MEMORIAL DE INGENIEROS.

MEMORIAL
DE INGENIEROS
DEL EJÉRCITO.

COLECCIÓN DE MEMORIAS.

CUARTA ÉPOCA.—TOMO XXIII.

(LXI DE LA PUBLICACIÓN.)

Año 1906.

MADRID
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS
1906

ÍNDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENDEN LAS ENTREGAS

DEL

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

publicadas en el año 1906.

LAS HÉLICES AÉREAS

LAS HÉLICES AÉREAS

POR

D. EDUARDO MARQUERÍE

PRIMER TENIENTE DE INGENIEROS

MADRID
IMPRENTA DEL *MEMORIAL DE INGENIEROS*

1906

LAS HÉLICES AÉREAS

PRELIMINAR

La navegación aérea y la Aeronáutica.—El conocimiento detallado y el estudio detenido de las cuestiones que con la aeronáutica se relacionan, tienen para nuestro Cuerpo, al entender de quien esto escribe, una importancia que nunca será bastante encarecida.

La navegación aérea, en efecto, cuando llegue á su máximo perfeccionamiento y alcance, por tanto, el enorme desarrollo que le corresponde, producirá, sin duda, grandes transformaciones en la vida de los pueblos y en las relaciones entre unos y otros; pero mucho antes, quizás en día no lejano, cuando pueda realizarse la dirección en condiciones prácticas, las primeras aplicaciones que reciba serán seguramente militares, y así debe entenderse generalmente, cuando los más numerosos medios de navegación al azar, ó casi al azar, única hoy posible, radican en los ejércitos en todas las naciones.

Mas como también allí donde existe la aerostación militar está vinculada á los servicios de los ingenieros militares, pensar que la navegación aérea del porvenir, al menos en sus principios, también debe estarlo, si ambición, es ambición noble; porque nada lo es más que el deseo ardiente de prestar á la Patria nuevos servicios, cuando éstos proceden de difíciles conquistas en el extenso y libre campo de las ciencias aplicadas.

Estas razones nos inducen á contribuir, en la medida de nuestras fuerzas, al estudio de uno de los problemas cuya resolución más interesa á la navegación aérea.

No es ésta ya, por otra parte, el motivo de vistosos espectáculos como

en otro tiempo, sino un arte serio cuyas reglas se fundan en los principios rigorosos de la ciencia aeronáutica; el problema de la dirección no está ya sólo en los cerebros de los ilusos ó entre las manos de ignorantes nautas, sino que trabajan en su resolución robustas y cultivadas inteligencias y audacias serenas y racionales; las dos escuelas *de lo más ligero* y *lo más pesado* que el aire tienden, cada día más sensiblemente, á confundirse en unos mismos principios teóricos, signo evidente del progreso, que siempre unifica; y los trabajos de Marey, Welner, Langley, Drezewiecki, Renard y otros ilustres hombres de ciencia hacen vislumbrar próximas y admirables soluciones.

Importancia de la hélice.—La hélice tiene en Aeronáutica, como Náutica, un papel preponderante sobre los demás elementos del conjunto móvil, y en mayor grado en la navegación atmosférica, donde no es sólo elemento *propulsor*, sino *sustentador* en muchos casos.

El estudio de la hélice aérea es, pues, de suma importancia, por lo cual es de lamentar que sean tan raras las investigaciones teóricas, ya sobre su funcionamiento, ó sobre su construcción; abundando, en cambio, los estudios experimentales, que suponen un trabajo de magnitud desproporcionada con la utilidad que con ellos se consigue, por no poder generalizar, en la mayor parte de los casos, los resultados á que conducen.

La causa de esta preferencia por los métodos experimentales es, indudablemente, la limitación de nuestros conocimientos aerodinámicos, también, á nuestro entender, debida al abandono de los métodos teóricos; limitación que impide desarrollar en la medida que fuera conveniente la teoría de la hélice.

Pero como el que esta teoría resulte incompleta no nos parece razón suficiente para desdeñar las enseñanzas que de ella se deduzcan, procuraremos en el presente trabajo exponerla, en lo que á la hélice regular (que ya definiremos) se refiere, comparando los resultados del cálculo con los experimentales, y comentando con la mayor concisión que nos sea posible unos y otros.

No hemos visto esta teoría de la hélice aérea en ningún tratado de Aeronáutica de los varios que hemos consultado, y las analogías que puedan notarse con la de la hélice acuática son naturales, tratándose de

órganos mecánicos idénticos, aunque moviéndose en medios diferentes; pero, por lo demás, en los detalles calculatorios hemos seguido una marcha muy distinta, que, por las razones que en su lugar se verán, nos parece preferible.

La parte de la Aerodinámica que interesa especialmente para la teoría de la hélice es, como más adelante se verá, la que se refiere al movimiento del plano inclinado; creemos que tal cuestión debe ser estudiada, si bien brevemente, en este preliminar.

Resistencia que opone el aire á un plano inclinado con relación al movimiento.—Sea el plano $A\ B$ (fig. 1), que se mueve en la dirección indicada por la flecha.

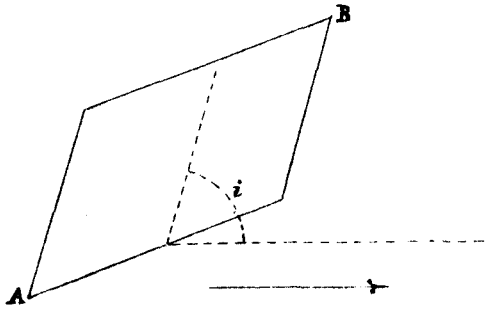


Fig. 1.

La ley de resistencia al movimiento se expresa, casi siempre, analíticamente por una de las fórmulas siguientes:

$$P = K \,.\, S \,.\, V^2 \operatorname{sen} i \qquad [1],$$

$$P = K \,.\, S \,.\, V^2 \,.\, \operatorname{sen}^2 i \qquad [2],$$

en las que P es la presión normal al plano; S, su superficie; V, la velocidad; i, el ángulo indicado en el dibujo, que se llama *ángulo de ataque;* y K, una constante.

Antes de pasar adelante, observaremos que ninguna de estas fórmulas es aplicable exactamente por varias razones, y entre ellas, como más principales, las siguientes:

1.ª Porque la presión no es proporcional á V^2, sino á una función más complicada de la velocidad, y si se deja V^2 en la fórmula, entonces K resulta *creciente con* V.

2.ª Porque ni es proporcional á sen α ni á sen^2 α, sino á una función más compleja del ángulo de ataque.

Como se ve, lo único indiscutible es la proporcionalidad de P á la superficie del plano, y por tanto, las fórmulas [1] y [2] sólo pueden admitirse como aproximadas.

Se conocen otras fórmulas, como las de Duchemin, Soreau, etc.; pero su orígen experimental nos hace dudar de su generalidad, por lo que consideramos preferibles las anteriores, de aproximación comprobada, para base de una teoría.

Elegimos entre ambas la [2] por ser más ajustada á consideraciones teóricas en cuyo detalle no entraremos ahora, porque esto nos llevaría muy lejos de nuestro propósito, adoptando para K un valor superior al que se admita para el plano normal, porque la fórmula [2] da para P valores demasiado pequeños.

Los del coeficiente K, obtenidos por diversos experimentadores, difieren bastante: desde un máximo dado por Marey y Goupil (0,13), hasta el mínimo que le asignan Cailletet y Collardeau (0,07), siendo el dado por Renard y Langley (0,085) un término medio admisible para velocidades de 10 á 15 metros por segundo; pues la discordancia en las determinaciones de K debe atribuirse á que los diversos experimentadores han operado con velocidades diferentes y, además, con planos de formas y dimensiones también variables de unos á otros.

La variación de K por estas diversas influencias, es que aumenta con la velocidad, según se ha visto anteriormente; parece también aumentar inversamente á S, aunque sobre este efecto no hay ideas suficientemente fijas, y es, de igual manera, mayor para el mayor perímetro á igualdad de superficie, dejándose sentir, por tanto, este efecto más sensiblemente en las superficies alargadas, por ejemplo, sobre todo cuando la menor dimensión es la paralela á la dirección del movimiento, circunstancia, como se verá, interesante para nuestro estudio.

Rozamiento.—Un plano oblícuo con relación al movimiento, recibe también del aire una acción tangencial, de componente opuesta á la marcha, debida al rozamiento del aire con el plano.

Se admite generalmente que esta acción viene dada por la fórmula

$$F = K_1 \,.\, S \,.\, V^2 \,.\, \cos^2 \alpha \qquad [3],$$

donde K_1 representa el coeficiente de frotamiento del aire con la materia del plano.

Se comprende que este coeficiente ha de ser aún más variable que K, pues depende, no sólo de la materia de que esté formado el plano, sino también del estado de la superficie; entre las escasas experiencias realizadas con objeto de determinarle, merecen el mayor crédito las de Langley, cuyo resultado $K_1 = 0{,}000035$ debe considerarse como un mínimo en las aplicaciones de [3].

Resumen.—Por las anteriores ligeras consideraciones puede comprenderse, al menos en lo que se refiere á la pequeña parte que nos ha ocupado, el verdadero atraso en que la Aerodinámica se encuentra, que impide el desarrollo de las teorías aeronáuticas, dificultando así, indudablemente, la conquista del aire.

Por esto, los que sientan, como nosotros, gran entusiasmo por la Náutica aérea y se interesen por la resolución de todos los problemas científicos con ella relacionados, nos parece que en vez de idear aparatos más ó menos ingeniosos, pero siempre fundados en un empirismo opuesto á todo progreso, contribuirían más á éste dedicando todo su esfuerzo al perfeccionamiento de los métodos aerodinámicos, porque, para conquistar el aire, lo primero que se necesita es dominarle por medio del cálculo.

La teoría de la hélice aérea que presentamos es, pues, imcompleta, por falta de base aerodinámica; pero, además, porque sólo se refiere á la hélice regular, cuando un estudio detenido habría de comprender también la teoría de las hélices irregulares y la construcción racional de unas y otras; pero tenemos esperanzas fundadas de completarla en plazo no lejano, tanto en el primer concepto como en el segundo.

TEORÍA DE LA HÉLICE REGULAR.

Definiciones.—Se llama en Aeronáutica *hélice*, á una máquina cuyo elemento esencial de trabajo es una superficie helizoidal.

Su modo de funcionar es girando sobre el eje y el resultado un esfuerzo en el sentido de dicho eje, producido por la reacción del aire sobre la superficie activa.

Tal esfuerzo puede utilizarse para equilibrar otro igual y entonces la hélice se llama *sustentatriz*, ó bien para vencer otro menor, y entonces es *propulsora*. En cada uno de estos casos tiene, según veremos, propiedades distintas.

La hélice teórica se reduce á la superficie helizoidad activa.

Esto supuesto, desde el punto de vista teórico, pueden considerarse tantas *especies* de hélices, cuantas sean las superficies helizoidales que existan. Las *formas* que pueden adoptarse para una hélice son, por consiguiente, infinitas.

Constitución y propiedades más interesantes de la hélice regular.— Una de las más usadas en la práctica es la hélice regular, cuya superficie de trabajo es el helizoide regular ó superficie de tornillo de Arquímedes. Este es, según se sabe, una superficie alabeada de generatriz recta, directrices una hélice y el eje del cilindro sobre que está trazada y plano director perpendicular á dicho eje.

No nos extenderemos sobre las propiedades de esta superficie, que nuestros lectores conocerán perfectamente, y sólo recordaremos que todas las secciones por cilindros concéntricos al de la hélice directriz son hélices del mismo paso que aquélla y que, por tanto, llamando H al paso y r á la distancia desde un punto de la superficie al eje, la inclinación de aquélla con relación á éste viene dada (fig. 2) por

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2 \pi \cdot r}{H} \qquad [4]$$

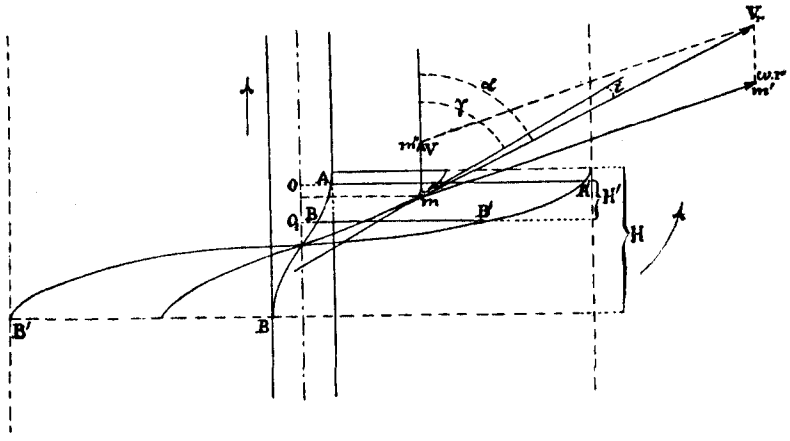


Fig. 2.

de donde se deduce que en todos los puntos situados á igual distancia del eje la inclinación es idéntica y que disminuye á medida que los puntos se apartan del eje.

