08	0,12	0,25	»
A. 14	606,59	2,47	0,08	0,50	»
A. 15	574,54	2,35	— 0,20	0,49	»
A. 16	585,29	1,60	— 0,15	0,45	»

TABLA 2.

Saturación por inmersión parcial y por inmersión total.

(Cubos de 7 centímetros de arista.)

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA POR INMERSIÓN DE							INMERSIÓN.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	80 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
r. 13	767,80	46,00	1,45	1,30	2,70	1,40	1,10	53,95	2 centímetros.
r. 14	768,29	47,10	1,82	2,57	3,05	1,65	1,20	57,39	total.
r. 15	769,12	45,96	1,94	2,30	3,25	1,65	1,10	56,20	id.
r. 12	775,40	47,00	1,75	1,20	2,00	2,30	1,92	56,20	2 centímetros.
r. 16	775,84	47,35	2,15	2,70	3,95	2,10	1,05	59,30	total.
s. 9	700,70	62,15	3,10	2,90	3,30	3,20	3,25	77,80	2 centímetros.
s. 12	700,30	61,10	2,58	2,20	2,90	2,20	2,00	72,98	total.
s. 10	701,90	62,90	3,30	2,80	3,40	1,20	2,00	75,60	2 centímetros.
s. 13	702,46	59,10	2,20	6,00	3,00	2,80	1,90	75,00	total.
s. 11	696,30	70,00	2,72	2,20	3,00	0,77	1,20	79,89	2 centímetros.
s. 14	698,96	66,38	2,50	3,60	2,52	1,50	1,80	78,30	total.
a. 14	618,90	110,94	0,80	2,60	1,30	2,14	0,22	118,00	2 centímetros.
a. 15	620,10	107,57	1,80	1,30	1,70	1,24	1,50	115,10	id.
a. 16	623,80	109,95	1,60	1,50	2,00	2,12	1,93	119,10	id.
a. 12	620,30	107,36	2,14	1,40	2,03	1,80	1,60	116,33	total.
a. 13	625,84	104,31	2,67	1,40	1,90	1,60	1,80	113,68	id.

TABLA 3.

Influencia de la duración del vacío en la saturación.

(Cubos de 7 centímetros de arista. — Vacío de 60 milímetros.)

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	DURACIÓN DEL VACÍO.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.					
			INMEDIATAMENTE DESPUÉS DEL VACÍO.	DESPUÉS DE INMERSIÓN DE				TOTAL.
				2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	
	gr.	minutos.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
L. 12	779,24	10	4,70	39,60	3,60	0,35	0,61	48,86
L. 13	779,00	60	8,39	40,45	4,65	0,30	0,51	54,30
L. 14	793,00	10	6,05	35,65	4,60	0,25	0,75	47,30
L. 11	793,54	60	6,46	37,99	8,73	0,12	0,60	53,90
L. 15	782,27	10	4,37	35,91	4,20	0,20	0,60	47,28
L. 16	781,44	60	10,01	41,39	4,70	0,10	0,10	56,30
P. 15	730,29	10	47,05	23,25	0,41	0,00	0,50	71,21
P. 17	734,24	60	62,96	4,90	0,40	0,00	0,30	68,56
P. 16	730,54	10	40,28	31,47	0,15	0,13	0,20	72,23
P. 18	732,24	60	69,13	4,13	0,20	0,10	0,40	73,96
R. 13	727,67	10	67,83	2,82	0,10	0,00	0,00	69,66
R. 14	727,19	60	78,00	4,40	— 0,20	0,10	0,00	82,40
R. 15	703,47	10	72,72	0,45	— 0,30	— 0,60	0,00	73,17
R. 16	703,94	60	74,78	0,10	— 0,10	— 0,60	0,00	74,88
G. 6	854,44	10	13,66	16,37	0,77	0,65	0,65	32,10
G. 4	858,64	60	19,60	15,85	0,45	0,65	0,00	36,55
G. 9	869,30	10	6,14	23,00	0,28	0,40	0,48	30,30
G. 7	870,97	60	14,60	18,43	0,42	0,20	0,86	34,51

TABLA 4.

Saturación por el vacío.

Agua absorbida bajo la campana neumática, y después inmersión al aire libre.
(Cubos de 7 centímetros de arista. — Vacío de 60 milímetros.)

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.					OBSERVACIONES.
		BAJO LA CAMPANA NEUMÁTICA	DESPUÉS DE INMERSIÓN DE				
			2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
C. 1	812,13	3,35	8,05	1,47	0,27	»	Vacío de 60 milímetros durante 30 minutos.
C. 2	883,20	2,70	3,10	11,69	0,15	»	
C. 4	914,45	2,50	7,70	1,10	0,19	0,21	
C. 5	918,72	2,70	7,67	1,37	0,42	0,11	
C. 7	931,53	2,20	5,00	1,54	0,15	»	
M. 7	808,70	»	22,60	8,80	4,90	»	Vacío de 60 milímetros durante 30 minutos.
M. 8	785,40	»	31,80	9,30	3,60	»	
M. 9	785,80	»	31,00	7,10	1,00	»	
M. 10	801,50	»	27,40	7,80	2,90	»	
M. 12	846,30	»	30,80	3,10	1,20	»	
M. 1	691,10	»	90,40	0,20	0,40	»	
M. 19	695,89	54,40	42,90	»	»	»	Vacío de 60 milímetros durante 30 minutos. Las piedras pasaron de la estufa á la máquina neumática. Grande efervescencia durante la saturación bajo la campana.
M. 20	701,52	85,52	10,56	0,20	»	»	
M. 21	697,14	60,73	35,62	0,35	»	»	
L. 18	741,54	11,38	33,30	0,18	»	»	Vacío de 60 milímetros durante 30 minutos.
L. 2	782,70	37,30	13,30	0,30	0,30	»	
L. 10	783,94	7,10	42,96	4,29	»	»	
L. 17	812,57	11,32	35,35	0,56	»	»	
P. 8	779,57	27,25	25,90	0,40	0,35	0,35	
P. 9	791,70	31,55	23,85	0,40	0,40	0,40	
S. 6	695,19	86,08	0,22	0,21	»	»	
S. 12	701,24	83,80	0,11	»	»	»	
S. 11	713,90	85,20	»	»	»	»	
S. 7	718,90	85,10	»	»	»	»	
R. 16	703,94	74,78	0,10	»	»	»	Vacío de 60 minutos y 60 milímetros.
R. 15	703,47	72,72	0,45	»	»	»	Vacío de 10 minutos y 60 milímetros.
R. 14	727,19	78,80	4,40	»	»	»	Vacío de 60 minutos y 60 milímetros.
R. 13	727,87	67,83	2,82	0,10	»	»	Vacío de 10 minutos y 60 milímetros.
R. 17	831,70	45,98	7,42	0,50	0,40	»	Vacío de 30 minutos y 60 milímetros. De la estufa á la máquina neumática. Gran efervescencia.

TABLA 5.

Resultados de los diversos métodos de saturación.

(Cubos de 7 centímetros de arista.)

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	PROCEDIMIENTOS DE DESECACIÓN.	AGUA ABSORBIDA.	OBSERVACIONES.
	gr.		gr.	
l. 2	760,90	1. Simple inmersión durante 50 días.	49,80	Si al vacío hubiese seguido inmersión de algunos días, el peso de agua hubiera sido mayor de 54,90 gramos.
		2. La misma piedra desecada incompletamente al aire exterior, saturada después en el vacío de 60 milímetros durante 10′ y pesada inmediatamente. .	54,90	Véase la piedra *L.* 1 (tabla **9**) similar en densidad, que ha absorbido 60,90 gramos.
l. 5	782,00	1. Simple inmersión durante 50 días.	39,80	La piedra *L.* 2, de igual densidad, secada á la estufa, absorbió 53,2 gramos de agua después de vacío de 30′ y 60 milímetros, y 12 días de inmersión.
		2. Desecada incompletamente al aire exterior. Vacío de 60 milímetros y 10′, é inmersión de 5 días..	46,59	
l. 3	772,90	1. Simple inmersión de 30 días.	47,10	La piedra *L.* 2, más densa, ha absorbido 35,20 gramos. (Véase tabla **9**.)
		2. Desecada en la estufa, á 60° centígrados. Vacío de 60 milímetros y 30′, é inmersión de 2 días.	54,85	
l. 1	725,47	1. Simple inmersión de 50 días.	49,90	La piedra *L.* 1, menos densa, saturada en el vacío absorbió 60,9 gramos de agua. (Tabla **9**.)
		2. Desecada y saturada en el vacío de 60 milímetros y 30′, é inmersión de 2 días.	51,70	
r. 3	765,19	1. Simple inmersión de 50 días.	56,20	La probeta *R.* 3 (de 761,77 gramos), absorbió con 30′ de vacío de 60 milímetros y 50 días de inmersión, 72,53 gramos. (Tabla **12**.)
		2. Desecada incompletamente al aire exterior, saturada después en el vacío de 60 milímetros durante 10′, y sumergida 12 días.	72,62	
r. 9	801,02	1. Simple inmersión de 50 días.	52,56	La probeta *R.* 8 (de 801,54 gramos), con vacío de 60 milímetros y 30′, é inmersión de 50 días, absorbió 69 gramos. (Tabla **12**.)
		2. Desecada y saturada en el vacío como *r.* 3, con inmersión de 12 días.	69,32	
r. 11	819,20	1. Simple inmersión de 3 meses..	49,24	*R.* 11 (809,57 gramos), saturada en vacío de 60 milímetros y 30′, é inmersión de 50 días, absorbió 67,40 gramos de agua. (Tabla **12**.)
		2. Desecada á la estufa á 60° centígrados saturada después en el vacío de 60 milímetros y 30′, y sumergida 30 días.	70,40	

NOTA. — Para la determinación de la cantidad de agua absorbida por las piedras, se parte del peso de desecación.

TABLA 6.

Resultados de las experiencias de helamiento por inmersión en la salmuera.

(Cubos de 7 centímetros de arista.)

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	DURACIÓN DE LA SATURACIÓN. POR EL VACÍO. VACÍO DE 60 MILÍMETROS.	DURACIÓN DE LA SATURACIÓN. POR EL VACÍO. INMERSIÓN DESPUÉS DEL VACÍO.	DURACIÓN DE LA SATURACIÓN. POR INMERSIÓN GRADUAL.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA. EN EL MOMENTO DE LA INMERSIÓN EN LA SALMUERA.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA. DESPUÉS DE LAVADOS Y DESHIELOS. 1.ª	2.ª	3.ª	TOTAL.	OBSERVACIONES.
	gr.	minutos.			gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
l. 2	760,90	»	»	50 días	49,80	»	»	»	49,80	Nada.
l. 2	760,90	30	»	»	54,90	»	»	»	54,90	La misma piedra fué desecada y después saturada por el vacío. Hendida á la 1.ª heladura.
L. 2	782,70	30	30 días	»	51,20	»	»	»	51,20	Grandes hiendas á la 1.ª heladura.
l. 5	786,20	»	»	50 días	39,80	»	»	»	39,80	Nada.
l. 5	786,20	10	»	»	33,24	13,35	»	»	46,59	La misma piedra fué desecada y después saturada por el vacío. Hendida á la 2.ª heladura.
L. 9	786,10	30	»	»	6,09	44,81	»	»	50,70	Hendida á la 2.ª heladura.
L. 5	800,80	30	30 días	»	51,90	»	»	»	51,90	Nada.
L. 7	847,00	30	30 días	»	35,50	»	»	»	35,50	Gran hienda á la 1.ª heladura.
p. 1	759,00	»	»	30 días	49,00	»	»	»	49,00	Nada.
P. 4	758,30	30	50 días	»	66,90	»	»	»	66,90	Partida en dos pedazos á la 1.ª heladura.
P. 14	758,72	30	»	»	58,27	»	»	»	58,27	Hendida á la 1.ª heladura.
P. 11	758,84	30	»	»	50,50	15,00	»	»	65,50	Id. á la 2.ª
P. 12	747,19	10	»	»	45,80	26,11	»	»	71,91	Id. á la 2.ª
P. 13	744,04	10	»	»	37,05	37,71	1,44	0,15	76,35	Id. á la 4.ª
m. 1	684,20	»	»	30 días	64,15	»	»	»	64,15	Hiendas á lo largo de las aristas á la 1.ª heladura.
M. 13	676,72	10	30′	»	47,22	40,56	»	»	87,78	Hendida paralelamente á las caras á la 2.ª
M. 15	687,39	60	»	»	57,99	»	»	»	57,99	Hendida á la 1.ª
M. 14	690,27	10	»	»	26,00	56,33	»	»	82,53	Id. á la 2.ª
m. 2	765,80	»	»	30 días	64,15	»	»	»	64,15	
M. 5	769,80	30	12 días	»	91,00	»	»	»	91,00	Hiendas á lo largo de las aristas á la 1.ª heladura.
M. 6	776,60	30	12 días	»	54,20	»	»	»	54,20	
M. 7	701,57	60	»	»	64,97	»	»	»	64,97	Hiendas á la 1.ª haladura.
M. 4	701,50	30	6 días	»	96,26	»	»	»	96,26	Id. transversales y á lo largo de las aristas.
M. 16	706,15	10	60′	»	92,67	»	»	»	92,67	Hendidas á la 1.ª heladura.
M. 18	710,24	10	45′	»	86,90	»	»	»	86,90	
m. 8	835,50	»	»	30 días	31,40	»	»	»	31,40	Id. á la 2.ª
M. 12	846,30	30	30 días	»	35,20	»	»	»	35,20	
M. 9	785,80	30	12 días	»	39,10	»	»	»	39,10	Inalterable en 25 heladas. Hendida á la 1.ª heladura en la salmuera.
r. 3	765,19	»	»	50 días	56,20	»	»	»	56,20	Nada.
r. 3	765,19	10	»	»	48,26	5,81	0,40	»	54,47	La misma piedra desecada y después saturada en el vacío. Inalterable á la 3.ª heladura.
R. 2	758,22	30	50 días	»	75,57	»	»	»	75,57	Gran hienda á la 1.ª heladura.
R. 5	787,14	30	50 días	»	67,68	»	»	»	67,68	
R. 6	792,34	30	50 días	»	64,80	»	»	»	64,80	Hendidas á la 1.ª heladura.
R. 10	803,99	10	»	»	48,75	»	»	»	48,75	

TABLA 7.

Saturación de agua y congelación de las piedras *a*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
a. 1	591,17	109,75	3,02	1,50	1,60	2,50	118,37	Esfoliaciones á la 6.ª heladura. Hendida á la 7.ª
a. 2	596,64	114,50	2,43	1,47	1,35	2,20	121,95	Hiendas finas á la 9.ª
a. 3	622,34	106,36	3,14	1,43	1,30	2,14	114,37	Pequeñas grietas á la 11.ª
a. 4	625,34	104,31	2,67	1,40	1,50	1,80	115,68	
a. 5	647,97	98,21	2,56	1,33	1,20	1,50	104,80	Hiendas muy finas á la 13.ª
a. 6	649,94	99,16	2,79	1,38	1,22	1,43	105,98	Esfoliación á la 5.ª
a. 7	657,07	107,93	2,89	1,31	1,20	1,12	104,45	Esfoliaciones á la 2.ª
a. 8	658,34	93,33	1,64	0,52	0,80	0,50	96,79	

TABLA 8.

Saturación de agua y congelación de las piedras *c* — *b*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
c. 1	886,00	6,40	5,90	0,60	0,67	0,4	13,97	Salmuera. Nada.
c. 2	895,90	5,40	3,95	0,45	0,52	0,18	10,50	
c. 3	896,90	4,42	3,58	0,50	0,49	»	9,00	
c. 4	898,24	4,58	4,92	0,60	0,50	0,20	9,60	25 heladuras. Nada.
c. 5	907,80	5,30	4,30	0,70	0,34	0,34	10,64	
c. 6	911,11	3,58	3,02	0,75	0,25	»	7,60	
c. 7	916,40	5,10	3,30	0,39	0,30	»	9,09	
c. 8	918,64	4,15	2,95	0,80	0,57	0,60	7,90	Salmuera. Nada.
b. 1	972,40	2,80	0,30	0,20	0,10	»	3,40	Id., id.
b. 2	1031,20	2,65	0,20	0,25	0,10	»	3,20	25 heladuras. Nada.

TABLA 9.

Saturación de agua y congelación de las piedras *l*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
l. 1	727,5	40,7	2,3	1,8	3,1	2,0	49,90	25 heladuras. Nada.
l. 2	760,9	44,0	1,8	1,5	1,5	1,0	49,80	Salmuera. 1 heladura. Nada.
l. 3	772,9	41,5	2,3	1,2	2,4	»	47,10	
l. 4	782,0	30,0	2,0	2,0	2,7	1,77	38,47	25 heladuras. Nada.
l. 5	786,2	33,0	2,4	1,4	2,0	1,0	39,80	Salmuera. 1 heladura. Nada.
l. 6	792,3	34,3	2,1	1,2	1,3	1,0	39,90	
l. 7	815,2	33,8	2,7	1,4	1,4	0,5	39,80	
l. 8	829,0	31,2	3,6	1,5	1,2	0,8	38,30	25 heladuras. Nada.
l. 9	834,0	18,5	4,0	1,0	0,7	0,6	24,80	
l. 10	858,7	11,7	7,1	1,1	0,6	0,5	21,00	

TABLA 7'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *A.*

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.			gr.	
A. 1	594,37	122,52	0,71	0,10	»	»	123,33	Hienda fina á la 3.ª heladura.
A. 2	610,95	121,47	»	»	»	»	121,47	Salmuera. Completamente destruida á la 1.ª
A. 3	618,12	116,82	0,06	»	»	»	116,88	Hiendas á la 3.ª
A. 4	622,29	117,05	»	»	»	»	117,05	Id. á la 1.ª
A. 5	645,09	111,85	»	»	»	»	111,85	Pequeña hienda á la 6.ª
A. 6	647,09	107,33	0,61	0,10	»	»	108,04	Escamación á la 6.ª
A. 7	649,12	114,90	»	»	»	»	114,90	Hendida á la 3.ª
A. 8	650,80	104,92	0,01	»	»	»	104,93	Id. á la 1.ª

TABLA 8'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *C. B.*

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.		gr.	
C. 1	812,13	11,40	1,47	0,27	»	»	13,14	Salmuera. Nada.
C. 2	883,20	5,80	11,69	0,15	»	»	17,64	25 heladuras. Nada.
C. 3	900,60	10,60	1,40	0,15	»	»	12,15	
C. 4	914,45	10,20	1,10	0,19	0,21	»	11,70	
C. 5	918,72	10,30	1,37	0,42	0,11	»	12,20	
C. 6	929,66	7,90	1,12	0,15	0,34	»	9,51	
C. 7	931,53	7,20	1,54	0,15	»	»	8,89	
C. 8	934,22	7,10	1,04	0,28	»	»	8,42	
B. 1	976,40	3,00	0,10	0,40	»	»	3,50	Salmuera. Nada.
B. 2	995,79	2,98	0,30	0,20	»	»	3,48	25 heladuras. Nada.

TABLA 9'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *L.*

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.		gr.	
L. 1	753,2	60,7	0,2	»	»	»	60,9	Hiendas finas á la 8.ª
L. 2	782,7	52,6	0,3	0,3	»	»	53,2	Salmuera. Grandes hiendas á la 1.ª
L. 3	790,5	51,0	0,3	0,4	»	»	51,7	Escamaciones á la 16.ª
L. 4	792,8	53,2	0,2	»	»	»	53,4	Hiendas finas á la 8.ª
L. 5	800,8	52,1	0,1	»	»	»	52,2	Salmuera. Se partió en dos trozos á la 1.ª
L. 6	803,0	50,2	0,3	0,2	0,1	»	51,8	Hiendas á la 3.ª
L. 7	847,0	35,3	0,1	0,1	0,1	»	35,6	Salmuera. Gran hienda á la 1.ª
L. 8	858,9	31,6	0,2	0,2	0,1	»	32,1	Hendida á la 6.ª

TABLA 10.

Saturación de agua y congelación de las piedras *m*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACION.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
m. 1	684,20	58,60	1,25	1,15	3,55	»	64,15	Salmuera. Hiendas á lo largo de las aristas á la 1.ª
m. 2	765,80	34,05	1,85	3,25	6,40	»	45,55	Id., id.
m. 3	768,20	40,28	3,42	0,75	1,05	»	45,50	
m. 4	781,20	41,75	3,54	0,86	1,90	»	48,05	
m. 5	782,50	39,85	4,00	1,10	1,40	»	46,30	25 heladuras. Nada.
m. 6	797,72	32,88	4,76	4,84	0,80	»	39,50	
m. 7	835,56	25,25	5,45	1,10	0,20	»	33,00	
m. 8	835,50	22,8	1,10	1,60	6,40	»	31,40	Salmuera. Hiendas á la 1.ª heladura.

TABLA 11.

Saturación de agua y congelación de las piedras *p*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
p. 1	759,00	44,40	1,20	1,50	1,90	»	49,00	Salmuera. 2 heladuras. Nada.
p. 2	768,40	42,60	2,10	1,20	1,60	»	47,50	Pequeñas escamaciones á la 19.ª
p. 3	774,30	44,00	1,25	1,05	1,60	»	47,90	Hienda fina á la 10.ª
p. 4	781,85	41,31	1,59	1,10	1,50	»	45,50	Pequeñas escamaciones á la 3.ª
p. 5	783,80	43,85	1,55	1,20	1,00	»	47,60	Id. á la 2.ª
p. 6	797,92	41,45	1,65	1,00	1,50	»	45,60	Id. á la 3.ª
p. 7	798,84	40,58	1,52	1,15	1,45	1,00	45,70	Id. á la 18.ª
p. 8	805,43	41,32	1,18	0,92	1,48	0,90	45,80	Id. á la 4.ª

TABLA 10'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *M.*

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
M. 1	691,12	90,40	0,20	0,40	»	»	91,00	Pequeñas escamaciones á la 2.ª Hiendas finas á la 4.ª
M. 2	695,89	Después de vacío de 10' sin inmersión. . . .					54,40	1.ª heladura. Nada.
		Después de la inmersión de la 1.ª heladura.					97,31	2.ª heladura. Nada.
		Después de la inmersión de la 2.ª heladura.					97,31	3.ª heladura. Nada.
		Después de la inmersión de la 3.ª heladura.					97,31	4.ª hendida.
M. 3	697,14	96,35	0,35	»	»	»	96,70	Hendida á la 5.ª
M. 4	701,5	96,06	0,20	»	»	»	96,26	Salmuera. Se partió á la 1.ª
M. 5	769,80	56,70	0,10	»	»	»	56,80	Salmuera. Hiendas á la 1.ª
M. 6	776,60	53,60	0,20	0,40	»	»	54,20	Salmuera. Hiendas á la 1.ª
M. 7	781,80	44,60	0,60	0,50	»	»	45,70	25 heladuras. Nada.
M. 8	785,40	31,80	9,30	3,60	»	»	44,70	Muchas hiendas finas á la 24.ª
M. 9	785,80	31,00	7,10	1,00	»	»	39,10	
M. 10	801,50	27,40	7,80	2,90	»	»	38,10	25 heladuras. Nada.
M. 11	808,70	22,60	8,80	4,90	»	»	36,00	
M. 12	846,30	30,80	3,10	1,20	0,10	»	35,20	Salmuera. Hendida á la 1.ª

TABLA 11'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *P.*

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
P. 1	751,19	Después de vacío de 10' sin inmersión. . . .					45,13	Nada á la 1.ª En el deshielo absorbió 14,32 gramos de agua. Total 59,45 gramos.
		Después de inmersión de 4 horas.					59,45	A la 2.ª heladura, escamaciones.
P. 2	751,77	Después de vacío de 10' sin inmersión. . . .					41,63	Nada á la 1.ª En el deshielo absorbió 15,77 gramos de agua. Total 57,40 gramos.
		Después de inmersión de 4 horas.					57,40	Nada á la 2.ª heladura.
		Hasta saturación.					58,15	Nada á la 23.ª heladura.
P. 3	756,00	58,70	1,10	0,40	0,50	0,10	60,70	Gran esfoliación á la 10.ª
P. 4	758,30	66,00	»	0,30	0,50	0,10	66,90	Salmuera. Rota en dos trozos á la 1.ª
P. 5	768,10	56,70	0,30	0,40	0,40	0,10	57,90	Escamación á la 4.ª Hiendas á la 10.ª
P. 6	768,50	54,54	0,56	0,60	0,40	0,12	56,22	Salmuera. Rota en dos trozos á la 1.ª
P. 7	776,10	55,35	0,25	0,32	0,28	»	56,20	Esfoliación á la 1.ª Hiendas á la 12.ª
P. 8	779,57	53,15	0,40	0,35	0,35	0,05	54,30	Hendida á la 3.ª
P. 9	791,74	55,45	0,35	0,40	0,40	»	56,64	Hendida á la 4.ª
P. 10	795,00	54,15	0,25	0,40	0,30	»	55,10	Esfoliaciones á la 2.ª Hiendas á la 7.ª

TABLA 12.

Saturación de agua y congelación de las piedras *r*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
r. 1	756,10	59,60	3,70	2,10	3,10	1,50	70,00	Pequeñas escamaciones en una arista á la 6.ª Nada en las 19 siguientes.
r. 2	756,62	54,22	3,10	2,55	4,28	1,79	65,94	Hendida á la 16.ª
r. 3	765,19	47,11	1,92	2,37	3,10	1,70	56,20	Salmuera. Nada en 4 heladuras.
r. 4	769,12	44,93	1,90	2,35	3,20	1,60	53,98	25 heladuras. Nada.
r. 5	773,84	57,35	2,15	2,75	3,90	»	66,15	Salmuera. Hienda fina á la 1.ª
r. 6	788,70	51,69	1,90	2,40	3,50	1,51	61,00	
r. 7	791,30	42,90	2,70	2,82	2,70	1,94	53,06	25 heladuras. Nada.
r. 8	794,98	44,72	1,80	2,33	2,90	1,65	53,40	
r. 9	801,02	45,78	1,94	2,15	2,01	0,75	52,60	Salmuera. 4 heladuras. Nada.

TABLA 13.

Saturación de agua y congelación de las piedras *s*.

Saturación por inmersión gradual.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
s. 1	665,51	64,08	1,05	2,66	2,10	1,60	71,49	Pequeñas escamaciones á la 8.ª
s. 2	676,23	67,66	3,85	4,26	2,50	1,00	79,27	Id. á la 6.ª
s. 3	692,51	62,88	1,50	2,35	3,00	1,77	70,50	25 heladuras. Nada.
s. 4	693,16	61,03	1,33	2,70	2,80	1,20	69,06	Escamaciones á la 8.ª
s. 5	698,76	60,38	1,55	3,62	2,50	1,50	69,58	25 heladuras. Nada.
s. 6	706,76	62,08	1,45	2,13	1,80	1,20	68,66	Pequeñas escamaciones á la 17.ª
s. 7	709,24	60,15	1,50	1,85	2,20	1,80	67,50	25 heladuras. Nada.
s. 8	712,54	61,06	3,12	3,70	1,50	1,12	70,50	

TABLA 12'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *R*.

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
R. 1	742,47	55,28	Inmediatamente después de vacío de 10'.				55,28	Salmuera. Hienda fina á la 1.ª
R. 2	758,22	74,02	0,45	0,50	0,40	0,20	75,57	Nada, en 5 heladuras en cámara de aire. Rota á la 1.ª en salmuera.
R. 3	761,77	71,12	0,21	0,70	0,40	0,10	72,53	Hiendas á la 3.ª Escamaciones á la 6.ª
R. 4	764,19	77,12	Después del vacío (sacada de la estufa).				77,12	Escamaciones á la 4.ª
R. 5	787,14	65,93	0,24	0,68	0,50	0,20	67,68	Salmuera. Gran hienda á la 1.ª
R. 6	792,34	64,10	0,32	0,43	0,30	0,15	64,80	Nada, en 16 heladuras en cámara de aire. Hendida á la 1.ª en salmuera.
R. 7	794,62	67,30	0,22	0,60	0,30	0,10	68,50	Pequeñas escamaciones á la 7.ª Hienda fina á la 19.ª
R. 8	801,54	67,28	0,58	0,80	0,20	0,14	69,00	Hienda fina á la 21.
R. 9	802,64	70,10	0,33	0,93	0,20	0,20	70,76	25 heladuras. Nada.
R. 10	803,99	48,75	Inmediatamente después de vacío de 10'.				48,75	Salmuera. Hendida á la 1.ª
R. 11	809,57	66,42	0,17	0,43	0,30	0,10	67,40	Hienda fina á la 2.ª
R. 12	812,92	67,22	Inmediatamente después de vacío de 10' (sacada de la estufa).				67,22	Hendida á la 5.ª

TABLA 13'.

Saturación de agua y congelación de las piedras *S*.

Saturación por el vacío seguido de inmersión.

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACION.	CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA.						RESULTADOS DE LAS CONGELACIONES.
		2 días.	6 días.	12 días.	30 días.	50 días.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
S. 1	689,16	87,06	0,07	0,03	»	»	87,16	Hiendas á la 5.ª
S. 2	695,66	80,66	0,50	0,27	»	»	81,43	Hiendas á la 9.ª
S. 3	701,99	81,55	0,10	0,90	»	»	82,05	Hendida á la 5.ª
S. 4	704,09	81,65	0,30	0,08	»	»	82,03	Esfoliaciones y hiendas poco visibles á la 7.ª
S. 5	706,04	83,50	0,40	0,30	»	»	84,20	Pequeñas hiendas á la 2.ª
S. 6	707,59	82,48	0,60	0,20	»	»	83,28	Esfoliaciones y hiendas poco visibles á la 7.ª
S. 7	715,51	83,19	0,44	0,54	»	»	84,17	
S. 8	717,57	79,07	0,38	0,37	»	»	79,82	Hendida á la 2.ª

TABLA 14.

Pérdida de agua por evaporación al aire libre de las piedras saturadas.

(Cubos de 7 centímetros de arista.)

CLASE DE PIEDRA.	PESO DE DESECACIÓN.	SATURACIÓN		EVAPORACIÓN.						
		MÉTODO.	TOTAL DE AGUA.	DURACIÓN.	AGUA EVAPORADA.	MEDIAS.				
						Lluvia.	Temperatura máxima á la sombra.	Temperatura mínima á la sombra.	Temperatura máxima al sol.	Humedad relativa.
	gr.		gr.	días.	gr.	milím.				
c. 2	895,90	inm.	10,50	1	5,80					
c. 4	898,20	inm.	9,60	1	5,50					
r. 8	794,90	inm.	53,40	1	43,10					
r. 4	769,10	inm.	54,98	1	41,50					
p. 7	798,80	inm.	45,70	1	35,00	»	14,00	1,7	16,80	47 á 72
p. 8	805,40	inm.	45,80	1	32,70					
l. 7	815,20	inm.	39,80	1	21,10					
l. 9	834,00	inm.	24,80	1	10,50					
s. 9	713,60	inm.	84,00	1	54,00					
s. 10	705,80	inm.	85,10	1	61,80					
M. 7	781,82	vacío.	45,70	0 á 9	30,70	14,0	15,60	—2,2	22,00	36 á 98
				9 á 19	2,40	2,2	16,10	—3,2	22,50	37 á 90
M. 11	808,70	vacío.	36,00	0 á 9	22,10	14,0	15,60	—2,2	22,00	36 á 98
				9 á 19	3,95	2,2	16,10	—3,2	22,50	37 á 90
s. 11	715,60	inm.	81,43	0 á 9	63,60	14,0	15,60	—2,2	22,00	36 á 98
				9 á 19	—8,26	2,2	16,10	—3,2	22,50	37 á 90
s. 12	675,00	inm.	84,20	0 á 9	65,40	14,0	15,60	—2,2	22,00	36 á 98
				9 á 19	—0,40	2,2	16,10	—3,2	22,50	37 á 90
a. 19	603,20	inm.	120,90	0 á 9	114,10	14,0	15,60	—2,2	22,00	36 á 98
				9 á 19	4,26	2,2	16,10	—3,2	22,50	37 á 90
a. 21	618,90	inm.	120,90	0 á 9	108,60	14,0	15,60	—2,2	22,00	36 á 98
				9 á 19	3,60	2,2	16,10	—3,2	22,50	37 á 90
c. 1	886,00	inm.	13,97	7	11,71					
C. 6	929,60	vacío.	9,51	7	7,13					
p. 3	774,30	inm.	47,90	7	42,66	2,2	15,20	—3,2	22,40	37 á 90
P. 6	768,10	vacío.	57,40	7	51,95					
r. 2	756,62	inm.	65,94	7	59,81					
R. 4	764,19	vacío.	77,20	7	70,76					

FIN.

ÍNDICE.

APUNTES DE AERONÁUTICA.

APUNTES DE AERONÁUTICA.

ESTUDIO

DEL

GLOBO ESFÉRICO LIBRE,

Por el Capitán de Ingenieros

D. FRANCISCO DE P. ROJAS.

MADRID:
IMPRENTA DEL *MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.*

1902.

APUNTES DE AERONÁUTICA.

ESTUDIO DEL GLOBO ESFÉRICO LIBRE.

PRELIMINARES.

El ligero estudio que vamos á exponer, está basado en los siguientes principios, de todos conocidos, pero que conviene recordar.

Principio de Arquímedes, aplicado á gases más ligeros que el aire.

Una masa cualquiera de gas, contenido en una envuelta, que suponemos de peso cero, pierde, de su peso absoluto, una parte igual al peso del volúmen de aire que desaloja; si este último peso es mayor que el absoluto de la masa de gas, ésta se verá solicitada de abajo arriba, con una fuerza cuya intensidad será igual á la diferencia entre ambos pesos.

Ley de Mariotte.

Los volúmenes V_1 y V_2, ocupados por una misma masa de aire ó de gas, á igual temperatura pero á presiones distintas p_1 y p_2 respectivamente, satisfacen á la relación

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2 \qquad \text{ó sea} \qquad \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{1}{p_1}}{\frac{1}{p_2}}$$

cuya relación demuestra, «que á temperatura constante, los volúmenes ocupados por una misma masa de aire ó gas, son proporcionales á las inversas de las presiones correspondientes.» Es preciso que los volúmenes se midan con una misma unidad, cualquiera que ésta sea, y lo mismo decimos de las presiones.

En general, expresaremos los volúmenes en metros cúbicos y las presiones en milímetros de mercurio.

Ley de Gay Lussac.

Los volúmenes V_1 y V_2 ocupados por una misma masa de aire ó de gas, á igual presión, pero á temperaturas distintas t_1 y t_2 respectivate, satisfacen á la relación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1 + \alpha\, t_1}{1 + \alpha\, t_2}, \qquad \text{en cuya relación} \qquad \alpha = \frac{1}{273}.$$

Para gases que no estén absolutamente secos, se acepta para α el valor muy aproximado 0,004.

Vemos, pues, que á presión constante, los volúmenes ocupados por una misma masa de aire ó de gas, son proporcionales á las cantidades

$$(1 + \alpha\, t_1), \qquad \text{y} \qquad (1 + \alpha\, t_2),$$

siendo t_1 y t_2 las temperaturas correspondientes, que se expresarán siempre en grados centígrados.

Ley general que contiene las de Mariotte y Gay Lussac.

Por las leyes que acabamos de recordar, vemos que el volúmen de una masa determinada de gas ó de aire, varía con la presión y con la temperatura á que dicha masa se encuentra, y que la cantidad variable V depende de p y de $(1 + \alpha\, t)$, siendo proporcional en cada instante á $\frac{1}{p}$ y á $(1 + \alpha\, t)$, y como cuando una cantidad variable es proporcional á otras, varía proporcionalmente á su producto, si representamos por:

$$\left\{\begin{array}{llll} V_1, & \dfrac{1}{p_1} & \text{y} & (1 + \alpha \,.\, t_1) \\ V_2, & \dfrac{1}{p_2} & \text{y} & (1 + \alpha \,.\, t_2) \end{array}\right.$$

dos sistemas de valores correspondientes de V, p y $(1 + \alpha\, t)$, se verificará la relación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{(1 + \alpha \,.\, t_1)}{(1 + \alpha \,.\, t_2)}.$$

Relación que nos liga los volúmenes que ocupará una misma masa de gas ó de aire, con los valores de las presiones y de las temperaturas, que á dichos volúmenes corresponden.