Una hélice no se compone nunca, por las razones que más adelante se verán, de una espira completa de helizoide, es decir, de la superficie que corresponde á la longitud total del paso, sino de varias partes en general iguales y regularmente espaciadas en proyección horizontal; estas son las *alas* de la hélice.

La forma teórica de las alas de hélice regular viene limitada (fig. 2) por dos secciones cilíndricas que son las hélices AB y $A'B'$ y dos generatrices AA' y BB'; AB, representa la intersección de la hélice con el arbol; $A'B'$, es el límite exterior, y $AA' = BB'$ la *longitud* del ala.

Las fracciones de paso que corresponden á las partes de hélices AB y $A'B'$ son iguales, porque si llamamos β al ángulo que forman los radios extremos (OA y O_1B, OA' y O_1B') siendo H' la fracción del paso, tendremos:

$$\frac{H}{H'} = \frac{2\pi}{\beta}$$

de donde

$$H' = \frac{H \cdot \beta}{2\pi}.$$

Como lo mismo se podría demostrar para cualquier sección cilindri-

ca, resulta que en el ala de hélice regular teórica *la fracción del paso es constante en toda la longitud.*

Generalmente se llama fracción de paso á la relación entre H' y H; nosotros la representaremos en lo sucesivo por f y se tendrá $f = \frac{H'}{H}$.

Las hipótesis teóricas.—Para investigar las condiciones de funcionamiento de una hélice, se debe siempre considerar provista de una cierta velocidad de avance paralela al eje, es decir, como propulsora; pues la hélice sustentadora es un caso particular, en que la velocidad es nula.

Las hélices regulares se consideran, para los efectos de la teoría, formadas por planos inclinados con relación á la dirección de su movimiento; el cálculo de la reacción del aire sobre una hélice se reduce, pues, á uno de los casos tratados en el preliminar.

La manera de efectuar esta descomposición consiste en trazar una serie de secciones cilíndricas infinitamente próximas; los elementos helizoidales así formados de anchura $d\,r$ tendrán en todos sus puntos la misma inclinación con relación al eje (γ) y, por tanto, con relación á la dirección del movimiento ($m\,m'$ para el punto m) y de ahí que pueda asimilarse dicho elemento á un plano rectangular, de altura $d\,r$ y base λ igual á la longitud de la sección cilíndrica correspondiente, moviéndose, si la hélice estuviera fija, con un ángulo de ataque de $90^\circ - \gamma$.

Pero como la hélice avanza con una velocidad V, la velocidad verdadera de todos los puntos del elemento — determinado éste por la distancia r de todos aquellos al eje — será la resultante de V y de la velocidad de rotación $\omega . r$ (siendo ω la velocidad angular en metros por segundo), resultante que, en la figura 2, está representada en $V\,r$.

Expresión del ángulo de ataque y sus consecuencias.—El ángulo de ataque será el representado por i en la figura y su valor vendrá dado por

$$\operatorname{tg} . i = \operatorname{tg} (\alpha - \gamma) = \frac{\operatorname{tg} . \alpha - \operatorname{tg} . \gamma}{1 + \operatorname{tg} \alpha . \operatorname{tg} \gamma} = \frac{\frac{\omega . r}{V} - \frac{2\,\pi . r}{H}}{1 + \frac{2\,\pi\,\omega . r^2}{V . H}} =$$

$$= \frac{r\,(\omega . H - 2\,\pi . V)}{V . H + 2\,\pi . \omega . r^2}.$$

Esta expresión nos indica que si el ángulo de ataque es positivo para un elemento cualquiera, lo es para todos y la condición para que esto suceda es que

$$\omega \,.\, H > 2\,\pi \,.\, V$$

ó sea

$$V < \frac{\omega \,.\, H}{2\,\pi}$$

condición que se verifica siempre, pues para que la hélice avance es preciso que el ángulo de ataque sea positivo; pero si, por deficiencias de construcción, aquella puede asimilarse á la reunión de varias hélices regulares de pasos diferentes, puede suceder que en algunas partes el ángulo de ataque sea negativo, las cuales trabajarán en pura pérdida; de ahí la importancia que tiene la esmerada construcción de estos propulsores ó sustentadores.

Con esta asimilación de los elementos de la hélice á planos inclinados con relación al movimiento, el ángulo de ataque toma gran importancia, pues de él depende, según hemos visto, la reacción del aire y por eso calcularemos los valores de su seno y coseno que luego nos serán necesarios.

En la figura 2 puede observarse que

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{m\,m'}{m\,m''} = \frac{\omega \,.\, r}{\sqrt{\omega^2 \,.\, r^2 + V^2}}$$

y

$$\cos \alpha = \frac{V}{\sqrt{\omega^2 \,.\, r^2 + V^2}}$$

y por las propiedades de la hélice podemos establecer

$$\operatorname{sen} \gamma = \frac{2\,\pi \,.\, r}{\sqrt{4\,\pi^2 \,.\, r^2 + H^2}} \qquad [5]$$

y

$$\cos \gamma = \frac{H}{\sqrt{4\,\pi^2 \,.\, r^2 + H^2}} \qquad [6]$$

luego

$$\operatorname{sen} i = \operatorname{sen} (\alpha - \gamma) = \frac{r\,(\omega \,.\, H - 2\,\pi \,.\, V)}{\sqrt{4\,\pi^2 \,.\, r^2 + H^2}\,\sqrt{\omega^2 \,.\, r^2 + V^2}} \qquad [7]$$

$$\cos i = \frac{H.V + 2\pi.\omega.r^2}{\sqrt{4\pi^2.r^2 + H^2}\ \sqrt{\omega^2.r^2 + V^2}} \qquad [8]$$

para un elemento de hélice regular situado á la distancia r del eje.

Presión elemental.—Cada elemento, en la hipótesis de asimilarle á un plano inclinado, recibirá una serie de presiones normales en todos sus puntos, cuya resultante, aceptando la ley [2] del seno cuadrado, vendrá representada por

$$n = K.\lambda.dr.V_r^2.\text{sen}^2 i = K.\lambda.dr(\omega^2.r^2 + V^2)\frac{r^2(\omega.H - 2\pi.V)^2}{(4\pi^2.r^2 + H^2)(\omega^2.r^2 + V^2)} =$$

$$= K.\lambda(\omega.H - 2\pi.V)^2.\frac{r^2.dr}{4\pi^2 r^2 + H^2} \qquad [9].$$

Esta presión normal puede descomponerse en otras dos: una, paralela al eje, ó sea en dirección de la velocidad de translación; y otra, perpendicular á aquélla, coincidente con la velocidad de rotación del elemento (fig. 3).

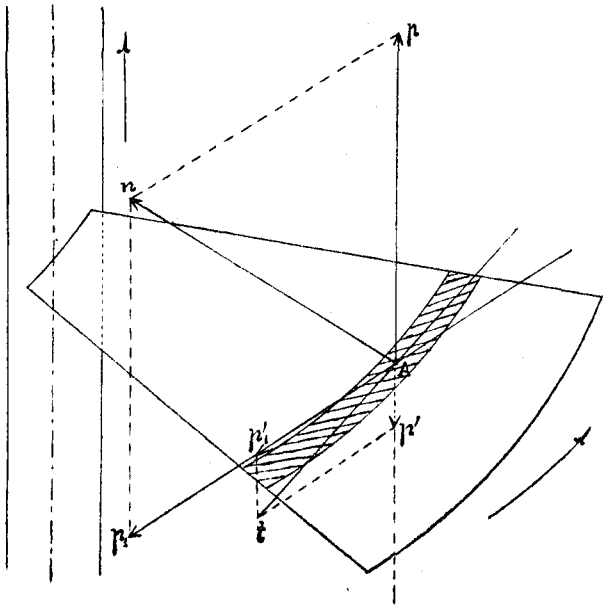


Fig. 3.

La componente propulsora ó sustentadora, que es la que por ahora

nos interesa, será:

$$p = n \times \text{sen}\ \gamma$$

y substituyendo n por su valor [9] resulta:

$$p = K \,.\, \lambda\ (\omega \,.\, H - 2\,\pi \,.\, V)^2 \frac{r^2\, dr}{4\,\pi^2\, r^2 + H^2}\ \text{sen}\ \gamma \qquad [10].$$

Para calcular el valor de λ observaremos que, llamando e á la longitud de una espira de la misma hélice de radio r, se tiene:

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{H}{f \,.\, H} = \frac{1}{f}$$

y como

$$e = \frac{2\,\pi \,.\, r}{\text{sen}\ \gamma}$$

resulta

$$\lambda = \frac{2\,\pi \,.\, r \,.\, f}{\text{sen}\ \gamma},$$

que substituído en [10] da por resultado

$$p = 2\pi \,.\, K \,.\, f\,(\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \frac{r^3\, dr}{4\,\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \qquad [11],$$

que es la presión total, en el sentido del movimiento, que corresponde al elemento ó *presión elemental propulsora.*

Esfuerzos totales propulsor y sustentador.—Para obtener el esfuerzo total de la hélice ó ala de hélice regular considerada, bastará integrar la expresión [11] entre los valores del radio que la limitan, es decir, el radio del arbol (1) y el radio exterior, que representaremos, respectivamente, por r_0 y r_1. Así se deducirá:

$$P = 2\pi \,.\, K \,.\, f\,(\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \int_{r_0}^{r_1} \frac{r^3\, dr}{4\,\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} =$$

$$= \frac{1}{4\pi} \,.\, K \,.\, f(\omega . H - 2\pi . V)^2 \left[(r^2{}_1 - r^2{}_0) - \frac{H^2}{4\,\pi^2}\, l \,.\, \frac{4\,\pi^2 \,.\, r^2{}_1 + H^2}{4\,\pi^2 \,.\, r^2{}_0 + H^2} \right] (2) \qquad [12]$$

(1) En la hélice teórica puede suponerse que su radio menor es el del arbol, pero esto no quiere decir que así suceda en la práctica, pues, como veremos, razones de utilización aconsejan dar á ese radio menor una longitud mucho mayor que la dimensión que necesita el arbol para su resistencia mecánica.

(2) Para los lectores á quienes interese conocer el detalle del cálculo y con obje-

La presión P_s en la hélice sustentatriz resulta inmediatamente haciendo $V = 0$ en la expresión anterior, y así se obtiene

$$P_s = \frac{1}{4\pi} \cdot K \cdot f H^2 \cdot \omega^2 \left[(r^2_1 - r^2_0) - \frac{H^2}{4\pi^2} l \cdot \frac{4\pi^2 \cdot r^2_1 + H^2}{4\pi^2 \cdot r^2_0 + H^2} \right] \quad [13].$$

Comprobación experimental.—La fórmula [13] nos demuestra que el esfuerzo sustentador de una hélice es *proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación*, resultado obtenido experimentalmente por Renard y Welner en sus notables trabajos.

También nos suministran éstos, especialmente los del primero, una comprobación experimental de la fórmula [13] y, por tanto, de la [12], pues conocidos los resultados de los ensayos verificados á *point fixe*, ó sea como sustentatriz de la hélice empleada en el globo *La France*, hemos elegido unas condiciones de funcionamiento cualesquiera de las comprendidas en aquéllos, por ejemplo: $\omega = 5{,}04$ metros, que dió para la presión por ala, $P = 32$ kilógramos; y substituyendo en [13] las dimensiones de la hélice:

$$r_1 = 3{,}50, \qquad r_0 = 0{,}50, \qquad f = \frac{1}{10}, \qquad H = 9{,}30,$$

hemos obtenido para K el valor 0,23 que, como se ve, es casi doble del máximo, y triple del 0,085, generalmente aceptado para los planos, pero no es exagerado para una hélice real, como la considerada, por varias razones: 1.ª, porque no es posible obtener una construcción suficientemente perfecta, para que la hélice pueda considerarse como absolutamente regular y habiendo alguna concavidad, aumenta la presión, siquiera sea á costa de un mayor trabajo resistente; 2.ª, porque los elementos son planos inclinados con un ángulo de ataque pequeño y con una velocidad relativamente grande, lo que, según se ha explicado en el preliminar, debe aumentar el valor de K; 3.ª, porque el ala de hélice es una superficie es-

---

to de evitarles la molestia de desarrollarle, damos á continuación la sencilla resolución de esta integral:

$$\int \frac{r^3\, dr}{4\pi^2 r^2 + H^2} = \int \left(\frac{r}{4\pi^2} - \frac{H^2 . r}{4\pi^2 (4\pi^2 . r^2 + H^2)} \right) dr = \frac{1}{4\pi^2} \left[\int r\, dr - \right.$$

$$\left. - \frac{H^2}{8\pi^2} \int \frac{8\pi^2 . r . dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} \right] = \frac{1}{4\pi^2} \left[\frac{r^2}{2} - \frac{H^2}{8\pi^2} l . (4\pi^2 . r^2 + H^2) \right] + C.$$

trecha, ó sea con pequeña dimensión, paralela al movimiento, lo que también se ha visto que aumenta el valor de dicho coeficiente.

Estas dos últimas razones son aplicables, como se comprende, á la hélice teórica; y así el coeficiente K, que figura en las fórmulas que hemos establecido, tendrá un valor aproximado al máximo, quizás por exceso, aunque sin llegar al obtenido para la hélice del *La France*, porque á la causa de aumento indicada en primer lugar, debe asignársele considerable importancia.

El rozamiento no interviene para aumentar el valor del coeficiente K, pues en la hélice considerada su efecto es, según veremos, despreciable.

También concuerda, si se analiza con algún detenimiento, la fórmula [13] con otro resultado obtenido experimentalmente por Renard, que es la proporcionalidad del esfuerzo sustentador al cuadrado del radio máximo, pues si se tiene en cuenta que, para los pasos y radios corrientes, los dos segundos términos del paréntesis son muy pequeños (0,25 y 1,77 respectivamente, para la hélice del *La France*): con relación al primero, se puede, aproximadamente, dejar reducido á éste dicho paréntesis, y así resulta la proporcionalidad de P_s á r^2_1. Evidentemente esta propiedad no es exacta para todas las hélices y, por consiguiente, la fórmula empírica dada por Renard: $P = 0{,}0234\ n^2\ d^2$, no es aplicable más que á las hélices cuyo radio menor sea pequeño y el paso no mayor de 10 metros, propiedades que, notablemente la última, se habrán de verificar, por las razones que más adelante se expondrán, en todas las hélices racionalmente construídas.

Nuevas deducciones teóricas.—Aunque en la expresión [13] entra H^2 como factor, claramente se comprende, que la presión no aumenta con el paso á igualdad de las demás condiciones, porque entonces el tercer término (sustractivo) del paréntesis aumentaría: resultado racional á todas luces.

Puede notarse también, tanto en la fórmula [13] como en la [12], que aparece el esfuerzo proporcional á la fracción de paso f, lo cual equivaldría al aumento de la presión con el de la superficie de las alas, y conduciría á formar las hélices de una ó varias espiras completas, lo que en manera alguna conviene, pues es un hecho experimental, conocido desde

muy antiguo en las hélices acuáticas y comprobado en las aéreas, que al llegar á un cierto límite, el aumento de la fracción de paso no produce un crecimiento en el esfuerzo útil, circunstancia que, hasta el día, no tiene eficaz explicación, ni parece que podrá calcularse hasta que se conozca con suficiente exactitud la repartición del fluído sobre los cuerpos en movimiento y la influencia que en ella puedan tener las inercias tangencial y centrífuga.

Comparando ahora las fórmulas [12] y [13], se observa que la presión propulsora es, á igualdad en la velocidad angular, inferior á la sustentatriz, pues se diferencian en el término $2\pi . V$ que entra en el factor encerrado en el paréntesis.

Se deduce, pues, que el esfuerzo sustentador es un límite máximo del propulsor, el cual disminuirá á medida que aumente la velocidad V, resultado lógico, porque esto sucederá cuando sean menores las resistencias al avance del conjunto móvil.

Todas las anteriores deducciones no son más que aproximadas, pues para la obtención de las expresiones [12] y [13] no se ha tenido en cuenta el rozamiento del aire, á pesar de haberse asimilado el caso de la hélice al del plano inclinado; y aunque la modificación que aquél puede producir en los resultados es, como se comprende, pequeña, le consideraremos ahora con objeto de completar, en lo posible, la teoría.

Efectos del rozamiento del aire.—Sobre el elemento de ala de hélice teórica considerado, el rozamiento producirá una acción tangencial que está representada en $A\,t$ (fig. 3), y cuyo valor, deducido de [3], es

$$t = K_1 . \lambda . dr\,(V^2 + \omega^2 . r^2) \cos^2 i = K_1 . \lambda . \frac{(H . V + 2\pi . \omega . r^2)^2\, dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2};$$

y la componente *opuesta* á la propulsión ó sustentación,

$$p' = t . \cos \lambda$$

luego la presión total en toda el ala:

$$P' = \int_{r_0}^{r_1} K_1 . \lambda . \frac{(H . V + 2\pi . \omega . r^2)^2\, dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} . \cos \lambda =$$

$$= 2\pi . K_1 . f . \int_{r_0}^{r_1} r . \frac{(H . V + 2\pi . \omega . r^2)^2\, dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} . \frac{H}{2\pi . r} =$$

$$= K_1 . f . H \int_{r_0}^{r_1} \frac{(H . V + 2\pi . \omega r^2)^2}{4\pi^2 . r^2 + H^2} dr,$$

expresión que, integrada y conviniendo en que

$$\left[\text{arc} \left(\text{tg} = \frac{r_1}{\frac{H}{2\pi}} \right) - \text{arc} \left(\text{tg} = \frac{r_0}{\frac{H}{2\pi}} \right) \right] = \left[\text{arc} (\gamma_1) - \text{arc} (\gamma_0) \right] = \varkappa,$$

da

$$P' = K_1 . f . H \left[V^2 . \frac{H}{2\pi} . \varkappa + H . V . \omega \left(\frac{r_1 - r_0}{\pi} - \frac{H}{2\pi^2} \varkappa \right) + \right.$$

$$\left. + \omega^2 \left(\frac{r^3_1 - r^3_0}{3} - \frac{H^2}{4\pi^2} (r_1 - r_0) + \frac{H^3}{8\pi^3} \varkappa \right) \right] \text{(1)} \qquad [14].$$

Para la hélice sustentatriz haremos, como siempre, la hipótesis $V = 0$, y así resulta

$$P'_s = K_1 . f . H . \omega^2 \left[\frac{r^3_1 - r^3_0}{3} - \frac{H^2}{4\pi^2} (r_1 - r_0) + \frac{H^3}{8\pi^3} \varkappa \right] \qquad [15].$$

Aplicando esta fórmula á la hélice del *La France*, resulta que en ella el rozamiento produciría una componente opuesta á la sustentación, de unos 10 gramos por ala, cuya notoria insignificancia, que procede de ser el paso H muy grande, demuestra la escasa influencia que en el esfuerzo producido por esta hélice tiene el rozamiento.

Deducciones.—Según se observa en la expresión [15], hay proporcionalidad entre la presión anti-sustentatriz y el cuadrado de la velocidad angular, lo que demuestra de un modo general esta propiedad, tan claramente comprobada por la experiencia.

---

(1) Con el objeto indicado en la nota anterior ponemos á continuación el detalle de esta integración:

$$\int \frac{(H . V + 2\pi . \omega . r^2)^2}{4\pi^2 . r^2 + H^2} dr = \int H^2 . V^2 \frac{dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} + \int 4\pi . \omega . H . V \frac{r^2 . dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} +$$

$$+ \int 4\pi^2 . \omega^2 \frac{r^4 . dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} = \frac{H}{2\pi} . V^2 . \varkappa + 4\pi . H . \omega . V \int \frac{1}{4\pi^2} . dr -$$

$$- \frac{H^2}{4\pi^2} . \frac{dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} + 4\pi^2 . \omega^2 \int \frac{1}{4\pi^2} . r^2 . dr - \frac{H^2}{16\pi^4} . dr + \frac{H^4}{16\pi^4} . \frac{dr}{4\pi^2 . r^2 + H^2} =$$

$$= \frac{H}{2\pi} . V^2 . \varkappa + H . \omega . V \left(\frac{r}{\pi} - \frac{H}{2\pi^2} \varkappa \right) + \omega^2 \left(\frac{r^3}{3} - \frac{H^2}{4\pi^2} r + \frac{H^3}{8\pi^3} . \varkappa \right) + C.$$

Parece también, á primera vista, que P'_s debe disminuir con H; mas pronto se comprende lo contrario al fijarse en que, en el paréntesis, H^3 viene multiplicado por $\varkappa$, y éste disminuye mucho al disminuir H, predominando así el término sustractivo $\frac{H^2}{4\pi^2}(r_1 - r_0)$. Resulta, por consiguiente, que la disminución del paso, que entre ciertos límites favorece á la presión por reacción directa, aumenta, en cambio, el efecto del rozamiento.

Se ve también que la proporcionalidad de la presión sustentatriz al cuadrado del radio máximo, que ya es sólo aproximada cuando no se considera el efecto del rozamiento, conservará, si se toma en cuenta, tal caracter, cuando dicho efecto tenga poca influencia.

Respecto de la hélice propulsora, se deduce de [15], que el esfuerzo anti-propulsor debido al rozamiento aumenta con relación al correspondiente á la hélice sustentatriz, y tanto más, cuanto mayor sea la velocidad V de translación.

Tanto en la fórmula [14] como en la [15], aparece también la proporcionalidad de las presiones á la fracción de paso, propiedad que podría, por consiguiente, tomarse como exacta, si no hubiera demostrado la experimentación su inexactitud; lo que sí podemos deducir aquí es que el rozamiento del aire con la hélice no es lo que produce la inexactitud de dicha proporcionalidad y por eso no le hemos colocado entre los factores que hay que considerar para explicarla.

Estas deducciones, como las hechas antes de considerar el efecto del rozamiento, proceden de que en las fórmulas establecidas se ve claramente la influencia de cada uno de los elementos de la hélice, bien los de funcionamiento (ω y V) ó los de construcción (r_1, r_0, H, f), y esta es la razón de que hayamos desdeñado en esta teoría la noción compleja del ángulo de ataque, que generalmente se considera, con objeto de simplificar las fórmulas analíticas.

Veamos ahora la influencia que todos estos elementos tienen, no como hasta aquí, en el funcionamiento del conjunto móvil y en la resistencia de la hélice, sino en la perfección mecánica de ésta, bien considerada como órgano propulsor, bien como sustentador.

Trabajos resistentes.—La perfección de la hélice, como la de toda

otra máquina, se traduce analítica y prácticamente por un rendimiento elevado y, por tanto, como en lo que antecede hemos calculado solamente el resultado útil, es decir, los esfuerzos propulsor y sustentador, tendremos que calcular ahora los trabajos resistentes y para ello, primeramente, los esfuerzos resistentes elementales, ó sean los componentes de las acciones normal y tangencial, á cada elemento, de que antes hemos prescindido por no turbar el orden de la exposición.

En la figura 3 la componente p_1 de n viene expresada por:

$$p_1 = n \,.\, \cos\gamma = K \,.\, \lambda \,.\, dr \,.\, \frac{r^2 (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \,.\, \cos\gamma =$$

$$= 2\pi \,.\, K \,.\, f (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \frac{r^3 \,.\, dr}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \,.\, \frac{H}{2\pi \,.\, r} =$$

$$K \,.\, f \,.\, H (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \frac{r^2 dr}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \,,$$

á la cual corresponde un trabajo elemental:

$$p_1 \times \omega \,.\, r = K \,.\, f \,.\, H \,.\, (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \frac{r^2 \,.\, dr}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \,.\, \omega \,.\, r \,.$$

El trabajo resistente total para cada ala es:

$$T'_r = K \,.\, f \,.\, H \,.\, \omega (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \int_{r_0}^{r_1} \frac{r^3 \,.\, dr}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} =$$

$$= K \,.\, f \,.\, H \,.\, \omega (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \left[\frac{r^2_1 - r^2_0}{8\pi^2} - \frac{H^2}{32\pi^2} l \,.\, \frac{4\pi^2 \,.\, r^2_1 + H^2}{4\pi^2 \,.\, r^2_0 + H^2} \right] =$$

$$= \frac{K}{8\pi^2} \,.\, f \,.\, H \,.\, \omega (\omega \,.\, H - 2\pi \,.\, V)^2 \left[r^2_1 - r^2_0 - \frac{H^2}{4\pi^2} \,.\, \mu \right] \qquad [16].$$

representando por μ la expresión logarítmica.