Si en la fórmula anterior suponemos $t_1 = t_2$, queda reducida á la ley de Mariotte, y se convierte en la de Gay Lussac, si la hipótesis es $p_1 = p_2$.

En general

$$p_2 (1 + \alpha t_1)$$

será distinto de

$$p_1 (1 + \alpha t_2)$$

y por lo tanto V_1 y V_2 serán también distintas; pero si para ciertos valores de las presiones y temperaturas se verifica que:

$$p_2 (1 + \alpha t_1) = p_1 (1 + \alpha t_2)$$

resultará:

$$V_1 = V_2.$$

Es decir, que una misma masa de gas á distintas presiones y temperaturas, puede ocupar un mismo volúmen, si los valores de estas cantidades satisfacen á la ecuación de condición mencionada.

Fórmulas que permiten hallar el peso del metro cúbico de aire ó de gas en diversas condiciones de presión y de temperatura.

Representaremos siempre por φ, el peso de un metro cúbico de aire ó de gas, y solamente cuando intervengan en una misma fórmula aire y gas, representaremos por φ' el peso del metro cúbico de gas.

La letra φ, ó φ', irá siempre afectada de un exponente, y de un subíndice: el primero indicará la presión, y el segundo la temperatura, puesto que de ambas depende el peso del metro cúbico.

Con arreglo á esta notación simbólica,

φ^{760}_{0} representará el peso del metro cúbico de aire ó gas á 760 mm. de mercurio de presión y á temperatura 0° y

φ'^{x}_{t} será el peso del metro cúbico de gas tomado á presión x mm., y temperatura t°.

Por medio de sencillísimas aplicaciones de las leyes de Mariotte y de Gay Lussac, deducimos la serie de relaciones siguiente:

presión = 760 mm. » temp.ª = 0 » peso del m.³ de aire ó gas = $\varphi^{760}{}_0$

presión = 760 mm. » temp.ª = t^o » $\varphi^{760}{}_t = \dfrac{\varphi^{760}{}_0}{1+\alpha t}$ » $\varphi^{760}{}_0 = \varphi^{760}{}_t(1+\alpha t)$ [1]

presión = x mm. » temp.ª = 0° » $\varphi^x{}_{0^o} = \varphi^{760}{}_{0^o}\dfrac{x}{760}$ » $\varphi^{760}{}_{0^o} = \varphi^x{}_{0^o}\dfrac{760}{x}$ [2]

presión = x mm. » temp.ª = t^o » $\varphi^x{}_t = \varphi^{760}{}_0\dfrac{x}{760(1+\alpha t)} = \dfrac{\varphi^x{}_0}{1+\alpha t}$ [3]

presión = x mm. » temp.ª = $t' + t_1$ »

$$\varphi^x{}_{(t'+t_1)} = \varphi^{760}{}_0\frac{x}{760(1+\alpha t')(1+\alpha t_1)} = \frac{\varphi^x{}_{t'}}{(1+\alpha t_1)}. \qquad [4]$$

Relaciones que emplearemos con gran frecuencia en el curso de nuestro trabajo, y que conviene tener presentes, para no tener que deducirlas en cada caso particular.

Siempre que hagamos alguna aplicación numérica, aceptaremos los valores medios indicados á continuación:

$$\left.\begin{array}{l}\text{peso del m.}^3\text{ de aire á } 0^o \text{ y } 760\text{ mm.} = \varphi^{760}{}_0 = 1^{kg.},293\\ \text{para el hidrógeno industrial.....} = \varphi'^{760}{}_0 = 0^{kg.},200\\ \text{para el hidrógeno puro.....} = \varphi'^{760}{}_0 = 0^{kg.},09\\ \text{para el gas del alumbrado.....} = \varphi'^{760}{}_0 = 0^{kg.},593\end{array}\right\} \qquad [5]$$

Tanto el valor del peso del metro cúbico de hidrógeno industrial, como el correspondiente al gas del alumbrado, son muy variables con el grado de pureza del gas que se emplée.

Fuerza ascensional de un gas cualquiera más ligero que el aire en un instante dado.

Se llama fuerza ascensional de un gas en un instante dado, á la fuerza que en dicho momento solicita de abajo arriba á la masa del metro cúbico de gas, en las condiciones de presión y de temperatura existentes, fuerza que, según el principio de Arquímedes, tiene por valor la diferencia entre el peso del metro cúbico de aire y el del metro cúbico de gas en el instante considerado. Representando por x la presión, y

por t la temperatura del aire, y por x' y t' las correspondientes del gas, tendremos, usando la notación simbólica indicada, y representando por $F\,a^{x'\,x}{}_{t'\,t}$ la fuerza ascensional en las condiciones dichas:

$$F\,a^{x'\,x}{}_{t'\,t} = \varphi^{x}{}_{t} - \varphi'^{x'}{}_{t'}\,;$$

pero teniendo en cuenta que en las aplicaciones que vamos á estudiar el gas va contenido en el globo, cuyo apéndice abierto libremente al exterior, equilibra la presión del gas manteniéndola igual á la del aire ambiente, podemos suponer, sin gran error, y así se admite en la práctica, que las presiones del gas y del aire son iguales, en cuyo caso la fórmula anterior se convierte en:

$$F\,a^{x}{}_{t'\,t} = \varphi^{x}{}_{t} - \varphi'^{x}{}_{t'} \qquad [6]$$

En realidad, la presión del gas es igual á la del aire, solamente en la boca inferior del apéndice, y algo mayor que la exterior en el interior del globo, creciendo con la altura, y alcanzando su valor máximo en la parte superior de la masa gaseosa.

Variando con t, t' y x, los valores de $\varphi^{x}{}_{t}$ y $\varphi'^{x}{}_{t'}$, variable será, con dichas cantidades el de $F\,a^{x}{}_{t'\,t'}$ y con objeto de poder harmonizar los resultados obtenidos en diversas condiciones térmicas y barométricas, y de tener un punto fijo de partida, se hace preciso determinar una fuerza ascensional única para cada clase de gas, en función de la cual podamos hallar los valores que dicha fuerza vaya tomando, al variar t, t' y x.

Para llegar á este resultado, basta fijar los valores de x, t y t' que son las cantidades que en la fuerza ascensional influyen, y se ha convenido en aceptar para dicha determinación, los valores siguientes:

$$x = 760 \text{ mm.}$$
$$t = 0^{\circ}$$
$$t' = 0^{\circ},$$

obteniéndose de este modo la fuerza ascensional llamada *normal*, cuya fórmula general simbólica será para cualquier gas,

$$F\,a^{760}{}_{0} = \varphi^{760}{}_{0} - \varphi'^{760}{}_{0} \qquad [7]$$

Empleando los valores que figuran en el cuadro [5] tendremos los correspondientes á las fuerzas ascensionales, normales de los gases más comunmente empleados en las aplicaciones prácticas aerostáticas.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Fuerza ascensional normal del hidrógeno industrial.} \ldots\ldots\ldots\ldots = F\,a^{760}{}_0 = 1^{\text{kg.}},093 \\ \text{Fuerza ascensional normal del hidrógeno puro.} \ldots\ldots\ldots\ldots = F\,a^{760}{}_0 = 1^{\text{kg.}},203 \\ \text{Fuerza ascensional normal del gas del alumbrado.} \ldots\ldots\ldots\ldots = F\,a^{760}{}_0 = 0^{\text{kg.}},700\end{array}\right\} \quad [8]$$

Conocida la fuerza ascensional normal de los gases generalmente empleados en aerostación, vamos á estudiar la influencia, sobre dicha fuerza, de la presión y de la temperatura.

Influencia de la presión sobre la fuerza ascensional normal de un gas cualquiera.

Conocida la fuerza ascensional normal de un gas, vamos á determinar el valor de la fuerza ascensional del mismo, para temperatura 0° de aire y gas, y presión cualquiera, medida por la altura barométrica x mm.

La fórmula simbólica de dicha fuerza, será:

$$F\,a^x{}_0 = \varphi^x{}_0 - \varphi'^x{}_0$$

y poniendo en ella en lugar de $\varphi^x{}_0$ y $\varphi'^x{}_0$ sus valores en función de $\varphi^{760}{}_0$ y $\varphi'^{760}{}_0$, dados por la fórmula [2], se tendrá:

$$F\,a^x{}_0 = \varphi^{760}{}_0\,\frac{x}{760} - \varphi'^{760}{}_0\,\frac{x}{760} = \frac{x}{760}\,(\varphi^{760}{}_0 - \varphi'^{760}{}_0).$$

Observando que la cantidad comprendida en el paréntesis, es precisamente (fórmula [7]) el valor de la fuerza ascensional normal de dicho gas, ó sea $F\,a^{760}{}_0$, tendremos

$$F\,a^x{}_0 = F\,a^{760}{}_0\,\frac{x}{760} \qquad [9],$$

fórmula que nos demuestra, que basta multiplicar el valor de la fuerza ascensional normal de cualquier gas, por la relación $\frac{x}{760}$, para obtener el de la fuerza ascensional del mismo gas, á temperatura común cero y presión cualquiera x mm.

De la fórmula [9] deducimos:

$$F\,a^{760}{}_0 = F\,a^x{}_0\,\frac{760}{x} \qquad [10],$$

que nos permite hallar la fuerza ascensional normal de un gas cualquiera, conocida la que dicho gas tiene á presión cualquiera x y temperatura común 0°.

Consecuencia importante.—La fórmula [9] nos indica que la fuerza ascensional de cualquier gas, disminuye al disminuir la presión x (manteniéndose constante la temperatura común al aire y al gas); de modo que si suponemos un globo hipotético, cuya tela no tuviera peso ninguno, lleno de un gas cualquiera más ligero que el aire, dicho globo, en virtud de la fuerza ascensional del gas contenido se elevaría hasta el límite de la atmósfera, puesto que solamente para $x = 0$, ó sea para presión atmosférica nula, circunstancia que solo existe en el límite de la atmósfera, resulta cero, la fuerza ascensional.

Generalización de las fórmulas [9] y [10].

Al deducir la fórmula [9], hemos supuesto conocida la fuerza ascensional normal del gas de que se trate. Si en vez de esta fuerza conociéramos por un procedimiento práctico (que es el caso más general) el valor de la fuerza ascensional del gas á una presión cualquiera x milímetros, y á temperaturas t para el aire y t' para el gas, es decir, si conociéramos el valor de

$$F\, a^{x}_{t'\,t} = \varphi^{x}_{t} - \varphi'^{x}_{t'}$$

y quisiéramos hallar el nuevo valor que tomará esta fuerza para la presión x' milímetros, conservándose constantes las temperaturas del gas y del aire, puesto que en los pesos φ^{x}_{t} y $\varphi'^{x}_{t'}$ sólo influirá la presión, y la corrección debida á esta causa, según la fórmula [2], estriba en multiplicar dichos pesos por la relación entre la nueva presión y la antigua, tendríamos

$$\varphi^{x'}_{t} = \varphi^{x}_{t}\,\frac{x'}{x} \qquad \text{y} \qquad \varphi'^{x'}_{t'} = \varphi'^{x}_{t'}\,\frac{x'}{x}$$

y por tanto hallaríamos

$$F\, a^{x'}_{t'\,t} = \varphi^{x'}_{t} - \varphi'^{x'}_{t'} = \frac{x'}{x}\,(\varphi^{x}_{t} - \varphi'^{x}_{t'}).$$

Poniendo, en lugar de la cantidad comprendida en el paréntesis, su

valor $F\,a^{x}_{t'\,t}$ tendremos:

$$F\,a^{x'}_{t'\,t} = F\,a^{x}_{t'\,t}\,\frac{x'}{x} \qquad [9']$$

y despejando de ella $F\,a^{x}_{t'\,t}$ se obtiene

$$F\,a^{x}_{t'\,t} = F\,a^{x'}_{t'\,t}\,\frac{x}{x'} \qquad [10']$$

Basta hacer en las fórmulas anteriores $t = t' = 0^{\circ}$, $x' = x$ y $x = 760$ para obtener las [9] y [10], que son un caso particular de las que acabamos de deducir. La fórmula [9'] ó [10'] puede ponerse bajo la forma:

$$\frac{F\,a^{x'}_{t'\,t}}{F\,a^{x}_{t'\,t}} = \frac{x'}{x}$$

que nos demuestra la proposición siguiente: «á igualdad de condiciones térmicas, para aire y gas, las fuerzas ascensionales de un mismo gas, son proporcionales á las presiones correspondientes».

Determinar la variación que experimenta la fuerza ascensional de un gas, en función de la variación de presión, suponiendo constantes las condiciones térmicas.

Aplicando la fórmula [9'] á un mismo gas para dos presiones distintas x' y x'' (de las cuales suponemos $x' > x''$), y supuestas constantes las condiciones térmicas, para que en las fuerzas ascensionales correspondientes sólo influyan las presiones, tendremos:

$$F\,a^{x'}_{t'\,t} = F\,a^{x}_{t'\,t}\,\frac{x'}{x} \qquad \text{y} \qquad F\,a^{x''}_{t'\,t} = F\,a^{x}_{t'\,t}\,\frac{x''}{x}$$

Puesto que suponemos $x' > x''$, restaremos de la primera la segunda y resultará

$$F\,a^{x'}_{t'\,t} - F\,a^{x''}_{t'\,t} = F\,a^{x}_{t'\,t}\,\frac{x' - x''}{x} \qquad [11]$$

fórmula que nos demuestra la siguiente propiedad sumamente importante:

«La variación que sufre la fuerza ascensional de un gas cualquiera, cuando su presión decrece del valor x' al valor x'' conservándose constantes las condiciones térmicas, es igual á la fuerza ascensional del

mismo gas á una presión cualquiera x, y en iguales condiciones térmicas, multiplicada por la relación $\frac{x' - x''}{x}$.»

Si suponemos $x' - x'' = 1$ milímetro en la fórmula [11], resulta:

$$F a^{x'}_{t' t} - F a^{x-1}_{t' t} = F a^{x}_{t' t} \cdot \frac{1}{x} = \frac{F a^{x}_{t' t}}{x} \qquad [11']$$

Es decir, que permaneciendo constantes las condiciones térmicas, la fuerza ascensional de cualquier gas, disminuye por cada milímetro que decrezca la presión, en una cantidad igual á la fuerza ascensional del mismo gas á cualquier presión x dividida por el valor x de dicha presión.

Si en la fórmula [11'] suponemos $x = 760$ milímetros, se obtiene,

$$F a^{x'}_{t' t} - F a^{x''}_{t' t} = \frac{F a^{760}_{t' t}}{760} \qquad [12]$$

y bajo esta forma vemos que la variación constante que experimenta la fuerza ascensional de un gas cualquiera (á igualdad de condiciones térmicas), por cada milímetro que decrezca la presión, es igual á su fuerza ascensional al nivel del mar dividida por 760.

En varias ocasiones recurriremos á las fórmulas anteriores, que son de gran aplicación en algunos de los casos que en lo sucesivo tendremos que tratar durante el estudio del globo libre, principal objeto de nuestro trabajo.

Influencia de las temperaturas del aire y del gas en la fuerza ascensional.

1.° *Influencia sobre la fuerza ascensional de un gas cualquiera, de un aumento de* t°_{1} *en las temperaturas del aire y del gas.*

Tomemos la fórmula general, que dá la fuerza ascensional de un gas á presión arbitraria x y temperaturas cualesquiera t y t' para aire y gas:

$$F a^{x}_{t' t} = \varphi^{x}_{t} - \varphi'^{x}_{t'} \qquad [13]$$

y supongamos que las temperaturas de aire y gas sufren un mismo aumento t°_{1}. Puesto que la presión suponemos que permanece constante, los pesos φ^{x}_{t} y $\varphi'^{x}_{t'}$ variarán solamente con la temperatura, y para los

valores de éstas $(t + t_1)$ y $(t' + t_1)$ se convertirán, según nos indica la fórmula [3], en

$$\varphi^x_{t+t_1} = \frac{\varphi^x_t}{1 + \alpha t_1} \quad \text{y} \quad \varphi'^x_{t'+t_1} = \frac{\varphi'^x_{t'}}{1 + \alpha t_1}$$

que puestos en la anterior, nos dan:

$$F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} = (\varphi^x_t - \varphi'^x_{t'}) \frac{1}{1 + \alpha t_1} = \frac{F a^x_{t' t}}{1 + \alpha t_1} \qquad [14]$$

y despejando $F a^x_{t' t}$, tendremos:

$$F a^x_{t' t} = F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} (1 + \alpha t_1) \qquad [14']$$

La fórmula [14] nos demuestra que un igual aumento de t^o_1 en las temperaturas del aire y del gas, origina una disminución en la fuerza ascensional de éste (manteniéndose constante la presión), puesto que la nueva fuerza ascensional es igual á la antigua dividida por una cantidad $(1 + \alpha t_1)$ mayor que la unidad, y recíprocamente la [14'] nos prueba que á presión constante, un igual descenso de t^o_1 en las temperaturas del aire y del gas, dá lugar á un aumento en la fuerza ascensional del mismo.

Nos prueban también que la disminución ó aumento que experimenta la fuerza ascensional de un gas á presión constante, por una igual variación en las temperaturas del aire y del gas, es tanto mayor cuanto mayor sea t_1 ó sea el valor de la variación.

Si queremos hallar el valor de la variación producida en la fuerza ascensional, tendremos que hallar el de la diferencia

$$F a^x_{t' t} - F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)}$$

poniendo en ella el valor [14], y obtendremos

$$F a^x_{t' t} - F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} = F a^x_{t' t} - \frac{F a^x_{t' t}}{1 + \alpha t_1} = \frac{F a^x_{t' t} \times \alpha t_1}{1 + \alpha t_1}. \qquad [15]$$

El valor hallado, será la disminución sufrida por la fuerza ascensional $F a^x_{t' t}$ cuando aumentan en t^o_1 las temperaturas del gas y del aire, y al propio tiempo el aumento producido en la $F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)}$ al disminuir en t^o_1 dichas temperaturas.

En este último caso, y para tener dicho aumento en función de la

fuerza ascensional del gas antes de que se produzca el descenso de temperatura, conviene emplear el valor [14'], con lo que tendremos:

$$F a^x_{t' t} - F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} = F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} \times (1 + \alpha t_1) -$$
$$- F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} = F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} \times \alpha t_1. \qquad [15']$$

Si en las fórmulas [15] y [15'] suponemos que $t_1 = 1$, se obtienen los valores:

disminución producida por un aumento de $1^\circ = F a^x_{t' t} \dfrac{\alpha}{1+\alpha}$ [14'']

aumento producido por una disminución de $1^\circ = F a^x_{(t'+t_1)(t+t_1)} \times \alpha$ [15'']

2.° *Influencia sobre la fuerza ascensional de un gas cualquiera, de un aumento de* t°_1 *en la temperatura sólo del gas, conservándose constante la del aire y la presión.*

Veamos cuál será la influencia de la hipótesis anterior en la fuerza ascensional de un gas cualquiera.

La fórmula general de la fuerza ascensional de un gas, que según sabemos es:

$$[6] \qquad F a^x_{t' t} = \varphi^x_t - \varphi'^x_{t'}$$

se convertirá por el aumento de t°_1 en la temperatura del gas, en

$$F a^x_{(t'+t_1), t} = \varphi^x_t - \varphi'^x_{(t'+t_1)}.$$

El valor de $\varphi'^x_{(t'+t_1)}$, es según la fórmula [3] $\dfrac{\varphi'^x_{t'}}{1+\alpha t_1}$, que puesto en la anterior, nos proporciona la siguiente:

$$F a^x_{(t'+t_1)\, t} = \varphi^x_t - \varphi'^x_{t'} \frac{1}{1+\alpha t_1} \qquad [16]$$

que nos dá el valor de la nueva fuerza ascensional.

Comparando las fórmulas [6] y [16], vemos que el aumento de t°_1 en la temperatura sólo del gas, produce un aumento en la fuerza ascensional del mismo, puesto que los minuendos de los segundos miembros son iguales, mientras que el substraendo de la segunda, es menor, y por lo tanto mayor la nueva fuerza ascensional.

Para hallar el valor de dicho aumento, nos bastará determinar el de

$$F a^x_{(t' + t_1) t} - F a^x_{t' t}$$

ó sea

$$\text{aumento de fuerza ascensional} = -\varphi'^x_{t'} \frac{1}{1+\alpha t_1} + \varphi'^x_{t'} = \frac{\varphi'^x_{t'} \alpha t_1}{1+\alpha t_1} \qquad [17]$$

que podemos escribir dividiendo ambos términos por t_1

$$\text{aumento de fuerza ascensional} = \varphi'^x_{t'} \times \frac{\alpha}{\frac{1}{t_1} + \alpha} \qquad [17']$$

1.ª Consecuencia.—El aumento será tanto mayor, cuanto mayor sea t_1 (suponemos constantes x y t').

2.ª Consecuencia.—El aumento será tanto mayor cuanto más pesado sea el gas de que se trate (suponemos constantes x, t' y t_1).

3.ª Consecuencia.—Para un mismo gas y un mismo valor de t_1, el aumento de fuerza ascensional será tanto mayor, cuanto mayor sea x y menor sea t'. La fórmula [17] es de gran importancia en aerostación, para calcular el aumento que sufrirá la fuerza ascensional de un globo cuando aumenta la temperatura del gas que lo llena.

Poniendo en la fórmula [17] en lugar de $\varphi'^x_{t'}$ su valor en función de $\varphi'^x_{(t' + t_1)}$, ó sea

$$\varphi'^x_{t'} = \varphi'^x_{(t' + t_1)} (1 + \alpha t_1) \qquad [18]$$

tendríamos recíprocamente

$$\left.\begin{array}{l}\text{disminución de fuerza ascensional produ-}\\ \text{cida por un descenso de } t^o_1 \text{ en el gas. . .}\end{array}\right\} = \varphi'^x_{t' + t_1} \times \alpha t_1 \qquad [19].$$

Podríamos completar el estudio anterior con el de los diversos casos que se pueden considerar, tales como una elevación de temperatura sólo en el aire, ó un descenso de temperatura del mismo; pero no teniendo dichos casos (que producirían una disminución en la fuerza ascensional el primero y un aumento en la misma el segundo), aplicación en la teoría del globo libre, y contando nuestros lectores con medios sobrados para resolver dichos problemas, prescindimos de su estudio en estos preliminares, que no tienen otro objeto que el de servir de recordatorio y

de exposición de las notaciones que más adelante emplearemos, y reunir las fórmulas principales que tendremos que manejar.

Fórmula de Halley.

La sencilla fórmula que vamos á deducir, nos permitirá calcular, con la aproximación suficiente para las aplicaciones aerostáticas, la diferencia de altura entre dos puntos, en función de las presiones atmosféricas que en ellos existan y de la temperatura média del aire entre ambos. Representemos por p la presión atmosférica expresada en kilógramos por metros cuadrados, en el plano situado á h metros de altura sobre el nivel del mar; por p_0 la presión atmósferica en kilógramos por metro cuadrado al nivel del mar, presión cuyo valor médio es de 10.333 kilógramos; por a el peso en kilógramos del metro cúbico de aire á la altura h metros sobre el nivel del mar y temperatura 0°, y por a_0 dicho peso á 0° y á nivel del mar, peso cuyo valor médio es de 1,293 kilógramos. Recordemos que la relación entre la presión atmosférica por metro cuadrado expresada en kilógramos á una altura cualquiera y el peso del metro cúbico de aire en kilógramos y á 0° de temperatura tomado á dicha altura, es constante, y por lo tanto que se tendrá la relación:

$$\frac{p}{a} = \frac{p_0}{a_0} = \frac{10.333}{1,293} = 8000 \text{ próximamente}$$

de la que deducimos:

$$a = \frac{p}{8000} \qquad [m].$$

Si suponemos que la altura h varía en $d\,h$, la presión p variará en $d\,p$, siendo $d\,p$ el peso del prisma de aire (tomado á la altura h y á 0°) de un metro cuadrado de base y $d\,h$ de altura, aire cuyo peso por metro cúbico hemos representado por a, de modo que el del prisma será

$$d\,p = a \,.\, d\,h \qquad [m'].$$

Poniendo en la anterior el valor de a dado por la $[m]$, tendremos:

$$d\,p = \frac{p}{8000}\, d\,h$$

y despejando $d\,h$

$$d\,h = 8000\, \frac{d\,p}{p},$$

cuya ecuación diferencial integraremos entre las presiones $p_{x'}$ y p_x que corresponden á alturas sobre el nivel del mar, que representaremos por $h_{x'}$ y h_x.

Si suponemos $x' < x$, resultará $h_{x'} > h_x$ y se tendrá:

$$h_{x'} - h_x = 8000 \int_{p_{x'}}^{p_x} \frac{dp}{p}$$

y haciendo la integración indicada hallaremos:

$$h_{x'} - h_x = 8000 \text{ (log. nep. } p_x - \text{log. nep. } p_{x'})$$

ó finalmente

$$h_{x'} - h_x = 8000 \text{ log. nep. } \frac{p_x}{p_{x'}}$$

y como la relación entre las presiones p_x y $p_{x'}$ es igual á la relación entre las alturas de las columnas barométricas que las miden, representando por x y x' dichas alturas en milímetros de mercurio, tendremos:

$$\frac{p_x}{p_{x'}} = \frac{x}{x'}$$

que puesto en la anterior nos dá:

$$h_{x'} - h_x = 8000 \text{ log. nep. } \frac{x}{x'} \qquad [a]$$

ó pasando de los logaritmos neperianos á los decimales

$$h_{x'} - h_x = 18400 \text{ log. } \frac{x}{x'} \qquad [b]$$

Las fórmulas [a] y [b] son las llamadas de Halley y nos permiten conocer la diferencia de alturas entre dos puntos, conocidas las presiones atmosféricas x y x' tomadas con un barómetro.

Si suponemos en ellas $x = 760$, se nos reducen (puesto que en este caso $h_x = 0$) á

$$\left.\begin{aligned} h_{x'} &= 8.000 \,.\, \text{log. nep. } \frac{760}{x'} \\ h_{x'} &= 18.400 \,.\, \text{log. } \frac{760}{x'} \end{aligned}\right\} \qquad [a']$$

que nos permiten hallar la altura sobre el nivel del mar de un punto cualquiera, para el cual la presión atmosférica venga medida por x milímetros de mercurio.

Hemos deducido las fórmulas [a], [b] y [a'], suponiendo que la temperatura del aire fuera cero á cualquier altura; si la temperatura média del aire entre los dos puntos de presión x y x' fuese t_m en lugar de cero, hubiéramos llegado á las fórmulas

$$\left.\begin{aligned} h_{x'} - h_x &= 8.000\,(1 + \alpha\, t_m)\ \text{log. nep.}\ \frac{x}{x'} \\ h_{x'} - h_x &= 18.400\,(1 + \alpha\, t_m)\ \text{log.}\ \frac{x}{x'} \end{aligned}\right\} \quad [c]$$

$$\left.\begin{aligned} h_{x'} &= 8.000\,(1 + \alpha\, t_m)\ \text{log. nep.}\ \frac{x}{x'} \\ h_{x'} &= 18.400\,(1 + \alpha\, t_m)\ \text{log.}\ \frac{x}{x'} \end{aligned}\right\} \quad [d]$$

Aplicando la segunda de las fórmulas [a'] hemos calculado la tabla núm. 1, que figura al final de este trabajo; cuando se conozca la temperatura média del aire t_m, se tendrá en cuenta según indican las [c] y [d] para modificar las alturas de la tabla, observando, al hacer la corrección, que t_m puede ser mayor ó menor que cero, y en el primer caso habrá que aumentar al valor de la altura que dé la tabla, el producto de dicho valor por $\alpha\, t_m$, y en el segundo habrá que restar del valor dado por la tabla su producto por $\alpha\, t_m$. La corrección por grado de temperatura (puesto que $\alpha = 0{,}004$) es de 4 milésimas en más ó en menos del valor que la tabla asigne para la altura correspondiente á la presión dada.

Recurriremos á dicha tabla con gran frecuencia, tanto para ver las alturas que alcanzará el globo libre en los distintos casos, como para estudiar las modificaciones que en dicha altura introducen las variadas circunstancias que alteran contínuamente el equilibrio del globo libre, en sentido vertical.

ESTUDIO DEL GLOBO LIBRE.

Ecuación de equilibrio.

Un globo cualquiera, puede estar completamente lleno de gas, y le denominaremos *globo lleno* ó *de volumen constante*, ó incompletamente lleno de gas, en cuyo caso le llamaremos *globo flácido*, ó *de peso de gas constante*.

En ambos casos (y prescindiendo de la acción del viento), sobre el globo obran dos fuerzas verticales y de opuesto sentido. Es la primera, dirigida de abajo arriba, la fuerza ascensional del gas contenido, en las condiciones de presión y de temperaturas de gas y de aire existentes en el instante que se considere, y la segunda, que obra de arriba abajo, el peso total que en ese momento soporta el globo.

Si dichas dos fuerzas son iguales y por lo tanto están en equilibrio, diremos que el globo está en equilibrio, puesto que permanecerá á una altura fija sobre el nivel del mar, y bajo la acción del viento, se moverá sobre un plano horizontal, ó mejor dicho, sobre una superficie de nivel. La ecuación de equilibrio del globo en sentido vertical, será, pues, en cualquier instante.

$$\left\{ \textbf{Fuerza ascensional del gas contenido} = \textbf{peso total.} \right\}$$

PESO TOTAL DEL GLOBO.

El peso total del globo está compuesto de dos sumandos: el peso irreductible y el del lastre; el primero, comprende el peso del globo montado y equipado con todos los enseres y accesorios, y no está en la mano de los aeronautas variarlo; el segundo, se descompone en dos partes, una destinada á alcanzar la altura elegida para el viaje y á contrarrestar durante el curso del mismo los efectos de todas las causas que tienden á disminuir dicha altura ó á aumentarla exageradamente con peligro para el aerostato, y destinada exclusivamente la otra, para ser empleada en el descenso voluntario á tierra, operación siempre delicada y muchas veces peligrosa, que debe practicarse en cuanto se haya gastado toda la provisión de lastre dedicada á la ascensión y al viaje aéreo.

A su debido tiempo indicaremos el peso mínimo del lastre que debe reservar el conductor del globo, para el descenso, según los diversos casos que se pueden presentar, y descontada esta parte, es evidente que cuanto mayor sea la provisión de lastre correspondiente al viaje, mayor podrá ser la duración de éste y en mejores condiciones de lucha estará el aerostato, cuyos únicos medios de defensa en el aire son, como más adelante veremos, el lastre y el gas.

Toda la teoría del globo libre, estriba en conocer, en cada instante,

el valor de las dos fuerzas verticales y opuestas que sobre él actúan, es decir, la fuerza ascensional del gas contenido y el peso total que soporta. La segunda fuerza es en general perfectamente conocida, y decimos en general, porque en algunas ocasiones soportará el globo el peso de precipitados acuosos, peso que el aeronauta no puede precisar con exactitud; no así la primera, que, como ya hemos visto al estudiar la fuerza ascensional de un gas cualquiera, depende (además de la presión y de la temperatura del aire, datos que puede tomar el aeronauta en todo momento), de la temperatura del gas, que no es fácil medir por carecerse, hasta ahora, de aparatos apropiados á este objeto.

Ya hemos dicho, que si ambas fuerzas son iguales, el globo estará en equilibrio en sentido vertical; su altura sobre el nivel del mar será constante; si son desiguales y suponemos mayor la fuerza ascensional, el globo quedará sometido á la resultante de ambas fuerzas (igual á su diferencia), á la que llamaremos *fuerza ascensional remanente*, é impulsado por ella se elevará hasta una cierta altura que, como dentro de poco demostraremos, depende del valor de dicha fuerza.

Si son desiguales, y es la mayor el peso que soporta el globo, la diferencia entre éste y la fuerza ascensional del gas (resultante de ambas), impulsará al globo hacia tierra, si no se contrarresta dicha fuerza de descenso con el conveniente arroje de lastre para restablecer el equilibrio.

Descompondremos el estudio del globo libre en tres períodos ó partes principales, que serán:

1.ª Partida ó salida del globo.
2.ª Viaje del globo.
3.ª Descenso voluntario á tierra.

PRIMERA PARTE.

PARTIDA DEL GLOBO LIBRE.

Al emprender el globo un viaje libre puede estar lleno por completo de gas á la partida, ó puede efectuarla conteniendo sólo una parte del gas que su envuelta puede almacenar. Siendo esencialmente distintos ambos casos, los estudiaremos por separado, comenzando por la partida del globo lleno ó de volumen constante.

En ambos casos, en lugar de suponer que el globo parte de un punto situado al nivel del mar, y que las temperaturas del aire y del gas son iguales á cero, procedimiento generalmente seguido por cuantos se han dedicado á estos estudios, sin duda para que la fuerza ascensional del gas sea la que hemos llamado *normal*, supondremos que el globo parte de un punto cualquiera, en el cual la presión atmosférica esté medida por una altura barométrica de x milímetros, y que en lugar de conocer la fuerza ascensional normal del gas que se emplée, conocemos, por la operación prévia del *pesado del globo* que vamos á describir, el valor de la fuerza ascensional del gas, en las condiciones térmicas y de presión que existan en el punto de partida, ó pie de ascensión, en el momento de pesar el globo. Siguiendo este procedimiento, pretendemos obtener las ventajas siguientes: llegar á fórmulas más generales, que contienen como caso particular las relativas al nivel del mar y temperaturas cero, y deducir de dichas fórmulas, resultados más aproximados á la realidad, puesto que, aunque las condiciones térmicas varíen bastante de un momento á otro, en general, serán más parecidas á las correspondientes al momento de practicar el pesado del globo, que á la temperatura teórica común de 0° para aire y gas.

Determinación práctica de la fuerza ascensional del gas del globo.

Equipado el globo con todos sus enseres, montada la barquilla por los aeronautas que deban tripularle durante el viaje, y conocidos préviamente los pesos de la tela, red, barquilla, cabo moderador, enseres, aparatos y aeronáutas, se colocan en la barquilla el número de sacos de lastre y fracción de saco necesarios, para que el globo quede en equilibrio con la barquilla en el aire, en cuyo momento, el peso total que soporta es igual á la fuerza ascensional del gas contenido en las condiciones térmicas y de presión correspondientes.

Representemos por V el volumen del gas expresado en metros cúbicos, volumen igual al del globo, puesto que está lleno por completo: por P el peso total que soporta expresado en kilógramos, cantidad también conocida, puesto que se habrá pesado el lastre colocado en la barquilla, y los demás pesos eran ya conocidos, y para abreviar, por a solamente, en lugar de $F\,a^{x}_{t',t}$, la fuerza ascensional del metro cúbico del gas que se use en las condiciones térmicas y de presión existentes.

La ecuación de equilibrio será (1):

$$V \,.\, a = P$$

de la cual deducimos

$$a = \frac{P}{V}$$

que nos proporciona el valor buscado.

Terminada esta operación, es preciso romper el equilibrio para crear una fuerza ascensional remanente, en virtud de la cual se eleve el globo, y para ello habrá que arrojar un cierto peso de lastre, que depende de la

(1) Al establecer la ecuación de equilibrio del globo en el aire, admitimos, en obsequio á la sencillez, que el volumen de aire desalojado es igual al que ocupa el gas, y que la acción de la gravedad es constante á cualquier altura. En realidad no son exactas estas hipótesis, pues por la primera, prescindimos del volumen desalojado por el cordaje, barquilla y aeronautas, y la segunda supone que el peso es constante á cualquier altura. Sin embargo, es tan pequeño el error que estas hipótesis introducen en los resultados, y tan grande la simplificación que en las fórmulas suponen, que no vacilamos en admitirlas.

altura que se desee alcanzar con el aerostato, sin necesidad de arrojar nueva cantidad de lastre y de la velocidad con que se desee practicar el movimiento ascensional, velocidad que á su vez depende de la del viento en el momento de la partida, y de lo más ó menos despejado que se presente el terreno elegido para practicarla.