Para la hélice sustentatriz resulta:

$$T'_{r.s} = \frac{K}{8\pi^2} \,.\, f \,.\, H^3 \,.\, \omega^3 \left[r^2_1 - r^2_0 - \frac{H^2}{4\pi^2} \,.\, \mu \right] \qquad [17].$$

La componente elemental debida á la acción tangencial t rozamiento viene expresada

$$p'_1 = t \,.\, \operatorname{sen}\gamma = 2\pi \,.\, K_1 \,.\, f \,.\, \frac{r (H \,.\, V + 2\pi \,.\, \omega \,.\, r^2)^2}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \,.\, dr,$$

á la que corresponde un trabajo resistente

$$p'_1 \times \omega \,.\, r = 2\pi \,.\, K_1 \,.\, f \,.\, \frac{r\,(H \,.\, V + 2\pi \,.\, \omega \,.\, r^2)^2\, dr}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2} \,.\, \omega \,.\, r$$

y el trabajo resistente total por ala es:

$$T''_r = 2\pi \,.\, K_1 \,.\, f \,.\, \omega \,.\, \int_{r_0}^{r_1} \frac{r^2\,(H \,.\, V + 2\pi \,.\, \omega \,.\, r^2)^2}{4\pi^2 \,.\, r^2 + H^2}\, dr =$$

$$= 2\pi . K_1 . f . \omega \left[\frac{H^2 . V^2}{4\pi^2} (r_1 - r_0 - H^2 . \varkappa) + \frac{H \,.\, V \,.\, \omega}{\pi} \left(\frac{r^3{}_1 - r^3{}_0}{3} - \frac{H^2}{4\pi^2} \,.\, \varkappa \right) + \right.$$

$$\left. + \omega^2 \left(\frac{r^5{}_1 - r^5{}_0}{5} - \frac{H^2}{12\pi^2} (r^3{}_1 - r^3{}_0) + \frac{H^4}{16\pi^4} \varkappa \right) \right] \qquad [18].$$

Para la hélice sustentatriz:

$$T''_{r.s} = 2\pi \,.\, K_1 \,.\, f \,.\, \omega^3 \left[\frac{r^5{}_1 - r^5{}_0}{5} - \frac{H^2}{4\pi^2} \left(\frac{r^3{}_1 - r^3{}_0}{3} \right) + \frac{H^4}{16\pi^4} \varkappa \right] \qquad [19].$$

Rendimiento.—El rendimiento de la hélice propulsora, que es el mismo que el de un ala, vendrá expresado por

$$\rho = \frac{T_u}{T_r} = \frac{T_u}{T'_r + T''_r} = \frac{(P - P') \,.\, V}{T'_r + T''_r},$$

cuyo desarrollo, de gran complicación, es innecesario para deducir algunas consecuencias interesantes.

Ante todo observamos que las expresiones [16] y [18] de T'_r y T''_r se componen de un factor en que entra ω y otro que es un trinomio de 2.º grado y homogéneo con relación á las variables ω y V; y como es fácil demostrar que V es proporcional á ω, esto equivale al factor ω^3 en el denominador del rendimiento y como, además, P y P' ([12] y [14]) son, por la misma razón, proporcionales á ω^2, resulta que en el numerador de ρ también existe dicho factor ω^2, lo que prueba que *el rendimiento es independiente de la velocidad angular*, ó sea de las condiciones de funcionamiento de la hélice.

Esta conclusión tan rotunda zanjaría la polémica que existe entre los partidarios de hélices grandes con pequeña velocidad angular y los de condiciones contrarias, si no se hubiera prescindido en la teoría de la inercia centrífuga del aire, por lo cual es inexacto tal resultado siquiera su importancia subsista, pues demuestra que desde el punto de vista de

la resistencia directa y el frotamiento, la velocidad angular para nada influye en el rendimiento de las hélices regulares.

Por otra parte, como el factor f existe en las fórmulas de los trabajos y en las de las presiones, desaparecerá en el rendimiento, el cual será, por tanto, *independiente de la fracción de paso*, elemento constructivo que no podrá determinarse tampoco por consideraciones de rendimiento, al menos con los elementos de cálculo hasta ahora utilizados.

Eficacia.—En la hélice sustentatriz no puede admitirse la noción del rendimiento, pues su efecto útil no es un trabajo, sino un esfuerzo y por ello se substituye aquél por la eficacia, que es la relación entre el esfuerzo útil y el trabajo resistente, es decir,

$$E = \frac{P_{u.s}}{T_{r.s}} = \frac{P_s - P'_s}{T'_{r.s} + T''_{r.s}}$$

y como, según puede verse explícitamente en las fórmulas [17], [19], [13] [15], el trabajo resistente es proporcional á ω^3 y el esfuerzo útil á ω^2, se deduce que la eficacia es *inversamente proporcional á la velocidad angular*, resultado obtenido experimentalmente por Renard y Welner en sus ya citadas investigaciones.

La eficacia es independiente de la fracción de paso, como el rendimiento, pero también le son aplicables las consideraciones que al último hemos aplicado respecto á este elemento de construcción.

Estudio experimental de las hélices.—Por lo que llevamos expuesto, se ha podido comprender perfectamente, que una hélice trabaja de muy diferente manera como propulsora que como sustentadora, y por consiguiente hay que estudiar estos órganos, tanto teórica como prácticamente, teniendo muy en cuenta el papel que han de desempeñar en el conjunto móvil.

Pero es el caso, que rara vez puede ensayarse una hélice propulsora marchando, como cuando se utilice, es decir, con una cierta velocidad de translación, pues esto exige complicadas y, por tanto, costosas instalaciones; por esta razón se prefieren generalmente los ensayos de la hélice fija, ó sea funcionando como sustentatriz, y en este caso sólo se pueden comprobar las fórmulas correspondientes, y como éstas no tienen relación alguna con las que se refieren á la hélice propulsora, parece que en el estudio experimental de ésta para nada han de servir tales ensayos.

Sin embargo, observando que, dada una hélice, sólo quedan indeterminados en las fórmulas K y K_1, el ensayo como sustentatriz, en el cual podemos medir el esfuerzo útil y el trabajo resistente, suministra dos ecuaciones que son suficientes para determinarlos, pudiéndose así conocer perfectamente el esfuerzo, trabajo, rendimiento, etc., de las hélices propulsoras.

Las ecuaciones correspondientes á la hélice del *La France*, dan para los coeficientes, sobre todo para K_1, valores exagerados, lo que confirma nuestra hipótesis de que aquélla se apartaba bastante de la forma regular, y procede, además, de haber englobado en el trabajo resistente algunas resistencias pasivas, como, por ejemplo, el frotamiento del arbol con sus cojinetes.

Las experiencias de Welner están exentas de esta última causa de error; pero, en cambio, las hélices ensayadas se apartaban mucho de la forma regular.

Cuando se trate de esta forma, que es á la que únicamente se refiere la teoría que desarrollamos, deberán siempre admitirse los valores de K y K_1 que resulten de las referidas ecuaciones, pero cuidando muy especialmente de que los segundos miembros sean los valores medios de $\frac{P}{\omega^2}$ y $\frac{T}{\omega^3}$ medidos en todas las experiencias que se realicen, con el esmero necesario para eliminar absolutamente la influencia de todas las resistencias pasivas.

Ya hemos expuesto nuestro criterio respecto al valor K, y con referencia á K_1 creemos que asignándole un valor *diez* veces mayor que el mínimo indicado en el preliminar se dá al rozamiento toda la importancia que debe tener, habida cuenta de la dificultad de una buena construcción de las hélices y de que el plano de Langley era una superficie excesivamente lisa. Así se ha supuesto anteriormente y así resulta para la relación $\frac{K}{K_1}$ un valor aproximado de 600, que es el que, en lo sucesivo, la supondremos.

Determinación de los elementos de la hélice.—La determinación, tanto de los elementos de funcionamiento como de los de construcción, debe hacerse siempre de manera que resulte máximo el rendimiento total.

Esto nos suministra una ecuación para tres variables y la cuestión parece indeterminada, pero no lo es, porque V depende exclusivamente de las condiciones del conjunto móvil y r del espacio de que se disponga, de las ideas que se acepten sobre dimensiones y velocidad angular, del valor que se asigne á ésta, etc.; luego sólo queda H, cuyo valor ha de ser el que satisfaga á la ecuación de máximo rendimiento.

Como la expresión analítica del rendimiento total nos es desconocida, será preciso resolver el problema de una manera indirecta.

Observaremos á este efecto que, siendo diferentes los rendimientos de los diversos elementos de un ala de hélice regular, habrá uno en que dicho rendimiento sea máximo, y para que lo sea el de la hélice será preciso componerla de elementos próximos al de rendimiento más elevado; si pues calculamos el radio correspondiente á éste, ha de ser tal radio intermedio, en lo posible, á los máximo y mínimo de las alas.

El rendimiento de un elemento situado á la distancia r del eje viene dado, según sabemos, por

$$\rho = \frac{(p - p')V}{(p + p')\omega . r} =$$

$$= \frac{K . r^2 (\omega . H - 2\pi . V)^2 . 2\pi . r - K_1 (H . V + 2\pi . \omega . r^2)^2 . H}{K . r^3 (\omega . H - 2\pi . V)^2 . H + K_1 (H . V + 2\pi . \omega . r^2)^2 . 2\pi . r^2} \cdot \frac{V}{\omega},$$

cuyo máximo, considerando á H como variable, vendrá dado por la condición $\frac{d\rho}{dH} = 0$, que, después del desarrollo y simplificación convenientes, dá por resultado la ecuación:

$$\begin{gathered}[2 . K . K_1 . r (\omega^3 . V . r^2 + \omega . V^3) - (K^2 . \omega^4 . r^4 + K^2_1 . V^4)] H^4 + \\ + 4\pi [2 r^2 (K^2 . \omega^3 . V r^2 - K^2_1 . \omega . V^3) + K . K_1 . r (\omega^4 . r^4 - V^4)] H^3 - \\ - 24\pi^2 . \omega^2 . V^2 . r^4 (K^2 + K^2_1) H^2 + 16\pi^3 . r^3 [2r (K^2 . \omega . V^3 - K^2_1 . \omega^2 . V . r^2) + \\ + K . K_1 (\omega^4 . r^3 - V^4)] H - 16\pi^4 . r^5 [2 K . K_1 (\omega^3 . V . r^2 + \omega . V^3) + \\ + r (K^2 . V^4 + K^2_1 . \omega^4 . r^2)] = 0 \qquad [20].\end{gathered}$$

Relación entre H y r en la hélice sustentatriz.—Para la hélice sustentatriz debe hacerse en la ecuación [20] la hipótesis $V = 0$ y tendremos la condición de eficacia elemental máxima

$$K^2 . H^4 - 4\pi . K . K_1 . r . H^3 - 16\pi^3 . K . K_1 . r^3 . H + 16 K^2_1 . \pi^4 . r^4 = 0,$$

que siendo homogénea respecto á K, K_1, r y H puede ponerse bajo la forma

$$\left(\frac{K}{K_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{H}{r}\right)^4 - 4\pi \cdot \left(\frac{K}{K_1}\right) \cdot \left(\frac{H}{r}\right)^3 - 16\pi^3 \left(\frac{K}{K_1}\right)\left(\frac{H}{r}\right) + 16\pi^4 = 0.$$

La relación entre el paso y el radio correspondiente al elemento de máxima eficacia viene dada por las raíces admisibles de la ecuación anterior; ahora bien, substituyendo $\frac{K}{K_1}$ por 600 queda con coeficientes numéricos

$$360000\left(\frac{H}{r}\right)^4 - 7536\left(\frac{H}{r}\right)^3 - 297600\left(\frac{H}{r}\right) + 1536 = 0,$$

cuya solución real correspondiente á máximo, teniendo en cuenta el segundo coeficiente diferencial, es aproximadamente $\frac{H}{r} = 1$, y como el radio del elemento de máxima eficacia ha de ser, según hemos indicado, el radio medio de la hélice, esto equivale á que el radio máximo r_1 sea el doble, y por consiguiente, llamando d al diámetro de la hélice sustentatriz, la relación más conveniente del paso al diámetro será

$$\frac{H}{d} = \frac{1}{4},$$

que algunos experimentadores, y especialmente el ingeniero V. Tatin, han obtenido recientemente por medios puramente empíricos.

Determinación de H en la hélice propulsora.—La ecuación [20] relativa á la hélice propulsora es homogénea respecto á ω y V y, por tanto, se puede poner bajo la forma

$$\left\{2\left(\frac{K}{K_1}\right) r \left[\left(\frac{\omega}{V}\right)^3 r^2 + \left(\frac{\omega}{V}\right)\right] - \left[\left(\frac{K}{K_1}\right)^2 \left(\frac{\omega}{V}\right)^4 r^4 + 1\right]\right\} H^4 +$$
$$+ 4\pi \cdot r \left\{2r\left[\left(\frac{K}{K_1}\right)^2 \left(\frac{\omega}{V}\right)^3 r^2 - \left(\frac{\omega}{V}\right)\right] + \left(\frac{K}{K_1}\right)\left[\left(\frac{\omega}{V}\right)^4 \cdot r^4 - 1\right]\right\} H^3 -$$
$$- 24\pi^2 \left(\frac{\omega}{V}\right)^2 \cdot r^4 \left[\left(\frac{K}{K_1}\right)^2 + 1\right] H^2 + 16\pi^3 \cdot r^3 \left\{2r\left[\left(\frac{K}{K_1}\right)^2 \left(\frac{\omega}{V}\right) -\right.\right.$$
$$\left.\left. - \left(\frac{\omega}{V}\right)^3 r^2\right] + \left(\frac{K}{K_1}\right)\left[\left(\frac{\omega}{V}\right)^4 r^3 - 1\right]\right\} H - 16\pi^4 r^5 \left\{2\left(\frac{K}{K_1}\right)\left[\left(\frac{\omega}{V}\right)^3 r^2 +\right.\right.$$
$$\left.\left. + \left(\frac{\omega}{V}\right)\right] + r\left[\left(\frac{K}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{V}\right)^4 r^4\right]\right\} = 0 \qquad [21],$$

en la que puede observarse que la condición de rendimiento máximo elemental depende de $\frac{K}{K_1}$, que es una constante, y de la relación $\frac{\omega}{V}$ entre la velocidad angular y la de traslación, que es otra constante que depende de los elementos de construcción, tanto de la hélice como de la carena en un conjunto móvil determinado, pero no es función de la relación $\frac{H}{r}$ como la eficacia, por lo cual no podemos hallar valores generales de dicha relación, sino que habrá que aplicar la ecuación [21] á cada caso particular.