Representemos por l el peso en kilógramos del lastre arrojado para romper el equilibrio del globo al pié de ascensión. Bajo la acción de la fuerza ascensional remanente l (resultante como sabemos de las dos que actúan sobre el globo é igual á su diferencia $V.a - (P - l)$, el globo comenzará á elevarse; pero al hacerlo, decrece la presión exterior, y por lo tanto la fuerza ascensional del gas contenido, según vimos al deducir la fórmula [9], y al ir decreciendo ésta, llegará un momento (puesto que varía de un modo contínuo), en el cual adquirirá un valor igual á $P - l$ (peso total que soporta el aerostato), en cuyo instante, solicitado el globo por dos fuerzas iguales y contrarias, terminará su movimiento ascendente y quedará nuevamente en equilibrio.

Si admitimos que las condiciones térmicas no varían al elevarse el aerostato, y representamos por x' la presión de la zona en que termina su movimiento ascendente, y queda en equilibrio, y por x la del pié de ascensión, la fórmula [9'] nos permitirá calcular con facilidad la fuerza ascensional del gas del globo á la altura de presión x', y como nos es conocido el peso $P - l$ que á dicha altura soporta, igualando ambos valores, tendremos la nueva ecuación de equilibrio.

La fórmula [9'] nos dá

$$F\,a^{x'}_{t'\,t} = F^{x}_{t'\,t}\,\frac{x'}{x} \qquad [9']$$

y como en nuestro caso conocemos

$$F\,a^{x}_{t'\,t} = a$$

resulta

$$F\,a^{x'}_{t'\,t} = a\,\frac{x'}{x}$$

ó multiplicando ambos miembros por el volumen del globo y del gas V

$$V\,F\,a^{x'}_{t'\,t} = V.\,a\,\frac{x'}{x}$$

que igualado al peso total $P - l$, nos dá la ecuación de equilibrio:

$$\frac{V \,.\, a \,.\, x'}{x} = P - l \qquad [20]$$

de la que podemos deducir respectivamente:

$$\left.\begin{aligned} x' &= x\left(1 - \frac{l}{V \,.\, a}\right) = x\left(1 - \frac{l}{P}\right) \\ l &= \frac{V \,.\, a\,(x - x')}{x} = P\,\frac{x - x'}{x} \end{aligned}\right\} \qquad [21]$$

Dejando para más adelante la importante discusión de esta fórmula, y ciñéndonos á nuestro objeto, ó sea á la partida del globo, podremos resolver con ellas los dos esenciales problemas siguientes:

Primer problema. Conocer la presión x', y por consiguiente con auxilio de la tabla 1.ª, la altura á que se elevará un globo dado sobre el nivel del mar ó sobre el pie de ascensión (si la altitud de éste es conocida), para una ruptura de equilibrio, ó arroje de lastre á la partida, de un valor l conocido.

Segundo problema. Conocer el peso l kilógramos de lastre que debe arrojar un globo dado al romper el equilibrio al pie de ascensión, para alcanzar una altura sobre el nivel del mar (y por lo tanto una zona de presión x') determinada.

Pongamos un ejemplo práctico de cada uno de estos dos importantes problemas.

Ejemplo del primer problema. Calcular la altura que sobre el nivel del mar alcanzará un globo de 816 metros de volumen, con un peso total de equilibrio al pie de ascensión de 700 kilógramos, partiendo de Guadalajara, y por lo tanto de un punto de presión $x = 703$ milímetros suponiendo que el arroje de lastre á la partida sea de 50 kilógramos.

Para nuestro ejemplo, los datos son:

$$P = 700 \quad » \quad l = 50 \quad » \quad x = 703,$$

que puestos en la primera de las fórmulas [21] nos darán:

$$x' = 703\left(1 - \frac{50}{700}\right) = 653 \text{ mm.}$$

que según la tabla 1.ª corresponde á una altura h sobre el nivel del mar

$$h = 1212 \text{ metros,}$$

suponiendo á 0° la temperatura media del aire; si dicha temperatura media fuese $t_m = +15°$, por ejemplo, el valor de h sería

$$h = 1212 + 1212 \frac{15 \times 4}{1000} = 1212 + 72 = 1284 \text{ m.}$$

Ejemplo del segundo problema. Determinar el peso de lastre que debe arrojar al partir un globo, cuyo peso de equilibrio al pie de ascensión es de 700 kilógramos, partiendo de Guadalajara, para alcanzar una altura de 1000 metros sobre el pie de ascensión.

Por medio de la tabla 1.ª vemos que á la altura de 1640 metros sobre el nivel del mar, ó sea 1000 metros próximamente sobre Guadalajara, corresponde una presión de 619 milímetros. Poniendo los valores de nuestro ejemplo en la segunda de las fórmulas [21], tendremos:

$$l = 700 \left(\frac{703 - 619}{703} \right) = 83{,}64 \text{ kg.}$$

Observación. Claro es que los valores de x' y de l que nos dán las fórmulas [21] no son exactos, pues al deducir la [20], hemos supuesto que las temperaturas del gas y del aire se mantenían constantemente iguales á las del pie de ascensión, para que, al elevarse el globo, en la fuerza ascensional del gas sólo influya la variación de presión, hipótesis evidentemente falsa; pero como en el estado actual de la aeronáutica no se conocen con exactitud las variaciones de temperatura del aire al variar la altura, ó sea el gradiente térmico, y mucho menos las correspondientes á la temperatura del gas confinado en el globo, falto por consiguiente de convección, y cuya radiación calorífica depende del volumen del globo, de su forma, de la clase de su tela, etc., sin que hoy por hoy se posean datos que nos permitan hallar el valor de la misma, tenemos que utilizar dichas fórmulas en la práctica, mientras no se disponga de los datos precisos sobre las temperaturas, y se pueda tener en cuenta la influencia de las mismas sobre la fuerza ascensional del gas del globo, para establecer la ecuación de equilibrio exacta en la zona de presión x', en vez de hacerlo de un modo sólo aproximado como lo hemos hecho.

Si los aeronautas quieren subir á mayor altura que la alcanzada con la ruptura de equilibrio hecha á la partida, tendrán que romper dicho

equilibrio en la zona de presión x', arrojando nueva cantidad de lastre, cuyo peso en kilógramos representaremos por l', y designando por x'' la presión de la nueva zona de equilibrio que con dicho arroje se alcance, el valor en ésta, de la fuerza ascensional del gas del globo, será:

$$\frac{V\,a\,x''}{x}$$

mientras que el peso total que en esa zona soporta el globo, es

$$P - (l + l');$$

cuyos valores igualados nos dan la nueva ecuación de equilibrio:

$$\frac{V\,.\,a\,.\,x''}{x} = P - (l + l'),$$

de la cual despejamos

$$x'' = x\left(1 - \frac{l + l'}{P}\right) \qquad [22]$$

(no se olvide que $V\,.\,a = P$) y con auxilio de la tabla 1.ª deduciremos la altura correspondiente. Comparando la fórmula [22] con la pimera de las [21], vemos que si al romper el equilibrio al pie de ascensión lo hubiéramos hecho arrojando el peso de lastre $(l + l')$, en lugar de l, el globo se hubiera elevado directamente á la altura de presión x'' y esta consecuencia nos demuestra la proposición siguiente.

«La misma altura ó zona de equilibrio se alcanza con un globo dado, arrojando al partir un peso determinado de lastre, que arrojando dicho peso de lastre en diferentes veces». La única diferencia entre ambos procedimientos, consiste en la velocidad del movimiento ascendente, y por lo tanto en el tiempo que invertirá el aerostato para alcanzar la altura deseada. Dicha velocidad será mayor (como más adelante veremos al hacer el estudio mecánico de los movimientos verticales del globo) haciendo el arroje de lastre de una sola vez. Esta propiedad proporciona, al aeronauta, el medio de alcanzar la altura deseada con una velocidad tan pequeña como quiera, pues le bastará distribuir el peso total de lastre necesario para alcanzarla, en muchos arrojes sucesivos de pequeñas cantidades.

Una vez alcanzada la altura deseada, por cualquiera de los dos procedimientos que acabamos de indicar, termina la partida del globo lleno y comienza el periodo de viaje libre.

Inconveniente de que el globo parta de tierra completamente lleno de gas.

Un grave inconveniente presenta el llenar por completo de gas el globo al partir, y es el de perder, inútilmente, un cierto número de metros cúbicos del gas que para llenarle se emplee.

En efecto, en cuanto el globo lleno por completo de gas empieza á elevarse y decrece la presión exterior (y por consiguiente la del gas) se dilata éste y se va perdiendo libremente en la atmósfera por el apéndice del aerostato, sin utilidad ninguna, en pura pérdida.

Volúmen de gas perdido por el globo lleno durante la ascensión.

Suponiendo, como suponemos, que las condiciones térmicas no varían con la altura, una sencilla aplicación de la ley de Mariotte nos dará el volumen de gas perdido, pues representando por x y x' las presiones, al pie de ascensión y á la altura que se desee alcanzar, y por V y V' los volúmenes que ocuparía la masa de gas en ambas zonas, tendremos entre dichas cantidades la relación $V \,.\, x = V' \,.\, x'$, de la que deducimos:

$$V' = \frac{V \,.\, x}{x'}$$

y como el volumen constante del globo es V, se habrán perdido libremente en la atmósfera durante la ascensión $V' - V$ metros cúbicos de gas á la presión x', y poniendo por V' el valor que de la ley de Mariotte acabamos de deducir, se tendrá:

$$\text{Pérdida de gas dilatado á presión } x' = V\left(\frac{x - x'}{x'}\right) \text{ m.}^3 \qquad [23]$$

Si representamos por V'' el volumen de dicho gas perdido, reducido á la presión x del punto de partida, una nueva aplicación de la ley de Mariotte nos proporcionará para dicho volúmen el valor

$$V'' = \frac{x - x'}{x} \; V,$$

y tendremos:

$$\text{Pérdida de gas reducido á presión } x = V\,\frac{x - x'}{x} \text{ m.}^3 \qquad [24]$$

Si como ejemplo de lo expuesto consideramos el globo de 816 metros cúbicos, partiendo de Guadalajara ($x = 703$ mm.), y queriendo alcanzar una altura de 1000 metros sobre el pie de ascensión ($x' = 619$ mm.) el volumen de gas perdido reducido á presión 703, será (fórmula [24]):

$$\text{pérdida} = 816 \frac{703 - 619}{703} = 89 \text{ m.}^3$$

El inconveniente que acabamos de señalar relativo al globo lleno por completo al partir, se evita efectuando esta operación con el globo flácido ó parcialmente lleno, como á continuación demostramos.

Partida del globo flácido.

Para no perder gas inútilmente en la subida, y llegar á la altura deseada con la misma masa de gas que contenía el globo al pie de ascensión, se empezará por determinar qué cantidad de dicho fluido debe contener el globo al partir, para que al dilatarse quede completamente lleno á la altura fijada, cuya presión representaremos por x', siendo x la del punto de partida. Como en el caso del globo lleno, supondremos que las temperaturas del aire y del gas son constantes á cualquier altura, é iguales á las del pie de ascensión. La ley de Mariotte nos proporcionará el volúmen de gas que debe contener el globo al partir, para que quede completamente lleno en la zona de presión x', correspondiente á la altura determinada, volúmen que representaremos por V_0 y por V el del globo lleno. Dicha ley nos dará

$$V_0 \, x = V \, x'$$

ó despejando V_0,

$$V_0 = \frac{V \, x'}{x} \qquad [25]$$

Hay, pues, que multiplicar el volúmen del globo por la relación entre la presión x', correspondiente á la altura de viaje y la del pie de ascensión para obtener el valor V_0 buscado.

Pesado del globo flácido.

Cargado el globo con el volumen de gas V_0 que acabamos de deter-

minar, se procede á la operación del pesado del globo, exactamente igual á como la hemos explicado para el globo lleno, quedando éste en equilibrio al pié de ascensión, sometido como aquél, á dos fuerzas verticales iguales y contrarias, la ascensional del gas contenido y el peso total que soporta el aerostato. Para que éste emprenda su movimiento ascensional, es preciso romper el equilibrio; pero así como en el globo lleno había que efectuar esta operación, arrojando un peso *l* de lastre que dependía de la altura que sobre el nivel del mar se quería alcanzar y por lo tanto de la presión correspondiente á dicha altura, vamos á demostrar, que con el globo flácido al partir, basta romper dicho equilibrio, teóricamente con un arroje de lastre casi nulo, y en la práctica, con un valor muy pequeño para que alcance la altura calculada; es decir, que basta romper el equilibrio para crear una fuerza ascensional remanente tan pequeña como se quiera.

Quedará demostrada nuestra proposición, si demostramos que dicha fuerza ascensional remanente es constante mientras el globo no quede lleno por completo, pues como esto no ocurrirá hasta que alcance la altura marcada, y por pequeña que sea dicha fuerza, mientras exista, el globo subirá, alcanzaremos la altura calculada.

La fuerza ascensional remanente de un globó flácido es constante, mientras el globo no quede completamenfe lleno de gas.

Quedará demostrada la proposición, si probamos que un peso constante de gas desaloja á cualquier altura un peso constante de aire (suponiendo constantes á cualquier altura las temperaturas del aire y del gas): lo que equivale á demostrar que, mientras el globo no se llena por completo, la fuerza ascensional del gas contenido es constante y por lo tanto lo será la ascensional remanente, diferencia entre aquella y el peso total que soporta el globo.

Mientras el aerostato no quede lleno por completo, no pierde gas por su apéndice, luego la masa de gas del globo flácido será constante y por lo tanto constante el peso de dicha masa. El del aire desalojado, por el globo flácido, lo es también, puesto que este peso es el producto del volumen de aire desalojado y del peso del metro cúbico de dicho aire: y

como el primer factor (volumen del globo y por lo tanto del aire desalojado) es inversamente proporcional á la presión y el segundo (peso del metro cúbico de aire) es directamente proporcional á la misma, el producto de ambos (peso del aire desalojado) es independiente de la presión y por consiguiente constante, con lo cual queda demostrada la constancia de la fuerza arcensional del gas de un globo flácido, y la de su fuerza arcensional remanente, de modo que por pequeña que ésta sea, el globo subirá á la altura calculada.

Sumamente sencilla es también la demostración siguiente: Representemos por V_0 el volumen de gas que contiene un globo flácido á presión x, siendo V su volumen total, y por $\varphi^x{}_t$ y $\varphi'^x{}_{t'}$ los pesos del metro cúbico de aire y de gas á presión x y temperaturas t y t' respectivamente, que supondremos constantes á cualquier altura. Sea x' la presión á la altura en que queda lleno el globo por completo (presión qne satisfará á la ley de Mariotte $V_0 x = V x'$ de la cual deducimos $V = \frac{V_0 \cdot x}{x'}$) y $\varphi^{x'}{}_t$ y $\varphi'^{x'}{}_{t'}$ los pesos del metro cúbico de aire y gas, á presión x'.

La fuerza arcensional del gas del globo á la partida, sabemos que es:

$$V_0 \, F \, a^x{}_{t' \, t} = V_0 \, (\varphi^x{}_t - \varphi'^x{}_{t'})$$

dicha fuerza á la altura de presión x' será:

$$V \, F \, a^{x'}{}_{t' \, t} = V \, (\varphi^{x'}{}_t - \varphi'^{x'}{}_{t'}),$$

pero ya hemos visto que

$$\varphi^{x'}{}_t = \varphi^x{}_t \cdot \frac{x'}{x} \qquad \text{y} \qquad \varphi'^{x'}{}_{t'} = \varphi'^x{}_{t'} \cdot \frac{x'}{x}$$

que puestos en la anterior la transforman en:

$$V \, F \, a^x{}_{t' \, t} = V \frac{x'}{x} \, (\varphi^x{}_t - \varphi'^x{}_{t'})$$

y poniendo por V su valor deducido de la ley de Mariotte:

$$V = \frac{V_0 \, x}{x'}$$

obtenemos finalmente:

$$V \, F \, a^{x'}{}_{t' \, t} = V_0 \, (\varphi^x{}_t - \varphi'^x{}_{t'}) = V_0 \, F \, a^x{}_{t' \, t}$$

que nos demuestra la constancia del valor de la fuerza ascensional del gas de un globo flácido.

Desde el momento en que el globo que sube flácido queda lleno por completo, pasa al caso del globo lleno.

Ejemplo para el globo de 816 metros cúbicos, partiendo de Guadalajara ($x = 703$ mm.) **y queriendo alcanzar una altura sobre el pie de ascensión de 1000 metros** ($x' = 619$ mm.).

Supongamos de 1 kilógramo la fuerza ascensional del metro cúbico de gas en las condiciones térmicas que existan al pie de ascensión en el momento de partir, y que suponemos constantes á cualquier altura. Aplicando la fórmula [25] para determinar el volumen de gas que debemos introducir en el globo, hallaremos:

$$V^{m^3}_0 = 816 \frac{619}{703} = 718^{m^3},49$$

y por lo tanto, al hacer el pesado del globo, obtendremos un peso total de 718,49 kilógramos.

Bastará, según hemos visto, romper el equilibrio á la partida con un peso muy pequeño de lastre, por ejemplo, con 1 kilógramo, para que el globo alcance algo más de los 1000 metros fijados sobre Guadalajara.

Si en este caso saliera el globo lleno por completo de gas, su peso total hubiera sido de 816 kilógramos, y para alcanzar los 1000 metros sobre Guadalajara, ó sea la zona de presión $x' = 619$ milímetros, tendría que romper el elquilibrio á la partida (fórmula [21]) con un peso de lastre,

$$l = 816 \frac{703 - 619}{703} = 97 \text{ kg.}$$

y le quedaría por lo tanto al partir, un peso total de $816 - 97 = 719$ kilógramos, próximamente igual al del globo flácido, perdiendo durante la ascensión 97 metros cúbicos de gas á 703 milímetros de presión.

Con lo expuesto, queda terminada la parte esencial correspondiente á la partida del globo libre; pero con el doble objeto de emplear las fórmulas deducidas y de ir conociendo particularidades especiales á las diversas condiciones de los globos y á las clases de gas que pueden contener, resolveremos una série de curiosos problemas, más ó menos íntimamente relacionados con la partida del globo libre, de utilidad unos de

ellos, y puramente teóricos los otros, ó de aplicación poco frecuente: de todos ellos deduciremos alguna propiedad útil ó curiosa, que irá cimentando las ideas que sobre aerostación desarrollamos.

Problemas relativos á la partida.

1.er Problema.—Altura que puede alcanzar un aerostato dado, de volumen V, peso irreductible P (incluyendo en él el del lastre mínimo necesario para el descenso) y fuerza ascensional á la partida, medida en el momento del pesado igual á $V \cdot a$.

Una vez más repetimos, y quede dicho para lo sucesivo, que suponemos iguales á las del pie de ascensión, las temperaturas de aire y gas, á cualquier altura. Representando por x la presión al pie de ascensión y por x' la correspondiente á la altura que buscamos, tendremos á dicha altura la ecuación de equilibrio

$$\{\text{fuerza ascensional del gas} = \text{peso que soporta el globo}\}.$$

Pero la fuerza ascensional del gas á dicha altura es $F\,a^{x'}{}_{t't}$, que en función de la del punto de partida (que es $F\,a^{x}{}_{t't} = V \cdot a$, es según la fórmula [9']

$$F\,a^{x'}{}_{t't} = \frac{V \cdot a \cdot x'}{x}$$

y como el peso que á dicha altura debe soportar el globo es, según los datos del problema, P, tendremos:

$$\frac{V \cdot a \cdot x'}{x} = P$$

de la cual deducimos:

$$x' = \frac{P \cdot x}{V \cdot a} \qquad [26]$$

que recurriendo á la tabla 1.a, nos dará la altura corespondiente sobre el nivel del mar, suponiendo de 0° la temperatura media del aire; si ésta fuera de $t^{\circ}{}_{m}$ se hará la corrección oportuna en la forma que ya hemos indicado.

La fórmula [26] nos demuestra que x' será tanto menor, y por consiguiente tanto mayor la altura que alcance el aerostato en las condiciones fijadas:

1.° Cuanto menor sea x.

2.° Cuanto mayor sea V.

3.° Cuanto mayor sea a, es decir, cuanto más ligero sea el gas empleado para llenar el globo.

4.° Cuanto menor sea P.

2.° Problema.—Calcular el peso total que puede elevar á una altura de presión x' un globo dado, cuya fuerza ascensional, al pie de ascensión, es a kilógramos por metro cúbico, siendo x la presión en dicho punto.

Razonando como en el caso anterior y representando por P el peso total buscado, y por V el volumen del globo, llegaremos á la ecuación

$$\frac{V \,.\, a \,.\, x'}{x} = P$$

que nos resuelve el problema. Restando del valor P el peso irreductible (peso propio del globo y lastre de descenso) que representaremos por P', la diferencia $P - p'$ será el peso del lastre de viaje.

Si el peso irreductible es mayor que el P que la fórmula nos proporciona, será prueba de que la presión x' era demasiado pequeña, ó de otro modo, que el globo dado no puede alcanzar altura tan grande como la correspondiente á x'.

3.er Problema.—Calcular el volumen que debe tener un globo lleno de gas de fuerza ascensional conocida á la partida (a kilógramos por metro cúbico), sin más peso irreductible que el propio de la tela ó papel empleado en la confección del aerostato, para que alcance una altura dada sobre el nivel del mar.

Sea $V = {}^4/_3\, \pi\, r^3$, el volumen buscado; P, el peso total de la tela, y x y x', las presiones al pie de ascensión y á la altura deseada, en la cual tendremos la ecuación de equilibrio:

$$\frac{V \,.\, a \,.\, x'}{x} = P,$$

pero tenemos

$$V = {}^4/_3\, \pi \,.\, r^3 \qquad \text{y} \qquad P = 4\, \pi \,.\, r^2 \,.\, k,$$

siendo k el peso del metro cuadrado de la tela ó papel empleado, valo-

res que puestos en la anterior, nos conducen á la

$$\frac{4}{3}\pi \,.\, r^3 \,.\, a \,.\, \frac{x'}{x} = 4\,\pi \,.\, r^2 \,.\, k$$

que simplificada nos da:

$$a \,.\, r \,.\, x' = 3\,k \,.\, x,$$

de la que despejamos

$$r = \frac{3 \,.\, k \,.\, x}{a \,.\, x'}$$

que nos resuelve el problema, y nos da el valor buscado para el radio del globo.

Observación.—Si en el valor hallado para r, hacemos

$$\frac{x}{x'} = n,$$

y elevamos al cubo ambos miembros, tendremos:

$$r^3 = \frac{27 \,.\, k^3 \,.\, n^3}{a^3}$$

Puesto que

$$V = \frac{4}{3}\,\pi \,.\, r^3;$$

poniendo en ella el valor r^3 anterior, resulta:

$$V = \frac{36\,\pi \,.\, k^3 \,.\, n^3}{a^3}$$

fórmula llamada de los tres cubos y debida al comandante de la Sección Aerostática francesa Mr. Pablo Renard.

El problema que acabamos de resolver, se aplica á la construcción de globos-sondas, destinados á explorar las altas regiones de la atmósfera, por medio de aparatos registradores, sumamente ligeros, y perfectamente protegidos para soportar la caída. Los globos-sondas más ligeros construídos hasta el día, son de un papel de seda especial, que después de barnizado (para obtener la necesaria impermeabilidad al gas) pesa unos 50 gramos por metro cuadrado próximamente.

Los globos-sondas empleados en los concursos internacionales, á propuesta de Mr. Teisserenc du Bort (director del Observatorio Meteorológico francés instalado en La Trappe) son de un papel parecido al de envolver tejidos, barnizado, y de unos 48 metros cúbicos de volumen.

Difícilmente se han logrado con los globos-sondas alturas superiores á 20 kilómetos sobre el nivel del mar, pues para alcanzar un pequeño aumento sobre la mencionada, hay que recurrir á globos de volumen enorme, y de imposible aplicación práctica.

***

Antes de proseguir nuestros problemas, vamos á estudiar varias leyes de gran importancia, relativas á la influencia que sobre la altura que puede alcanzar un aerostato tienen, tanto la clase de gas que se emplée en el llenado, como el volumen del globo.

Influencia de la clase de gas en la altura que un globo alcanza.

Consideremos dos globos de igual volumen V metros cúbicos que soportan igual peso total P; pero llenos de gases diferentes, cuyas fuerzas ascensionales por metro cúbico representaremos respectivamente por a_1 kilógramos y a_2 kilógramos en iguales condiciones térmicas.

Representemos por x la presión al pie de ascensión, y por x_1 y x_2 las presiones existentes en las zonas de equilibrio de ambos globos.

Las ecuaciones respectivas de equilibrio en las zonas de presión x_1 para el primero y x_2 para el segundo, serán, según sabemos:

$$\left.\begin{array}{l}\text{primer globo } \dfrac{V \,.\, a_1 \,.\, x_1}{x} = P \\[2ex] \text{segundo globo } \dfrac{V \,.\, a_2 \,.\, x_2}{x} = P\end{array}\right\}\text{de las que deducimos igualando ambos valores de } P$$

$$V \,.\, a_1 \,.\, x_1 = V \,.\, a_2 \,.\, x_2$$

y de ésta

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_2}{x_1}. \qquad [27]$$

Consecuencia 1.ª La fórmula [27] nos demuestra «que las presiones x_1 y x_2 de las zonas de equilibrio, están en razón inversa de las fuerzas ascensionales de los gases que los llenan»: por lo tanto, si suponemos $a_1 > a_2$ resultará $x_2 > x_1$ y el globo lleno con gas de mayor fuerza ascensional subirá más alto con un mismo peso total.

Consecuencia 2.ª En la fórmula [27] no interviene ni el volumen V de ambos globos, ni el peso total común P que soportan, ni la presión x del punto de partida, de modo que cualquiera que sean el volumen y peso total comunes á ambos globos, y la presión del punto de partida, se verificará la relación [27] que hemos deducido.

Consecuencia 3.ª Utilizando la fórmula de Halley

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 18400 \,.\, \log \frac{x_2}{x_1}$$

para obtener la diferencia de alturas alcanzadas por ambos globos, tendremos (suponiendo $a_1 > a_2$ para que $x_2 > x_1$, y poniendo por $\frac{x_2}{x_1}$ el valor $\frac{a_1}{a_2}$ deducido en nuestro caso),

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 18400 \,.\, \log \frac{a_1}{a_2}$$

cuya fórmula nos prueba, que la diferencia entre las alturas alcanzadas por ambos globos, depende únicamente de la relación $\frac{a_1}{a_2}$, de modo que dicha diferencia será constante, siempre que se empléen gases cuyas fuerzas ascensionales por metro cúbico, ó totales, puesto que los volúmenes de ambos son iguales, estén en una misma relación.

Agrupando las tres consecuencias deducidas, llegamos á esta ley general, sobre la influencia que en la altura que alcanzan dos globos de igual volumen, tiene la clase del gas que los llena.

«Dos globos de igual volumen, llenos de gases diferentes, á igual presión y temperatura, y soportando iguales pesos totales, alcanzan alturas diferentes, que sólo dependen de la clase del gas que los llena, pero no del volumen ni del peso total, y la diferencia entre las alturas alcanzadas será constante, usando los mismos gases, ú otros cuyas fuerzas ascensionales guarden la misma relación (al variar los volúmenes y peso común de los globos), correspondiendo siempre la mayor altura, al globo lleno con gas más ligero.»

Aplicación á dos globos de igual volumen y peso total llenos respectivamente de gas hidrógeno industrial y de gas del alumbrado, partiendo del nivel del mar, con la fuerza ascensional normal de cada gas.

Para determinar la diferencia de alturas, pondremos en la fórmula

de Halley los datos correspondientes á nuestro caso, que son:

$$a_1 = 1{,}09 \qquad » \qquad a_2 = 0{,}70$$

y tendremos

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 18.400 \log. \frac{109}{70} = 18.400 \ (\log. 109 - \log. 70)$$

$$\left.\begin{array}{r} \log. 109 = 2{,}03743 \\ \log. \ 70 = 1{,}84510 \\ \log. 109 - \log. \ 70 = 0{,}19233 \end{array}\right\} \text{valores que puestos en la anterior nos proporcionan}$$

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 3539 \text{ metros.}$$

Luego siempre que los pesos totales comunes de ambos globos sean tales que el lleno de gas más pesado (gas del alumbrado) pueda elevarse, entre las alturas de las zonas de equilibrio que ambos alcancen, habrá una diferencia de 3539 metros próximamente. Suponiendo á 0° la temperatura média del aire, puesto que hemos aplicado la fórmula de Halley, sin corrección de temperatura.

Influencia del volumen, en la altura que alcanzan dos globos llenos del mismo gas y con igual peso total, que parten de un mismo punto.

Sean V_1 y V_2 los dos volúmenes; P, el peso total que ambos globos soportan después de roto el equilibrio á la partida; a kilógramos, la fuerza ascensional del metro cúbico de gas de llenado, igual para ambos; x, la presión del punto de partida, y x_1 y x_2, las correspondientes á las zonas de equilibrio de cada globo.

Las ecuaciones de equilibrio en dichas zonas, serán:

$$\text{para el primer globo } \frac{V_1 \cdot a \cdot x_1}{x} = P$$

$$\text{para el segundo globo } \frac{V_2 \cdot a \cdot x_2}{x} = P$$

cuyos valores de P igualados nos darán

$$V_1 \cdot x_1 = V_2 \cdot x_2$$

deduciendo de ella

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{V_1}{V_2} \qquad [28].$$

Si suponemos

$$V_1 > V_2$$

resultará

$$x_2 > x_1.$$

Consecuencia 1.ª Las presiones correspondientes á las zonas de equilibrio de ambos aerostatos son inversamente proporcionales á los volúmenes de los mismos, é independientes del peso común P, de la fuerza ascensional común a del gas que los llena y de la presión x del punto de partida, alcanzando mayor altura el globo de mayor volúmen.

Consecuencia 2.ª Aplicando á nuestro caso la fórmula de Halley, obtendremos

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 18.400 - \log \frac{V_1}{V_2}$$

De modo que la diferencia entre las alturas que alcanzarán ambos globos en las condiciones dichas será constante si lo es la relación $\frac{V_1}{V_2}$ y tanto mayor, cuanto mayor sea el valor de esta relación.

Podemos, pues, enunciar la siguiente ley sobre la influencia del volumen en globos de igual peso, llenos del mismo gas y partiendo del mismo punto.

«Dos globos desiguales llenos del mismo gas, cualquiera que éste sea, que soportan el mismo peso, alcanzan alturas sobre el nivel del mar cuya diferencia es constante, y tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre sus volúmenes, alcanzando mayor altura el globo de mayor volúmen».

Ejemplo. Si suponemos que la relación $\frac{V_1}{V_2}$ sea igual á 2, tendremos:

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 18.400 - \log 2 = 18.400 \times 0{,}30103$$

ó sea

$$h_{x_1} - h_{x_2} = 5539 \text{ metros próximamente,}$$

suponiendo á cero grados la temperatura media del aire. Conocidas las leyes anteriores, continuaremos estudiando los siguientes problemas.

Problema 4.º Dados dos globos de igual volúmen V, llenos de gases distintos, cuyas fuerzas ascensionales (en iguales condiciones térmi-

cas y de presión al pie de ascensión) sean respectivamente a_1 y a_2, y conocido el peso P_1 que soporta el primero después de romper el equilibrio, hallar cuál debe ser el peso P_2 correspondiente al segundo globo, para que ambos alcancen una misma zona de equilibrio de presión x' y por lo tanto una misma altura sobre el nivel del mar.

La ecuación de equilibrio para el primer globo será, según sabemos:

$$\frac{V \cdot a_1 \cdot x'}{x} = P_1$$

que nos proporcionará el valor

$$x' = \frac{P_1 \cdot x}{V \cdot a_1}$$

en función de los datos.

La fuerza ascensional del segundo globo á la altura de presión x', vendrá dada por la fórmula:

$$\frac{V \cdot a_2 \cdot x'}{x}$$

y poniendo en ella el valor ya conocido de x', se convertirá en

$$[m] \qquad \frac{P_1 \cdot a_2}{a_1},$$

cuyo valor será igual al peso buscado P_2, puesto que el globo ha de quedar en equilibrio cuando su fuerza ascensional sea la $[m]$, es decir, á la altura de presión x', y obtendremos

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot a_2}{a_1} \qquad [29],$$

que nos resuelve el problema, y puesta bajo la forma

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

nos demuestra, «que para que dos globos de igual volúmen, cualquiera que éste sea, llenos de gases diferentes y partiendo del mismo punto, alcancen alturas iguales, es preciso que los pesos totales que eleven á dicha altura estén en la misma relación que las fuerzas ascensionales de los gases empleados para llenarlos.»

PROBLEMA 5.º—Conocidos los volúmenes V_1 y V_2 de dos globos desiguales, llenos del mismo gas, de fuerza ascensional a kilógramos, y el peso P_1 que el primero debe elevar á una altura de presión x', sobre un punto de presión x, determinar el peso P_2 que debe soportar el segundo globo para alcanzar la misma zona de presión x', partiendo del mismo punto de presión x.

Si suponemos conocido el peso P_2, las ecuaciones de equilibrio de ambos globos á la altura de presión x', serían:

$$\text{Para el primer globo } \frac{V_1 \cdot a \cdot x'}{x} = P_1$$

$$\text{Para el segundo globo } \frac{V_2 \cdot a \cdot x'}{x} = P_2$$

de las cuales deducimos

$$x' = \frac{x \cdot P_1}{V_1 \cdot a}$$

$$x' = \frac{x \cdot P_2}{V_2 \cdot a}$$

cuyos valores de x' igualados nos darán

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_2}{V_1} \qquad [30],$$

que nos resuelve el problema, y puesta bajo la forma

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

nos prueba que la relación entre los pesos que ambos globos soporten después de romper el equilibrio á la partida, ha de ser igual á la de sus volúmenes respectivos para que ambos alcancen igual zona de equilibrio.

PROBLEMA 6.º—Conocidos los elementos V_1 P_1 y a_1 de un globo, y los V_2 y a_2 de un segundo aerostato, determinar el peso P_2 que éste debe tener, para que, partiendo ambos del mismo punto de presión x, alcance el segundo la misma zona de equilibrio que el primero, zona correspondiente á la presión x'.

Supuesto conocido el valor P_2, las ecuaciones de equilibrio de ambos globos, en la zona deseada, serán:

Para el primer globo $\frac{V_1 \cdot a_1 x'}{x} = P_1$

Para el segundo globo $\frac{V_2 \cdot a_2 x'}{x} = P_2$

de las cuales deducimos:

$$x' = \frac{P_1 \cdot x}{V_1 \cdot a_1}$$

$$x' = \frac{P_2 \cdot x}{V_2 \cdot a_2}$$

igualando los valores de x' deducimos:

$$P_2 = \frac{V_2 \cdot a_2 \cdot P_1}{V_1 \cdot a_1} \qquad [31]$$

que nos dá el valor buscado, y nos resuelve este problema, el cual comprende, como casos particulares, los dos anteriores, pues si suponemos $V_1 = V_2$ (la hipótesis del 4.° problema) la fórmula [31] nos dá:

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot a_2}{a_1} \qquad \text{ó} \qquad \frac{P_1}{P_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

resultado que en él dedugimos, y si suponemos $a_1 = a_2$ (hipótesis del 5.° problema), se nos reduce á

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_2}{V_1} \qquad \text{ó} \qquad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

que en él hallamos.

Podemos poner la fórmula [31] bajo la forma:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{a_1 \cdot V_1}{a_2 \cdot V_2}$$

por la cual vemos, que la relación entre los pesos totales elevados por dos globos desiguales y llenos de gases diferentes, que parten de un mismo punto, para que ambos alcancen igual altura, ha de ser igual á la relación entre las fuerzas ascensionales totales de ambos globos al pie de ascensión, ó lo que es lo mismo, entre los pesos totales de equilibrio antes de la partida.

Si en la fórmula [31] suponemos

$$P_1 = P_2$$

se transforma en

$$V_1 \cdot a_1 = V_2 \cdot a_2$$

ó sea

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{a_2}{a_1}.$$

Es decir, que para que dos globos desiguales y llenos de gases diferentes, partiendo del mismo punto, eleven igual peso á la misma altura, es preciso que la relación entre sus volúmenes sea igual á la inversa de las fuerzas ascensionales de los gases que los llenan.

Siguiendo análogos procedimientos de planteo, se resolverían cuantos problemas se pueden proponer en la partida del globo libre lleno de gas, teniendo nuestros lectores elementos sobrados para resolverlos sin dificultad ninguna.