Es posible, sin embargo, discutiendo varios de estos casos particulares, investigar entre qué límites aproximados oscila dicha relación ó la que existe entre el paso y el diámetro (que es la que consideran los experimentadores) para las hélices propulsoras.

Tomemos como ejemplo la hélice anteriormente considerada del *La France*, que, teniendo en cuenta su velocidad angular y la rectilínea propia del globo, había de trabajar con una relación $\frac{\omega}{V} = 8$, y siendo su radio medio 2 metros, substituyendo estos valores en [21] resulta

$$23588025599\, H^4 - 74761025000\, H^3 + 86704440845\, H^2 - \\ - 121331333744\, H + 159916490752 = 0,$$

cuya solución aproximada admisible es $H = 1{,}7$ metros, que se aleja mucho, como se ve, del valor adoptado por Renard (9,3); pero se aleja poco del que en la actualidad se le hubiera dado, pues el ya citado M. Tatin, cuyas ideas condensan las en el día dominantes sobre la materia, asignan á las hélices propulsoras un paso comprendido entre un diámetro como máximo y los $^2/_3$ del diámetro como mínimo, y en el caso que consideramos este mínimo sería 4 metros.

Es indudable que estas ideas proceden de experiencias realizadas á pequeñas velocidades de translación, porque si se da á $\frac{\omega}{V}$ el valor 50, por ejemplo, resulta de la ecuación

$$363187998800\, H^4 - 197199999800\, H^3 + 34560096000\, H^2 - \\ - 149338605032016\, H + 360135516160 0 = 0,$$

que da aproximadamente $H = 9$, valor, no sólo igual, sino mayor que el sobredicho límite superior de M. Tatin.

Pero hay que advertir que este valor de velocidades nunca tendrá lugar con hélices del tamaño de la considerada, ó sea de la escuela francesa, como no sea aumentando de propósito las resistencias al avance, cosa que, como se comprende, no hará ningún constructor razonable, y por eso ni el último valor de H, ni aun el correspondiente al límite superior de Tatin, son admisibles.

Semejante valor de $\frac{\omega}{V}$ sólo puede encontrarse en las hélices alemanas ó inglesas, pero entonces en la ecuación [21] hay que substituir un valor pequeño del radio medio; por ejemplo: 0,5 metros, y entonces se obtiene

$$13618122000\, H^4 - 7114499597\, H^3 + 1296003600\, H^2 - \\ - 3018272530\, H + 175400875 = 0,$$

que proporciona como solución aproximada $H = 0{,}8$ metros; y como el diámetro de tal hélice sería de unos 2 metros, vemos que el paso habría de ser algo menor que la *mitad* del diámetro.

Igual resultado se obtiene con la hélice grande (7 metros) substituyendo en [21] $\frac{\omega}{V}$ por 10, que es un máximo á que nunca debe llegarse en la práctica, pues de la ecuación

$$57690624\, H^4 - 146399984\, H^3 + 13524384\, H^2 - 247536631\, H + \\ + 27671437 = 0$$

se deduce en números redondos $H = 3$, que es también algo menor que la mitad del diámetro.

Vemos, por tanto, que el valor $\frac{1}{2}$ de la relación entre el paso y el diámetro constituye para todas las hélices un límite superior de los que pueden adoptarse, los que deben deducirse siempre de la ecuación [21], y en ningún caso debe llegarse al valor $\frac{2}{3}$, ni menos al 1 para las hélices propulsoras.

También llega M. Tatin á una consecuencia, á nuestro parecer, errónea y es que debe darse mayores pasos á las hélices de aeronatos que á

las de aparatos de aviación, cuando, en realidad, ha de ser todo lo contrario, pues la velocidad de rotación de una hélice es independiente del aparato á que vaya unida, y por consiguiente, la relación $\frac{\omega}{V}$ varía en razón inversa que V, luego para los dirigibles cuya velocidad de translación es más pequeña, será $\frac{\omega}{V}$ más grande y mayor el paso.

En efecto, supongamos, como último ejemplo, que la hélice del *La France* hubiera sido aplicada á un aeroplano; como las resistencias de éste al avance hubieran sido menores que las del globo, V (suponiendo posible la marcha del aparato) hubiera sido mayor, y podemos suponer á $\frac{\omega}{V}$ un valor 5, por ejemplo, en [21], que se convierte en

$$35987880\ H^4 - 181499975\ H^3 + 33810960\ H^2 - 404622832\ H + \\ + 661007840 = 0,$$

de donde $H = 1{,}2$ próximamente, lo que confirma cuanto acabamos de indicar.

Recordaremos, por último, que para modificar $\frac{\omega}{V}$ es inutil aumentar ó disminuir ω, y sólo puede hacerse con un mismo aparato aeronáutico obrando sobre las dimensiones de la hélice, y con una misma hélice obrando sobre las formas y dimensiones de la carena, para disminuir ó aumentar las resistencias al avance.

Conclusión.—Al terminar nuestro trabajo creemos llegada la ocasión, á que al principio nos referíamos, de señalar las diferencias que existen en la teoría expuesta para las hélices aéreas y las que generalmente se admiten para las acuáticas, que se contraen á la adopción de la ley [2] del seno cuadrado para la resistencia al movimiento en lugar de la [1] del seno simple y la [3] en lugar de la del coseno, además de haber omitido en nuestros cálculos ciertas nociones, como el *avance* por vuelta, el *paso reducido*, ángulo de ataque, *retroceso*, etc., de que hemos prescindido por oponerse á la conveniente explicitación de los elementos de construcción y funcionamiento, cuyos valores hemos discutido en todos los casos, en lugar de los de aquellas complejas nociones.

También creemos oportuno señalar aquí las deficiencias de que ado-

lece la teoría, que ya habrán notado los lectores: la indeterminacion de la fracción de paso más conveniente, la repartición de dicha fracción de paso á lo largo del ala, la influencia de las inercias en el rendimiento, la forma más adecuada de la superficie no activa, etc., etc.; cuestiones que al construír una hélice hay que resolver empíricamente con evidente daño para la perfección de máquinas tan importantes.

Esta sólo puede, por tanto, conseguirse con el progreso de la Aerodinámica; igual sucede, como decíamos al principio, con los demás problemas aeronáuticos.

FIN.

FERROCARRILES SECUNDARIOS

FERROCARRILES SECUNDARIOS

POR EL

COMANDANTE DE INGENIEROS

D. EUSEBIO GIMÉNEZ LLUESMA,

Vocal de la Comisión.

MEMORIA SOBRE LOS TRABAJOS

DE LA

COMISIÓN PARA FORMAR EL PLAN DE FERROCARRILES SECUNDARIOS

SUBVENCIONADOS POR EL ESTADO

MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

1906

FERROCARRILES Y FORTALEZAS

FERROCARRILES Y FORTALEZAS

La ley de ferrocarriles secundarios ha tenido gestación laboriosísima; ha sido producto de una patriótica transacción entre las distintas opiniones y las diferentes tendencias de todos cuantos intervinieron en la resolución de este importantísimo problema ferroviario. Complemento la red secundaria de la red de ferrocarriles en explotación y de la que forma el conjunto de líneas proyectadas, líneas concedidas, ó líneas declaradas de interés general, era la esperanza de los que abogaban por que España se pusiera á la altura de las demás naciones europeas en lo que se refiere á la red de vías férreas. Pero una ley á la cual se llega por transacciones de unos y de otros, no puede ser la última palabra en todo cuanto comprende la rectificación y complemento del sistema ferroviario español. Esa última palabra le corresponde de derecho al Ministerio de la Guerra.

El Ministerio de la Guerra tendrá que llamar la atención del Gobierno de Su Majestad sobre la imperiosa necesidad de poner costas y fronteras en buen estado de defensa, y tendrá, al mismo tiempo, que demostrar la íntima conexión que existe entre la fortificación, el armamento y el buen trazado de la red ferroviaria del territorio. Fortalezas y ferrocarriles son los dos principales elementos de la defensa nacional. Esos dos elementos tan necesarios para la defensa, la fortaleza y el ferrocarril; el aumento de fuerza de una posición por las obras construidas, y el aumento de efectivo en el campo de batalla por la facilidad de transporte de tropas, de municiones y de víveres, se complementan de tal modo, que nada es el uno sin el otro; que nada vale una plaza fuerte sin comunicaciones ferroviarias, y nada vale un ferrocarril sin buenos puntos de apoyo fortificados; esos dos elementos reunidos, constituyen la base, el nervio, el

fundamento, la mayor garantía de solidez de una buena defensa del territorio nacional. Y por eso debe pedirse la fortificación de costas y fronteras, al pedir que se complete nuestra red de vías férreas.

No es posible desconocer las dificultades con que tendrá que luchar el Ministerio de la Guerra para sacar adelante un plan de conjunto de fortalezas y ferrocarriles de interés militar; pero tampoco es posible desconocer que no se resolverá el problema capital de poner el territorio español en buenas condiciones de defensa, si no se ataca con brío y con decisión; si no se plantea ese problema con toda la claridad que exige la colosal importancia que tiene para el buen nombre de España; si no se lucha sin descanso para conseguir lo que la Patria pide con necesidad imperiosa.

Soñamos los españoles con grandiosos proyectos, y obramos, sin embargo, como amigos del detalle. Y esto es porque no substituyen al proyectista soñador los centros militares que practiquen detenido estudio con gran serenidad de ánimo. No sólo caemos en el detalle, después de esas grandes concepciones, porque rebasen éstas, muchas veces, lo que está al alcance de las fuerzas contributivas del país, sino porque, para realizar un plan de conjunto, no basta, ni es lo principal, plantear bien el problema; se necesita una voluntad firme de llegar al fin que se propuso el que concibió el proyecto, y se impone una labor constante, una labor que no se interrumpa por nuestros contínuos cambios políticos . . . . . .

Esa labor constante puede realizarla el Estado Mayor Central. Permanente es la suprema jefatura del Ejército, que la tiene S. M. el Rey. Permanente será, é independiente de las crísis políticas, la jefatura y el personal del Estado Mayor Central. Las patrióticas inspiraciones que partan del Trono, no se perderán en el vacío, pues podrán recogerse en ese alto Centro; él dará forma á las fecundas iniciativas del Poder Real, iniciativas inspiradas por el amor á la Patria y al Ejército. La permanencia de sus funciones será una garantía de la constante labor que debe realizar.

Planes de detalle serían los proyectos de proponer leyes especiales, línea por línea, para las que más adelante se irán estudiando. Plan de detalle es el de empezar la construcción del campo atrincherado de Jaca,

dejándolo aislado del de Pamplona. Plan de detalle es, también, el de la fortificación de Ceuta, sin que se busque el enlace de ese aumento de fuerza que da la construcción y el armamento de las baterías, con el desarrollo de nuestra política en Marruecos. Y planes de detalle y poco eficaces serán todos aquéllos que se inspiren en un criterio estrecho y en una timidez que sea la negación de toda nuestra historia y de todas nuestras tradiciones. Nada haremos con planes de detalle: es preciso atacar de frente el plan de conjunto. La defensa de costas y fronteras no será nunca lo que debe ser, sino se establece un íntimo enlace entre la fortaleza y el ferrocarril; y si ese plan de conjunto asusta por su magnitud, no menos debe asustar la idea de encontrarnos indefensos cuando llegue el crítico momento de la rápida acción de Europa en África. La terminación de la guerra ruso-japonesa será el principio de la resolución del problema africano. España ocupa, por su gran valor estratégico, una situación excepcional: los puntos estratégicos deben ponerse al abrigo de un golpe de mano. Aquí no hay punto estratégico; es estratégico todo el territorio español; y por esto, todas las reformas, todos los proyectos, todo cuanto se intente en el orden militar, debe subordinarse, debe supeditarse, á la resolución del gran problema de la defensa nacional. . . .

. . . . . .

Consignaba yo estas ideas el 20 de Marzo de 1905. A los pocos meses se proyectó la Conferencia de Algeciras. Todo español amante de su patria debe tener fija su atención en los sucesos que se desarrollen en Marruecos. De allí nos vendrá la luz, ó nos vendrá la patente de inutilidad para tomar parte en el concierto europeo.