Conviene no olvidar, que los resultados que obtengamos al resolver los mencionados problemas, no serán exactos, puesto que las ecuaciones de equilibrio del globo, que en los mismos intervienen, no lo son tampoco por derivarse de la hipótesis falsa que hemos admitido, al suponer que tanto la temperatura del gas, como la del aire, se conservan respectivamente iguales á las del punto de partida cualquiera que sea la altura que ocupe el aerostato; pero dichos errores no son de gran importancia en la práctica, sobre todo tratándose de ascensiones á limitadas alturas (en general no exceden de 2000 metros sobre el mar), como acostumbran á ser las de carácter militar.

Si se trata de la partida de globos flácidos, es preciso tener presente lo que ya indicamos en otro lugar; que por pequeña que sea la ruptura de equilibrio al pie de ascensión, ó sea la fuerza ascensional remanente del globo flácido, ésta permanece constante hasta que el aerostato quede lleno por completo de gas al dilatarse éste conforme decrece, al ir subiendo, la presión atmosférica. Una vez lleno, continuará subiendo y decrecerá su fuerza ascensional remanente hasta anularse, en cuyo instante el globo quedará en equilibrio.

Como dicha fuerza ascensional remanente es siempre muy pequeña en el globo flácido, podemos admitir, sin gran error, que la presión de su zona de equilibrio es la correspondiente al instante en que queda lleno por completo, presión que, representada por x', satisfará á la ley de Mariotte

$$V_0 \,.\, x = V \,.\, x'$$

en la cual V_0 es el volumen del gas á la partida, V el total del globo (que es el del gas cuando queda lleno por completo) y x la presión del punto de partida. De la fórmula anterior deducimos:

$$[a] \qquad x' = \frac{V_0}{V} \,.\, x$$

que nos dá la presión de la zona de equilibrio en función de la del punto de partida y de la relación $\frac{V_0}{V}$ que llamaremos *grado de flacidez* del globo.

La ecuación $[a]$ nos prueba que x' sólo depende de x y del grado de flacidez, luego «todos los globos que partan de un mismo punto de presión x con igual grado de flacidez, alcanzarán igual altura de equilibrio, cualquiera que sea su volumen y la clase de gas que constituya su carga gaseosa.»

Para que dicha consecuencia pueda admitirse, es preciso que las fuerzas ascensionales remanentes de los globos sean despreciables, pues de no ser así, al quedar todos ellos llenos por completo, en la zona de presión x', es evidente que están en el caso de partir llenos, desde dicha zona, con fuerzas ascensionales remanentes distintas, y las alturas que alcancen sobre la misma, no serán iguales; pero diferirán tanto menos cuanto más pequeñas sean sus fuerzas ascensionales remanentes. Terminado el estudio teórico práctico de la partida del globo libre, pasemos al del viaje del globo.

SEGUNDA PARTE.

VIAJE DEL GLOBO LIBRE.

Como en otro lugar advertimos, dedicamos este capítulo de nuestro trabajo al estudio del globo en el aire durante su viaje libre, estudio que comprende el de las diversas causas que rompen el equilibrio del aerostato en sentido vertical, modificando la altura del mismo; ver su influencia sobre dicha altura, y estudiar los medios que debe emplear el aeronauta para contrarrestar los citados efectos y conservar el desarrollo del viaje dentro de la zona conveniente, debiendo advertir, que con tal frecuencia se suceden las mencionadas causas en el curso del viaje aéreo, que el conductor del globo, puede decirse que no cesa un instante de practicar las maniobras oportunas para neutralizar sus efectos.

Varias son las causas que modifican la altura de un globo libre, causas que clasificaremos en dos grupos, figurando en el primero todas aquellas que produzcan un aumento en la altura del aerostato, y en el segundo, aquellas que originen un descenso del mismo, descenso que, una vez iniciado, produciría la caida involuntaria ó descenso involuntario del globo á tierra, á no ser que varíen las causas que le producen, ó que se contrarreste dicho movimiento por medio de la oportuna maniobra.

GRUPO 1.º—**Causas que producen un aumento en la altura del globo.**

Para que un globo libre que está en equilibrio á una altura cualquiera suba, es preciso, ó que aumente la fuerza ascensional del gas contenido, ó que disminuya el peso total que en dicho instante soporta: de

ambos modos se romperá el equilibrio creándose una fuerza ascensional remanente, que impulsará al globo hacia arriba aumentando su altura.

Al estudiar la fuerza ascensional de un gas cualquiera, hemos visto que sus aumentos pueden ser debidos:

1.° A una igual disminución en las temperaturas del aire y del gas.

2.° A un aumento en la temperatura sólo del gas. No consideramos un descenso de temperatura sólo en el aire, porque este descenso origina necesariamente un descenso en la temperatura del gas; ni un aumento de presión atmosférica, porque á no ser en días de gran temporal, en los cuales es de suponer que no se hagan ascensiones, la presión, en su variación diurna, es sumamente lenta, y su influencia en la fuerza ascensional, casi despreciable.

Una disminución involuntaria (puesto que no hablamos de arrroje de lastre) en el peso que soporta el globo, consiste en la evaporación de los precipitados acuosos que pueden haberse depositado, tanto sobre la tela del globo, como sobre la barquilla y cordaje del mismo, disminución de peso que evidentemente produce el mismo resultado, que un aumento equivalente en la fuerza ascensional del gas contenido, puesto que origina en el globo una fuerza ascensional remanente.

Medio de contrarrestar los efectos de las causas que producen un aumento en la altura del globo.

El único medio que el aeronauta puede emplear para contrarrestar los efectos de las causas citadas, suponiendo que la misión especial del viaje le obligue á mantenerse á la altura elegida, ó considere peligroso remontarse á las que dichas causas pueden hacerle alcanzar, consiste en maniobrar la válvula superior del globo, para perder por ella cierta cantidad del gas contenido.

En efecto, al realizar dicha maniobra y perder una cantidad suficiente de gas, el globo quedará flácido y disminuirá de volumen, disminuyendo por consiguiente la fuerza ascensional del gas contenido, en la cantidad $v \cdot a$, siendo v el volumen de gas perdido, expresado en metros cúbicos, y a kilógramos la fuerza ascensional del metro cúbico de gas, en las condiciones térmicas y de presión correspondientes al instante considerado.

Si la cantidad $v \cdot a$ es igual al incremento producido en la fuerza ascensional por una variación en las condiciones térmicas, ó igual á la pérdida de peso que la evaporación origine, el aerostato quedará en equilibrio.

Si dicha cantidad fuese inferior al citado incremento de fuerza ó disminución de peso, habrá que repetir la maniobra de la válvula para perder nueva cantidad de gas; y si resultase mayor que aquella, el globo iniciaría un descenso á tierra, que habrá que neutralizar, como más adelante veremos, con el conveniente arroje de lastre.

Conviene tener presente, que por bien construída que esté la válvula, es sumamente difícil perder una cantidad de gas determinada, y con gran facilidad se pierde más gas del necesario, provocando un descenso involuntario, que originará la correspondiente pérdida de lastre.

Es, pues, preferible (de no haber grave peligro en alcanzar mayores alturas, ó un interés decidido en conservar la fijada para el viaje), no efectuar esta maniobra, y dejar que se pierda por el apéndice, al elevarse el aerostato, la cantidad de gas correspondiente, puesto que siguiendo este camino no se perderá más que el gas extrictamente preciso, y no habrá que arrojar lastre ninguno.

Más adelante analizaremos la influencia en la altura del globo de las dos primeras causas señaladas, siendo imposible someter al cálculo la tercera, por ser desconocido por completo el peso de los precipitados acuosos que pueden pesar sobre el globo.

GRUPO 2.º—**Causas que producen un descenso involuntario del globo.**

Las causas que producen un descenso involuntario del globo, son todas aquellas que disminuyen la fuerza ascensional del gas contenido, ó las que dan por resultado un aumento en el peso que soporta, puesto que en ambos casos, el equilibrio vertical del globo quedará roto, y la resultante de las dos fuerzas verticales y opuestas, que sobre él actúan, impulsará al globo hacia tierra.

Estas causas son:

1.ª Una disminución en la fuerza ascensional del gas del globo, debida á un igual aumento en las temperaturas del aire y del gas.

2.ª Una disminución en la fuerza ascensional del gas, originada por una pérdida excesiva de éste, al maniobrar la válvula superior.

3.ª Una sobrecarga accidental, ó aumento del peso que soporta el globo, debido á los precipitados acuosos que sobre su tela, cordaje y barquilla pueden depositarse.

Existe además una causa constante que tiende á disminuir la fuerza ascensional del gas y que estriba, en la pérdida constante que de este fluido experimenta el globo, á través de su tela y por el cierre de su válvula, por buena que ésta sea; pero esta pérdida es despreciable en globos bien construídos y en buen estado, para los cuales, la pérdida de gas por cada veinticuatro horas, no debe exceder del 2 por 100 del volumen total del aerostato.

Medio de contrarrestar los descensos involuntarios del globo libre.

Para darse clara cuenta de la grandísima importancia que para el aeronauta tienen las causas mencionadas y la necesidad de contrarrestar su efecto en cuanto se inicie el descenso del globo, es preciso tener presente, que si este movimiento no se contrarresta, ó no se modifican las circunstancias que le producen, el globo descendería hasta tierra.

En efecto, al comenzar el descenso, el globo se sumerge en zonas de aire de presión creciente, y siguiendo la ley de Mariotte (puesto que suponemos constantes las condiciones térmicas á cualquier altura), se comprime el gas del aerostato, disminuyendo éste de volumen y pasando al caso de globo flácido, en el cual, según hemos visto, es constante la fuerza ascensional del gas á cualquier altura, y como también lo es el peso que soporta el aerostato (suponemos que no se arroja lastre) resulta constante la fuerza de descenso (igual al peso total menos la fuerza ascensional del gas), si no varían las causas que motivaron el descenso, fuerza bajo cuya acción el globo llegaría á tierra con movimiento uniformemente acelerado, si no fuera por la resistencia que el aire opone al movimiento, resistencia que, como en su lugar veremos, le transforma esencialmente convirtiéndole en movimiento sensiblemente uniforme.

De la consideración anterior resulta la capital importancia que tiene el contener los descensos involuntarios en cuanto se inicien, y el medio de que dispone el aeronauta para contenerle y anularle, que no

es otro, que arrojar una cantidad de lastre conveniente para restablecer el equilibrio entre la fuerza ascensional del gas contenido y el peso total que el globo soporta, y para anular la cantidad de movimiento que éste haya podido tomar.

Vemos, pues, como resumen de cuanto hemos dicho, que para restablecer el equilibrio del aerostato en sentido vertical, tiene el aeronauta, ó que sacrificar gas, ó que desprenderse de lastre. Dejando para más adelante el estudio teórico de las influencias que en la altura del globo producen las diversas causas enumeradas, vamos á estudiar, con todo detalle, la decisiva y capital importancia que tiene el lastre durante el viaje del globo libre, lastre que, en unión del gas, constituyen los dos elementos de lucha y de defensa del globo en el aire, y que debe ser gastado con gran economía y completo conocimiento de causa.

Importancia del lastre.

Al estudiar la partida del globo, vimos la necesidad del lastre y la forma de emplearle, según los casos, para alcanzar una altura determinada.

En los párrafos anteriores, acabamos de comprobar la necesidad de efectuar arrojes de lastre durante el viaje, para contrarrestar los descensos involuntarios que el globo puede experimentar, y cuando estudiemos la importantísima operación del descenso á tierra, término del viaje, veremos también la grandísima importancia y decisiva influencia que en el buen resultado de tan delicada operación desempeña el lastre.

Aun hay más casos durante el viaje, que exigen el empleo del lastre, pues en muchas ocasiones se verá precisado el aeronauta á desprenderse de ciertas cantidades de este importante elemento, no ya para neutralizar los descensos involuntarios que, como ya hemos dicho, se presentan con gran frecuencia, sino para elevarse á mayores alturas y poder salvar los obstáculos que se opongan á la marcha del aerostato.

El lastre y el gas constituyen los elementos de defensa del globo en el aire; ambos se utilizan y por consiguiente se gastan durante el viaje, y cuanto más racional, prudente y económico sea su empleo, mayor podrá ser la duración de aquél, y en mejores condiciones estará el aeronauta, tanto para elegir el punto y el instante más convenientes para tomar

tierra, como para llegar á ella con una velocidad de descenso tan pequeña como desée, asegurando el éxito de esta operación, y rindiendo su viaje aéreo en las mejores condiciones posibles.

Estudiaremos teóricamente la influencia de los arrojes de lastre, en la altura del aerostato, deduciendo, no solamente las relaciones que el cálculo nos proporcione, relaciones que nos enlazarán los pesos del lastre arrojados con las variaciones de altura producidas y el volumen y clase de gas del globo, sino leyes prácticas, suficientemente exactas y fáciles de retener en la memoria, de grandísima utilidad para el oficial conductor de un globo libre.

Influencia del lastre.

Antes de entrar en materia, creemos conveniente recordar la importantísima consecuencia contenida en la fórmula [11′] deducida al estudiar la fuerza ascensional de un gas cualquiera:

$$F\,a^{x'}{}_{t'\,t} - F\,a^{x'-1}{}_{t'\,t} = F\,a^{x}{}_{t'\,t} \cdot \frac{1}{x}. \qquad [11']$$

Representando de un modo general por V el volumen de un globo, tendremos:

$$V \,.\, F\,a^{x'}{}_{t'\,t} - V \,.\, F\,a^{x'-1}{}_{t'\,t} = \frac{V \,.\, F\,a^{x}{}_{t'\,t}}{x}.$$

El primer miembro de la ecuación anterior, representa la disminución que experimenta la fuerza ascensional del gas contenido en un globo de volumen cualquiera V, cuando al elevarse (sin variar las condiciones térmicas) disminuye la presión atmosférica en 1 milímetro de mercurio, y la fórmula nos demuestra, que dicha disminución es igual á la fuerza ascensional del gas del mismo globo, en iguales condiciones de temperatura, pero á presión cualquiera x, dividida por dicha presión.

Si, para abreviar, representamos por $V \,.\, a$ el valor $V \,.\, F\,a^{x}{}_{t'\,t}$, y suponemos que esta fuerza ascensional sea la del pié de ascensión, la fórmula se convierte en la siguiente:

$$\left.\begin{array}{r}\text{Disminución de fuerza ascensional del gas del globo}\\ \text{al decrecer la presión atmosférica en 1 milímetro}\end{array}\right\} = \frac{V \,.\, a}{x}. \qquad [32]$$

Conviene también tener presente, que lo mismo que en la partida

del globo, y en la imposibilidad de conocer las temperaturas del gas, la supondremos constante á cualquier altura, é igual á la que tenía al pesar el globo, y lo mismo decimos de la del aire. Claro es que las variaciones en estas temperaturas, modificarán los resultados que obtengamos, que no serán exactos; pero teniendo en cuenta que un arroje de lastre produce su efecto sobre la altura del aerostato en un tiempo siempre pequeño, durante el cual, no es de suponer varíen las condiciones térmicas hasta el punto de modificar esencialmente los resultados obtenidos en la hipótesis mencionada, y que no se trata, en general, de grandes arrojes de lastre que darían lugar á grandes desplazamientos verticales, en cuyo caso la temperatura del aire variaría mucho y daría lugar á grandes errores en los resultados, éstos tendrán la suficiente aproximación para ser verdaderamente útiles en la práctica.

Además, estos errores no influyen sobre los resultados que obtengamos, al estudiar la influencia de un arroje igual de lastre sobre la altura de dos globos de igual volumen, pero llenos de gases distintos, ó de desigual volumen y llenos del mismo gas.

Influencia de un arroje de lastre, sobre la altura de un globo dado.

Consideremos un globo de volumen cualquiera V, lleno de un gas cuya fuerza ascensional total á la partida desde un punto de presión x sea $V \cdot a$, en equilibrio á una altura de presión x', soportando el peso total P.

Si el aeronauta quiere elevarse á mayor altura, y alcanzar una zona de presión $x'' < x'$ tendrá que arrojar una cantidad de lastre determinada, cantidad que, evidentemente, tendrá que ser igual á la diferencia entre la fuerza ascensional del gas del globo á la altura de presión x' (fuerza que es, como sabemos, $\frac{V \cdot a \cdot x'}{x}$ en función de la del pie de ascensión $V \cdot a$) y la que tendrá dicho gas á la altura de presión x'', que en función de la del pie de ascensión será $\frac{V \cdot a \cdot x''}{x}$.

Por lo tanto el peso l kilógramos de lastre que habrá que arrojar para alcanzar el resultado deseado, vendrá dado por la ecuación

$$l = \frac{V.a.x'}{x} - \frac{V.a.x''}{x} = \frac{V.a(x' - x'')}{x}. \qquad [33]$$

Como $V.a$ » x y x' son constantes para un caso determinado, vemos que l será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia $x' - x''$, es decir, cuanto menor sea x'' respecto de x' y por lo tanto mayor la elevación que, sobre el punto en que se haga el arroje, se desée obtener.

La fórmula [33] es exactamente la misma [21] deducida al tratar de la partida del globo libre, haciendo en la [33] $x' = x$, puesto que esto equivale á suponer que el globo está en equilibrio al pie de ascensión en el momento de hacer el arroje de lastre, como al deducir la [21] supusimos: de modo que cuantas consecuencias deduzcamos de la fórmula [33], serán aplicables á la partida del globo, y complementarán la teoría referente á dicho punto.

Demostramos en la partida del globo lleno, que la misma altura sobre el pie de ascensión, se alcanzaba arrojando una cantidad de lastre de una sola vez, que distribuyendo la misma cantidad entre varios arrojes sucesivos. Lo mismo sucede cuando el globo está en equilibrio, no al pié de ascensión, sino á una altura cualquiera al hacer el arroje de lastre, propiedad que se demuestra también fácilmente del siguiente modo.

Aplicando la fórmula [33] á un globo que esté en equilibrio á la altura de presión x'' y representando por l' el peso de lastre que en dicha zona debe arrojar para alcanzar la de presión x''' tendremos:

$$l' = \frac{V.a(x'' - x''')}{x}$$

que sumada miembro á miembro con la [33] nos dá:

$$l + l' = \frac{V.a(x' - x'' + x'' - x''')}{x} = \frac{V.a(x' - x''')}{x}$$

que nos prueba que si arrojamos de una vez desde la altura de presión x' el peso de lastre $(l + l')$ en lugar del l, alcanzaremos de una vez la zona de presión x'''. Vamos ahora á discutir la ecuación [33], de la que deduciremos consecuencias sumamente interesantes, y de gran utilidad.

Discusión de la fórmula $l = \frac{V \cdot a (x' - x'')}{x}$ y consecuencias que se deducen sobre el efecto del lastre.

Pongamos la fórmula bajo la forma

$$x'' = x' - \frac{l \cdot x}{V \cdot a}$$

que nos permite deducir las consecuencias siguientes:

Consecuencia 1.ª Para un globo dado (V y a constantes) y un punto de partida determinado (x constante) x'' disminuye, y por lo tanto, la altura alcanzada sobre el punto de presión x', ó sea el efecto del arroje de lastre, aumenta, al aumentar l, peso del lastre arrojado.

Consecuencia 2.ª Para un globo dado (V, a y x constantes) y un arroje l constante de lastre, x'' disminuye y aumenta el efecto producido, al disminuir x'.

Es decir, que un mismo peso de lastre arrojado desde el mismo globo á alturas distintas, produce tanto mayor efecto, cuanto mayor sea la altura que ocupa el aerostato al hacer el arroje, consecuencia que conviene tener muy presente en la práctica.

Consecuencia 3.ª *Efectos que produce un mismo arroje de lastre sobre globos de distinto volumen llenos del mismo gas, y en equilibrio á la misma altura.*—Nos demuestra la fórmula que estamos discutiendo, que suponiendo constantes las cantidades l, a, x y x' que en ella intervienen, x'' decrece al disminuir V, de modo que, cuanto menor sea el volumen del globo, mayor será el efecto que en su altura produzca un mismo arroje de lastre hecho desde una altura determinada, ó de otro modo: si se tienen dos globos de volúmenes desiguales, en equilibrio á la misma altura (cualquiera que ésta sea), y llenos de la misma clase de gas, si ambos arrojan un mismo peso de lastre, se elevará más alto el de menor volumen.

Observación. La consecuencia que acabamos de deducir nos la proporciona también directamente la fórmula [32] que nos dá idea más clara de la esencia del fenómeno. Si representamos por V_1 y V_2 los volúmenes de ambos globos que están en equilibrio á la misma altura, por a kilógramos la fuerza ascensional del metro cúbico de gas al pie de ascensión, y por x la presión en este punto, si ambos arrojan un

igual peso de lastre l, ambos se elevarán, animados en el primer instante por la fuerza ascensional remanente l, igual para los dos; pero al disminuir (conforme se elevan) la presión atmosférica en un milímetro de mercurio, el primer globo (de volumen V_1) habrá perdido de la fuerza ascensional de su gas, y por consiguiente, de la ascensional remanente, una cantidad que, según la fórmula [32], es igual á $\frac{V_1 \cdot a}{x}$, mientras el segundo globo, en iguales condiciones, perderá $\frac{V_2 \cdot a}{x}$. Si suponemos $V_1 > V_2$ la primer pérdida será mayor que la segunda, y cuando el primer globo haya perdido por completo su fuerza ascensional remanente, y por lo tanto haya alcanzado su zona de equilibrio, el segundo conservará parte de dicha fuerza y proseguirá su movimiento ascensional alcanzando mayor altura que el primero.

Consecuencia 4.ª *Efecto de un mismo arroje de lastre sobre globos de igual volumen llenos de gases diferentes y en equilibrio á la misma altura. —Paradoja aerostática.*—La fórmula [33] nos demuestra también, que permaneciendo constantes V, x', l y x, x'' decrece al decrecer a; ó dicho de otro modo: si se tienen dos globos de igual volumen, llenos de gases diferentes, en equilibrio á la misma altura de presión x', y ambos arrojan pesos iguales de lastre l, subirá más alto el lleno con gas más pesado el de *menor* fuerza ascensional.

Esta consecuencia toma el nombre de «Paradoja aerostática», pues efectivamente, á primera vista, cualquiera opina, á menos de no fijar con cuidado la atención en las condiciones del problema, que subirá más alto el globo lleno de gas más ligero; el aerostato que tiene mayor fuerza ascensional almacenada en su gas. Para que desaparezca el aspecto paradógico del resultado, y á fin de darnos perfecta cuenta de lo que en este caso ocurre, con mayor claridad que la que entraña una fórmula, volveremos á recurrir á la ya citada [32], que nos proporcionará la clave del fenómeno que estudiamos.

En efecto, representemos por V el volumen de ambos globos (puesto que son iguales), y por $V \cdot a_1$ y $V \cdot a_2$ las fuerzas ascensionales de sus gases, en el instante de arrojar ambos desde la misma altura el mismo peso l de lastre.

Ambos emprenderán su movimiento ascensional, animados, en el primer instante, de igual fuerza ascensional remanente l; en ambos disminuirá, al ir subiendo, la del gas que los llene (y por lo tanto la remanente, puesto que el peso que después del arroje de lastre soportan es constante); pero las pérdidas no serán iguales para ambos, pues al decrecer en 1 milímetro la presión atmosférica, la pérdida será para el primer globo $\frac{V \cdot a_1}{x'}$, (siendo x' la presión del punto en que se hizo el arroje) y $\frac{V \cdot a_2}{x'}$ para el segundo globo; valores distintos, puesto que a_1 y a_2 lo son también, y si suponemos $a_1 > a_2$ resultará:

$$\frac{V \cdot a_1}{x'} > \frac{V \cdot a_2}{x'}.$$

Ambos globos subirán mientras conserven fuerza ascensional remanente que los impulse, es decir, hasta que las pérdidas de fuerza ascensional de los gases contenidos experimentadas lleguen á ser iguales á l; cuando esto suceda, los globos quedarán en equilibrio.

Representemos por α_1 el número de milímetros de mercurio que debe descender la presión atmosférica, para que el primer globo, el de fuerza ascensional $V \cdot a_1$ al arrojar el lastre en la zona de presión x', quede en equilibrio; y por α_2 el descenso correspondiente de presión, para que el segundo globo alcance su zona de equilibrio. En virtud de lo expuesto, podremos establecer las igualdades siguientes:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Pérdida total de fuerza ascensional del gas para el} \\ \quad\text{primer globo. . . . . .}\end{array}\right\} = l = \frac{\alpha_1 \; V \cdot a_1}{x'}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{Perdida de fuerza ascensional del gas del segundo} \\ \quad\text{globo. . . . . .}\end{array}\right\} = l = \frac{\alpha_2 \cdot V \cdot a_2}{x'}$$

de cuyas igualdades deducimos:

$$\alpha_1 = \frac{l\,x'}{V \cdot a_1} \qquad \alpha_2 = \frac{l \cdot x'}{V \cdot a_2}$$

y como hemos supuesto $a_1 > a_2$, resulta de las relaciones anteriores, $\alpha_1 < \alpha_2$, ó sea, que para que el globo lleno de gas más ligero, de *mayor* fuerza ascensional, alcance su nueva zona de equilibrio, debida al arroje de lastre l, la presión ha de disminuir *menos* que para que alcance la suya el lleno de gas más pesado; por consiguiente, este último adquirirá

mayor altura sobre la correspondiente al punto desde el cual se practicó el arroje de lastre.

Con lo expuesto, creemos haber aclarado por completo el punto que á primera vista podía repugnar á la razón.

Observación. Dividiendo miembro á miembro las expresiones que nos proporcionan los valores de α_1 y de α_2 resulta:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

que nos pone de manifiesto la propiedad siguiente.

«Si dos globos de igual volumen, cualquiera que éste sea, llenos de gases diferentes y en equilibrio á una misma altura arbitraria, arrojan un mismo peso de lastre, las variaciones ó diferencias de presión entre la de la zona que ambos ocupaban al hacer dicho arroje, y las correspondientes á sus nuevas zonas de equilibrio, son inversamente proporcionales á las fuerzas ascensionales de los gases de ambos globos.»

Efecto de un igual arroje de lastre sobre globos desiguales, llenos de gases diferentes, que están en equilibrio á igual altura.

Consideremos dos globos de volúmenes distintos V_1 y V_2 llenos de gases diferentes, de fuerza ascensional a_1 y a_2 respectivamente, en equilibrio á igual altura de presión x y soportando los peso totales P_1 y P_2.

Sea l la cantidad en peso que ambos globos arrojan.

Antes de efectuar dicho arroje, las ecuaciones de equilibrio de los dos aerostatos son:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Primer globo } V_1 \cdot a_1 = P_1 \\ \text{Segundo globo } V_2 \cdot a_2 = P_2\end{array}\right\} \text{ que nos dan } \frac{V_1 \cdot a_1}{V_2 \cdot a_2} = \frac{P_1}{P_2} \qquad [n]$$

Representando por α_1 y α_2 las diferencias de presión expresadas en milímetros, entre la correspondiente á la zona común de equilibrio antes de practicar el arroje de lastre, y las de equilibrio de ambos globos, después de practicarle, sabemos que se verificarán las relaciones

$$l = \frac{V_1 \cdot a_1 \alpha_1}{x} \qquad l = \frac{V_2 \cdot a_2 \cdot \alpha_2}{x}$$

cuyos valores de l, igualados, proporcionan la igualdad:

$$V_1 \cdot a_1 \cdot \alpha_1 = V_2 \cdot a_2 \cdot \alpha_2$$

y en virtud de las [n]

$$P_1 \alpha_1 = P_2 \alpha_2$$

que podemos escribir

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \qquad [34]$$

deduciendo las consecuencias siguientes:

Consecuencia 1.ª Si suponemos, como en general ocurrirá, que P_1 y P_2 sean distintos, la fórmula [34] nos demuestra que las variaciones de presión correspondientes á las zonas de equilibrio de ambos globos, están en razón inversa de los pesos totales, y por lo tanto, de las fuerzas ascensionales totales de los gases de ambos globos en el momento del arroje de lastre, es decir, que subirá más alto el de menor peso total, el de menor fuerza ascensional; conclusión perfectamente de acuerdo con las consecuencias 3.ª y 4.ª, deducidas al discutir la fórmula [33], puesto que el menor peso total, ó menor fuerza ascensional de uno de los globos, proviene, ó de tener menor volumen, si están llenos del mismo gas (consecuencia 3.ª), ó si ambos son de igual volumen, de estar lleno de gas más pesado (consecuencia 4.ª).

Consecuencia 2.ª Si suponemos el caso particular, para el cual $P_1 = P_2$ resulta de la fórmula [34] $\alpha_1 = \alpha_2$, y ambos globos alcanzan la misma zona de equilibrio, es decir, que si los pesos totales, ó sea las fuerzas ascensionales totales de los gases de ambos globos son iguales al hacer un mismo arroje de lastre desde igual altura, alcanzarán ambos la misma zona de equilibrio.

Relación entre los pesos de lastre que deben arrojar dos globos distintos en equilibrio á una misma altura, para alcanzar alturas iguales.

Sean V_1 y a_1 los elementos de un globo, y V_2 y a_2 los correspondientes del otro, se tendrá:

$$V_1 \cdot a_1 = P_1 \qquad \text{y} \qquad V_2 \cdot a_2 = P_2.$$

Representando por x la presión de la zona común de equilibrio, antes del arroje de lastre, y por α el decremento común de presión para alcanzar ambos la nueva zona de equilibrio después del arroje, tendremos, llamando l_1 y l_2 dichos arrojes.

Ecuaciones de equilibrio antes de arrojar lastre:

$$\text{Para el primer globo } V_1 \cdot a_1 = P_1$$
$$\text{Para el segundo globo } V_2 \cdot a_2 = P_2$$

Las pérdidas totales que sufrirán ambos globos para alcanzar su nueva zona de equilibrio al hacer los correspondientes arrojes de lastre, serán:

$$\text{Para el primer globo } l_1 = \frac{V_1 \cdot a_1 \cdot \alpha}{x}$$

$$\text{Para el segundo globo } l_2 = \frac{V_2 \cdot a_2 \cdot \alpha}{x}$$

de las cuales deducimos

$$\alpha = \frac{x \cdot l_1}{V_1 \cdot a_1}$$

$$\alpha = \frac{x \cdot l_2}{V_2 \cdot a_2}$$

igualando los valores de α, obtendremos:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{V_1 \cdot a_1}{V_2 \cdot a_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

cuya relación nos permite determinar el valor de uno de los arrojes de lastre conocido el otro, y nos demuestra la proposición siguiente:

«Para que dos globos cualesquiera, que están en equilibrio á una misma altura, alcancen igual zona de equilibrio al efectuar cada uno un arroje de lastre, es preciso que los pesos de éste, sean proporcionales á los pesos totales soportados por los globos antes del arroje, ó sea á las fuerzas ascensionales totales de los gases de los globos».

Ley de gran aplicación para el conductor de un globo.

Vamos á demostrar una ley de gran utilidad para el oficial conductor de un globo libre, relativa al efecto producido sobre la altura de un aerostato dado, por un arroje de lastre cuyo peso sea la centésima parte del peso total que soporta el globo en el momento del arroje.

Ley.—«Cualquier globo, en equilibrio, que arroje un peso de lastre igual á la centésima parte del peso total que soporta, se elevará 81 metros próximamente sobre la zona que ocupaba al hacer dicho arroje de lastre».

Para demostrar la proposición cuyo enunciado acabamos de exponer, consideremos un globo cualquiera, en equilibrio en la zona de presión arbitraria x, siendo en ella $V . a$ la fuerza ascensional total del gas contenido y $P = V . a$ el peso total que soporta.

Las ecuaciones de equilibrio de este globo, antes y después de arrojar el peso de lastre $\frac{P}{100}$ serán, representando por x' la presión de la nueva zona de equilibrio,

antes del arroje.. . . . $V . a = P$,

después del arroje. . . $\frac{V . a\, x'}{x} = P - \frac{P}{100} = \frac{99 . P}{100}$.

Substituyendo en la segunda el valor $V . a = P$ dado por la primera, resultará:

$$\frac{P\, x'}{x} = \frac{99 . P}{100}$$

y despejando el valor de $\frac{x}{x'}$:

$$\frac{x}{x'} = \frac{100}{90}. \qquad [35]$$

La fórmula anterior nos demuesta que la presión x' correspondiente á la zona de equilibrio que alcanzará el globo al arrojar un peso de lastre igual á $\frac{P}{100}$, no depende ni de V ni de a, ni por consiguiente de P, y que la relación de dicha presión á la de la zona de partida, es constante, quedando así demostrado que todos los globos, cualquiera que sean su volumen y la clase de gas de llenado, que estando en equilibrio á igual altura, arrojen pesos de lastre iguales á la centésima parte de los pesos totales que soportan, se elevarán todos á la misma altura de presión x'.

Para demostrar que la altura correspondiente á la diferencia de presiones entre ambas zonas de equilibrio es de unos 81 metros, recurriremos á la fórmula de Halley, que, como sabemos, enlaza la diferencia de alturas con las presiones correspondientes: la fórmula es,

$$h_{x'} - h_x = 18400 \,.\, \log \frac{x}{x'}.$$

Substituyendo en ella el valor de $\frac{x}{x'}$ de nuestro caso, ó sea $\frac{100}{99}$, obtendremos:

$$h_{x'} - h_x = 18400 \,.\, \log \frac{100}{99}$$

y hallando los logaritmos indicados

$$h_{x'} - h_x = 18400\,(2 - 1{,}9956) = 18400 \times 0{,}0044 = 81 \text{ metros} \quad [36]$$

que nos acaba de demostrar la ley mencionada.

Si la temperatura media del aire entre los puntos de presión x y x' no fuese 0°, sino $\pm\, t^{\circ}_{m}$, se aumentarán ó disminuirán los 81 metros obtenidos (según el signo de t_m) en el producto

$$81 \times 0{,}004 \times t_m.$$

***

La ley anterior, sencillísima de recordar, resulta de una gran aplicación práctica, porque el aeronauta conoce en cada instante (excepto cuando el globo soporta una sobrecarga accidental de precipitados acuosos), con la suficiente aproximación, el peso total que soporta su globo, y por lo tanto el valor de la centésima parte del mismo.

Si todos los sacos de lastre que lleva en la barquilla son de igual peso, el efecto que el arroje de cada uno de ellos producirá sobre la altura del globo, será cada vez mayor.

Sería conveniente llevarlos numerados y cargados con peso variable, para que cada uno de ellos produjese el mismo efecto.

Es también de gran utilidad, para economizar todo lo posible la cantidad de lastre de viaje de que dispone el aeronauta, que cuando trate de alcanzar una altura dada, empleando varios arrojes sucesivos de lastre, espere, para hacer cada uno de ellos, á que el anterior haya producido todo su efecto, circunstancia fácil de comprobar por medio del aparato llamado Estatóscopo, que indica con muchísima más rapidez y amplitud que el barómetro, si el globo sube, si baja, ó si permanece en

equilibrio en sentido vertical. Debe consultarse con gran frecuencia tan indispensable aparato, para contrarrestar cualquier descenso involuntario en cuanto se inicie, pues de no hacerlo así, será mayor la cantidad de lastre que habrá de arrojarse, pues ya el globo llevará una cantidad de movimiento importante, que hay que destruir para restablecer el equilibrio. En ciertos casos conviene obtener un efecto dado en el menor tiempo posible, como ocurre cuando el globo deba salvar un obstáculo que entorpece su marcha. Conocida la altura de éste, y por lo tanto, el peso de lastre que debe arrojarse para dominarla, y llegado el momento oportuno, se practicará el arroje de una sola vez, pues como en su lugar veremos, se alcanzará más rápidamente la altura deseada, que empleando los arrojes sucesivos.

Para desprenderse, al practicar estos últimos, de la cantidad de lastre conveniente, de un modo muy aproximado, se debe disponer de una especie de gran cuchara ó medida, que llena de arena dé un peso conocido; por cuyo medio resulta bastante exacto y cómodo el arroje de un peso determinado de lastre.

Observación importante.—Con lo expuesto, queda terminado el estudio teórico de los efectos que produce un arroje de lastre sobre la altura de un globo dado, ó de varios globos conocidos también, suponiéndolos llenos por completo de gas; si el globo está flácido, caso muy frecuente en la práctica y que ocurrirá en cuanto se contenga un descenso involuntario con el correspondiente arroje de lastre, es preciso tener presente, que el efecto de dicho arroje será mayor que el que se produciría en iguales condiciones, sobre el mismo globo lleno por completo, y tanto mayor cuanto mayor sea el grado de flacidez del aerostato en el instante considerado, pues como sabemos, al arrojar lastre para contrarrestar el descenso, en cuanto dotemos al globo de una fuerza ascensional remanente, por pequeña que ésta sea, se conservará íntegra durante la subida del globo, hasta el momento en que éste quede lleno por completo, á partir de cuyo instante empezará á decrecer hasta anularse al llegar el globo á su nueva zona de equilibrio. El efecto total será, pues, la suma de dos efectos: primero, altura alcanzada á partir del punto en que se hizo el arroje, para que el globo quede lleno por completo (sumando que depende del grado de flacidez del globo); segundo,

efecto producido por un arroje de lastre igual á la fuerza ascensional remanente creada, pero hecho en el punto en que el globo quedó lleno por completo, y en las condiciones de presión y temperatura que á dicha zona corresponden. Teóricamente, es decir, conocido el grado de flacidez del globo, los elementos del mismo y la fuerza ascensional remanente que en él se engendre, el problema se resuelve sencillísimamente, puesto que sabemos calcular en función de los datos, el valor de los dos sumandos del efecto total; pero en la práctica, no es fácil calcular el grado de flacidez del globo, por no poder medir, con los instrumentos que hoy se emplean, la temperatura del gas, pues de contar con este dato y suponiendo le hubiese anotado á la máxima altura alcanzada (para tener absoluta seguridad de que el globo estaba completamente lleno), así como la presión correspondiente, repitiendo dichas observaciones en cualquier otro momento y aplicando la fórmula combinada de Mariotte y Gay Lussac

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{x_2\,(1 + \alpha t_1)}{x_1\,(1 + \alpha\, t_2)}$$

deduciría el volumen del gas en cualquier instante, que comparado con el volumen total del globo (V_1 por ejemplo) le daría á conocer el grado de flacidez del mismo; puesto que no puede seguir este camino, debe siempre atenerse á las reglas generales dadas, es decir, á practicar arrojes sucesivos de pequeñas cantidades de lastre, cuando trate de contrarrestrar descensos involuntarios, observando con frecuencia el estatóscopo, para maniobrar en cuanto se inicien, gastando el menor lastre posible, reservando los arrojes de una sola vez, para el caso de tener que salvar algún obstáculo que le obligue á aumentar la altura de viaje para dominarle.

Influencia sobre la altura del globo, de un descenso de t^o en las temperaturas del aire y del gas.

Al estudiar, en los preliminares, la fuerza ascensional de un gas cualquiera, vimos el efecto que sobre ella produce un igual descenso, arbitrario, en las temperaturas del aire y del gas, y demostramos, fórmula [14], que dicho común descenso, originaba un aumento en la citada

fuerza, aumento cuyo valor podíamos obtener por medio de la fórmula [15].

Por otra parte, es evidente que un aumento de fuerza ascensional en el gas, debido á cualquiera de las causas que pueden originarle, equivale á un arroje del peso de lastre necesario para crear en el globo una fuerza ascensional remanente igual al citado aumento; es decir, que la misma zona de equilibrio de presión que representaremos por x', alcanzará el globo por el aumento producido en la fuerza ascensional de su gas, al disminuir t° las temperaturas del gas y del aire, que si las condiciones térmicas no variasen y se arrojara un peso de lastre igual al mencionado aumento.

El problema que tratamos de resolver queda reducido, en virtud de la consideración anterior, al ya conocido y resuelto de averiguar el efecto que produce, sobre la altura de un globo dado, un arroje de lastre determinado.

Supongamos que la fuerza ascensional del gas del aerostato, en el instante anterior al común descenso de temperatura, sea $V \,.\, a$: la ecuación de equilibrio del globo en dicho instante será:

$$V \,.\, a = P.$$

Al producirse el fenómeno térmico que estudiamos, el aumento que experimentará la fuerza ascensional será, fórmula [15']:

$$V \,.\, a \,.\, \alpha\, t.$$

Por consiguiente, el arroje de lastre que produciría igual efecto sobre la altura del globo, si no existiese dicho descenso de temperatura, será:

$$l = V \,.\, a \,.\, \alpha\, t$$

representándole por l. Pero dicho valor de l satisfará, según sabemos, á la relación [21], con lo cual tendremos:

$$l = V \,.\, a \,.\, \alpha\, t = \frac{V \,.\, a\,(x - x')}{x},$$

en la cual x es la presión correspondiente á la zona de equilibrio del globo, en el instante anterior al descenso de temperaturas, y x' la de la nueva zona de equilibrio originada por éste; ecuación que, simplificada, se reduce á la siguiente:

$$\alpha t x = x - x' \qquad \text{ó} \qquad x' = x(1 - \alpha t)$$

y finalmente, á

$$\frac{x}{x'} = \frac{1}{1 - \alpha t} \qquad [37],$$

cuyo valor de $\frac{x}{x'}$, substituído en la fórmula de Halley, nos proporciona

$$h_{x'} - h_x = 18400 \,.\, \log \left(\frac{1}{1 - \alpha t}\right).$$

Esta fórmula nos indica que el efecto producido sobre la altura del globo por la causa que estudiamos, no depende ni de V ni de a, sino solamente del descenso t, lo que nos demuestra la importante proposición siguiente:

«El efecto producido sobre la altura de un globo cualquiera, lleno de cualquier gas y en equilibrio á una altura arbitraria, por un igual descenso en las temperaturas del aire y del gas, depende, única y exclusivamente, del valor de dicho descenso, de modo que si éste es constante, cualquier globo sufrirá igual aumento en su altura.»

Observación. Si en la fórmula [37] suponemos $t = 1°$, se nos convertirá en la siguiente:

$$\frac{x}{x'} = \frac{1}{1 - \alpha} = \frac{1}{0{,}996} = \frac{1000}{996}$$

cuyo valor, substituido en la fórmula de Halley, nos dará:

$$h_{x'} - h_x = 18400 \,.\, \log \left(\frac{1000}{996}\right)$$

ó sea

$$h_{x'} - h_x = 18400\,(3 - 1{,}9983) = 18400 \times 0{,}0017 = 31{,}28 \text{ m.}$$

Es decir, que suponiendo de 0° la temperatura media del aire entre los puntos de presión x y x' para no introducir en el resultado que nos proporciona la fórmula de Halley la corrección de temperatura, vemos que un descenso común de 1° en las del gas y del aire, originará en cualquier globo, á cualquier altura, y lleno de cualquier gas, un aumento de unos 32 metros próximamente en la altura del mismo.

Si el globo estuviera flácido al producirse dicho descenso, el efecto

sería mayor que el indicado, y dependería del grado de flacidez del aerostato al ocurrir el fenómeno térmico que acabamos de estudiar.

Influencia sobre la altura del globo, de un aumento de t^o en las temperaturas del gas y del aire.

Las fórmulas [14] y [15] deducidas en otro lugar de nuestro trabajo, nos hacen ver, que un aumento de t^o en las temperaturas del gas y del aire, determina una disminución en la fuerza ascensional de cualquier gas, dándonos la [15], el valor general de dicha disminución.

Si representamos por $V . a$ la fuerza ascensional del gas de un globo en equilibrio, en el instante anterior al en que se produce el aumento mencionado en las temperaturas, el valor de la disminución que en aquella origina será (fórmula [15]),

$$\frac{V . a . \alpha t}{1 + \alpha t} \qquad [38]$$

valor que será el de la fuerza que impulse el globo hacia tierra, dando lugar á un descenso involuntario que habrá que contrarrestar con un arroje de lastre capaz de anular y de neutralizar la cantidad de movimiento que lleve el globo, por cuya razón conviene proceder á la maniobra en cuanto el descenso se inicie, para que dicha cantidad de movimiento sea lo menor posible.

Si prescindimos de ella, el valor (mínimo) del peso de lastre que tendremos que arrojar será:

$$l = \text{fuerza de descenso} = \frac{V . a . \alpha . t}{1 + \alpha t} = \frac{P . \alpha . t}{1 + \alpha t} = \frac{P . t}{273 + t} \qquad [38']$$

Vemos, pues, que el valor mínimo del lastre que se deberá arrojar para contrarrestar el descenso involuntario originado por un aumento de t^o en las temperaturas del aire y del gas, es, para un mismo globo (P constante), tanto mayor cuanto mayor sea t, y para globos diferentes, un mismo aumento común de temperaturas (t constante), exigirá tanto mayor lastre cuanto mayor sea P.

Observación. Si en la fórmula [38'] suponemos $t^o = 1$, resultará:

$$l = \text{fuerza de descenso} = \frac{P}{274},$$

de modo que un aumento de 1° en ambas temperasturas (gas y aire)

dará lugar á una fuerza de descenso que tendrá que contrarrestarse con un arroje de lastre cuyo valor mínimo será igual á la 274^{ava} parte del peso total que soporta el globo un instante antes de producirse el fenómeno. Como el peso total es tanto menor cuanto mayor es la altura que ocupe el globo, el efecto producido por un mismo aumento en las temperaturas disminuye conforme aumente dicha altura.

Tanto este caso, como el anterior, son más teóricos que prácticos, puesto que el aeronauta no puede comprobar, si el aumento que aprecia en la temperatura del aire con el termómetro de la barquilla, se transmite íntegro á la masa gaseosa.

Lo que sí es evidente, que al aumentar en t^o la temperatura del aire, aumenta también la del gas, probablemente en mayor proporción, y por lo tanto, si la fuerza ascensional disminuye, disminuirá menos de lo que indica la fórmula [38'] pudiendo ocurrir el caso de que la disminución citada sea nula, y aun puede experimeutar aumento en lugar de disminución, la fuerza ascensional del gas. Si se produce descenso involuntario, se contrarrestará con pequeños arrojes de lastre, sucesivos, teniendo á la vista el estatóscopo para seguir sus indicaciones hasta obtener el equilibrio deseado, aparato que debe observarse con mucha frecuencia, sobre todo cuando el termómetro de la barquilla acuse diferencias apreciables de temperatura en el aire, puesto que éstas se transmiten en el mismo sentido á la masa gaseosa, é influyen, como hemos visto, sobre el equilibrio del aerostato en sentido vertical.

Influencia sobre la altura del globo de un aumento de temperatura de t^o sólo en el gas = Golpe de Sol.

Este efecto se produce al recibir de lleno el aerostato los rayos del sol, por cuya razón es denominado «golpe de sol» por los aeronautas.

El efecto calorífico producido por la salida del sol, ya sea al amanecer, bien después de un período de cielo cubierto, apenas tiene influencia sobre la temperatura del aire ambiente, por el escaso poder que poséen los gases para absorber y conservar el calor; pero no sucede lo mismo con el gas contenido en el aerostato, cuya envuelta posée un poder calorífico bastante grande y por radiación puede elevar la temperatura del gas interior, falto de la convección atmosférica, en algunos grados.

Este efecto, se aumenta todavía por la evaporación de la sobrecarga de humedad que, en general, en estas circunstancias soporta el globo; pero prescindiendo de esta última causa y de la elevación que, aunque pequeña, se produce en la temperatura del aire, vamos á estudiar y discutir con todo detalle el efecto debido al llamado golpe de sol, ó sea á la elevación de temperatura sólo del gas.

Consideremos un globo cualquiera lleno por completo de gas y en equilibrio á la altura de presión arbitraria x. Sea $V \cdot a$ su fuerza ascensional antes de producirse el fenómeno térmico que nos ocupa. La ecuación de equilibrio del globo será, según sabemos:

$$V \cdot a = P.$$

Al aumentar en t^o la temperatura del gas, éste se dilatará, adquiriendo según la ley de Gay Lussac el volumen

$$V(1 + \alpha t) = V + V \cdot \alpha \cdot t,$$

y como la tela del globo queda llena con V metros cúbicos de gas, se perderán libremente en la atmósfera por el apéndice del aerostato $(V \cdot \alpha \cdot t)$ metros cúbicos de gas dilatado á presión x y temperatura $(t' + t)$, representando por t' la del gas, antes de que éste sufra el aumento de temperatura mencionado de t^o.

En los preliminares y al estudiar la influencia que sobre la fuerza ascensional de un gas cualquiera ejerce un aumento de t^o en la temperatura sólo del gas, vimos que esta causa originaba un aumento en el valor de dicha fnerza, aumento cuyo valor general nos daba la fórmula [17] que es:

$$\text{aumento de fuerza ascensional por metro cúbico} = \frac{\varphi'^{x}_{t'} \cdot \alpha \cdot t}{1 + \alpha \cdot t} \qquad [17]$$

en la cual $\varphi'^{x}_{t'}$ es el peso del metro cúbico de gas empleado á presión x y temperatura t', y t el aumento de temperatura debido al «golpe de sol»; por lo tanto, para los V metros cúbicos de gas que contiene el glóbo que consideramos, tendremos:

$$\text{aumento de fuerza ascensional} = \frac{V \cdot \varphi'^{x}_{t'} \cdot \alpha \cdot t}{1 + \alpha \cdot t}$$

Este aumento de fuerza ascensional del gas del globo, dá lugar á una fuerza ascensional remanente, en virtud de la cual se elevará el aerostato

á una zona de equilibrio de presión x', zona que alcanzaría también, si conservándose constante la temperatura del gas, se hiciera un arroje de lastre igual á $\frac{V \cdot \varphi'^{x}_{t'} \cdot \alpha \cdot t}{1 + \alpha t}$, puesto que dicho arroje engendraría en el globo una fuerza ascensional remanente igual á la citada, y como el efecto producido sobre un globo dado por un peso de lastre arrojado conocido le sabemos determinar, estamos en condiciones de resolver el actual problema, con auxilio de la ecuación [21], ya conocida, que aplicada á nuestro caso, nos proporcionará, puesto que

$$l = \frac{V \cdot \varphi'^{x}_{t'} \cdot \alpha \cdot t}{1 + \alpha t}$$

la ecuación

$$\frac{V \cdot \varphi'^{x}_{t'} \cdot \alpha \cdot t}{1 + \alpha \cdot t} = \frac{V \cdot a\,(x - x')}{x}$$

de la cual deducimos el valor de nuestra incógnita x', hallando:

$$x' = x\left(1 - \frac{\varphi'^{x}_{t'} \cdot \alpha \cdot t}{(1 + \alpha t)} \cdot \frac{1}{a}\right) \qquad [39]$$

que nos resuelve el problema y permite deducir las consecuencias siguientes:

Consecuencia 1.ª El valor de x', ó sea la presión de la nueva zona de equilibrio del aerostato, no depende del volumen del globo; es decir, que todos los globos, cualquiera que sea su volumen, llenos del mismo gas y en equilibrio á la misma altura, alcanzarán la misma zona de equilibrio, si á consecuencia del efecto calorífico producido por el sol, aumenta lo mismo en todos ellos la temperatura del gas.

Consecuencia 2.ª x' disminuye cuando a disminuye (y por consiguiente $\varphi'^{x}_{t'}$ aumenta) á igualdad de las demás condiciones; ó sea, que cuanto más pesado sea el gas del globo, más alto subirá éste sobre su zona primitiva de equilibrio, para un mismo aumento en la temperatura de su gas, y por consiguiente, que cuanto más pesado sea el gas que se emplee para llenar un globo, más sensible será éste á los cambios de temperatura del gas, circunstancia perjudicial para el viaje, pues originará mayores pérdidas de gas, bien sea por la válvula, si se maniobra ésta para contrarrestar el efecto producido, cuando se desee conservar

la altura de viaje, bien por el apéndice, si no se contrarresta dicho efecto y se deja en libertad al aerostato para que alcance la nueva altura que las circunstancias térmicas le imponen.

Consecuencia 3.ª A igualdad de todas las demás condiciones, nos indica la fórmula que analizamos, que x' disminuye al aumentar t (basta dividir por t los dos términos del sustraendo que figura en el segundo miembro para comprobarlo), y esto nos prueba, que el aumento de altura que el globo experimenta, es tanto mayor cuanto mayor sea el de temperatura que le origina.

Observación. Las tres consecuencias que acabamos de deducir, son las homólogas de las halladas al discutir la fórmula

$$l = \frac{V \,.\, a\,(x - x')}{x}$$

que nos da el efecto producido por un arroje de lastre sobre la altura de un globo, cosa que debía suceder, puesto que un aumento de temperatura en el gas de un globo, equivale como hemos visto, á un arroje conveniente de lastre.

Caso de estar flácido el globo al producirse el calentamiento de su gas, los efectos serían mayores que los calculados y dependerían del grado de flacidez del aerostato en dicho instante.

Ejemplo de la teoría anterior.

Consideremos un globo cualquiera lleno por completo de gas hidrógeno, en equilibrio á una altura de 1007 metros sobre el nivel mar, que suponiendo á 0° la temperatura média del aire, corresponde, según la tabla 1.ª, á una presión $x = 670$ milímetros. Para simplificar el caso, supondremos que el gas está á 0° y que el golpe de sol origina un aumento de 20° en la temperatura sólo del gas, cuyo peso por metro cúbico será fórmulas [2] y valor [5]

$$\varphi'^{670}_{0} = 0{,}200 \times \frac{670}{760} = 0{,}176 \text{ kg.}$$

correspondiendo á este caso un valor de a

$$a = 0{,}963 \text{ kg.}$$

valores que, en unión del $x = 670$, substituidos en la fórmula [39] nos proporcionarán:

$$x = 670 \left(1 - \frac{0{,}176 \times 0{,}004 \times 20}{(1 + 0{,}004 \times 20) \times 0{,}963}\right)$$

que nos conduce al valor:

$$x' = 661 \text{ mm.}$$

que corresponde á una altura

$$h = 1115 \text{ m.},$$

de modo que el aumento de 20° en la temperatura del gas, produce en las condiciones que hemos fijado, un aumento de 108 metros sobre la altura del globo.

Supongamos ahora iguales todas las condiciones del problema, excepto la clase de gas, y consideremos el globo lleno de gas del alumbrado, para el cual los valores de φ'^{670}_0 y a kilógramos, serán:

$$\varphi'^{670}_0 = 0{,}522 \text{ kg.} \quad » \quad a = 0{,}617 \text{ kg.}$$

valores que puestos en la fórmula [39] nos darán:

$$x = 670 \left(1 - \frac{0{,}522 \times 0{,}004 \times 20}{(1 + 0{,}004 \times 20) \times 0{,}617}\right)$$

y haciendo las operaciones indicadas llegaremos al valor

$$x' = 628 \text{ mm.}$$

que corresponde según la tabla 1.ª al de

$$h = 1524 \text{ m.}$$

de modo que la misma elevación de 20° en la temperatura del gas, produce sobre el globo lleno de gas del alumbrado un aumento de altura de 517 metros, valor que es próximamente cinco veces mayor que el correspondiente al globo lleno de hidrógeno industrial. Si hiciéramos análoga comparación entre un globo lleno de hidrógeno puro y otro lleno de gas del alumbrado, comprobaríamos que el efecto producido sobre el segundo por una misma elevación de temperatura que la originada en el primero, es próximamente 10 veces mayor que sobre éste: es decir, que el gas del alumbrado es 10 veces más sensible que el hidrógeno puro á las variaciones de temperatura.

Influencia sobre el globo de un descenso de t^o en la temperatura del gas.

Es evidente, que la ocultación del sol puede producir un enfriamiento en la masa gaseosa del globo, y que el mismo efecto se producirá, cuando el aerostato se vea envuelto por una corriente de aire más frío. Si sólo tenemos en cuenta el descenso de temperatura experimentado por el gas, vimos en los preliminares que este fenómeno daba lugar á una disminución en la fuerza ascensional, disminución cuyo valor nos proporciona la fórmula [19] y que se traduce en un descenso involuntario, que deberá contrarrestarse con el conveniente arroje de lastre para restablecer el equilibrio.

Hay que tener presente, en este caso, que el valor del arroje de lastre será mayor que el que nos proporcione (suponiendo conocido el descenso de temperatura del gas) la fórmula [19], porque en general, al producirse el descenso de temperatura por las causas dichas, se producen también condensaciones sobre el globo y su cordaje del vapor de agua que contiene el aire, lo que dá lugar á una sobrecarga accidental que suma su efecto al originado por el fenómeno térmico, y hace que aumente el peso de lastre que se debe arrojar para contener el descenso involuntario.

***

Las sobrecargas accidentales, que en forma de precipitados acuosos pueden depositarse sobre el globo, aumentando su peso, no pueden someterse á cálculo ninguno por ser completamente desconocidas (1); pero su efecto sobre el aerostato será siempre provocar un descenso in-

(1) De algunas experiencias practicadas, se deduce que la sobrecarga originada por la lluvia sobre un globo provisto de su red, equivale al peso de una capa de agua de $^1/_3$ de milímetro de espesor que recubriese todo el hemisferio superior.

El valor en kilógramos de esta sobrecarga se deduce fácilmente por la fórmula siguiente:

$$s = \frac{S}{6}$$

en la que S representa la superficie total del globo en metros cuadrados y s el peso en kilógramos de la sobrecarga buscada.

voluntario á tierra, que se neutralizará con el conveniente arroje de lastre hecho en forma sucesiva, hasta que el estatóscopo indique que se ha restablecido el equilibrio.

Hemos terminado la teoría del globo libre durante su viaje, que quedará complementada por algunas consideraciones que más adelante expondremos relativas al modo más conveniente de salvar los obstáculos que encuentre en su camino. Hemos tratado de estudiar con todo el detalle posible, dentro de la índole de estos apuntes, la influencia sobre la altura del globo de las diversas causas que tienden á modificarla, indicando los medios de contrarrestar dichos efectos, y como resumen podemos decir, que bajo el punto de vista de la duración del viaje, conviene disponer de globos grandes y llenos de gas ligero, tanto para poder elevar más peso de lastre y mayor cantidad de gas, como para que sea menos sensible á las influencias térmicas. El golpe de sol, y las causas que por obrar en análogo sentido dan por resultado un aumento en la altura del globo, originan siempre pérdidas de gas, ó por la válvula, si se mantiene la altura elegida y se maniobra aquella, ó por el apéndice, si se deja en libertad al aerostato para alcanzar su nueva zona de equilibrio.

Por otra parte, el único medio de contrarrestar el efecto que sobre el aerostato originan las sobrecargas accidentales, enfriamientos en el gas, etc., que se traducen siempre en descensos involuntarios, consiste en desprenderse de cantidades de lastre más ó menos considerables.

Todas estas influencias, que bien pudiéramos llamar enemigas del globo libre, puesto que acortan en gran manera la duración del viaje aéreo, dan como resultado definitivo el consumo de gas y de lastre, únicos medios de lucha y de defensa con los cuales cuenta el aeronauta

---

Aplicándola al globo de 816 metros cúbicos de volumen, cuya superficie total es de 422 metros cuadrados próximamente, se obtiene el valor:

$$[s = 70 \text{ kg.}]$$

que como se vé es muy considerable. Hay que tener en cuenta que al efecto de la lluvia, como sobrecarga, hay que agregar el considerable enfriamiento que origina en el gas contenido y la consiguiente disminución en la fuerza ascensional.

Se ha comprobado también, que un rocío abundante origina sobrecargas análogas á las causadas por la lluvia, y que las debidas á la nieve pueden alcanzar mayores valores.

para mantener su aerostato en el aire en buenas condiciones; para ser dueño de él, en cuanto á alturas; para elegir el punto de descenso más conveniente, y para practicar esta arriesgada operación en buenas condiciones.

Durante el viaje debe observar con gran frecuencia el estatóscopo, para gastar la menor cantidad de lastre posible en los arrojes sucesivos que hay que practicar al contrarrestar los descensos involuntarios, y llevará con gran cuidado las anotaciones correspondientes, para poder trazar después, sobre el plano de los lugares recorridos, la proyección horizontal de la trayectoria seguida por el globo, anotando en su cuaderno de marcha las horas, alturas, presiones, temperaturas, etc., para poder tener los datos necesarios y trazar la proyección vertical del desarrollo de la trayectoria recorrida. Anotará también la hora precisa de los arrojes de lastre, la cuantía de éstos y el motivo que á su juicio los motivó, y aquellas en que maniobre la válvula para perder gas, con las causas que originaron dicha maniobra, haciendo constar también cuantas particularidades note y crea dignas de mención.

Siempre que le sea posible, determinará la velocidad de traslación del globo, midiendo el tiempo que tarda en recorrer distancias conocidas por el plano, dato que le será de gran utilidad en país montañoso, como más adelante tendremos ocasión de ver.

Es también de gran utilidad el anotar, siempre que el globo lleno esté en equilibrio, la temperatura del aire y la presión atmosférica en dicho instante, pues con estos datos y el peso total que en ese momento soporte el globo (peso que le será conocido, pues le basta restar del total de equilibrio al pesar el globo, el del lastre que lleve arrojado), es fácil deducir, *a posteriori*, la temperatura correspondiente del gas en el momento mencionado, y por este medio se pueden ir adquiriendo datos útiles y de gran interés para cada globo, datos que pueden tener aplicación práctica en casos semejantes á los estudiados y deducidos en cada ascensión.

En efecto: conocidos $P = Va \left(\text{ó sea } a = \frac{P}{V} \right) t$ y x, en un instante dado y teniendo en cuenta, que representando por t' la temperatura del gas desconocida en dicho momento, se tiene:

$$a = \varphi^{x}_{t} - \varphi'^{x}_{t'}$$

podremos hallar

$$\varphi'^{x}_{t'} = \varphi^{x}_{t} - a.$$

En la cual el segundo miembro es conocido en función de los datos expresados, y por lo tanto, conoceremos el valor de $\varphi'^{x}_{t'}$, que designaremos por K.

La fórmula [3] nos dá:

$$\varphi'^{x}_{t'} = \varphi'^{760}_{0} \frac{x}{760\,(1 + \alpha\, t')}$$

de modo que resulta:

$$K = \varphi'^{760}_{0} \frac{x}{760\,(1 + \alpha\, t')}$$

de la cual deducimos

$$1 + \alpha\, t' = \frac{\varphi'^{760}_{0} \cdot x}{760 \cdot K}$$

y finalmente,

$$\alpha\, t' = \frac{\varphi'^{760}_{0} \cdot x}{760 \cdot K} - 1 \quad \text{»} \quad t' = \frac{\varphi'^{760}_{0} \cdot x}{760 \cdot K \cdot \alpha} - \frac{1}{\alpha} \qquad [40]$$

que nos dará el valor buscado de t' en función del de φ'^{760}_{0} correspondiente al gas que se emplee, y de x y K que son ya conocidos.

Repetidos experimentos de este género, hechos después de cada ascensión, proporcionarán, para cada globo empleado, indicaciones útiles sobre la temperatura del gas, y su diferencia con la del aire ambiente, y permitirán (dentro de cada globo) conocer con relativa aproximación, cuál debe ser la del gas, al leer la temperatura del aire en el termómetro de la barquilla.

Recordaremos también en este resumen, que á menos de tener el aeronauta, jefe del globo, un gran interés en conservar la altura de viaje, le convendrá más que el aerostato suba bajo la acción de las causas que pueden producir un aumento en su altura, que perder gas maniobrando la válvula superior, puesto que, como ya indicamos, se corre el peligro de perder más gas del necesario al practicar dicha maniobra, y producir un descenso involuntario que originara la consiguiente pérdida de lastre, mientras que dejando libre al aerostato, éste

alcanzará su nueva zona de equilibrio con la pérdida mínima de gas y sin pérdida de lastre, el cual debe reservarse todo lo posible, si el objetivo del viaje consiste en salvar una distancia importante y es escasa la velocidad del viento que impulsa al globo.

Las instrucciones especiales que según la índole del viaje haya recibido el oficial jefe del globo, le servirán de guía y le orientarán en cada caso sobre el procedimiento que debe seguir para lograr el objetivo deseado y desempeñar la importante misión que le haya sido confiada.

Cuando las cantidades de gas y de lastre consumidas en el viaje adquieren cierta importancia, y la provisión de este último se aproxima al mínimo que más adelante fijaremos para practicar el descenso á tierra con garantías de buen éxito, se impone la necesidad de rendir el viaje, practicando la operación del descenso con arreglo á las prevenciones que en su lugar describiremos, antes de cuya operación, descolgará los instrumentos de observación, que acondicionará en los sitios dispuestos para protegerlos del choque, dará instrucciones claras y precisas á los tripulantes, explicándoles la misión que cada uno deba desempeñar, y les hará cuantas prevenciones estime oportunas para salir airoso de su empeño.

COMPLEMENTO DE LA SEGUNDA PARTE.

Duración de los movimientos verticales de un globo.

Importancia de su estudio en país montañoso.

En el curso de este trabajo, hemos encarecido repetidas veces la conveniencia, ó mejor dicho, la necesidad de economizar la cantidad de lastre disponible, todo lo posible, tanto para aumentar la duración del viaje aéreo, como para contar con la provisión necesaria para descender á tierra en buenas condiciones. La economía de lastre, tiene todavía mayor importancia, si el aerostato debe recorrer regiones montañosas, pues en ellas, no solamente habrá que reservar mayor cantidad de dicho elemento para el descenso á tierra por la dificultad de encontrar punto conveniente donde practicar esta operación, sino que al gasto de lastre originado por las contínuas variaciones térmicas y atmosféricas, habrá que añadir, en el caso que consideramos, las importantes cantidades que suponen los arrojes que se deberán practicar para que el aerostato salve los obstáculos que se opongan á su marcha.

Conocida por los planos orográficos de la localidad la altura de un obstáculo que corte la trayectoria probable del globo, y la que éste ocupa, fácil le será al aeronauta calcular el peso de lastre que debe arrojar para elevarse á mayor altura y proseguir sin peligro su viaje; pero existen muchos casos, en los cuales, sin necesidad de perder lastre ninguno, puede alcanzarse el resultado deseado salvando la cordillera, montaña ó colina que entorpezca la marcha del globo. En efecto, al chocar el viento contra la vertiente de una sierra, los filetes aéreos cambian su dirección primitiva, y en muchos casos, se originan corrientes ascendentes, bajo cuya acción puede el globo salvarla sin necesidad de colocarse préviamente á mayor altura. Esta acción es más enérgica si el sol caldea la sierra y ésta las capas próximas del aire, reforzándose así las corrientes ascendentes que hemos mencionado.

Es también un hecho conocido y comprobado, que al chocar el aire contra una montaña ó colina aislada se originan corrientes laterales que rodean el obstáculo, y muy bien puede suceder, que bajo la acción de estas corrientes le rodée un globo hacia el impulsado, sin necesidad de practicar el arroje de lastre necesario para dominar su altura.

Estos hechos demuestran la utilidad grandísima que para la economía del lastre tiene el demorar, sin peligro, los correspondientes arrojes, dando tiempo á comprobar si concurre alguna de las favorables circunstancias señaladas, que los hagan innecesarios.

Para obtener este resultado, es indispensable que el aeronauta conozca el tiempo que invertirá su aerostato en alcanzar la nueva zona de equilibrio para un arroje de lastre calculado, y la velocidad de traslación que le anima. Conocidos estos datos y preparado el arroje conveniente para dominar la altura que desée salvar, podrá esperar sin peligro hasta el momento preciso, llegado el cual hará el arroje de una sola vez para que su efecto sea, como veremos más adelante, lo más rápido posible; pero si antes de llegar dicho momento, vé que su globo se remonta impulsado por una corriente ascendente ó deriva á un costado del obstáculo, arrastrado por una corriente lateral, conservará su lastre, salvará el obstáculo, y habrá obtenido una ventaja que sólo puede ser apreciada en lo mucho que vale, por los que tengan alguna práctica en el complejo servicio aerostático.

La velocidad de traslación del globo la tendrá conocida aproximadamente por el tiempo que tarda en recorrer distancias marcadas en el plano, dato que, como ya digimos, debe determinar con frecuencia y que es de la mayor importancia en regiones montañosas.

La altura de los obstáculos, se la dará la carta orográfica de la región que atraviese; si no se dispone de tan indispensable elemento, tendrá que apreciarla según su criterio y práctica, con los errores consiguientes, y por fin el tiempo que tarda el globo en recorrer un espacio vertical determinado, le deducirá por la teoría que á continuación exponemos y cuya importancia hemos procurado dar á conocer en las consideraciones anteriores.

Es evidente que si el obstáculo que se presenta es de tal elevación que el lastre disponible (reservando el de descenso) no basta para sal-

varle, se impone la necesidad de practicar el descenso á tierra con la anticipación conveniente, aprovechando el primer punto de condiciones apropiadas para practicarle.

Movimientos verticales del globo flácido.

La fuerza ascensional remanente de un globo flácido que sube, ó la de descenso si baja, es, como ya hemos demostrado, constante, suponiendo constantes á cualquier altura las temperaturas del gas y del aire.

Representemos por F dicha fuerza (ascensional remanente, ó de descenso).

La resistencia que en ambos casos opone el aire al movimiento del aerostato, crece con la velocidad que la fuerza F le proporciona y tarda muy pocos instantes en igualarla: desde el momento en que esto ocurre, el globo se mueve con movimiento uniforme, y por lo tanto con una velocidad que representaremos por v, constante.

Conocida la fuerza F, podemos determinar la velocidad v por la ecuación

$$K \,.\, v^2 = F \qquad [40']$$

en la cual

$K \,.\, v^2 =$ resistencia del aire.

$K = (0{,}0255 \times D^2 \,.\, \gamma)$ kilógramos.

$D =$ diámetro del globo en metros.

$\gamma = \dfrac{x}{760}$ } siendo x la presión en milímetros en la zona que ocupe el globo.

De la fórmula [40'] deducimos:

$$v = \sqrt{\frac{F}{K}} = \sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \,.\, D^2 \,.\, \gamma}}$$

que substituido en la ecuación del movimiento uniforme $e = v \,.\, t$ nos proporciona

$$\left.\begin{aligned} e &= \sqrt{\frac{F}{K}} \,.\, t = \sqrt{\frac{F}{0{,}255 \,.\, D^2 \,.\, \gamma}} \times t \\ t &= \frac{e}{\sqrt{\dfrac{F}{K}}} = \frac{e}{\sqrt{\dfrac{F}{0{,}255 \,.\, D^2 \,.\, \gamma}}} \end{aligned}\right\} \qquad [41].$$

Fórmulas que nos permiten conocer el espacio que recorrerá un globo dado en un tiempo conocido, bajo la acción de una fuerza conocida también, ó deteminar el tiempo que invertirá un globo dado, en recorrer un espacio conocido, bajo la acción de una fuerza conocida.

Aplicación práctica. Consideremos un globo de 816 metros cúbicos de volumen, que inicia su descenso desde una altura de 1000 metros sobre el nivel del mar (á la cual corresponde una presión de 669 milímetros), bajo la acción de una fuerza de descenso de 10 kilógramos.

Para este caso,

$$D = 11{,}40 \text{ metros} \qquad \text{»} \qquad \gamma = \frac{669}{760} = 0{,}8802$$

y por consiguiente,

$$K = 0{,}0255 \times 130 \times 0{,}8802 = 2{,}57 \text{ kg.}$$

de cuyos datos deduciremos:

$$v = \sqrt{\frac{10}{2{,}57}} = \sqrt{\frac{1000}{257}} = \sqrt{3{,}89} = 1{,}96 \text{ metros próximamente.}$$

El tiempo que invertirá el globo en recorrer los 1000 metros, nos le proporcionará la segunda de las fórmulas [41], y obtendremos el valor:

$$t = \frac{1000}{1{,}96} = 510'' = 8' + 3''.$$

Análogamente procederíamos, si el globo partiese del nivel del mar, flácido, con una carga conocida de gas, y con una fuerza ascensional remanente, conocida también, y quisiéramos hallar el tiempo que tarda en recorrer el espacio que media entre el punto de partida y la zona en la cual queda lleno por completo. Resolveremos este caso completo, cuando expongamos la teoría de los movimientos ascensionales del globo lleno.

Observación. Los resultados que obtengamos por medio de las fórmulas que acabamos de deducir, no son exactos, no sólo por suponer constantes las temperaturas del aire y del gas á cualquier altura, sino porque al subir un globo flácido, su volumen va aumentando, y por consiguiente aumenta el valor de D, variando, por lo tanto el de K y el de v de un instante á otro; mientras que al descender un globo flácido, disminuyen el volumen y el diámetro, variando K y v; pero

como las fórmulas se aplican á desplazamientos verticales no muy grandes, las variaciones citadas son pequeñas, y los resultados obtenidos, bastante aproximados y aceptables para las aplicaciones prácticas de aerostación.