FERROCARRILES SECUNDARIOS SUBVENCIONADOS

FERROCARRILES SECUNDARIOS SUBVENCIONADOS

DEFINICIÓN.—Dice la Ley de 30 de Julio de 1904, en su artículo 20:

«Se considerarán ferrocarriles secundarios de esta clase los que se comprendan en el plan general á que se refiere el artículo siguiente y cuyo ancho de vía entre los bordes interiores de los carriles será de un metro, salvo aquéllos casos en que por el Gobierno se estime conveniente otra latitud.»

La Comisión.

El artículo 21 de la Ley dice así:

Se autoriza á una Comisión técnica, que presidirá el ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas, para que forme el plan de los ferrocarriles secundarios que han de obtener la garantía de interés por el Estado.

Constituirán la Comisión dos personas de reconocida competencia y notoriedad, nombradas por el ministro de Obras públicas, con el carácter de vicepresidentes; el presidente del Consejo de Obras públicas; el director del Instituto Geográfico y Estadístico; un general y un jefe del Ejército en representación del Ministerio de la Guerra; un representante de las Compañías férreas de vía normal en explotación; otro de las de vía estrecha también en explotación; un representante de las Cámaras de Comercio, especialmente designado por ellas, y un ingeniero de Caminos, canales y puertos de notoria competencia, aunque no tenga ningún cargo oficial, libremente nombrado por el ministro del ramo. . . . . .

Por Real decreto de 30 de Julio de 1904 se constituyó la Comisión en la forma siguiente:

PRESIDENTE

El ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas.

VICEPRESIDENTES

1.º, D. Luis Espada y Guntín, director general de Obras públicas y diputado á Cortes;

2º, D. Diego Arias de Miranda y Goitia, ex director de Obras públicas.

VOCALES

D. Antonio Arévalo y Herencia, presidente del Consejo de Obras públicas;
D. Francisco Martín Sánchez, director del Instituto Geográfico y Estadístico;
D. Carlos Espinosa de los Monteros, general de brigada, y
D. Eusebio Giménez Lluesma, comandante de Ingenieros, en representación del Ministerio de la Guerra;
D. Félix Boix y Merino, director adjunto de la Compañía de los ferrocarriles de vía normal en explotación;
D. Valentín Gorbeña y Arrayagaray, ingeniero consultor de las Compañías de ferrocarriles de Santander á Bilbao y Vasco-Asturiana, en representación de las Compañías de ferrocarriles de vía estrecha en explotación;
D. Pablo Ruíz de Velasco, presidente de la Cámara de Comercio de Madrid, en representación de las Cámaras de Comercio; y
D. Luis Acosta y García, ingeniero jefe de primera clase de Caminos, canales y puertos.

Representación militar.

Por Real orden de 15 de Julio de 1904 quedó nombrada la representación del Ministerio de la Guerra en la Comisión del plan de ferrocarriles secundarios. Se designó al Excmo. Sr. D. Carlos Espinosa de los Monteros, general de brigada, y tuve yo la satisfacción de que se me designara también para el desempeño de tan honrosa misión.

Nada decía la Real orden respecto del plan de conducta que debían seguir en el seno de la Comisión los representantes del Ministerio de la Guerra. Y como no se nos dieron instrucciones, ni verbales ni por escrito, interpreté que se dejaba libre por completo la iniciativa de los que llevábamos tan honrosa representación, obrando cada uno de nosotros como mejor nos aconsejaran los sentimientos patrióticos y el amor á las instituciones militares.

La Ley de ferrocarriles secundarios en su artículo 33 dice:

El Consejo de Ministros, á propuesta de la Comisión encargada de formar el plan de los ferrocarriles subvencionados con garantía de intéres, decidirá cuáles de éstos deberán ser considerados estratégicos; y para la concesión y explotación de los que tengan el expresado carácter, se impondrá como condición precisa que el Consejo de administración de las Empresas concesionarias se componga, exclusivamente y en todo tiempo, de ciudadanos españoles y con residencia permanente en España.

No encontré en toda la ley, aparte de este artículo 33, ninguna referencia á ferrocarriles militares ó á ferrocarriles que tuvieran interés militar.

Los intereses de la defensa nacional no están reñidos con los intereses del comercio: una red de líneas que no satisfaga las necesidades comerciales, no será nunca una red ferroviaria que nos facilite la defensa del territorio. Y esto es así, porque las facilidades para los movimientos de las tropas corren pareja—en general—con las facilidades para el movimiento de viajeros y el transporte de mercancías. Podrán variar las zonas que hayan de servir los ferrocarriles militares y los comerciales, por imponer la defensa, en algunos casos, trazados ferroviarios en comarcas de gran valor estratégico y de escaso movimiento mercantil, y porque, en otros, exigirá que las líneas pongan en comunicación plazas fuertes ó posiciones de gran valor militar enclavadas en zonas que carezcan de elementos de riqueza, y que no puedan, por lo tanto, dar vida á la explotación de una vía férrea; pero aunque ésto ocurra algunas veces, no puede negarse que, en la casi totalidad de los casos, los intereses militares y los intereses comerciales son los mismos; se compenetran; tienen un enlace íntimo y completo.

Las líneas radiales que «partiendo de Madrid» van á terminar en Coruña, en Gijón, en Santander, en todos los puntos principales de costas y fronteras, son líneas de gran valor comercial, pero no tienen menos importancia como líneas estratégicas; como líneas que faciliten la concentración sobre nuestras fronteras y nuestras costas. Habrá, tal vez, alguna línea como la proyectada entre Jaca y Pamplona, que sirva más los intereses de la defensa que los intereses comerciales, pero este es un caso excepcional, y para los casos excepcionales están las leyes especiales, está la decidida acción del Estado.

Opinando así; teniendo la íntima convicción de que es rarísima la vía férrea que no tenga interés militar, que no sirva, en más ó en menos, los intereses de la defensa, no podía limitarme, en el seno de la Comisión, al estudio de líneas de costas y fronteras, permaneciendo en actitud pasiva cuando se tratase de líneas interiores de interés local; pues yo entendía, y sigo entendiendo, que el ferrocarril que desarrolla la riqueza de una comarca, contribuye á la defensa, puesto que la riqueza general del país es el primer elemento con que debe contarse para la preparación de la guerra.

Tomé, pues, parte en toda la discusión, y me ocupé de los intereses

locales al mismo tiempo que tuve en cuenta los intereses generales del país.

***

No podía limitarse la misión de los representantes del Ministerio de la Guerra á oponerse á la inclusión en el plan de líneas peligrosas para la defensa nacional, pues esta misión hubiese tenido muy poca importancia tratándose de ferrocarriles secundarios. Un ferrocarril de esta clase, si no se construyen obras costosas, rara vez puede ser peligroso para la defensa: basta para evitarlo, la imposición de condiciones de construcción y trazado que están en las facultades del Ministerio de la Guerra. No necesitaban, pues, los representantes militares esforzarse mucho para cumplir esta parte de su misión.

***

La representación del Ministerio de la Guerra debía fusionarse, según el espíritu de la Ley, con todos los elementos que constituían la Comisión. No se trataba de elementos homogéneos; se trataba, por el contrario, de representaciones varias, de aptitudes distintas, de conocimientos especiales propios de la carrera, de la profesión, ó de los estudios particulares de cada uno. El plan de ferrocarriles secundarios debía ser el resultado de los trabajos de la Comisión. El dictamen debía ser la resultante de las distintas opiniones, de las distintas aptitudes, de los variados conocimientos que caracterizaban á los señores que constituían la Comisión. Esta resultante es la que buscaba el legislador al confeccionar la Ley: ésta es la significación que tiene el dictamen, en el que desaparecen todas las opiniones particulares, para dar paso al espíritu que informó los trabajos de la Comisión de ferrocarriles secundarios.

LA LEY

LA LEY

El ferrocarril secundario.

El artículo 1.º de la Ley de Ferrocarriles secundarios de 1904, dice:

Para los efectos de la presente Ley, se considerarán ferrocarriles secundarios todos los destinados al servicio público, con motor mecánico, que en adelante se concedan y no estén comprendidos en la red de los de servicio general, tal como se halla definida y establecida en el capítulo 1.º de la Ley general de Ferrocarriles de 23 de Noviembre de 1877.

El capítulo 1.º citado trata de la clasificación de los ferrocarriles, y enumera las líneas que forman el plan general, lo mismo las que ya estaban construídas que las que estaban por construir en la fecha de la promulgación de la Ley.

***

La definición de ferrocarril secundario que da la Ley, no puede satisfacer al ramo de Guerra; no explica el verdadero papel que las líneas secundarias han de jugar para el transporte, para el movimiento de las tropas en campaña. El ferrocarril, propuesto en el plan principal, de Granada á Madrid, no puede ser lo mismo que el de Alcázar de San Juan á Malagón, propuesto, también, en el plan principal. El primero ha de ser un ferrocarril de gran tráfico; ha de ser una línea que pueda compararse con las de vía normal; ha de construirse de modo que permita alcanzar grandes velocidades y formar largos trenes; ha de satisfacer necesidades comerciales de gran importancia, y ha de ser el que ponga en comunicación directa con la costa ese gran reducto de la alta cuenca del Genil: Granada y las Alpujarras quedarán íntimamente unidas con la línea de Motril. Ese ferrocarril será secundario por la definición de la Ley; será secundario porque figura en el plan de esta clase de líneas, pero será una línea de interés general por su gran importancia mercantil y militar.

En cambio, el segundo ferrocarril citado, el de Alcázar de San Juan

á Malagón, es una línea de interés local. De los 70 kilómetros de su recorrido, ha de ir 60 por carretera; servirá los intereses de siete pueblos, pero nunca podrá ser otra cosa que un buen tranvía de vapor.

Y no basta á mi propósito citar estas dos líneas tan distintas; una que debe considerarse como ferrocarril de interés general, y otra que no puede mirarse sino como ferrocarril verdaderamente secundario, ferrocarril económico, ferrocarril de interés local. Se separan más los límites que comprende la red secundaria, si se tiene en cuenta lo que habrá de resolverse cuando se confeccione el proyecto del ferrocarril propuesto de Teruel á Cuenca, por Tragacete. No desconocían los representantes del Ministerio de la Guerra la comarca que debe atravesar este ferrocarril, ni desconocían las dificultades técnicas que había que vencer; pero hubiera sido una torpeza suya oponerse á la inclusión de una línea de tanto valor militar en el plan principal de ferrocarriles secundarios. Esta inclusión no es otra cosa que el punto de partida necesario para atacar la resolución del problema.

Y este problema no tiene más que una solución, y esa es la que parece que está en la mente de los que gestionaron la propuesta hecha por la provincia de Teruel. La solución consiste en el aprovechamiento de la energía que pueden desarrollar los saltos de agua del Guadalaviar, del Tajo y del Júcar, ríos que nacen en el nudo de Albarracín, en la Muela de San Juan, y en aplicar esa fuerza hidráulica á un ferrocarril eléctrico que tenga pendientes de 70 milímetros por metro. Claro está, que una línea de esta clase no tiene gran valor estratégico; no puede servir para mover grandes contingentes; pero entre no tener en esa abrupta comarca comunicación ferroviaria ninguna, y tener una línea que pueda transportar víveres, municiones y fuerzas de á pie, no cabe duda de que debe elegirse lo hacedero, lo posible, lo que constituya una solución práctica.

Vemos, pues, que se separan los límites que comprenden la red secundaria. Partimos del ferrocarril de gran capacidad de transporte, como debe ser el de Granada á Motril; pasamos por el tranvía de vapor, que va casi todo él por carretera, con pendientes moderadas, y llegamos al ferrocarril eléctrico, con rampas de 7 por 100.

Esta variedad de ferrocarriles secundarios la impone la configuración de nuestro territorio. La anchura de la vía normal es excesiva. Atrave-

sar cordilleras como la Carpetana y la Cantábrica con líneas que no permiten curvas de menos de 300 metros de radio, constituye un problema técnico de difícil solución y un problema económico ruinoso. Debemos, pues, limitar la construcción de líneas de vía normal á la rectificación de la red actual. Para completar la red de interés general, es preciso decidirse por el ferrocarril de un metro entre carriles, de sólida construcción y de gran capacidad de tráfico. Así lo han entendido en el Norte de España, y allí tenemos el modelo que imitar; allí tenemos el ferrocarril de Santander á Bilbao, que puede prestar un servicio tan completo como un ferrocarril normal.

Y esto se logra con el empleo de carriles de gran peso, con poca separación de traviesas, con una construcción sólida y cuidadosamente hecha, con un criterio práctico que no confunda la economía con la miseria. Esta clase de líneas viene á resolver el problema ferroviario en España, porque es el complemento de la red general. Lo que se ha hecho y se está haciendo ahora en el Norte, puede hacerse más adelante en el Mediodía, llegando á tener una línea de costa, de Almería al Campo de Gibraltar y á Cádiz, y poniendo en comunicación á Granada con Motril.