Movimientos verticales del globo lleno.

Las condiciones del movimiento varían por completo si se trata de un globo lleno que se eleva, pues en este caso ya hemos visto que la fuerza ascensional remanente que impulsa al aerostato, decrece de un modo contínuo hasta anularse por completo. Para estudiar el movimiento del globo en este caso, admitiremos las siguientes hipótesis, que no son rigorosamente exactas, pero que dan una aproximación práctica suficiente y simplifican mucho el estudio que nos proponemos hacer, evitando cálculos complicados cuya exactitud resulta ilusoria, desde el momento que admitimos el error que proviene de suponer constantes á cualquier altura las temperaturas del aire y del gas: las hipótesis mencionadas son las siguientes:

Hipótesis 1.ª En el movimiento vertical del globo lleno, la disminución que sufre la fuerza ascensional remanente, es proporcional al espacio recorrido.

Hipótesis 2.ª En el mencionado movimiento vertical del globo, la resistencia del aire equilibra en cada instante á la fuerza ascensional remanente del aerostato, el cual posee, en cada momento, la velocidad de régimen correspondiente á dicha fuerza variable, velocidad variable también, que podemos llamar velocidad de régimen instantáneo.

Admitidas estas hipótesis, cuya justificación nos llevaría á un terreno ageno por completo al carácter práctico de este trabajo, consideremos un globo en equilibrio á una cierta altura arbitraria que el aeronauta desea aumentar en una cantidad que representaremos por y_1, para lo cual arroja la cantidad F de lastre correspondiente, calculada por las fórmulas que en otro lugar hemos deducido.

Dicho arroje de lastre engendra en el globo la fuerza ascensional remanente inicial F, bajo cuya acción el globo se eleva. Al cabo de un tiempo cualquiera t, el globo habrá recorrido un espacio y, y su fuerza ascensional remanente (que quedará anulada cuando haya recorrido el

espacio y_1) habrá disminuido en virtud de la primera hipótesis, en la cantidad:

$$F \frac{y}{y_1}$$

(puesto que según dicha hipótesis por cada unidad de espacio recorrido disminuye $\frac{F}{y_1}$).

El nuevo valor de la fuerza ascensional remanente será:

$$F - F\frac{y}{y_1} = F\left(1 - \frac{y}{y_1}\right).$$

Es decir, que al transcurrir el tiempo t, á partir del instante en que se efectuó el arroje de lastre y comenzó el movimiento, se corresponderán los valores siguientes:

$$\text{Espacio} = y, \quad \text{Tiempo} = t, \quad \text{Fuerza ascensional} = F\left(1 - \frac{y}{y_1}\right).$$

Con arreglo á la segunda hipótesis, la velocidad v correspondiente á los valores anteriores satisfará á la ecuación

$$K \,.\, v^2 = F\left(1 - \frac{y}{y_1}\right)$$

y poniendo en ella en lugar de v, su valor general $\frac{d\,y}{d\,t}$, resulta

$$K \,.\, \left(\frac{d\,y}{d\,t}\right)^2 = F\left(1 - \frac{y}{y_1}\right)$$

ó bien

$$\frac{d\,y}{d\,t} = \sqrt{\frac{F}{K}}\,\sqrt{1 - \frac{y}{y_1}}\,.$$

Substituyendo en ésta, en lugar de $\sqrt{\frac{F}{K}}$ el valor v_1 de la velocidad de régimen correspondiente al primer instante del movimiento, tendremos:

$$\frac{d\,y}{d\,t} = v_1\sqrt{1 - \frac{y}{y_1}}$$

ó bien

$$d\,t = \frac{1}{v_1}\,\frac{d\,y}{\sqrt{1 - \frac{y}{y_1}}}$$

que integrada nos proporciona:

$$t = -\frac{2\,y_1}{v_1}\sqrt{1 - \frac{y}{y_1}} + C. \qquad [42]$$

La constante C puede determinarse por las condiciones iniciales del movimiento, puesto que para $t = 0$ se tiene $y = 0$, valores que substituidos en la anterior nos permiten deducir:

$$C = \frac{2\,y_1}{v_2} \qquad [43]$$

que puesto en la anterior la reduce á la siguiente:

$$t = -\frac{2\,y_1}{v_1}\sqrt{1 - \frac{y}{y_1}} + \frac{2\,y_1}{v_1}$$

ó reduciendo

$$t = \frac{2\,y_1}{v_1}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{y}{y_1}}\right) \qquad [44]$$

que nos resuelve el problema propuesto, pues substituyendo en ella en lugar del valor general y, un valor numérico cualquiera comprendido entre 0 é y_1, hallaremos el valor del tiempo transcurrido, desde el instante en que el globo comenzó el movimiento y aquél en que el aerostato ha alcanzado, sobre su zona de partida, una altura igual al valor particular substituido.

Si damos al valor general y, el particular y_1, obtendremos el del tiempo total que ha invertido el globo en recorrer dicho espacio.

Efectuando esta substitución, y representando por T el tiempo total, se obtiene:

$$T = \frac{2\,y_1}{v_1}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{y_1}{y_1}}\right) = \frac{2\,y_1}{v_1}. \qquad [45]$$

Si consideramos el mismo globo, pero flácido, recorriendo con la fuerza ascensional remanente (en este caso constante) F, el mismo espacio y_1, la velocidad del régimen uniforme correspondiente será, según sabemos,

$$v = \sqrt{\frac{F}{K}} = v_1$$

y representando por T' el tiempo que tardará en recorrer con dicha ve-

locidad el espacio y_1, se tiene:

$$y_1 = v_1 T'$$

ó sea

$$T' = \frac{y_1}{v_1}$$

valor que comparado con el [45] hallado para T, nos dá

$$T' = \frac{T}{2}.$$

Es decir, que un globo dado lleno, recorre un camino vertical dado, bajo la acción de una fuerza ascensional inicial remanente F, en doble tiempo del que invertiría en recorrer el mismo espacio, bajo la acción de la misma fuerza, si estuviera flácido, ó de otro modo: que la velocidad media de un globo lleno, es mitad de la velocidad correspondiente al régimen inicial de partida.

Duración de los $^9/_{10}$ del camino.

Como la velocidad va decreciendo conforme sube el globo, la última parte del movimiento es sumamente lenta.

Vamos á determinar el tiempo que tarda en recorrer los $^9/_{10}$ del espacio total y_1, para lo cual nos bastará substitur en la fórmula [44] en lugar de y, $\frac{9\,y_1}{10}$, y obtendremos:

$$t = \frac{2y_1}{v_1}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{9y_1}{10y_1}}\right) = \frac{2y_1}{v_1}\left(1 - \sqrt{\frac{1}{10}}\right) = \frac{2y_1}{v_1}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{10}}\right)$$

y finalmente:

$$t = 1{,}37\,\frac{y_1}{v_1}$$

y como el tiempo total que tarda el globo en recorrer el espacio y_1 es, según hemos deducido,

$$T = \frac{2\,y_1}{v_1}$$

resulta próximamente

$$t = \tfrac{2}{3}\,T.$$

De modo que para recorrer la última décima parte del espacio total y_1, invierte el globo próximamente el tercio del tiempo total.

En general, en la práctica, la cantidad de lastre que se arroja para franquear un obstáculo, es algo mayor que la extrictamente precisa para obtener el resultado propuesto, y, por lo tanto, al haber recorrido los $^9/_{10}$ del camino total, estará el globo más alto que el obstáculo, por cuya razón podemos admitir los resultados que nos dá la fórmula

$$t = 1{,}4 \frac{y_1}{v_1}$$

que se transforma, puesto que

$$v_1 = \sqrt{\frac{F}{K}}$$

en la siguiente:

$$[46] \qquad t = 1{,}4 \frac{y_1}{\sqrt{\frac{F}{K}}} = \frac{y_1}{\sqrt{\frac{F}{0{,}0255 \,.\, D^2 \,.\, \gamma}}}.$$

En la cual, F, es la fuerza ascensional remanente inicial; y_1, el espacio total vertical que debe recorrer el globo, y D y γ, las cantidades indicadas en el globo flácido. F es también igual al arroje de lastre que se traduce en fuerza ascensional remanente inicial.

Aplicación 1.ª Supongamos el globo de 816 metros cúbicos de volumen, partiendo de Guadalajara lleno, y haciendo un arroje inicial de lastre de 25 kilógramos.

Para este caso tendremos:

$D = 11{,}40$ metros » $D^2 = 130$.

$\gamma = \frac{703}{760} = 0{,}925$.

$F = 25$ kilógramos.

$y_1 = 240$ metros (según fórmula [21] y tabla 1.ª)

Aplicando la fórmula [46] hallaremos:

$$t = 1{,}4 \frac{240}{\sqrt{\frac{25}{0{,}0255 \times 130 \times 0{,}925}}} = \frac{240}{2{,}85} = 84'' = 1' + 24''.$$

Aplicación 2.ª Hallar el tiempo que tardará en alcanzar su zona de

equilibrio el globo de 816 metros cúbicos, partiendo del nivel del mar con 700 metros cúbicos de carga de gas, y una fuerza ascensional remanente de 10 kilógramos.

El problema consta de dos partes: primera, hallar el tiempo que tarda el globo flácido, en quedar lleno por completo; segunda, averiguar el tiempo que tarda, una vez lleno, en alcanzar su zona de equilibrio. La suma de ambos tiempos será el valor del tiempo total buscado. Representaremos por t' el primer tiempo, por t'' el segundo, y por $T = t' + t''$ el total buscado.

Para determinar el valor de t' hemos de hallar el espacio que media entre la partida del globo y el instante en que éste queda lleno por completo, y para ello, hemos de hallar el valor de la presión correspondiente á la zona en que esto se verifica. Dicho valor nos le proporcionará la ley de Mariotte, que aplicada á nuestro caso dá:

$$700 \times 760 = 816 \times x$$

$$x = \frac{700 \times 760}{816} = 651 \text{ milímetros próximamente,}$$

que según la tabla 1.ª y suponiendo á 0° la temperatura media del aire, corresponde á una altura sobre el nivel del mar

$$h = 1236 \text{ metros.}$$

Los valores de F y de K (tomando para γ el valor medio $\frac{705}{960} = 0{,}92$) serán para este caso

$$F = 10 \text{ kilógramos} \qquad \text{»} \qquad K = 2{,}70$$

y el valor de v correspondiente

$$v = \sqrt{\frac{F}{K}} = \sqrt{\frac{10}{2{,}7}} = \sqrt{\frac{100}{27}} = \sqrt{3{,}7} = 1{,}92 \text{ metros.}$$

Conocida la velocidad de régimen y el espacio, hallaremos el valor del tiempo t', que resulta ser:

$$t' = \frac{1236}{1{,}92} = 644'' = 10' + 44''. \qquad [a]$$

El valor de t'' le determinaremos por las consideraciones siguientes: el peso total de equilibrio del globo á la partida, supongamos que sea de 700 kilógramos (dato que será conocido). Si en vez de romper dicho

equilibrio arrojando 10 kilógramos de lastre, como hemos supuesto, hubiera arrojado sólo algunos gramos, su zona de equilibrio hubiera sido aquella en que queda lleno, ó sea la de presión 651 milímetros que ya hemos deducido, y en ella soportaría un peso total de 700 kilógramos. Para pasar á nuestro caso, basta que ese globo arroje al quedar en equilibrio en la zona mencionada, un peso de lastre de 10 kilógramos. Calculemos, pues, la nueva zona de equilibrio que así se alcanzaría y que será exactamente la misma que á nuestro globo corresponde.

Aplicando la fórmula [21] tendremos:

$$x' = 651\left(1 - \frac{10}{700}\right) = 641$$

á la cual corresponde una altura de 1360 metros. El espacio que debe recorrer el globo será, pues,

$$y_1 = 1360 - 1236 = 124 \text{ metros,}$$

que unido al de v ya deducido

$$v = 1{,}92 \text{ metros}$$

substituidos en la fórmula [46], nos dan:

$$[b] \qquad t'' = 1{,}4\,\frac{y_1}{v_1} = 1{,}4\,\frac{124}{1{,}92} = 90'' = 1' + 30''.$$

Sumando los dos valores hallados, tendremos finalmente:

$$T = t' + t'' = 12' + 10''$$

solución del problema.

Es de la mayor conveniencia que el oficial jefe de un globo haya calculado por medio de las fórmulas [21] y [46], un cuadro en el cual figuren las variaciones de altura que experimentará su aerostato para distintos arrojes de lastre hechos á distintas alturas, y los tiempos que invertirá el globo en recorrerlos.

Con dicho cuadro á la vista se le facilitarán muchísimo las operaciones correspondientes, para salvar los obstáculos que pueda encontrar en su camino.

Como reglas generales relativas á este punto, se pueden aceptar las siguientes.

Regla 1.ª «Arrojar el lastre calculado de una sola vez y á una distancia horizontal del obstáculo que se deba salvar, doble, por lo menos,

que el espacio vertical que recorrerá el globo al practicar dicho arroje.»

Regla 2.ª «No arrojar jamás el lastre calculado á una distancia horizontal del obstáculo, menor de 600 metros.»

Dichas reglas se refieren á vientos relativamente moderados, cuya velocidad no exceda de 5 metros por segundo (18 kilómetros por hora).

Si dicha velocidad es de 10 metros por segundo, se transformarían en las siguientes:

1.ª Arrojar el lastre calculado de una sola vez y á una distancia horizontal del obstáculo *cuatro veces* mayor, por lo menos, que el incremento de altura que en la del globo origene el arroje de lastre.

2.ª No arrojar jamás el lastre calculado á menos de 1200 metros del obstáculo.

TERCERA PARTE.

DESCENSO Á TIERRA DEL GLOBO LIBRE.

Antes de entrar en la teoría relativa al cálculo de la cantidad de lastre que debe reservar el aeronauta para practicar la siempre delicada, y no pocas veces peligrosa operación del descenso voluntario á tierra, término del viaje aéreo, conviene recordar algunos principios y ordenar y completar algunas ideas que en diversas ocasiones hemos expuesto.

Digimos que para iniciar el descenso del globo que está en equilibrio á una altura cualquiera, basta abrir un instante la válvula superior actuando sobre su cuerda de maniobra, para perder en la atmósfera parte del gas contenido en el aerostato.

Vimos también que si representamos por a kilógramos la fuerza ascensional del metro cúbico de gas en dicha zona de equilibrio, y por v el volumen perdido en la atmósfera al dar lo que los aeronautas llaman el «golpe de válvula» (siendo V el del gas contenido antes de maniobrar), la fuerza ascensional total del gas, que era ($V . a = P$), se transformará en $(V - v)\, a$ menor que la anterior en la cantidad $(v . a)$, originándose una fuerza de descenso igual á $(v . a)$ que impulsará al globo hacia tierra.

Al descender el aerostato, aumenta la presión atmosférica á que está sometido, *y suponiendo qne no varíen las temperaturas del gas y del aire al variar la altura del globo*, el volumen de gas en él contenido se contraerá siguiendo la ley de Mariotte: el apéndice se cerrará por efecto del aumento de presión exterior, y por lo tanto, el peso del gas contenido en el globo, permanecerá constante durante el descenso.

Constante será también, en esta hipótesis de temperaturas fijas, el peso del aire desalojado en cada instante por el aerostato, por ser dicho peso el producto del volumen de éste, ó sea el del gas (variable con la presión) por el peso (variable también con la presión) del metro cúbico de aire, y puesto que el primer factor es inversamente proporcional á la presión, y el segundo directamente proporcional á ella, resulta constante su producto. La fuerza ascensional del gas contenido, que es siempre:

$$\{\textit{Peso del aire desalojado, menos peso del gas}\}$$

será constante en esta hipótesis; y la fuerza de descenso, diferencia á su vez entre el peso total que soporta el globo y la fuerza ascensional total de su gas permanecerá constante, mientras no arrojemos lastre para modificar dicho peso total.

No se pierda de vista que este resultado depende esencialmente de la hipótesis establecida al deducirle, es decir, que si las temperaturas, tanto del gas como del aire, *permanecen constantemente iguales á cualquier altura, á las existentes al iniciar el descenso*, la fuerza de descenso creada al maniobrar la válvula para perder gas y romper el equilibrio, *será constante á cualquier altura.*

Dentro de esta hipótesis, es evidente que si no existiera la resistencia que el aire opone al movimiento de descenso del globo, éste se efectuaría siguiendo las leyes del movimiento uniformemente acelerado, debido, como sabemos, á la acción de una fuerza constante; pero dicha resistencia, nula al comenzar el movimiento, crece con el cuadrado de la velocidad de descenso del globo, y llega un instante en el cual adquiere un valor igual al de la fuerza constante de descenso.

Desde el momento en que el valor creciente de la resistencia que opone el aire, iguale á la fuerza de descenso, y por lo tanto, la equilibre, el movimiento del aerostato será sensiblemente de régimen uniforme, pues si bien el volumen variable y decreciente del globo, tiende á acelerarle por disminuir la sección resistente, se opone á esta tendencia el grado creciente de flacidez del aerostato, cuya tela forma concavidades cada vez más acentuadas en su parte inferior, que aumentando la resistencia, frena, por decirlo así, el movimiento de descenso.

Si la pérdida de gas, debida á la maniobra de la válvula, ha sido pequeña, pequeña será la fuerza de descenso, y por consiguiente, como en su lugar vimos, la velocidad de régimen de la caida; pero si aquélla fué excesiva y resulta ésta considerable, habrá de contenerse el descenso con el conveniente arroje de lastre, hasta obtener una velocidad moderada, cuyo valor no debe exceder de 3 metros por segundo, para que el choque con tierra no sea exagerado ni peligroso.

En realidad, rara vez se verifica la hipótesis que hemos admitido: la temperatura del aire no es constante á cualquier altura y en general varía también con ésta la temperatura del gas, y por consiguiente, la fuerza de descenso, pudiendo presentarse en la práctica los tres casos siguientes, esencialmente distintos para nuestro objeto, puesto que exigen cantidades de lastre distintas también.

1.er CASO. Puede ocurrir que siendo *variables con la altura*, las temperaturas del gas y del aire, varien estas cantidades de tal modo, *que su diferencia sea constante en cualquier instante del descenso.* En este caso, demostraremos que la fuerza de descenso, se mantiene constante durante el mismo.

2.º CASO. Que *variando con la altura las temperaturas del gas y del aire, aumente más rápidamente la primera que la segunda al descender el globo*: es decir, que la diferencia entre la del gas y la del aire *aumente al disminuir la altura*, en cuyo caso demostraremos que la fuerza de descenso del globo *disminuye* y puede llegar á anularse.

3.er CASO. Que *variando con la altura* las temperaturas del gas y del aire, *aumente más rápidamente la del aire que la del gas al descender el globo*, ó sea que la diferencia entre la del gas y la del aire *disminuya* al *decrecer* la altura, y en este caso se demostrará que la fuerza de descenso es *creciente* y hay que contrarrestar su efecto acelerador, con el que llamaremos *lastre freno.*

Vamos á proceder al estudio de los casos enumerados para colocarnos en las circunstancias más desventajosas (que, como vemos, corresponden al tercero de los casos señalados) y poder fijar, con arreglo á ellas, el valor del peso mínimo de lastre necesario para practicar el descenso sin peligro.

La teoría, muy deficiente por cierto, sobre punto de tanta importan-

cia, solamente podrá servirnos para deducir algunas consecuencias y reglas generales, y para darnos una idea aproximada del peso mínimo de lastre de descenso necesario para afrontar con garantías de éxito feliz, y en las condiciones más desfavorables, las consecuencias de esta delicada é importantísima operación.

Para poder estudiar los tres casos citados, nos es preciso estudiar la influencia de las temperaturas del gas y del aire en la fuerza ascensional del gas contenido en un globo flácido, pues conocida dicha influencia sabremos la que tiene sobre la fuerza de descenso, igual en cada instante, á la diferencia entre el peso total que soporta el globo y la fuerza ascensional del gas que contiene.

Influencia de las temperaturas del gas y del aire, sobre la fuerza ascensional del gas de un globo flácido.

La fuerza ascensional del gas de un globo flácido, es en cada instante igual á la diferencia entre el peso del volumen de aire desalojado en dicho momento, y el peso constante del gas contenido en el aerostato.

El minuendo, peso del aire desalojado, es el producto del volumen del globo, por el peso del metro cúbico de aire; ambos factores son variables, con la presión atmosférica y con la temperatura del gas el primero, y con dicha presión y la temperatura del aire el segundo; por consiguiente será variable el peso del aire desalojado, y por lo tanto, la fuerza ascensional total del gas.

Para llegar á expresar bajo forma sencilla y conveniente el valor de la fuerza ascensional total del gas de un globo flácido en un instante dado, representaremos por $V^x_{t'}$ el volumen del gas (y por lo tanto, el del globo) en el momento de comenzar su descenso desde una zona de presión x arbitraria, en la cual el gas tiene una temperatura de t'°, y después del golpe de válvula para iniciar el descenso.

Este volumen $V^x_{t'}$, será el del aire desalojado en dicho instante, aire cuya temperatura representaremos por t.

Con arreglo á estas convenciones, tendremos, que el peso variable del volumen de aire desalojado al iniciarse el descenso, será teniendo en cuenta la notación simbólica empleada en los preliminares:

$$V^x_{t'} \times \varphi^x_t \qquad [47]$$

pero tenemos también (fórmula [3])

$$\varphi^x_t = \varphi^{760}_0 \frac{x}{760\,(1 + \alpha\, t)}$$

y según la ley de Mariotte y Gay Lussac

$$V^x_{t'} = V^{760}_0 \frac{760\,(1 + \alpha\, t')}{x}.$$

Valores que substituidos en la [47] nos conducen á la siguiente:

$$[48] \quad \left\{\begin{matrix}\text{Peso del aire desalojado al} \\ \text{comenzar el descenso.. .}\end{matrix}\right\} = V^{760}_0 \cdot \varphi^{760}_0 \frac{1 + \alpha\, t'}{1 + \alpha\, t}.$$

Restando del valor anterior el peso constante del gas contenido, que representaremos por p, obtendremos la fórmula:

$$[49] \quad \left\{\begin{matrix}\text{Fuerza ascensional del} \\ \text{gas del globo flácido.}\end{matrix}\right\} = V^{760}_0 \cdot \varphi^{760}_0 \frac{1 + \alpha\, t'}{1 + \alpha\, t} - p.$$

Substituyendo en la anterior en lugar de t' y t, los valores de las temperaturas del gas y del aire correspondientes á otro instante cualquiera del descenso, obtendremos el valor de la fuerza ascensional total del gas que á dicho momento corresponde. Podemos transformar la fórmula [49] dándole una forma más conveniente para nuestro propósito, observando que:

$$\frac{1 + \alpha\, t'}{1 + \alpha\, t} = \frac{\frac{1}{\alpha} + t'}{\frac{1}{\alpha} + t} = \frac{273 + t'}{273 + t} = \frac{273 + t + (t' - t)}{273 + t} =$$

$$= 1 + \frac{1}{273 + t}\,(t' - t).$$

Teniendo en cuenta, que para los valores de t, que en general no excederán de 30°, podemos admitir por exceso y con bastante aproximación que:

$$\frac{1}{273 + t} = \frac{1}{273} = \alpha$$

tendremos

$$\frac{1 + \alpha\, t'}{1 + \alpha\, t} = 1 + \alpha\,(t' - t).$$

Valor que puesto en la [49] en unión del

$$\varphi^{760}_{0} = 1{,}293 \text{ kilógramos,}$$

la transforman en la siguiente:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Fuerza ascensional del gas de}\\ \text{un globo flácido.}\ldots\ldots\ldots\end{array}\right\} = 1{,}293 \,.\, V^{760}_{0}\,[1 + \alpha\,(t' - t)] - p. \quad [50]$$

Fórmula que nos demuestra que la fuerza ascensional del gas de un globo flácido dado, depende de las temperaturas del aire y del gas, y puesto que éstas varían con la altura, variará con ella la fuerza ascensional del gas contenido, y *únicamente* en el caso de que se mantenga *constante á cualquier altura* la diferencia $(t' - t)$, se conservará constante dicha fuerza á cualquier altura, y lo mismo la de descenso del globo.

La fórmula [50] nos permite deducir las consecuencias siguientes, relativas al descenso del globo.

Consecuencia 1.ª Si al descender el globo, suponemos variables las temperaturas del gas y del aire, conservándose *constante su diferencia* $(t' - t)$, *constante* será á cualquier altura la fuerza ascensional del gas contenido, y *constante*, por lo tanto, la fuerza de descenso del globo, igual al peso total que éste soporta, menos la fuerza ascensional del gas contenido.

Consecuencia 2.ª Si la diferencia de temperaturas $(t' - t)$ *aumenta al descender el globo*, la fórmula que analizamos nos indica que la fuerza ascensional del gas contenido aumenta, y por consiguiente *disminuirá* la de descenso, cuyo valor podrá llegar á anularse y dar lugar al equilibrio del globo, en cuyo caso, para continuar el descenso, se deberá maniobrar nuevamente la válvula superior para perder nueva cantidad de gas y enjendrar nueva fuerza de descenso, efectuándose éste de un modo escalonado.

Consecuencia 3.ª Si conforme desciende el globo, *disminuye* la diferencia de temperaturas $(t' - t)$ por aumentar más rápidamente la del aire que la del gas al aproximarse á tierra el aerostato, la fuerza ascensional del gas contenido *disminuye*, la de descenso del globo *aumenta*, y el movimiento se acelera, motivando el correspondiente arroje de lastre para neutralizar dicha aceleración y mantener el movimiento de descenso en el régimen uniforme correspondiente á la fuerza de descenso inicial.

Consecuencia 4.ª Finalmente, si suponemos $(t'-t)=0$ ó sea $(t'=t)$ á cualquier altura, constantes serán en todos los puntos del descenso la fuerza ascensional del gas contenido, y la de descenso del aerostato, quedando en este caso reducido el valor de la primera al siguiente:

$$\text{Fuerza ascensional} = 1{,}293 \,.\, V^{760}{}_{0} - p.$$

Con lo expuesto quedan estudiados los tres casos y consecuencias correspondientes que en el descenso del globo se pueden presentar, y que en otro lugar habíamos adelantado.

Definiciones de lastre freno y lastre de reserva.

De los tres casos que se pueden presentar en el descenso voluntario á tierra del globo libre, el que nos servirá de guía, por ser el más desfavorable para el aeronauta desde el punto de vista del lastre, es el correspondiente á la consecuencia tercera, y á él nos atendremos para calcular, teóricamente, la cantidad que se debe reservar para practicar con éxito la maniobra.

En el primero de los casos señalados ($t'-t$ constante), el movimiento de descenso del aerostato será uniforme sensiblemente, como vimos al estudiar el movimiento vertical de un globo flácido, y la velocidad correspondiente, tendrá por valor:

$$v = \sqrt{\frac{F}{K}}$$

en el cual F es la fuerza inicial de descenso, que en este caso se mantiene constante durante todo el trayecto; y puesto que está en la mano del aeronauta que la fuerza F sea muy pequeña, en su mano está el descender con una velocidad tan moderada como desée, sin necesidad de preocuparse de lastre de descenso, á menos que las circuntancias le impongan un descenso rápido.

Al comenzar á depositarse en tierra el cabo moderador, disminuye la fuerza constante de descenso, puesto que la parte de dicho cabo que va apoyando en tierra, deja de pesar sobre el globo; si dicha fuerza es, como suponemos, pequeña, pronto quedará anulada, y el trabajo que desde el instante en que esto ocurra ejecuta el globo al continuar descendiendo en virtud de la velocidad adquirida, será un trabajo resisten-

te que absorberá la totalidad ó parte de la fuerza viva que aquél tenía al comenzar á rozar la tierra su cabo moderador, de modo que llegará á ella suavemente y por lo tanto sin peligro, pudiendo ocurrir también, que el globo quede en equilibrio antes de llegar á tierra la barquilla (pero sí parte del cabo moderador), dando lugar esta circunstancia á nueva maniobra de la válvula para continuar el descenso.

Dentro de este primer caso (y lo mismo decimos para los siguientes) puede suceder, que para aprovechar el aeronauta un punto del terreno conveniente para el descenso, se vea precisado á practicarle rápidamente, á cuyo efecto, al iniciarle, lo hará perdiendo bastante cantidad de gas, con objeto de que la fuerza inicial de descenso F sea grande, y obtener la velocidad que juzgue necesaria para conseguir su propósito. En estas condiciones, la fuerza viva que poseerá el aerostato al rozar tierra su cabo moderador será considerable, y el choque con tierra podrá ser excesivamente violento, á pesar de la acción moderadora del citado cabo, imponiéndose la necesidad de aumentar dicha acción con un arroje de lastre.

Dependiendo la fuerza viva de un globo dado, de lo rápido que sea el descenso y de la masa del globo, no puede someterse al cálculo la cantidad de lastre necesario que, unida al peso del cabo moderador que se emplée, baste para reducir el choque de la barquilla contra el terreno á límites exentos de peligro, y como un descenso rápido puede imponerse en cualquiera de los tres casos señalados, resulta de lo dicho, la necesidad de que el aeronauta disponga siempre de una cantidad de lastre, que llamaremos *reserva de lastre*, cuya cantidad depende exclusivamente del peso del cabo moderador que se utilice, del peso total del globo y del arrojo y práctica del aeronauta.

En el segundo caso ($t' - t$ aumenta al descender el globo), si no se trata de un descenso rápido, se iniciará el descenso con una fuerza tan pequeña como se quiera: el movimiento será retardado y podrá llegar á anularse la citada fuerza, en cuyo caso podrá quedar el globo en equilibrio antes ó después de rozar en tierra su cabo moderador, dando lugar á nueva maniobra para continuar el descenso. Si se impone un descenso rápido, se necesita, como en el caso anterior, contar con el lastre de reserva.

Tercer caso: en este caso ($t' - t$ disminuye) la fuerza de descenso aumenta al descender el globo y el movimiento se acelerará.

Llamaremos *lastre freno* á la cantidad de lastre necesaria para reducirle al primer caso, es decir, al lastre que debe irse arrojando sucesivamente durante el trayecto comprendido entre la zona que ocupa el globo al iniciar el descenso y la correspondiente al instante en el que su cabo moderador comienza á tocar en tierra, para que el movimiento no se acelere y se mantenga uniforme, llevando el globo una velocidad constante igual á

$$\sqrt{\frac{F}{K}}$$

en la cual F es, como sabemos, la fuerza inicial de descenso.

Para obtener este resultado, y puesto que estamos en el caso en que la fuerza de descenso crece de un instante á otro, conforme el globo se aproxima á tierra, será preciso neutralizar el incremento que por unidad de tiempo sufre dicha fuerza, con un arroje de lastre igual al mencionado incremento para que la fuerza F permanezca constante, y por lo tanto, la velocidad de descenso no varíe.

Claro está que si se trata de un descenso rápido, subsiste la necesidad del lastre de reserva, además del lastre freno.

En resumen, el lastre de descenso necesario para contrarrestar todas las influencias desfavorables que en la práctica se pueden presentar, consta de dos sumandos: *lastre de reserva* y *lastre freno*, cuya necesidad y objeto hemos indicado. El primero es arbitrario por completo; el segundo, se puede calcular teóricamente con exactitud; pero no así en la práctica, por carecer de los datos necesarios, sobre todo de los relativos á las temperaturas del aire y del gas.

Expondremos á continuación el cálculo teórico de dicho sumando y las fórmulas aproximadas más generalmente empleadas para calcular el lastre de descenso, advirtiendo que en ninguno de los trabajos que nos son conocidos se detallan los sumandos mencionados ni tienen en cuenta la fuerza viva que puede poseer el globo en un descenso rápido. Quizás fien por completo la acción moderadora al cabo del mismo nombre, cuyo peso se calcula en $^1/_{50}$ de la fuerza ascensional total del gas del globo á la partida, cálculo que, á nuestro juicio, da valores pequeños.

Cálculo teórico del lastre freno.

Representaremos por x la presión en la zona que ocupa el globo en equilibrio en el instante de iniciar su descenso á tierra; por $\overline{t'}$ y $\overline{t}$ las temperaturas del gas y del aire en la zona citada; por $\underline{t'}$ y $\underline{t}$ las del gas y del aire cuando el cabo moderador del aerostato comience á tocar en tierra; por $V^x_{\overline{t}}$, el volumen del globo (y por lo tanto el del gas contenido) en el momento de iniciar el descenso, cuyo volumen es, con gran aproximación, el volumen total del globo V; por p, el peso del gas contenido, que permanecerá constante durante todo el descenso y por $\overline{f_a}$ y $\underline{f_a}$ la fuerza ascensional total de dicho gas al iniciar el descenso y al tomar tierra su cabo moderador.

Sea l_f el peso del lastre freno que deseamos determinar.

Es evidente que el valor que buscamos es exactamente igual al del incremento que experimente la fuerza de descenso entre las dos zonas consideradas, sin arrojar lastre ninguno.

Determinemos, pues, el incremento de la fuerza citada.

Representando por P el peso total que soporta el globo al iniciar el descenso (peso que permanecerá constante, puesto que no arrojamos lastre) el valor inicial de la fuerza de descenso será:

$$P - \overline{f_a} \qquad \text{y} \qquad P - \underline{f_a}$$

el de la misma fuerza al tomar tierra el cabo moderador.

La diferencia entre ambos valores será el incremento buscado, ó valor de l_f.

Tomando como minuendo la mayor, que en nuestro caso es la segunda, tendremos:

$$l_f = P - \underline{f_a} - P + \overline{f_a} = \overline{f_a} - \underline{f_a}$$

y como según las notaciones indicadas y la fórmula [50]

$$\overline{f_a} = 1{,}293 \,.\, V^{760}_0 \left[1 + \alpha\,(\overline{t'} - \overline{t})\right] - p$$

$$\underline{f_a} = 1{,}293 \,.\, V^{760}_0 \left[1 + \alpha\,(\underline{t'} - \underline{t})\right] - p$$

la anterior se nos convertirá en:

$$l_f = \overline{f_a} - \underline{f_a} = 1{,}293 \,.\, V^{760}_0\, \alpha \left[(\overline{t'} - \overline{t}) - (\underline{t'} - \underline{t})\right] \qquad [51]$$

que nos proporcionará el valor del lastre freno, conocidos los de $\bar{t}'$, $\underline{t}'$, $\bar{t}$, $\underline{t}$, y $V^{x}_{\bar{t}'}$ (para poder deducir de él el de $V^{760}{}_{0}$ que entra en la fórmula) la cual nos conduce á las consecuencias siguientes:

Consecuencia 1.ª Si los valores de las temperaturas del gas y del aire que figuran en la fórmula, satisfacen á la relación

$$(\bar{t}' - \bar{t}) - (\underline{t}' - \underline{t}) = 0,$$

el valor de l_f resulta ser cero, de acuerdo con lo que ya sabíamos, pues esta hipótesis corresponde al primer caso, en el cual la fuerza de descenso es constante, su incremento nulo, y cero por consiguiente la cantidad de lastre freno igual á dicho incremento.

Consecuencia 2.ª Si suponemos que los valores de las temperaturas satisfacen á la relación:

$$(\bar{t}' - \bar{t}) - (\underline{t}' - \underline{t}) < 0,$$

resulta negativo el valor del lastre freno: consecuencia perfectamente de acuerdo con lo ya conocido, por corresponder esta hipótesis al segundo caso, en el cual la fuerza de descenso disminuye al descender el globo, justificando el cambio de signo del lastre freno, cambio que en este caso equivale á decir, que para descender con una fuerza de descenso constante é igual á la inicial, habría que aumentar un peso al aerostato, igual al valor absoluto que para l_f deduzcamos de la fórmula, aumento que debería hacerse progresivamente, conforme disminuya dicha fuerza, para mantenerla constante y pasar al primer caso, en el cual el lastre freno es nulo.