Pero ya se ha dicho que estos ferrocarriles no deben confundirse con los verdaderamente secundarios, con los económicos, con los que emplean carriles de 18 ó 20 kilógramos por metro lineal, que ponen traviesas ligeras y espaciadas, y que no pueden alcanzar grandes velocidades sin peligro de descarrilar. El ferrocarril de Santander á Bilbao permite velocidades de 60 kilómetros por hora, y las líneas secundarias no permiten mayores velocidades que las de 25 kilómetros. Los primeros ferrocarriles, los del tipo del de Santander á Bilbao, deben considerarse como líneas de interés general; deben colocarse á la altura de las de vía ancha ó normal; sirven para las grandes operaciones militares. Los segundos deben considerarse como líneas secundarias, como tranvías de vapor, como buenos auxiliares para operaciones de poca importancia, para transporte de víveres y municiones, para la conducción de fuerzas de á pie; y nunca para el movimiento de la caballería; nunca para el transporte de piezas de artillería.

Y debe tenerse en cuenta esa clasificación entre los ferrocarriles de un metro de anchura, para no incurrir en equivocaciones y para saber

el papel que deben jugar las líneas secundarias en la guerra. No perdamos de vista esta variedad de la red secundaria; no confundamos unas líneas con otras; no sigamos inconscientes la definición que da la Ley, pues podríamos obrar con ligereza al emitir un juicio sobre el plan de ferrocarriles secundarios que formuló la Comisión. El problema tiene muchos factores que han de entrar en cuenta, y es preciso no perder un detalle para juzgar con acierto.

Subvención.

El artículo 22 de la Ley dice:

El Estado garantiza á los ferrocarriles de esta clase (los subvencionados), desde el día 1.º del mes siguiente al en que comience la explotación de todas las líneas del grupo (200 kilómetros como mínimo) que el concesionario se hubiere comprometido á construir, hasta que transcurran veinte años, un interés mínimo anual de 4 por 100 del capital correspondiente á su construcción, sin incluir el material móvil. En el caso de que hubiese sido concedida alguna prórroga para terminar las obras, la duración de aquéllas se descontará del mencionado plazo de veinte años.

El capital máximo, cuyo interés garantiza el Estado, no excederá nunca de 50.000 pesetas por kilómetro.

Se ha preferido la subvención indirecta, ó sea la de garantizar un rendimiento mínimo, á la subvención directa, que consiste en entregar á la Compañía concesionaria una cantidad fija por kilómetro, dejando en completa independencia á dicha compañía en todo cuanto se refiera al interés que devengue el capital invertido en la construcción del ferrocarril.

Y como esa garantía, como ese compromiso del Estado podría conducir á un desastre financiero, si no se ponía un límite al capital garantizado, se fija éste en 50.000 pesetas por kilómetro, como máximo á garantizar.

La previsión del Estado está muy puesta en lugar; pero ese límite máximo del capital que se garantiza plantea un nuevo problema. En las comarcas llanas y con buenas carreteras, se podrán construir perfectamente los ferrocarriles secundarios incluídos en el plan principal; en las comarcas montuosas, en donde no se pueda aprovechar las carreteras, los ferrocarriles secundarios del plan formulado por la Comisión necesitan

tener verdaderas condiciones de vida propia para que haya una Compañía que vaya á la subasta.

A pesar de esto, fueron numerosas las peticiones de provincias para que se incluyeran en el plan de ferrocarriles secundarios líneas cuyo coste había de ser muchísimo mayor que de 50.000 pesetas por kilómetro, y que estaban destinadas á servir comarcas pobres, que no podrían dar al ferrocarril materia de transporte suficiente para que el capital invertido en la construcción tuviese un interés remunerador, con la base de la garantía que daba el Estado.

Otras propuestas eran de opuesta índole. Se trataba de líneas de vida propia, de líneas que no necesitaban la garantía del Estado, ó de líneas que se podían considerar como un buen negocio financiero. Y, á pesar de ésto, se solicitaba la inclusión en el plan general de ferrocarriles secundarios subvencionados. El móvil que guiaba á los que gestionaron estas propuestas de provincias, no dejaba de tener algún fundamento. Puédese citar el caso del ferrocaril de Requena á la Loma de Úbeda, por Albacete, Alcaráz, Villacarrillo, Úbeda y Baeza. Esta línea tiene tanta importancia, que debía entrar en el plan general, y debía ser de vía ancha ó normal; pero el sentido práctico de los habitantes de la Loma les hace comprender que nadie se meterá en esa empresa si no se rompe el hielo, si no recibe la línea la sanción oficial, si no se incluye en un plan cualquiera, sea en el de las líneas de interés general ó en la red secundaria.

Este es otro dato que había que tomar en cuenta: este es otro factor de los que debían entrar en la resolución del problema que la Comisión iba á resolver. Teníamos líneas propuestas de tanta importancia y de tanta vida propia, que se salían de los límites en que deben estar comprendidos los ferrocarriles secundarios, y que se podían construir sin que el Estado garantizase interés alguno al capital invertido en ellas. Y teníamos otras de gran importancia también, de mucha vida propia, pero cuyo presupuesto de construcción era de 100 ó de 150.000 pesetas, y que necesitaban una ley especial de subvención. La regla general, el término medio, la pauta que nos daba la Ley, era para los ferrocarriles de las mesetas castellanas; era para la Mancha ó para la Tierra de Campos, pero no era para las provincias del Norte ni para las del Mediodía; no era para Cataluña ni para Galicia; no era tampoco para las líneas que

tuviesen que atravesar las cordilleras que cruzan el territorio español. Ese límite tan previsor de la garantía del 4 por 100 para un capital de 50.000 pesetas por kilómetro, limitaba también la resolución del problema de construcción de la red secundaria.

Y este límite es tan estrecho, que tal vez se llamen á engaño muchas comarcas que lucharon con ahinco porque se incluyera en el plan líneas costosas, y que se encuentran ahora con que nada consiguen, por no tener Compañía constructora para los tan anhelados ferrocarriles secundarios. Nacerá este engaño, esta equivocación, del desconocimiento de la Ley; de las falsas noticias que corrieron por todas las provincias españolas, de la falta de estudio de todo aquello que se refiere al fomento de la riqueza pública. La subvención indirecta; la subvención que consiste en garantizar un interés mínimo al capital invertido en el establecimiento de un ferrocarril, es una clase de subvención completamente desconocida en España: aquí sólo se conoce la subvención metálica, y por eso todo el mundo pregunta si se incluyó ya en el presupuesto la cantidad necesaria para los ferrocarriles secundarios, cuando no hará falta dinero para estas líneas, mientras no se abran á la explotación.

Limitación de la red secundaria.

El artículo 21 de la Ley, dice:

Se autoriza á una Comisión técnica, que presidirá el ministro de Agricultura, Industria, Comercio y Obras públicas, para que forme el plan de los ferrocarriles secundarios que han de obtener la garantía de interés por el Estado.

. . . . . .

La Comisión técnica citada designará los grupos que han de constituir la red y su extensión kilométrica.

La longitud total de las líneas comprendidas en el plan no excederá, en ningún caso, de 5000 kilómetros, y se dividirá en grupos cuya extensión no será inferior á 200 kilómetros, cifra que podrá disminuirse á petición de las Diputaciones provinciales y Ayuntamientos, siempre que éstos contribuyan con garantía positiva á la realización del grupo.

No bastaba la previsión del Estado con limitar, con fijar un máximo, para el capital cuyo interés de 4 por 100 garantizaba por kilómetro; era preciso, además, y así lo entendió el legislador, fijar un límite máximo al número de kilómetros de ferrocarril subvencionado.

Y la razón es muy sencilla. Fijado el máximo de kilómetros de la red subvencionada, y fijado también el máximo del coste garantizado por kilómetro, se tenía otro límite máximo, que era la cantidad que se había de consignar en presupuesto para responder á las obligaciones contraídas.

Supongamos construídos los 5.000 kilómetros del plan de ferrocarriles secundarios. Supongamos, también, que el negocio es tan malo en todas las líneas, que obliga al presupuesto nacional á pagar todo cuanto ofreció en garantía del capital invertido en su construcción. Siendo el capital reconocido de 50.000 pesetas, como máximo, las Compañías percibirían 2.000 pesetas por kilómetro: y siendo 5.000 kilómetros, como máximo, la extensión de la red secundaria, el Estado no debería nunca pagar más de 10.000.000 de pesetas anualmente.

El problema está perfectamente planteado desde el punto de vista financiero. El ministro de Hacienda tiene una firme base en que apoyarse, pues sabe que la red secundaria no le consumirá más de 10.000.000 de pesetas anuales, suponiendo el máximo de kilómetros construídos, y suponiendo el máximo de capital garantizado.

Ahora bien, la Comisión se encontraba con el pie forzado de que el plan que debía formar tenía un límite máximo. Y este pie forzado, este límite de 5.000 kilómetros para las 49 provincias españolas, entrañaba varios problemas que resolver.

Lo primero en que debía pensarse era en el reparto, en el prorrateo que había que hacer entre todas las provincias, puesto que todas ellas contribuyen con sus cuotas al sostenimiento de las cargas públicas.

La distribución de los 5.000 kilómetros de ferrocarriles, por partes iguales, era de lo más absurdo que podía imaginarse, y sin embargo, ese absurdo, esa falta de equidad venía amparada por personalidades prestigiosas y por Corporaciones oficiales, cuando convenía á sus fines defender lo que no tenía defensa. Hay provincias ricas y pobres. Hay provincias que tienen una extensión superficial de más de 21.000 kilómetros cuadrados, como Badajoz; y hay otras que no llegan á 2.000, como Guipúzcoa. Tenemos provincias, como Coruña, que, sin grandes capitales que desfiguren la población total, cuentan con más de 600.000 habitantes; y otras, como Álava, en que no llegan á 100.000. Y tenemos, en fin, pro-

vincias muy bien servidas por la red general de ferrocarriles, y otras que casi no conocen esa clase de vías de comunicación.

La igualdad está, en la generalidad de los casos, reñida con la equidad, y la equidad es la que debe ser siempre base de la justicia; y el ejercicio de la justicia debe ser constantemente el fin del hombre de recta conciencia.

No era, pues, posible la distribución de los 5.000 kilómetros, en partes iguales, entre las 49 provincias españolas. La operación aritmética nos daría 102 kilómetros por provincia; el estudio razonado nos daría lo que debía dar.

Yo indiqué, entre las distintas opiniones que se manifestaron, que, como regla general, debía tomarse como base para cada provincia ó grupo de provincias, un término medio entre lo que correspondía por extensión territorial y por población: tomaba dos factores de los varios que deben entrar en la resolución del problema, y dejaba entrada á los otros en los casos particulares que se habían de encontrar en el estudio detallado de las comarcas.

Fijado un criterio, bueno ó malo, pero, al fin, un criterio fijo y razonado, quedaban por examinar otros factores del problema que se iba á resolver.

Hay líneas propuestas que se construyen solas: hay líneas que no necesitan el auxilio de la ley. Hay otras que debían servir comarcas pobres, y cuyo coste no estaba en proporción con la garantía que promete el Estado. ¿Á qué grupo de éstos dos debía atenderse? Salvo casos particulares, al primero. ¿Y por qué? Porque la actual Ley de ferrocarriles secundarios es solamente un ensayo, y si este ensayo fracasa, si no se construyen los 5.000 kilómetros propuestos, nadie se atreverá á trabajar por la resolución de un problema de tan capital interés para la vida nacional. Es preciso, á toda costa, que haya Compañías que acudan á la subasta de esos 5.000 kilómetros de ferrocarriles secundarios; es preciso hacer colosales esfuerzos para que no fracase este plan, pues si llegásemos al caso desgraciado de que quedasen grupos y grupos sin postor, podíamos ya renunciar á la construcción de la red secundaria.

Y teniendo esto en cuenta; persiguiendo el ideal de que se construya toda la red, convenía hacer la propuesta de líneas fáciles, de las que se

puedan construir con moderado presupuesto, ó de las que prometen grandes rendimientos. Y convenía huir de las líneas costosas; de las que no cabían dentro de la Ley; de las que no se podrían construir por poco más de 50.000 pesetas, y cuyo exceso de coste no se podía compensar con el poco rendimiento que les prometía una comarca de producción escasa y pobre.