Consecuencia 3.ª Si suponemos que los valores de las temperaturas del gas y del aire, satisfacen á la relación

$$(\bar{t}' - \bar{t}) - (\underline{t}' - \underline{t}) > 0$$

hipótesis correspondiente al tercer caso, que es para nosotros el de verdadero interés, el valor del lastre freno es positivo, y tanto mayor, cuanto mayor sea el de dicha diferencia, la cual aumenta (suponiendo constante $(\bar{t}' - \bar{t})$) ó por disminuir $\underline{t}'$ al descender el globo, ó por aumentar $\underline{t}$ cuando éste se aproxima á tierra.

Dentro de este caso, que por ser el más desfavorable debemos analizar con más cuidado, vemos que un mismo globo, al practicar descensos distintos desde un mismo punto y en iguales condiciones térmi-

cas al iniciarlos (es decir x, $\overline{t'}$ y $\overline{t}$ constantes en todos ellos) necesita una cantidad de lastre freno tanto mayor cuanto menor sea $\underline{t'}$ ó mayor $\underline{t}$: y como no es probable, como veremos más adelante, que $\underline{t'}$ disminuya al descender el globo, se deduce como resultado práctico que conviene tener presente, que la cantidad de lastre freno crece en descensos distintos hechos en las condiciones mencionadas, cuanto mayor sea la temperatura del aire cerca de tierra, y por lo tanto, un mismo globo necesita para descender desde un mismo punto y en iguales condiciones térmicas iniciales, mayor cantidad de lastre freno en el centro del día que por la tarde, en verano que en invierno.

Consecuencia 4.ª La fórmula [51] es independiente de la clase de gas que contenga el globo: por consiguiente, podemos enunciar la siguiente interesantísima propiedad: «Todos los globos de igual volumen necesitan la *misma cantidad de lastre freno*, cualquiera que sea la clase de gas de llenado, para practicar un descenso á tierra desde la misma altura y en el mismo instante, á fin de que sean iguales para todos ellos las condiciones térmicas.

Consecuencia 5.ª Poniendo en la fórmula [51] en lugar de $V^{760}{}_0$ su valor en función de $V^x{}_{\overline{t'}}$ que es, como sabemos,

$$V^{760}{}_0 = V^x{}_{\overline{t'}} \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\overline{t'})}$$

se transforma en la siguiente:

$$l_f = 1{,}293\ .\ V^x{}_{\overline{t'}}\ .\ \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\overline{t'})}\ \alpha\,[(\overline{t'} - \overline{t}) - (\underline{t'} - \underline{t})].$$

Bajo cuya forma vemos comprobado que «á igualdad de condiciones térmicas, y suponiendo constante el volumen $V^x{}_{\overline{t'}}$ (que podemos admitir sea el total V del globo), necesita un mismo globo para su descenso una cantidad de lastre freno tanto menor cuanto mayor sea la altura que ocupa al iniciarle.»

Hay que tener muy presente, que esta consecuencia es puramente teórica, puesto que en la práctica, si bien es cierto que disminuye el valor de la presión x al aumentar la altura, nada sabemos sobre el valor que tomará $\overline{t'}$ mientras que al aumentar la altura disminuye $\overline{t}$: de modo que de la disminución de x no podemos deducir la del lastre

freno l_f, más que admitiendo la hipótesis que hemos hecho, hipótesis que probablemente dista mucho de la realidad.

Llamamos la atención sobre la conclusión anterior, citada por diversos autores, para que el lector no se vea inducido á error, creyendo que para disminuir el lastre de descenso le conviene subir para iniciarle á mayor altura; además de la razón expuesta para no seguir este camino, se comprende, que para adquirir mayor altura, tendrá que arrojar lastre, de modo que no sólo no se conseguirá la economía pretendida, sino que se gastaría un exceso de lastre.

Consecuencia 6.ª Nos demuestra también la fórmula que analizamos, que para valores constantes de presión y de temperaturas, el de l' es proporcional al volumen total V del globo, y por lo tanto, que «los pesos de lastre freno necesarios para que dos globos de diferente volumen practiquen su descenso desde una misma zona y en el mismo instante, son proporcionales á dichos volúmenes, necesitando menor cantidad el globo más pequeño.»

Observación. En el caso de descender desde la misma zona y en el mismo instante dos globos de desigual volumen, si ambos rompen su equilibrio con igual fuerza inicial de descenso, descenderá con mayor velocidad el globo pequeño, arrojando ambos la cantidad de lastre freno que les corresponda para mantener uniformes sus movimientos, puesto que las velocidades respectivas serán, según sabemos,

$$\begin{cases} v' = \sqrt{\dfrac{F}{0{,}0255 \,.\, D^2 \,.\, \gamma}} \\ V' = \sqrt{\dfrac{F}{0{,}0255 \,.\, D'^2 \,.\, \gamma}} \end{cases}$$

y si suponemos

$$D' > D$$

resulta

$$v' > V'$$

como habíamos dicho.

De las fórmulas anteriores deducimos:

$$\frac{v'}{V'} = \frac{D'}{D}$$

que nos dá la relación entre ambas velocidades en las condiciones dichas. Conviene tener presente, que si bien el globo menor necesita un peso menor también de lastre freno, en cambio, en el caso citado de iniciar el descenso con igual fuerza ambos globos y por ser mayor la velocidad de su régimen de caída, exigirá un lastre de reserva para absorber su fuerza viva, que podrá ser superior al que exija el globo de mayor volumen.

Si se quiere saber (teóricamente por supuesto, puesto que no hay medio de averiguar ni de regular de un modo preciso la fuerza inicial de descenso), cuál debe ser la relación entre las de ambos globos para que descendieran con igual velocidad, haciendo cada uno de ellos uso de su lastre freno para mantenerla constante, resolveríamos el problema igualando ambas velocidades, por cuyo medio llegaríamos á la ecuación

$$\frac{F}{F'} = \frac{D^2}{D'^2}$$

en la cual F y F' son las fuerzas de descenso iniciales de ambos globos y D y D' los diámetros respectivos de los mismos. Es decir, que la relación entre las fuerzas iniciales de ambos globos debe ser igual á la de los cuadrados de sus diámetros para que desciendan desde la misma altura con igual velocidad, y por consiguiente lleguen á tierra al mismo tiempo.

Discutida la fórmula [51], y analizadas las consecuencias que nos ha proporcionado, queda terminado el estudio teórico del lastre freno, estudio de escaso valor práctico, puesto que el conocimiento de l_f, exige el de las cantidades $V^x_{\bar{v}}$, $\bar{t}'$, $\bar{t}$, $\underline{t}'$ y $\underline{t}$, de las cuales solamente conoce con seguridad el aeronauta $\bar{t}$, es decir, la temperatura del aire al iniciar el descenso, y $V^x_{\bar{v}}$, que, en general, diferirá muy poco del volumen total del globo. El valor de $\underline{t}$ (temperatura del aire próximo á tierra) hay que estimarle casi al azar, pues depende de la localidad, de la hora del día, de la estación, etc., y en cuanto á las temperaturas del gas al iniciar el descenso $(\bar{t}')$ y al tomar tierra el cabo moderador $(\underline{t}')$, son completamente desconocidas, hasta que se practiquen numerosas experiencias

que permitan determinarlas con relativa aproximación, experiencias de gran interés para completar el estudio de la maniobra más delicada é importante de cuantas debe practicar el aeronauta. A continuación exponemos algunas indicaciones sobre las variaciones que sufren las temperaturas del aire y del gas.

Indicaciones sobre la variación que experimenta con la altura, la temperatura del aire.

Para enlazar el valor de la temperatura t_x del aire en la altura de presión x, con el $t_{x'}$ que dicha temperatura tendrá en la zona de presión $x' < x$, podemos emplear la fórmula siguiente, debida á Saigey y Mendeleeff:

$$t_x = t_{x'} + 55 \left(\frac{x - x'}{760} \right) \qquad [52]$$

Esta fórmula se puede aplicar hasta alturas de 4000 metros sobre el nivel del mar, es decir, hasta presiones mínimas aproximadas $x' = 460$ milímetros.

Aplicándola á la determinación del valor de $\underline{t}$ en función de $\overline{t}$ leído en el termómetro de la barquilla, obtendremos:

$$\underline{t} = \overline{t} + 55 \left(\frac{x - x'}{760} \right)$$

en cuya fórmula x' es la presión correspondiente á la zona desde la cual se inicia el descenso, y x la de la zona que ocupa el globo cuando su cabo moderador comienza á rozar la tierra, presión que hay que deducir de la altitud del punto de descenso, si se dispone de una carta orográfica de la región en que se opere.

Indicaciones sobre las diversas causas que influyen en la temperatura del gas.

La temperatura del gas contenido en el globo, no sólo depende de la del aire ambiente variable y decreciente al aumentar la altura, y del grado de radiación calorífica de la tela de que esté formado (variable á su vez con la clase de tela y el volumen de la masa gaseosa), sino que depende también de las dilataciones y compresiones que sufre el gas al

subir el aerostato y decrecer la presión, ó al descender aquél y aumentar ésta, dilataciones que se traducen en enfriamiento de la masa gaseosa, y compresiones que originan un aumento en la temperatura del gas. Todas las causas enumeradas contribuyen á las variaciones que experimenta la temperatura del gas, y son tan complejas y variables de un instante á otro, que resulta prácticamente imposible calcular su inflencia con toda generalidad.

Si la tela del globo fuese de tal naturaleza que constituyese una pantalla perfectamente atérmica, para eliminar la influencia de la radiación calorífica, podríamos recurrir á la Termodinámica y calcular el calentamiento que experimenta la masa gaseosa al descender el globo, desde la zona de presión x_1 hasta la de presión x_2, pues representando por v_1 y v_2 los volúmenes que dicha masa ocupe sometida á las presiones indicadas, la ley de Gay-Lussac, aplicada á este caso, nos proporcionaría la ecuación:

$$x_1 \cdot V^{1,41}{}_1 = x_2 \cdot V^{1,41}{}_2$$

que nos permitiría integrar la ecuación diferencial del trabajo adiabático, y conocido éste y utilizando el equivalente mecánico del calor, hallaríamos el número de calorías correspondiente al trabajo adiabático realizado al comprimirse el gas conforme desciende el aerostato, cuyo número de calorías nos permitiría deducir el aumento de temperatura experimentado por el gas; pero siguiendo este camino, puramente hipotético y teórico, es evidente que ningún resultado práctico obtendríamos, puesto que es imposible tener una tela de las condiciones que la hipótesis exige, y estamos fuera de las condiciones reales del verdadero problema práctico que desearíamos resolver.

Solamente á título de curiosidad, mencionaremos el resultado obtenido por el doctor alemán Emdem en un trabajo recientemente publicado en la revista *Ilustrirte Aëronautische Mittheilungen*. Siguiendo dicho señor un procedimiento análogo al que acabamos de esbozar, y en la hipótesis de que la envuelta del globo constituya una pantalla perfectamente atérmica, demuestra que para que la temperatura del gas contenido en cualquier aerostato aumente en 1°, es preciso que el globo descienda 100 metros próximamente.

Con los elementos de que hoy puede disponer el aeronauta, consideramos que el camino más práctico que puede seguirse para conocer con alguna aproximación la temperatura del gas, consiste en llevar colgado en el interior del globo un termómetro registrador, sistema Richard, perfectamente comprobado con el termómetro que figure en el equipo de la barquilla, aparato que se dispondrá con la polea y cuerdas necesarias para que el aeronauta le pueda retirar á través del apéndice antes de iniciar el descenso, á fin de protegerle de cualquier accidente. Terminada la ascensión, se compararán las indicaciones acusadas en la hoja gráfica, con las temperaturas correspondientes del aire, leídas en el termómetro de la barquilla.

Disponiendo para cada globo de numerosas experiencias de este género, se podrá conocer, con relativa aproximación, la relación que existe entre la temperatura del gas y la del aire en diversas condiciones, por medio de la cual se pueda deducir la primera, conocida la segunda.

De cuanto llevamos expuesto se deduce la dificultad inmensa que existe para determinar con exactitud y de un modo práctico la cantidad de lastre freno, y explica la diversidad de criterios que respecto á este punto se observa en los diversos autores, los cuales en general rehuyen el tratar punto de tanta importancia.

A continuación presentamos las fórmulas que más generalmente se emplean en la práctica para calcular el lastre de descenso (sin separación de lastre freno y reserva de lastre) fórmulas que aplicaremos á un mismo caso práctico para comparar los resultados que nos proporcionen, los cuales, como veremos, no difieren mucho entre sí.

Fórmula empleada por Banet Rivet, para calcular el valor del lastre de descenso.

Para deducir su fórmula (que es la misma empleada por el coronel francés Mr. Renard) supone Banet Rivet que la temperatura del gas contenido en el globo permanece constante durante todo el descenso, colocándose, por medio de esta hipótesis, en un caso desfavorable, puesto que en la práctica debe aumentar dicha temperatura conforme el globo desciende, tanto por aumentar la del aire, como por el calor debido á la compresión del gas al aumentar su presión y disminuir su volumen.

Admitida la hipótesis, es evidente que el volumen del globo y por consiguiente el del aire desalojado, depende únicamente de la presión, y que los valores que dicho volumen tome al variar ésta conforme desciende el aerostato, satisfarán á la ley de Mariotte: de modo que representándole por V al iniciar el descenso y por V_1 al terminarle, y designando por x y x_1 las presiones correspondientes, se tendrá:

$$[a] \qquad V_1 = V \cdot \frac{x}{x_1}.$$

El peso del volumen de aire desalojado al comenzar el descenso, será, representando por $\bar{t}$ la temperatura del aire en la zona desde la cual se inicia:

$$[b] \qquad V \cdot \varphi^{x}_{\bar{t}} = V \cdot \varphi^{760}_{0} \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\bar{t}\,)} = 1{,}293 \cdot V \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\bar{t}\,)}$$

y la fuerza ascensional $\bar{f}_a$ correspondiente al gas contenido, tendrá en dicha zona el valor:

$$[c] \qquad \bar{f}_a = 1{,}293 \cdot V \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\bar{t}\,)} - p,$$

siendo p el peso del gas contenido.

El peso del aire desalojado al terminar el descenso será análogamente, designando por $\underline{t}$ la temperatura del aire junto al terreno:

$$V_1\,\varphi^{x_1}_{\underline{t}} = V_1\,\varphi^{760}_{0} \frac{x_1}{760\,(1 + \alpha\,\underline{t}\,)} = 1{,}293 \cdot V_1 \frac{x_1}{760\,(1 + \alpha\,\underline{t}\,)}$$

y poniendo en ella el valor [a] de V_1:

$$[d] \qquad V_1\,\varphi^{x_1}_{\underline{t}} = 1{,}293 \cdot V \cdot \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\underline{t}\,)},$$

de modo que la fuerza ascensional correspondiente del gas del globo será, al terminar el descenso,

$$[e] \qquad \underline{f_a} = 1{,}293 \cdot V \frac{x}{760\,(1 + \alpha\,\underline{t})} - p.$$

Restando del valor [c] el [e] obtendremos:

$$\text{lastre de descenso} = L = 1{,}293 \cdot V \cdot \frac{x}{760} \left(\frac{1}{1 + \alpha\,\bar{t}} - \frac{1}{1 + \alpha\,\underline{t}} \right)$$

y teniendo en cuenta que aproximadamente y por exceso se puede admitir que:

$$\frac{1}{1+\alpha\,\bar{t}} - \frac{1}{1+\alpha\,\underline{t}} = \alpha\left(\underline{t} - \bar{t}\right)$$

se tendrá:

$$L = 1{,}293\,.\,V\,.\,\alpha\left(\underline{t} - \bar{t}\right) \qquad [\mathbf{m}]$$

y poniendo en ella el valor $\underline{t} - \bar{t}$ deducido de la fórmula de Saigey y Méndeleeff, ya citada, haciendo en ella $x = 760$ y $x' = x$, que es

$$\underline{t} - \bar{t} = 55\left(1 - \frac{x}{760}\right)$$

obtendremos:

$$L = 1{,}293\,.\,V\,.\,0{,}004\,\frac{55\,.\,x}{760}\left(1 - \frac{x}{760}\right)$$

y finalmente,

$$L = 0{,}28446\,.\,V\,.\,\frac{x}{760}\left(\frac{760 - x}{760}\right) \qquad [53]$$

que es la fórmula empleada por Banet Rivet, y nos demuestra, como la teórica [51], que el valor del lastre es independiente de la clase de gas de llenado (y por lo tanto, que todos los globos de igual volumen necesitan igual cantidad de lastre de descenso para descender de la misma altura, cualquiera que sea la clase de su gas), y que dicha cantidad de lastre es proporcional al volumen del globo. Demuestra también la fórmula, bajo su forma [**m**], que L aumenta al aumentar $\left(\underline{t} - \bar{t}\right)$: que $L = 0$ cuando $\underline{t} - \bar{t} = 0$ y L es negativo, para $\underline{t} - \bar{t} < 0$.

Concuerda, pues, perfectamente con la teórica [51], y es fórmula que proporciona resultados aceptables, puesto que al deducirla hemos visto que el autor se coloca en circunstancias desfavorables para obtener el resultado con un coeficiente de seguridad conveniente.

Como rara vez se practicarán descensos desde alturas superiores á 4000 metros sobre el nivel del mar, y en general, en las aplicaciones militares quedarán muy por debajo de la cifra mencionada que marca el límite de aplicación de la fórmula de Saigey y Mendeleeff, puede admitirse sin reparo, para el cálculo del lastre freno, la fórmula indicada.

Nada dicen ni Banet Rivet, ni los diversos autores que conocemos,

sobre el lastre que hemos llamado de reserva, indispensable en un descenso rápido, y fían sin duda al cabo moderador la misión de atenuar el choque de caída, cosa que no siempre se podrá aceptar, puesto que el choque depende de lo rápido que sea el descenso, del peso del citado cabo y del total del globo.

La fórmula [53] no tiene en cuenta la altitud del punto de descenso; de contar con dicha circunstancia, y representando por x_1 la presión de de dicho punto, siendo x la correspondiente á la zona desde la cual se inicia el descenso, hubiéramos llegado á la fórmula

$$L = 0{,}28446 \,.\, V \frac{x}{760} \left(\frac{x_1 - x}{760} \right).$$

Pero como en la mayoría de los casos no se conocerá la altura sobre el nivel del mar del punto elegido para practicar el descenso, es preferible el uso de la [53], con lo cual se obtendrá una mayor cantidad para lastre y el consiguiente aumento en el coeficiente de seguridad.

Aplicación práctica.—Supongamos el globo de 816 metros cúbicos, iniciando el descenso á una altura de 1000 metros sobre el nivel del mar (á cuya altura corresponde, según la tabla 1.ª, una presión de 669 milímetros) y que la presión del punto de descenso sea de 760 milímetros.

Para este caso nos dará la fórmula [53] el valor siguiente:

$$L = 0{,}28446 \times 816 \frac{669}{760} \left(\frac{760 - 669}{760} \right) = 25 \text{ kg.}$$

Tabla del capitán alemán Moedebek, para calcular el lastre de descenso.

El capitán (hoy mayor) Moedebek, autor de un interesante Manual para el oficial aeronauta, da la siguiente tabla para calcular la cantidad de lastre de descenso, sin indicar la fórmula que ha utilizado para formarla.

Peso en kilógramos del lastre que debe reservarse para el descenso, por metro cúbico de volumen del globo.

De 760 mm. á 660 mm. de presión, por cada 10 mm. se reservarán $0^k{,}003$.
De 660 mm. á 560 mm. de presión, por cada 10 mm. se reservarán $0^k{,}002$.
De 560 mm. á 460 mm. de presión, por cada 10 mm. se reservarán $0^k{,}001$.
De 460 mm. á 360 mm. de presión, por cada 10 mm. se reservarán $0^k{,}0005$.

Manejo de la tabla.—Ejemplo. Determinar el peso de lastre que debe reservar, para efectuar el descenso á tierra en buenas condiciones un globo de 1200 metros cúbicos de volumen, que le inicia desde una zona de presión de 530 milímetros ($h = 2879$ metros), siendo de 760 milímetros la del punto de caída.

Emplearemos la tabla del modo siguiente:

Para descender del punto de presión 530 milímetros al de 560 milímetros (diferencia entre ambas, 30 milímetros = 3 × 10 milímetros) reservaremos por metro cúbico de volumen. .	$3 \times 0{,}001 = 0^k{,}003$
Para descender de la zona de presión 560 milímetros á la presión 660 (diferencia = 100 milímetros = 10 × 10 milímetros) reservaremos por metro cúbico.	$10 \times 0{,}002 = 0^k{,}020$
Para descender de la zona de presión 660 milímetros á la de 760 milímetros (diferencia 100 = 10 × 10).	$10 \times 0{,}003 = 0^k{,}030$

Efectuando la suma de los pesos parciales que se han ido reservando para descender de una á otra zona, obtendremos el valor del lastre necesario para el descenso indicado por metro cúbico de volumen del globo, y así hallaremos:

Peso que debe reservarse por metro cúbico = 0,053 kilógramos que multiplicado por los 1200 metros cúbicos de volumen de nuestro globo nos dá:

$$L = 63{,}60 \text{ kilógramos.}$$

Si consideramos el caso de nuestro globo de 816 metros cúbicos y aplicamos la tabla para hallar el lastre de descenso necesario para tomar tierra á nivel del mar, iniciándole á 1000 metros de altura (presión = 669 milímetros) procederíamos como sigue:

Para descender de la zona de presión 669, á la de presión 760 milímetros, hay que reservar 9,1 × 0,003 kilógramos por metro cúbico de volumen, ó sea 0,0273, que multiplicados por 816 (volúmen del globo), nos dan:

$$L = 23 \text{ kilógramos,}$$

valor algo menor que el deducido para este mismo ejemplo, aplicando la fórmula de Banet Rivet. Las tablas de Mocdebeck no tienen tampoco en cuenta el lastre de reserva.

Terminaremos nuestro trabajo haciendo algunas advertencias que consideramos útiles sobre el descenso voluntario á tierra; pero antes haremos presente, que obtenido el lastre de descenso por cualquiera de las fórmulas indicadas, es de gran conveniencia en la práctica, multiplicar por 2 el resultado obtenido, por la razón siguiente. En general, la altura máxima que alcanzará un globo en su viaje aéreo (á menos que el objetivo especial de la misión que le esté encomendada imponga alturas mayores para pasar desapercibido con más facilidad), no excederá de 3000 metros sobre el nivel del mar y la altura media de los viajes oscilará entre 1000 y 2000 metros sobre dicho nivel.

A esa distancia del terreno no es fácil apreciar su relieve, vegetación y accidentes, y ocurre muchas veces, que un punto elegido como favorable desde la barquilla para practicar el descenso, no reune las condiciones necesarias, cuando desde menor altura se aprecian todos sus detalles. Cuando así suceda, el aeronauta debe contener el descenso para proseguir el viaje en busca de lugar conveniente para rendirle, y esto exige, como es natural, un aumento en el lastre calculado, que justifica la conveniencia de duplicar el resultado que por medio del cálculo se haya deducido préviamente.

Inútil es decir, que cuanto más accidentada sea la región en la que deba practicarse el descenso, mayor será el número de probabilidades que existirán de tener que tantear el terreno para elegir punto conveniente.

Es también de gran utilidad para el oficial jefe de un globo, disponer de un cuadro ó tabla correspondiente al aerostato que tripula, en el que figuren las cantidades de lastre de descenso necesarias para practicar dicha maniobra desde diversas alturas, y presiones que á las mismas corresponden, pues de este modo puede saber en cada instante la cantidad de lastre que necesita. Nada podemos decir sobre el que hemos llamado reserva de lastre, pues únicamente el jefe del globo puede fijar el

que crea conveniente, según su arrojo, su práctica, su agilidad, las condiciones del personal que le acompañe y el objetivo del viaje aéreo.

Algunas advertencias útiles.

Para terminar estos apuntes, haremos algunas advertencias que, á nuestro juicio, pueden ser de utilidad.

Antes de emprender un viaje aéreo, reconocerá minuciosamente el oficial que deba encargarse del mando del globo, cuantos elementos constituyen reunidos el aerostato equipado, dedicando un cuidado especialísimo al reconocimiento de la válvula y su cuerda de maniobra para comprobar el ajuste perfecto del platillo obturador sobre su asiento de caucho (sin cuyo cierre hermético existiría una contínua fuga de gas que se traduciría en un exceso en el gasto de lastre de viaje), el estado de los resortes de la válvula y el de la cuerda de maniobra.

Durante la partida y el viaje seguirá las reglas indicadas en otros lugares, y llegado el momento del descenso voluntario á tierra, recogerá todos los aparatos después de hacer las últimas observaciones de presión y temperatura, dejando solamente á mano el estatóscopo que deberá emplear en el descenso, y preparado el lastre de que disponga.

Si lleva el cabo moderador arrollado y sujeto al borde de la barquilla (en lugar de llevarle suelto desde la salida como en general se hace) desarrollará dicho cabo, auxiliado por los demás tripulantes.

Dará instrucciones claras y precisas á cada uno de los tripulantes sobre la misión que respectivamente les encomiende para el descenso, é iniciará éste por medio de un golpe seco y firme dado sobre la cuerda de maniobra de la válvula, con objeto de perder una cantidad pequeña de gas y que resulte pequeña también la fuerza inicial de descenso y la velocidad del movimiento.

Observará atentamente las indicaciones del estatóscopo para repetir la maniobra si nota que el movimiento se retarda, ó para ordenar los arrojes sucesivos de lastre freno, si observa que aquél se acelera demasiado.

El estatóscopo, proyectado y construído por el autor de este trabajo, cuya descripción figura en el Apéndice del mismo, está dispuesto para

proporcionar indicaciones bastante aproximadas sobre la velocidad del movimiento vertical del globo, y es de gran utilidad en los descensos para graduar aquélla y obtener la que se juzgue conveniente.

Si las circunstancias imponen un descenso rápido para llegar á tierra en un punto determinado, se repetirá la maniobra de la válvula hasta descender con la velocidad conveniente para alcanzar el resultado deseado, velocidad que se procurará mantener constante por medio de los oportunos arrojes de lastre freno, si el movimiento se acelerase.

De no contar con auxilio exterior ninguno para el descenso, caso que será muy frecuente en muchas regiones poco pobladas y accidentadas de nuestro país, y si la velocidad horizontal del aerostato es grande, se hará uso del Reisbahn ó banda de desgarre á la altura conveniente, para que, cuando el globo llegue á tierra, esté tan flácido que no pueda, impulsado por el viento, arrastrar por tierra la barquilla, atenuando así en lo posible los gravísimos accidentes inherentes á dicho arrastre.

Es muy difícil señalar la altura que debe ocupar el globo sobre el terreno en el momento de despegar la banda, que por el interior del globo cierra la gran abertura de vaciado rápido, que en uno de los cuadrantes del hemisferio superior llevan modernamente los globos destinados á ascensiones libres; si dicha altura es grande, se corre el peligro de chocar en tierra con demasiada violencia; si es pequeña, se atenuará el arrastre por medio de la maniobra mencionada; pero éste podrá existir dando lugar á graves peligros y accidentes.

El oficial jefe del globo es el único que puede apreciar ambos peligros, según la velocidad de traslación de su aerostato, y elegir el momento oportuno para la maniobra, con arreglo á su práctica y arrojo.

En el momento preciso se suspenderán los aeronautas del círculo de suspensión y de las cuerdas de la barquilla para amortiguar el choque con tierra.

En la mayoría de las ascensiones libres practicadas por la compañía de Aerostación durante el período de Escuela práctica del pasado año, se ha empleado, por indicación del comandante jefe de la misma D. Pedro Vives y Vich, una precaución que ha proporcionado resultados altamente satisfactorios, y que no hemos visto mencionada en ninguno de los libros de aerostación que conocemos.

Consiste la precaución indicada, en llevar colgado fuera de la barquilla, y á una distancia por debajo de ésta de unos 10 á 12 metros, un saco de lastre de 15 kilógramos de peso, que son los reglamentarios en esta unidad.

De este modo y aunque el descenso sea rápido, como lo tuvo que ser en varias ocasiones, se amortigua mucho el choque con tierra por quedar aliviado de una vez en 15 kilógramos el peso que soporta el aerostato, obteniéndose además la ventaja de conocer de un modo sencillo y preciso la altura de la barquilla sobre el terreno para actuar, si es necesario, sobre la banda de desgarre.

Si el viento es poco intenso y el arrastre poco temible, no se acabará de despegar la banda hasta que la barquilla esté en tierra, y lo mismo se procederá en el caso de que hayan acudido algunas personas á sujetar el cabo moderador, si no se prefiere esperar por completo y maniobrarla para vaciar el aerostato rápidamente, cuando ya la barquilla está en tierra y el globo sujeto.

Ningún aeronauta abandonará la barquilla bajo ningún concepto hasta que el globo esté completamente caído y casi desinflado.

El olvido de esta prevención puede acarrear fatales consecuencias á los que permanezcan en la barquilla.

Si acuden algunas personas para auxiliar el descenso, cuidarán los aeronautas de prevenirles cojan varios á la vez el cabo moderador, para no ser arrastrados; que no se acerquen al globo fumando, que no pisen la tela, y á ser posible, que no la toquen hasta que el globo quede vacío por completo y doblado por los aeronautas para ser colocado en la barquilla que le sirve de embalaje para el transporte. Antes de doblar el globo quitarán la red, acondicionarán los aparatos y quitarán y guardarán en una de las bolsas los resortes de la válvula, dejando un poco separado el platillo obturador de su asiento de caucho para la mejor conservación de éste.

Cuidarán también de anotar como últimos datos, en el cuaderno de viaje, la presión y la temperatura del punto de descenso, el tiempo que éste ha durado, la hora precisa de tomar tierra, la velocidad aproximada del viento, el tiempo que ha tardado en vaciarse el globo por completo, altura á que se maniobró la banda de desgarre, el peso del lastre

freno empleado en el descenso y cuantas indicaciones especiales crean convenientes y útiles para dar completa idea de todos los incidentes del viaje aéreo, para lo cual, durante el recorrido, habrán ido anotando datos de gran utilidad é indispensables para la formación del gráfico correspondiente, en el cual figura la proyección horizontal de la trayectoria seguida por el globo en el espacio, y el desarrollo, sobre el plano del dibujo, de la proyección vertical de la misma, con las indicaciones de presión, temperaturas, horas, arrojes de lastre y causas que los motivaron, maniobras de la válvula y sus causas, velocidades medias de traslación, obstáculos que ha debido salvar, etc.

Si el viaje se efectúa sobre nubes que ocultan la tierra, como ha sucedido en algunas de las ascensiones practicadas el pasado año, anotarán el momento de penetrar en las nubes, y si les es posible el espesor de la capa acuosa, marcando la hora precisa en que pierdan de vista la tierra, y las horas en que la vean por alguna abertura de las nubes, haciendo constar si consiguen ó nó orientarse, etc. Con lo expuesto queda terminado nuestro trabajo, que deseamos vivamente sea de alguna utilidad para aquellos de nuestros compañeros que sientan afición é interés por el nuevo servicio, al Cuerpo encomendado, único objetivo que me movió á escribirle.

Tabla 1.ª

PRESIONES *y alturas correspondientes sobre el nivel del mar, deducidas de la fórmula de Halley, suponiendo á 0° la temperatura media del aire.*

Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.
760	0	724	388	688	795,4	652	1224
759	10,5	723	399	687	807,1	651	1236
758	21	722	410	686	818,8	650	1249
757	32	721	421	685	830,5	649	1261
756	42,3	720	432	684	842,2	648	1273
755	53,3	719	443	683	853,9	647	1286
754	62,56	718	454	682	865,5	646	1298
753	73,60	717	465,5	681	877,3	645	1311
752	84,60	716	476,5	680	889	644	1323
751	95,6	715	487,6	679	901	643	1335
750	104,9	714	498,6	678	912,5	642	1348
749	115,9	713	509,7	677	924,4	641	1360
748	126,9	712	520,7	676	936,2	640	1373
747	138	711	531,7	675	948	639	1385
746	149	710	542,7	674	959,8	638	1398
745	160	709	554	673	971,6	637	1410
744	170,8	708	565,9	672	983,4	636	1423
743	180,9	707	577	671	995,2	635	1436
742	191,36	706	588,80	670	1007	634	1448
741	202,40	705	599,84	669	1019	633	1461
740	213,44	704	610,88	668	1031	632	1473
739	224,48	703	622	667	1043	631	1486
738	234	702	634	666	1055	630	1499
737	244,7	701	646	665	1067	629	1511
736	255,7	700	657	664	1079	628	1524
735	266,8	699	668	663	1091	627	1537
734	277,8	698	680	662	1103	626	1550
733	288,8	697	691,5	661	1115	625	1563
732	299,9	696	703	660	1127	624	1575
731	210,9	695	714,5	659	1139	623	1588
730	322	694	726	658	1151	622	1601
729	333	693	737,5	657	1163	621	1614
728	344	692	749	656	1175	620	1627
727	355	691	760,5	655	1188	619	1640
726	366	690	772	654	1200	618	1653
725	377	689	783,7	653	1212	617	1666

Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.
616	1679	572	2272	528	2909	484	3615
615	1692	571	2286	527	2924	483	3632
614	1705	570	2300	526	2939	482	3648
613	1718	569	2314	525	2954	481	3665
612	1731	568	2328	524	2969	480	3682
611	1744	567	2342	523	2984	479	3698
610	1757	566	2356	522	2999	478	3715
609	1770	565	2371	521	3014	477	3732
608	1783	564	2385	520	3030	476	3749
607	1796	563	2399	519	3045	475	3766
606	1809	562	2413	518	3061	474	3782
605	1823	561	2427	517	3076	473	3799
604	1836	560	2442	516	3092	472	3816
603	1849	559	2456	515	3117	471	3833
602	1862	558	2470	514	3133	460	3850
601	1875	557	2485	513	3148	469	3867
600	1889	556	2499	512	3164	468	3884
599	1902	555	2514	511	3179	467	3901
598	1916	554	2528	510	3195	466	3918
597	1930	553	2542	509	3210	465	3936
596	1943	552	2557	508	3226	464	3953
595	1957	551	2571	507	3242	463	3970
594	1970	550	2585	506	3258	462	3987
593	1983	549	2599	505	3274	461	4004
592	1997	548	2614	504	3290	460	4022
591	2010	547	2628	503	3306	459	4039
590	2023	546	2643	502	3322	458	4057
589	2036	545	2658	501	3338	457	4074
588	2050	544	2672	500	3354	456	4092
587	2064	543	2687	499	3370	455	4110
586	2077	542	2701	498	3386	454	4127
585	2091	541	2716	497	3402	453	4145
584	2105	540	2731	496	3418	452	4162
583	2118	539	2745	495	3435	451	4180
582	2132	538	2760	494	3451	450	4198
581	2146	537	2775	493	3467	449	4216
580	2160	536	2790	492	3483	448	4234
579	2174	535	2805	491	3499	447	4252
578	2188	534	2819	490	3516	446	4270
577	2202	533	2834	489	3532	445	4288
576	2216	532	2849	488	3549	444	4306
575	2230	531	2864	487	3565	443	4324
574	2244	530	2879	486	3582	442	4342
573	2258	529	2894	485	3599	441	4360

Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.	Presiones en mm.	Alturas en m. sobre el mar.
440	4378	429	4579	418	4785	407	4999
439	4396	428	4598	417	4804	406	5019
438	4414	427	4616	416	4824	405	5039
437	4432	426	4635	415	4843	404	5058
436	4451	425	4654	414	4862	403	5078
435	4469	424	1672	413	4882	402	5098
434	4487	423	1691	412	4901	401	5118
433	4506	422	4709	411	4920	400	5138
432	4524	421	4728	410	4940		
431	4542	420	4747	409	4959		
430	4561	419	4766	408	4979		

Tabla 2.ª

RELACIONES *entre las dimensiones de un globo esférico.*

Diámetro en m.	Circunferencia en m.	Superficie total en m.²	Volumen en m.³	Diámetro en m.	Circunferencia en m.	Superficie total en m².	Volumen en m.³
0,25	0,7854	0,1597	0,00818	11,50	36,128	415,5	796,34
0,50	1,5708	0,7854	0,06500	12,00	37,70	452	905
0,75	2,3561	1,767	0,22089	12,50	39,27	491	1024
1,00	3,1415	3,142	0,5236	13,00	40,84	531	1150
1,25	3,9270	4,909	1,0227	13,50	42,41	573	1288
1,50	4,7123	7,068	1,7671	14,00	43,98	616	1437
1,75	5,4980	9,621	2,8062	14,50	45,55	660	1596
2,00	6,2831	12,561	4,1888	15,00	47,11	707	1767
2,25	7,0685	15,90	5,964	15,50	48,70	755	1950
2;50	7,854	19,64	8,181	16,00	50,26	804	2145
2,75	8,639	23,76	10,889	16,50	51,84	855	2350
3,00	9,425	28,27	14,137	17,00	53,41	908	2572
3,25	10,210	33,18	17,937	17,50	54,98	982	2810
3,50	10,996	38,48	22,450	18,00	56,55	1018	3054
3,75	11,781	44,18	26,369	18,50	58,12	1075	3350
4,00	12,366	50,27	33,510	19,00	59,69	1134	3590
4,25	13,138	59,58	40,194	19,50	61,26	1195	3880
4,50	14,137	63,62	47,772	20,00	62,83	1257	4189
4,75	14,922	70,88	56,114	20,50	64,40	1320	4670
5,00	15,708	78,54	65,450	21,00	65,97	1385	4850
5,50	17,279	95,03	87,110	21,50	67,54	1452	5200
6,00	18,850	113,1	113,10	22,00	69,12	1520	5580
6,50	20,420	132,7	143,97	22,50	70,69	1590	5960
7,00	21,991	153,9	179,60	23,00	72,26	1661	6370
7,50	23,562	176,7	220,89	23,50	73,83	1734	6795
8,00	25,133	201	268,08	24,00	75,40	1809	7240
8,50	26,704	226,9	321,57	24,50	76,97	1885	7700
9,00	28,274	254,4	381,70	25,00	78,54	1963	8180
9,50	29,854	283,5	448,91	25,50	80,11	2042	8680
10,00	31,416	314,1	523,60	26,00	81,68	2123	9200
10,50	32,987	346,4	606,14	26,50	83,25	2206	9740
11,00	34,557	387	696,90	27,00	84,83	2290	10300

Tablas empleadas en los concursos internacionales

DE AEROSTACIÓN

DE LA EXPOSICION UNIVERSAL DE PARÍS DE 1900.

(A)—*Para globos llenos de gas hidrógeno.*

VOLUMEN del globo en m.^{3} V	DIÁMETRO del globo en m. D	VALVULAS CIRCULARES orificio de maniobra		APÉNDICES CILÍNDRICOS		
		Sección mínima $0{,}000089\ D^{\frac{5}{3}}$	Diámetro mínimo $0{,}01064\ D^{\frac{5}{4}}$	Sección mínima $0{,}000049027\ .\ D^3$	Diámetro mínimo $d_H = 0{,}0079\ .\ D^{\frac{3}{2}}$	Longitud mínima $l_H = 4\ d_H$
m.^{3}	*m.*	*dm.*^{2}	*m.*	*dm.*^{2}	*m.*	*m.*
500	9,847	2,71	0,186	4,68	0,244	0,976
600	10,465	3,15	0,200	5,62	0,267	1,068
700	11,016	3,58	0,214	6,55	0,289	1,156
800	11,518	4,01	0,226	7,48	0,309	1,236
900	11,979	4,42	0,237	8,43	0,328	1,312
1000	12,407	4,83	0,248	9,36	0,345	1,380
1200	13,184	5,62	0,267	11,23	0,378	1,512
1400	13,880	6,39	0,285	13,11	0,409	1,636
1600	14,511	7,14	0,301	14,98	0,437	1,748
1800	15,092	7,88	0,317	16,85	0,463	1,852
2000	15,632	8,60	0,331	18,73	0,488	1,952
2500	16,839	10,36	0,363	23,41	0,546	2,184
3000	17,894	12,06	0,392	28,09	0,598	2,392
3500	18,388	13,71	0,418	32,77	0,646	2,584
4000	19,695	15,32	0,441	37,45	0,690	2,760
4500	20,484	16,90	0,464	42,14	0,732	2,928
5000	21,216	18,45	0,484	46,82	0,772	3,088

(B)—*Para globos llenos de gas del alumbrado.*

VOLUMEN del globo en m^3 V	DIÁMETRO del globo en m. D	VÁLVULA CIRCULAR orificio de maniobra		APÉNDICE CILÍNDRICO		
		Sección mínima $0{,}000218\ D^{\frac{5}{2}}$	Diámetro mínimo $0{,}01668\ D^{\frac{5}{4}}$	Sección mínima $0{,}000076977\ D^3$	Diámetro mínimo $0{,}0099\ D^{\frac{3}{2}} = d_H$	Longitud mínima $l_H = 4\ d_H$
m.^{3}	*m.*	*dm.*^{2}	*m.*	*dm.*^{2}	*m.*	*m.*
500	9,847	6,63	0,291	7,33	0,306	1,228
600	10,465	7,72	0,314	8,82	0,335	1,340
700	11,016	8,78	0,335	10,29	0,362	1,448
800	11,518	9,81	0,354	11,76	0,387	1,548
900	11,979	10,83	0,372	13,23	0,410	1,640
1000	12,407	11,82	0,388	14,70	0,433	1,732
1200	13,184	13,76	0,419	17,64	0,474	1,896
1400	13,880	15,65	0,447	20,58	0,512	2,048
1600	14,511	17,49	0,472	23,52	0,547	2,188
1800	15,092	19,29	0,496	26,46	0,580	2,320
2000	15,632	21,06	0,518	29,40	0,612	2,448
2500	16,839	25,36	0,569	36,75	0,684	2,736
3000	17,894	29,53	0,614	44,10	0,749	2,996
3500	18,838	33,57	0,655	51,46	0,809	3,236
4000	19,695	37,53	0,692	58,81	0,865	3,460
4500	20,484	41,40	0,727	66,16	0,918	3,672
5000	21,216	45,20	0,759	73,51	0,967	3,868

(C)—*Para globos llenos de gas hidrógeno.*

VOLUMEN del globo en m.³ V	PRESIÓN interior máxima en kg. por m.² $P_i = 1{,}1\,(D + l_H)$	PRESIÓN de prueba con aire $P_p = 2\,P_i$	TENSIÓN de la tela por metro lineal correspondiente á la presión P_i $T = \frac{1{,}1\,(D + l_H)\,D}{4}$	CARGA DE FRACTURA DE UNA BANDA DE TELA DE 5 CM. DE ANCHO — Coeficiente de seguridad 6 $t_H = \frac{6}{20}\,T$	8 $t_H = \frac{8}{20}\,T$	10 $t_H = \frac{10}{20}\,T$
m.³	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*
500	11,905	24	29,308	9	12	15
600	12,686	25	33,190	10	13	17
700	13,389	27	36,873	11	15	18
800	14,029	28	40,397	12	16	20
900	14,620	29	43,784	13	18	22
1000	15,166	30	47,040	14	19	24
1200	16,166	32	53,283	16	21	27
1400	17,068	34	59,226	18	24	30
1600	17,885	36	64,883	19	26	32
1800	18,638	37	70,321	21	28	35
2000	19,342	39	75,589	23	30	38
2500	20,925	42	88,090	26	35	44
3000	22,315	45	99,826	30	40	50
3500	23,564	47	110,975	33	44	55
4000	24,701	49	121,623	36	49	61
4500	25,753	52	131,881	40	53	66
5000	26,734	53	141,797	43	57	71

(D)—*Para globos llenos de gas del alumbrado.*

VOLUMEN del globo en m.³ V	PRESIÓN interior máxima en kg. por m.² $P_i = 1{,}1\,(D + l_H)$	PRESIÓN de prueba con aire $P_p = 2\,P_i$	TENSIÓN de la tela por metro lineal correspondiente á la presión P_i $T = \frac{1{,}1\,(D + l_H)\,D}{4}$	CARGA DE FRACTURA DE UNA BANDA DE TELA DE 5 CM. DE ANCHO — Coeficiente de seguridad 6 $t_H = \frac{6}{20}\,T$	8 $t_H = \frac{8}{20}\,T$	10 $t_H = \frac{10}{20}\,T$
*m.*³	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*
500	7,753	16	19,086	6	8	10
600	8,264	17	21,621	6	9	11
700	8,725	17	24,029	7	10	12
800	9,146	18	26,336	8	11	13
900	9,533	19	28,549	9	11	14
1000	9,897	20	30,698	9	12	15
1200	10,557	21	34,796	10	14	17
1400	11,150	22	38,691	12	15	19
1600	11,689	23	42,405	13	17	21
1800	12,188	24	45,985	14	18	23
2000	12,656	25	49,460	15	20	25
2500	13,703	27	57,676	17	23	29
3000	14,623	29	65,416	20	26	33
3500	15,450	31	72,771	22	29	36
4000	16,209	32	79,810	24	32	40
4500	16,909	34	86,591	26	35	43
5000	17,559	35	93,133	28	37	47

(E) — *Para globos llenos de gas hidrógeno ó de gas del alumbrado.*

VOLUMEN del globo en m.³	GLOBOS LLENOS DE HIDRÓGENO		GLOBOS LLENOS DE GAS DEL ALUMBRADO	
	Fuerza ascensional total normal $F = 1{,}1 \cdot V$	Peso mínimo del cabo moderador $P = 0{,}02 \cdot F$	Fuerza ascensional total normal $F = 0{,}7 \cdot V$	Peso mínimo del cabo moderador $P = 0{,}02 \cdot F$
m.³	*kg.*	*kg.*	*kg.*	*kg.*
500	550	11,000	350	7,000
600	660	13,200	420	8,400
700	770	15,400	490	9,800
800	880	17,600	560	11,200
900	990	19,800	630	12,600
1000	1100	22,000	700	14,000
1200	1320	26,400	840	16,800
1400	1540	30,800	980	19,600
1600	1760	35,200	1120	22,400
1800	1980	39,600	1260	25,200
2000	2200	44,000	1400	28,000
2500	2750	55,000	1750	35,000
3000	3330	66,000	2100	42,000
3500	3850	77,000	2450	49,000
4000	4400	88,000	2800	56,000
4500	4950	99,000	3150	63,000
5000	5500	110,000	3500	70,000

APÉNDICE

APÉNDICE

Como complemento de nuestro trabajo, daremos una idea del Estatóscopo, sistema Richard, y del que proyectó y construyó el autor de esta Memoria.

En diversas ocasiones hemos encarecido la conveniencia, mejor dicho, la necesidad, de que disponga el aeronauta de un aparato para comprobar si su aerostato sube, si desciende, ó si permanece á una altura fija sobre el nivel del mar.

Varios son los medios empleados para obtener dichas importantísimas indicaciones; uno de los más sencillos y primitivos, consiste en arrojar desde la barquilla pequeños trozos de papel ligero, en general hojas de papel de fumar. Si el globo desciende en el momento de soltarlos, el efecto que desde la barquilla se aprecia es el de que los papeles suben; que bajan si el globo sube en dicho instante, y si bajan muy lentamente, el globo, ó sube muy lentamente también ó permanece á una altura constante. Este procedimiento, primitivo y muy generalizado, no dá indicaciones precisas y en muchos casos puede inducir á error, pues si el aerostato va animado de velocidad un poco considerable, origina una corriente de aire en el mismo sentido del movimiento, que puede arrastrar los ligeros papeles dando lugar á una indicación completamente falsa.

Entre los numerosos Estatóscopos inventados, merece lugar preferente, por su gran sensibilidad y por la exactitud de sus indicaciones, el Estatóscopo Richard, de Paris, cuyo aparato está compuesto de varias cámaras ó conchas barométricas metálicas, enlazadas entre sí, para sumar sus efectos. En el interior de dichas cámaras se confina aire tomado á la presión y temperaturas existentes en el momento de la ope-

ración, mientras que sobre las paredes exteriores de las mismas, se ejerce la presión atmosférica; si ésta es igual á la del aire confinado (lo cual equivale á suponer que el aerostato no varía de altura), no hay dilatación ni compresión en el aire confinado ni en las cámaras barométricas, y la aguja indicadora de los desplazamientos verticales no se moverá al confinar el aire, y permanecerá sobre el trazo ó índice que lleva la esfera del aparato; pero si á consecuencia de subir ó descender el globo disminuye ó aumenta la presión atmosférica, habrá dilatación ó compresión respectivamente del aire confinado, y por lo tanto, de las cámaras barométricas, y la citada aguja desviará á la derecha ó á la izquierda del mencionado índice, para lo cual recibe el movimiento de dilatación ó contracción, por medio de un complicado é ingenioso sistema de ejes, resortes, piñones y sectores dentados, que la enlazan á las cámaras barométricas.

Para evitar en lo posible la influencia de las variaciones de temperatura exterior, manteniendo constante durante la operación la del aire confinado, va protegida al exterior la caja que contiene todo el mecanismo, por una capa de fieltro de 1 centímetro de espesor (que le sirve también de protección contra choques y accidentes), y una funda de hule que sólo presenta una abertura para observar las indicaciones de la aguja. El Estatóscopo Richard, dá, como hemos dicho, indicaciones muy precisas, visibles y exactas, sobre el sentido del movimiento vertical del globo y sobre el equilibrio del mismo; pero no proporciona indicación ninguna (y lo mismo decimos de cuantos aparatos análogos conocemos) sobre la velocidad de dichos movimientos, puesto que carece de graduación. Considerando de gran utilidad el poder obtener dichas indicaciones, y tratando además de simplificar todo lo posible el mecanismo del aparato, ideó el capitán, autor de esta Memoria, el siguiente aparato, que ha prestado buenos servicios en la pasada Escuela Práctica, y que resulta sumamente sencillo, aparato que no solamente proporciona al aeronauta el medio de saber si su globo sube, si baja ó permanece en equilibrio en sentido vertical, sino que le da á conocer, con aproximación suficiente para las aplicaciones prácticas, la velocidad de los desplazamientos verticales del globo. Las principales aplicaciones del aparato serán, por consiguiente: conocer los descensos involuntarios del

aerostato, en cuanto se inicien, para contenerlos con la menor cantidad posible de lastre antes de que el globo adquiera una fuerza viva considerable, con lo cual se obtendrá mayor duración en el viaje aéreo; comprobar la velocidad del descenso voluntario á tierra para poder modificarla en el sentido conveniente, hasta obtener que la que se juzgue necesaria, y comprobar los resultados obtenidos por las fórmulas que hemos hallado al estudiar los movimientos verticales de un globo libre.

Descripción del aparato.

Consta el aparato de un depósito metálico *C* prismático, de sección rectangular, provisto de dos tubitos soldados á él, recto el uno *b'*, situado en la base inferior, y acodado el otro *b*, soldado á la base superior del depósito. *(Véanse las figuras.)*

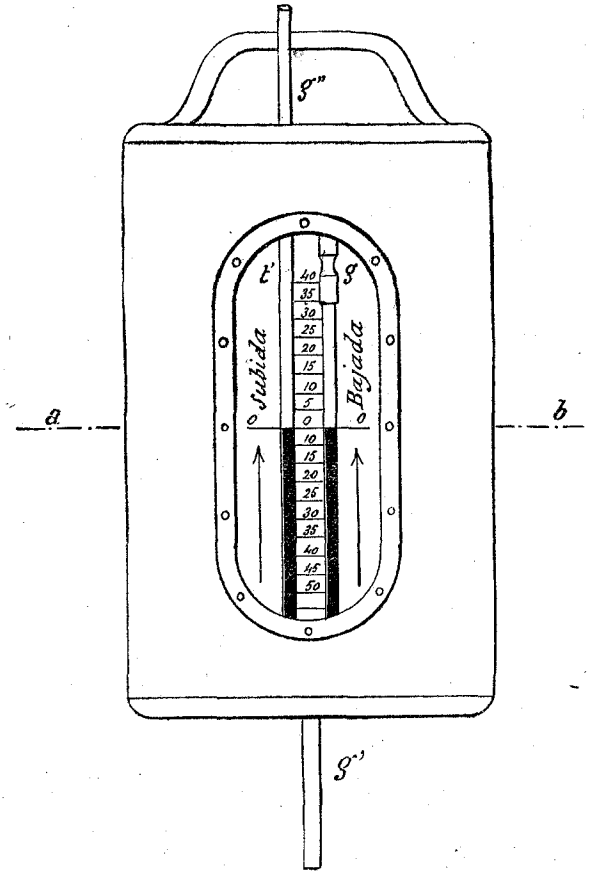
Al tubito *b'* va enlazado un pequeño tubo de caucho *g'*, y al *b*, por el intermedio de otro tubo de goma *g*, una de las dos ramas *t* del sifón de cristal *s*, lleno de agua ó de alcohol coloreado, hasta una cierta altura *n n*.

La otra rama *t'*, del sifón, comunica libremente con la atmósfera, terminando en el tubo de caucho *g''*. Entre las dos ramas del sifón está colocada una escala, cuyo cero coincide con la línea *n n* (nivel del líquido en ambas ramas) y que crece en ambos sentidos, siendo de 1 milímetro las divisiones menores de dicha escala.

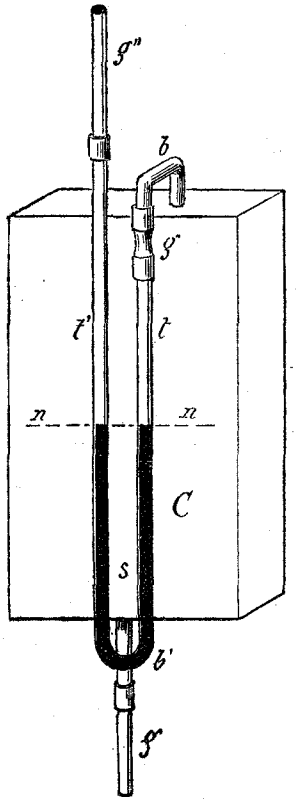
El depósito *C* y el sifón indicador *s*, van colocados en el interior de una caja de madera, descompuesta por una tablilla corredera *s s* vertical, en dos departamentos; uno, el posterior, que sirve de alojamiento al depósito *C*, y otro anterior provisto de una abertura para efectuar las observaciones, donde va colocado el sifón *s*.

La tablilla corredera, divisoria entre ambos departamentos, presenta una escotadura para dar paso al tubito acodado *b* que enlaza el depósito al sifón; á ella va unida la graduación ó escala que hemos mencionado, y á ella se sujetan las dos ramas del sifón indicador.

Las dimensiones interiores del departamento destinado á alojar el depósito *C*, son mayores en 24 milímetros que las homólogas de éste, rellenándose el espacio que entre ambos resulta con serrín de corcho; de



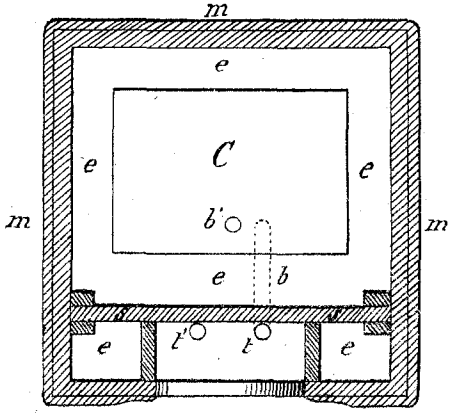
VISTA DEL APARATO.—*Escala* 1 : 2



VISTA DEL DEPOSITO

Escala 1 : 2

C = Depósito metálico.
b, b' = Tubitos metálicos.
g, g' g'' = Tubitos de caucho.
t, t' = Ramas del sifón.
n, n = Nivel del líquido.



CORTE POR **a-b.**—*Escala* 1 : 2

C = Depósito de aire.
m = Acolchado exterior.
e = Serrín de corcho.
t, t' = Ramas del sifón.
b, b' = Tubos metálicos.
s, s = Tablilla corredera.

modo que el depósito resulta recubierto en todos sentidos por una capa de serrín de corcho de 12 milímetros de espesor.

La caja de madera va acolchada al exterior y provista de un forro de lona y una correa con su asa, para el transporte y para colgar el aparato en la barquilla.

Por medio de las disposiciones que acabamos de señalar, queda el aparato protegido de la influencia que pueden tener en sus indicaciones las variaciones de temperatura exterior, pues ni éstas pueden ser grandes en el corto espacio de tiempo que la operación exige, ni con la protección indicada, pueden llegar á alterar de un modo sensible el valor de las indicaciones que el aparato proporciona.

Teoría del aparato.

No puede ser más sencilla, puesto que se reduce á la ley de Mariotte, según la cual, el producto del volumen que ocupa una masa dada de aire, por la presión á que está sometida, es constante si la temperatura de dicha masa de aire se mantiene constante también.

Supongamos colgado el aparato en la barquilla de un globo y con su sifón cargado de líquido, hasta que éste enrase con el cero de la graduación, operación que se habrá practicado previamente, vertiendo el líquido por medio de una pipeta ó cuenta gotas por el extremo del tubo g'' que, como el g', sale al exterior de la caja y funda.

Para saber si la altura del aerostato aumenta, disminuye ó permanece constante, procederemos del modo siguiente: cerremos herméticamente el tubo g', bien sea empleando una llave Morsse de las usadas en los gabinetes de Química, ya (y este es el procedimiento que por lo sencillo y seguro consideramos preferible) ejerciendo con la mano la presión conveniente sobre dicho tubo.

De este modo quedará confinada en el depósito C, en parte del tubo g' y en la superior de la rama t del sifón, una cierta cantidad de aire, tomado á la temperatura y presión existentes en el momento de cerrar el tubo, puesto que basta dicho instante, comunicaba el depósito libremente con el aire ambiente por el tubo g'.

El líquido contenido en las ramas del sifón, viene á constituir una

balanza diferencial, cuyos platillos podemos suponer que son las superficies libres del líquido en ambas ramas, desempeñando el papel de pesos, la presión del aire confinado en el depósito, que ejerce su acción sobre el platillo t, y la presión atmosférica que actúa sobre el t'.

Si ambas presiones son iguales, los platillos de nuestra balanza, por estar igualmente cargados, quedarán en equilibrio, ó sea, que los niveles que alcance el líquido en las dos ramas del sifón indicador serán iguales; pero si ambas presiones son diferentes, bajará el platillo sometido á mayor carga y subirá el opuesto, es decir, que el líquido descenderá en la rama sometida á mayor presión y subirá en la otra. En resumen, si al confinar aire en el depósito (cerrando, como hemos indicado, el tubo g'), alcanza el líquido igual nivel en ambas ramas, ó mejor dicho, si se conserva á igual nivel, la presión atmosférica y la del aire confinado son iguales, y por consiguiente, la altura del aerostato sobre el nivel del mar permanece constante.

Si el globo sube, decrece la presión atmosférica, se dilata el aire confinado en el depósito y el líquido desciende en la rama t y sube en la t', ocurriendo lo contrario si el globo desciende.

Le basta, por consiguiente al aeronauta observar la dirección del movimiento del líquido en la rama t', para saber si su globo está en equilibrio en sentido vertical ó si se desplaza verticalmente, pues si el líquido está en reposo, el globo está en equilibrio; si sube el líquido en dicha rama, el globo se eleva, y desciende el globo cuando desciende el líquido en la misma.

Las indicaciones del aparato son instantáneas; como vamos á ver, bastante apreciables y sumamente precisas, pues la extremada sencillez del aparato, y su carencia absoluta de órganos de transmisión, garantizan el buen funcionamiento.

Cálculo de la sensibilidad del aparato.

El volumen del depósito correspondiente al modelo que describimos, mide 276 centímetros cúbicos próximamente, y para su sifón indicador hemos empleado tubo de cristal de 4 milímetros de diámetro interior que corresponde á una sección de 12,57 milímetros cuadrados.

Para densidad del mercurio aceptamos, en el cálculo siguiente, el valor 13,6.

Llamamos sensibilidad del aparato, al desnivel total acusado por el sifón indicador, y expresado en milímetros, cuando la presión atmosférica varía de 760 milímetros á 759 milímetros. Si representamos por x milímetros la variación que experimenta el nivel del líquido en una sola rama en la hipótesis dicha, $2x$ milímetros será el desnivel que buscamos.

Para simplificar el cálculo, reduciremos el volumen del depósito, á otro equivalente, cilíndrico, cuya sección recta sea de 12,57 milímetros cuadrados (igual á la de los tubos del sifón) y cuya altura en milímetros será:

$$h = \frac{276000}{12,57} = 21956 \text{ milímetros próximamente.}$$

Tomaremos como unidad de volumen el del cilindro de 12,57 milímetros cuadrados de sección y un milímetro de altura, en cuyo caso el del depósito, vendrá medido por el número 21956; y como unidad de presión, la ejercida sobre la superficie de 12,57 milímetros cuadrados, por una columna de mercurio de 1 milímetro de altura.

Confinemos aire en el depósito, al nivel del mar, á presión de 760 milímetros y temperatura cualquiera, y supongamos que en pocos segundos alcanza el globo, portador del aparato, una altura para la cual la presión atmosférica es de 759 milímetros. El volumen de aire confinado se habrá dilatado, al decrecer la presión exterior, convirtiéndose en $21956 + x$ (con arreglo á las unidades tomadas), y su presión será 759 milímetros, mas la que origine la columna líquida desplazada, presión que reducida á milímetros de mercurio nos dá el valor

$$759 + \frac{2x}{13,6} \qquad \text{ó sea} \qquad 759 + \frac{x}{6,8} \text{ milímetros,}$$

y puesto que podemos admitir como constante la temperatura del aire confinado, tanto por el poco tiempo que puede durar la operación, como por la protección que presenta el depósito contra las variaciones de temperatura del aire ambiente, los volúmenes de aire confinado 21956 y $21956 + x$, y presiones correspondientes 760 milímetros y

$\left(759 + \frac{x}{6{,}8}\right)$ milímetros, satisfarán á la ley de Mariotte, por medio de la cual obtendremos la ecuación:

$$760 \times 21956 = \left(759 + \frac{x}{6{,}8}\right)(21956 + x) \qquad [1]$$

que nos proporciona sucesivamente,

$$760 \times 21956 = 759 \times 21956 + \frac{21956 \,.\, x}{6{,}8} + 759 \,.\, x + \frac{x^2}{6{,}8}$$

$$21956 \times 6{,}8 = (21956 + 759 \times 6{,}8)\, x + x^2 \qquad [2]$$

$$149300 = 27118\, x + x^2 \qquad x^2 + 27118 \,.\, x - 149300 = 0$$

cuya raíz positiva es el valor de x buscado, obteniendo

$$x = -13559 + \sqrt{(13559)^2 + 149300} = -13559 + 13564{,}5 = 5^{mm},5.$$

El desnivel total buscado será, pues, $2\,x = 11$ milímetros; y como para que al nivel del mar, varíe la presión en 1 milímetro de mercurio, hay que elevarse algo menos de 11 metros, resulta que la sensibilidad del aparato es próximamente, y por exceso, de 1 milímetro por metro.

Estudio de la ecuación $x^2 + 27118 \,.\, x - 149300 = 0.$

Siendo variable con la presión final que se considere el coeficiente de x, como vemos por la fórmula [2], y constante el término independiente al variar la presión (siempre que la inicial y la final se diferencien en 1 milímetro) variará también el desnivel x para variaciones constantes de 1 milímetro en la presión atmosférica, y esto origina el cálculo de la tabla adjunta, que contiene las variaciones de presión, las alturas correspondientes del aerostato sobre el nivel del mar, suponiendo de 0° la temperatura media del aire; los valores de $2\,x$, y la variación de altura que debe sufrir el globo para obtener dichos desniveles totales. Si en lugar de partir, para el planteo del problema de la presión 760 milímetros al confinar el aire, lo hubiéramos hecho de la presión 759 milímetros, y tratamos de hallar el desnivel del líquido cuando la presión atmosférica desciende á 758 milímetros, tendríamos que plantear el problema con los nuevos valores; pero para evitar operaciones, basta observar la ecuación [2], la cual nos indica que bastará disminuir en

6,8 el coeficiente de x para obtener la ecuación correspondiente, puesto que el de x^2 será la unidad, como antes, y el término independiente el mismo

$$149300 = 21956 \times 6{,}8.$$

En general, para determinar el valor del desnivel parcial x milímetros, cuando la presión atmosférica varía de $(760 - m)$ milímetros á $(760 - m + 1)$ milímetros, bastará resolver la ecuación que resulta al substituir en la

$$x^2 + 27118\, x - 149300 = 0$$

en lugar del coeficiente de x 27118 el valor

$$27118 - 6{,}8 \times m$$

que ha sido el procedimiento que hemos seguido para calcular la tabla mencionada.

Las alturas del globo sobre el nivel del mar, correspondientes á las presiones que en dicha tabla figuran, las hemos calculado por la fórmula de Halley.

$$\text{Altura} = 18400 \log \frac{p_0}{p},$$

en la que p_0 es la altura barométrica al nivel del mar, ó sea 760 milímetros; y p la altura barométrica que mide la presión á la altura que se considere sobre el nivel del mar.

Si la temperatura media del aire no es 0°, sino $t^o{}_m$, hay que sumar á la altura que dé la tabla, el valor de dicha altura, multiplicado por $\frac{4\, t_m}{1000}$, dando el signo de t_m el signo de la corrección.

La corrección de temperatura tiene poquísima influencia en la aplicación de la tabla, y puede prescindirse de ella al determinar las velocidades de los desplazamientos verticales del globo, para cuya operación se procederá del modo siguiente:

Aplicación del aparato á la medida de las velocidades de los movimientos verticales del globo.

Para practicar una operación de este género, hará el aeronauta una lectura prévia en el barómetro aneroide de bolsillo, para conocer, de un

modo aproximado, la presión atmosférica en el momento de confinar aire en el depósito, cerrará el tubo g' y con un reloj que marque segundos leerá el instante en que comienza la operación.

Supongamos que la lectura del barómetro acusa una presión de 583 milímetros, y que el movimiento del líquido en el sifón indicador marca que el globo sube. Por la tabla habremos visto que al variar la presión atmosférica de 583 á 582 milímetros, el desnivel total $2x$ correspondiente debe ser de 11,4 milímetros y el espacio vertical que deberá recorrer el globo será de 13,6 metros. Contando el número de segundos transcurridos entre el instante en que se confinó el aire y aquel en que el desnivel total $2x$ llega á alcanzar el valor 11,4 milímetros, tendremos todos los elementos necesarios para determinar la velocidad media del movimiento, pues si dicho número de segundos es, por ejemplo, cuatro, dividiendo por cuatro el espacio vertical recorrido por el globo, obtendremos el valor buscado, que resultará ser

$$v = \frac{13,6}{4} = 3,4 \text{ metros.}$$

Ejemplo 2.° Supongamos que al hacer la lectura barométrica prévia, obtenemos el valor 615 milímetros, que acabamos de maniobrar la válvula superior, para perder gas é iniciar el descenso voluntario á tierra, y que deseamos conocer la velocidad del movimiento. Confinemos aire en el depósito y anotemos el instante de cerrar el tubo g'. La tabla nos indica, que al variar la presión de 615 á 616 milímetros, el desnivel total $2x$, indicado por el aparato, debe ser de 11,4 milímetros, y el espacio vertical recorrido por el globo, para obtenerle, de 13 metros. Si el número de segundos que tarda el aparato en acusar el desnivel total mencionado es de dos segundos, por ejemplo, la velocidad media buscada será:

$$v = \frac{13}{2} = 6,50 \text{ metros.}$$

Si al practicar esta medición en un descenso, resulta una velocidad superior á 3 metros (por haber perdido demasiado gas al maniobrar la válvula para iniciar el descenso, ó por acelerarse el movimiento al aumentar más rápidamente la temperatura del aire que la del gas con-

tenido en el aerostato, conforme éste se aproxima á tierra), habrá que proceder al conveniente arroje de lastre y repetir la medición, hasta obtener la velocidad deseada para practicar la operación en buenas condiciones, atenuando, en lo posible, los peligros inherentes á esta siempre delicada y muchas veces peligrosa maniobra, sobre todo si, como en general sucede en muchas regiones de España, no se cuenta con auxilio exterior ninguno, y hay que practicarla con los propios recursos.

Accesorios del aparato.

Para echar el líquido necesario en el sifón indicador, conviene utilizar una pipeta ó cuenta gotas, y es conveniente llevar también un pequeño frasco que contenga unos centímetros cúbicos de agua ó de alcohol coloreado (mejor alcohol para evitar á ciertas alturas la congelación del líquido), para reparar las pérdidas que en un viaje largo puede originar la evaporación. El aparato ha funcionado perfectamente en varios viajes aéreos y es sumamente ligero, puesto que su peso no llega á 500 gramos.

Tabla para el manejo del Estatóscopo.

TABLA *para determinar las velocidades de los movimientos verticales del globo.*

Si la presión varía de	La altura del globo varía para temperatura 0º del aire de	Desnivel total $2x$ correspondiente á variaciones de presión de 1 mm.	Alturas recorridas por el globo para el desnivel $2x$.
Milímetros.	*Metros.*	*Milímetros.*	*Metroe.*
760 á 750	0 á 106	11	10,6
750 á 740	106 á 213	11	10,7
740 á 730	213 á 321	11	10,8
730 á 720	321 á 431	11	11
720 á 710	431 á 543	11	11,2
710 á 700	543 á 657	11	11,4
700 á 690	657 á 772	11	11,5
690 á 680	772 á 889	11,2	11,7
680 á 670	889 á 1007	11,2	11,8
670 á 660	1007 á 1127	11,2	12
660 á 650	1127 á 1249	11,2	12,2
650 á 640	1249 á 1373	11,2	12,4
640 á 630	1373 á 1499	11,2	12,6
630 á 620	1499 á 1627	11,4	12,8
620 á 610	1627 á 1757	11,4	13
610 á 600	1757 á 1889	11,4	13,2
600 á 590	1889 á 2023	11,4	13,4
590 á 580	2023 á 2159	11,4	13,6
580 á 570	2159 á 2300	11,4	14
570 á 560	2300 á 2442	11,6	14,3
560 á 550	2442 á 2586	11,6	14,4
550 á 540	2586 á 2731	11,6	14,5
540 á 530	2731 á 2878	11,6	14,7
530 á 520	2878 á 3030	11,6	15,2
520 á 510	3030 á 3195	11,6	15,5
510 á 500	3195 á 3354	11,6	15,9
500 á 490	3354 á 3516	11,8	16,2
490 á 480	3516 á 3682	11,8	16,6
480 á 470	3682 á 3850	11,8	16,8
470 á 460	3850 á 4022	11,8	17,2
460 á 450	4022 á 4198	11,8	17,6
450 á 440	4198 á 4378	11,8	18
440 á 430	4378 á 4561	12	18,3
430 á 420	4561 á 4747	12	18,6
420 á 410	4747 á 4939	12	19,2
410 á 400	4939 á 5138	12	19,8

FIN.

FÉ DE ERRATAS.

Página	Linea	Dice	Debe decir
7	11	distintas;	distintos;
17	9	metros cuadrados	metro cuadrado
18	26	x	x'
21	19	este	aquel
28	13	pimera	primera
34	16	(que es $F\,a^{x}_{t'\,t} = V\,.\,a$	(que es $F\,a^{x}_{t'\,t} = V\,.\,a$)
35	15	$P - p'$	$P - P'$
36	27	du Bort.	de Bort.
57	12	de los gases contenidos experimentadas	sufridas por los gases contenidos
80	27	0,255	0,0255
80	28	0,255	0,0255
86	12	$t = 1{,}4\dfrac{y_1}{\sqrt{\dfrac{F}{K}}} = \dfrac{y_1}{\sqrt{\dfrac{F}{0{,}0255\,.\,D^2.\gamma}}}$	$t = 1{,}4\dfrac{y_1}{\sqrt{\dfrac{F}{K}}} = \dfrac{1{,}4\,.\,y_1}{\sqrt{\dfrac{F}{0{,}0255\,.\,D^2.\gamma}}}$
86	26	$\dfrac{240}{2{,}85} = 84'' = 1' + 24''$	$\dfrac{336}{2{,}85} = 117'' = 1' + 57''$
87	20	$\dfrac{705}{960}$	$\dfrac{705}{760}$
103	11	l^f	l_f
105	14	$x' = 460$ milímetros	$x = 461$
106	6	inflencia	influencia
106	13	v_1 y v_2	V_1 y V_2
109	5	$L = 1{,}293\,.\,V\,.\,\alpha\left(\underline{t} - \overline{t}\right)$	$L = 1{,}293\,.\,V\,.\,\dfrac{x}{760}\,.\,\alpha\left(\underline{t} - \overline{t}\right)$
115	14	esperar por completo	esperar