También tenemos líneas que prometen grandes rendimientos, pero cuyo coste es excesivo, y que necesitan una ley especial, y citaremos, como ejemplo la del Ferrol á Pravia. No era prudente incluir esta línea en el plan de ferrocarriles secundarios: ocuparía la plaza que se debe reservar á otras, y en nada se la favorecería con la inclusión. ¿Para qué incluir en el plan una línea que ha de costar 150.000 pesetas por kilómetro? ¿Sería para hacer ver al público que se reconocía la importancia de esa línea? ¿Y quién, que entienda un poco de estas cosas, no reconoce lo que vale y lo que representa la línea del Ferrol á Pravia, qué es como decir la línea del Ferrol á Pasajes? El ferrocarril del Ferrol á Pravia no se ha incluído en el plan principal de la red secundaria, porque no es un ferrocarril secundario; porque tiene excesiva importancia para el comercio y para la defensa nacional; porque debe ser una línea de interés general; porque debe construirse con la solidez, la gran capacidad de transporte y las grandes condiciones de velocidad que tiene la línea de Santander á Bilbao.

A cada paso iban surgiendo dificultades nuevas, al hacer el estudio detallado que verificaba la Comisión. Se encontraba, á veces, una línea de gran interés general, como la de Almería á Málaga, línea estratégica de primer orden, línea que ha de ser de grandes rendimientos, pero línea costosa en algunas secciones, y que ella, por sí sóla, absorbería gran parte del presupuesto de kilómetros de las provincias que debía recorrer. No incluir esta línea en la red secundaria, podrá parecer á muchos que es un desconocimiento de su excepcional importancia; pero á poco que se fije la atención, se comprenderá que existen razones de gran peso para proponerla en cinco secciones, tres que se incluyen en el plan principal, y dos que, por necesitar leyes especiales, van al plan adicional.

Desde Málaga á Torre del Mar hay concesión, y nada se podía proponer en esa parte. Debemos considerar, pues, que la primera sección es

la de Torre del Mar á Maro, límite de las provincias de Málaga y Granada. Esta primera sección va incluída en el plan principal.

Desde Maro á Motril no se ha propuesto en el plan principal, y sí en el adicional, porque la costa, en ese trayecto, tiene acantilados de 100 metros de altura; porque allí las estribaciones de Sierra Nevada hacen imposible la construcción de una vía férrea en condiciones económicas; porque de incluir esa sección en el plan y formando grupo con otras líneas de regulares condiciones de construcción, se hacía imposible que acudiese Compañía alguna á la subasta. Por quererlo todo nos quedábamos sin nada: era preferible, pues, dejar la sección de Maro á Motril en el plan adicional, y esperar que una ley especial de subvención directa permitiese construir esa segunda sección de la línea que estamos examinando.

El ferrocarril de Granada á Motril, propuesto en el plan principal, debe pasar por Órgiva. Desde Órgiva debe construirse una línea paralela á la costa, entre la masa principal de Sierra Nevada y la cordillera paralela de la Contraviesa. Tomando el trayecto de Motril á Órgiva como tramo de unión, nos encontramos con la tercera sección del ferrocarril paralelo á la costa, y que se extiende desde Orgiva á Lobras. Esta tercera sección está incluída en el plan principal. Y pasó al adicional la cuarta sección, la de Lobras á Canjáyar, porque se encontraba ya el terreno malo; porque había que prepararse á salvar dos divisorias, y la inclusión de ese trozo en el plan principal podía hacer fracasar la construcción del grupo de ferrocarriles de la provincia de Granada.

La quinta sección, la de Canjáyar á Almería, va incluída en el plan principal. Los Poderes públicos decidirán si hay que hacer sacrificios para completar la importantísima línea militar y comercial de Almería á Málaga. Se debe construir á toda costa las dos secciones que van incluídas en el plan adicional: la Ley de ferrocarriles secundarios es insuficiente para ello, y para estos casos es para cuando se reservan las leyes especiales, leyes especiales que tengo la seguridad de que serán gestionadas por el Ministerio de la Guerra.

Muchos, muchísimos casos se podría citar de las dificultades que surgían por la falta de kilómetros que adjudicar á provincias. Y entre estos casos, ninguno lleva el convencimiento al ánimo como el de la pro-

vincia de Cádiz, al tratar del ferrocarril de San Fernando al Campo de Gibraltar, por Medina Sidonia. Es ésta una línea de gran importancia militar, porque pondría en comunicación directa á la plaza de Cádiz con el Campo. Tiene además esta línea gran importancia en el orden administrativo, pues los partidos judiciales de Algeciras y San Roque no tienen comunicación ferroviaria con la capital de la provincia sin hacer un gran rodeo. Pero venía propuesta desde Cádiz, en primer lugar en el orden de preferencia, la línea de Jerez de la Frontera á Setenil de las Bodegas, con un desarrollo de 125 kilómetros. La de San Fernando al Campo de Gibraltar es de 102: las dos líneas no podían admitirse dentro de la provincia. La primera tiene grandísima importancia comercial y promete grandes rendimientos; la segunda es de importancia militar de primer orden, pero el interés que el capital invertido en su construcción puede esperar es escaso. La primera tendrá postor, casi con seguridad; la segunda no lo tendría con la escasa subvención que promete la Ley. La elección no era dudosa; aseguremos la línea de Jerez á Setenil, y trabajemos por que una ley especial nos permita construir la línea de San Fernando al Campo de Gibraltar.

De otro caso quiero hablar: de otra línea me veo obligado á tratar, y lo hago con verdadera pena, porque fué una de las pocas que se sometieron á votación y que no se incluyó en el plan principal, á pesar de la brillante defensa que de ella hizo el general Espinosa de los Monteros. Me refiero á la línea de Guardiola á Rosas. Y la incluyo en esta sección porque, aunque parece que se desechó esta línea por dificultades de construcción en la parte de Ripoll á Olot, la verdadera razón que motivó la no inclusión en el plan principal fué la falta de kilómetros que adjudicar á Cataluña y el empeño de incluir en el plan el ferrocarril de Villanueva y Geltrú á Igualada, línea de gran importancia comercial, pero que, por falta de kilómetros, era incompatible con la de Ripoll á Olot.

La línea del Llobregat, construída casi toda, parte de Manresa y debe terminar en Guardiola. Proponía el general Espinosa una línea secundaria, que, partiendo de Guardiola, terminase en Rosas, pasando por Pobla de Lillet, Ripoll, Col de Canas y Olot. Esta línea venía recomendada de Gerona con gran empeño. Los informes eran tan favorables que hacían

ascender los rendimientos á un 8 por 100 del capital. La importancia comercial de este ferrocarril es inmensa. De su importancia militar nada hay que decir, puesto que pondría en comunicación directa las altas cuencas del Llobregat y del Ter con la cuenca del Fluviá y con el golfo de Rosas.

En el orden administrativo es también esta línea propuesta de gran importancia, pues cesaría en su aislamiento de Gerona, capital de la provincia, el partido judicial de Puigcerdá.

La línea se puede dividir en tres secciones, que son: La de Guardiola á Ripoll, la de Ripoll á Olot y la de Olot á Rosas. Es tan importante la primera sección, desde el punto de vista comercial, que hay un capitalista catalán que piensa construir el ferrocarril de Guardiola á Ripoll, tenga ó no tenga subvención. La sección tercera, ó sea la de Olot á Rosas, es fácil de construir, pues va siempre por el valle del Fluviá. Las dificultades técnicas están entre Ripoll y Olot, pues se ha de subir al Col de Canas con una rampa del 3 por 100, tendremos un túnel de 2 kilómetros para atravesar la divisoria, y se habrá de descender á Olot con una pendiente igual á la de la subida, ó sea de 3 por 100.

Esta línea se desechó, indudablemente, por dar cabida á la de Villanueva y Geltrú á Igualada: la una era de gran importancia militar y comercial, era de interés general; la otra era de interés local.

Pero aceptando la solución propuesta, puesto que lo hecho, hecho está, no se debe dejar abandonada esa línea tan estratégica, que ha de unir dos líneas de invasión principales: la de Puigcerdá á Barcelona, convenida con Francia; y la de Portbou á Barcelona.

Supuesto construído el ferrocarril de Olot á Rosas, y suponiendo que haya quien construya sin subvención el de Guardiola á Ripoll, es preciso gestionar una ley especial para la unión de estas dos líneas, á fin de que se pueda ir sin trasbordo de Guardiola á Rosas, ó de Manresa á Rosas, y aun más, desde Rosas á Boltaña, pues esa era la propuesta; esa era la que defendió en su notabilísima ponencia el ilustre general Espinosa. Lo que nos haya quitado la falta de kilómetros que adjudicar á Cataluña, puede darlo una ley especial cuya iniciativa parta del Ministerio de la Guerra.

Propuestas provinciales.

El artículo 21 de la Ley, en su sexto párrafo, dice lo siguiente:

Los trabajos de la Comisión técnica habrán de quedar terminados en el plazo máximo de seis meses, contados desde la promulgación de esta Ley. En los primeros setenta días del mismo plazo, la referida Comisión deberá conocer los datos reunidos sobre la materia por la Administración central, y se dirigirá á todas las Diputaciones provinciales, para que en el término de dos meses la informen sobre sus intereses y aspiraciones con relación al grupo ó grupos que afecten á la respectiva provincia.

La Real orden de 8 de Agosto de 1904, dirigida á los gobernadores civiles de todas las provincias de España, daba reglas para las propuestas que debían hacer los jefes de Obras públicas. Y éstas eran:

Primera. No se incluirá en dichas propuestas, conforme al texto del art. 1.º de la Ley de ferrocarriles secundarios, ninguna línea que, aunque no construída ni concedida, figure ya en la red ó plan de las de servicio general.

Segunda. Tampoco se incluirán, por prohibirlo el art. 31 de la misma Ley citada, los ferrocarriles económicos ó de vía estrecha ya construídos ó adjudicados.

Tercera. En general, se huirá de proponer líneas paralelas y situadas á corta distancia de las ya existentes.

Cuarta. Se indicará en la propuesta:

a) La longitud aproximada de cada línea.

b) Si para su establecimiento puede aprovecharse alguna carretera construída, ó si el ferrocarril que se propone puede substituir con ventaja á alguna carretera no construída, pero sí incluída en el plan de las del Estado.

c) La densidad de población y la riqueza de todas clases existente en la zona que el ferrocarril ha de recorrer, acompañando cuantas noticias y datos puedan contribuir á dar idea de la importancia y utilidad de la línea, así como de su coste y tráfico kilométrico probables.

d) La subvención, en su caso, que la Diputación se halle dispuesta á otorgar para auxiliar la construcción del ferrocarril, especificando con claridad el concepto y la entidad del auxilio. Así, si se tratara de una subvención directa ó de capital, se fijará la cantidad por kilómetro, ó bien el tanto por ciento del importe del presupuesto que ha de constituir aquélla; y si se prefiriese la forma de garantía de interés, se señalarán el tipo de éste y el capital garantizado. Se expresará también si la subvención se otorga incondicionalmente, ó sólo para el caso en que se disminuya la extensión del grupo á que la línea en cuestión pertenezca.

La regla quinta trata de un detalle de la propuesta, que, por ser de procedimiento, no creo necesario copiar.

Sexta. Se limitará la propuesta á los ferrocarriles de verdadera importancia é interés, no olvidando que el plan general comprensivo de todos los que han de ser-

vir las 49 provincias de la Nación no debe exceder de 5.000 kilómetros; y á fin de que puedan ser atendidas, en primer término, las necesidades más perentorias, caso de incluirse más de una línea en la propuesta, se ordenará ésta, dando preferencia á los ferrocarriles cuya construcción revista mayor urgencia á juicio de los informantes.

La séptima y última regla es también de detalle, y por eso no la consigno aquí.

Estas mismas reglas que se dieron á los jefes de Obras públicas de provincia, por conducto de los gobernadores civiles, se trasladaron á las Diputaciones provinciales, en una circular de la Comisión.

Se vé, pues, que se pedía el sufragio, la opinión de las provincias. Se abría una información pública. Se disponía que acudiesen á esta información todas las entidades principales de la Administración, así como las cámaras de Comercio y Agrícolas, y todo cuanto representa la vida provincial. Y todo ésto quiere decir, que la Comisión debía tener en cuenta esas valiosas opiniones, que no podía desatender los informes que recibía de los que conocían en detalle las necesidades de cada comarca; que su papel era el de sobreponerse á todo lo que fuera pasión local, pero sin perder de vista lo que le decían de las distintas provincias españolas. La Comisión debía, pues, tratar con gran discreción todo aquello que venía propuesto como resultante de un estado de opinión, opinión pública que podía equivocarse ó no, pero que convenía respetar.

Ahora bien; llega una propuesta de Cataluña, y para las cuatro provincias catalanas, pide *tres mil kilómetros* de ferrocarriles secundarios, ó sea el *60 por 100* de lo que corresponde á toda España.

Ciudad-Real propone, en primer lugar en el orden de preferencia, una línea de 70 kilómetros, en segundo una de 80, en tercero una de 56 kilómetros, y luego otra de 130, y otra y otra.... hasta siete líneas distintas.

Unas provincias por exceso de kilómetros, como las citadas. Otras, como Huelva, que propone la línea de Hinojos á La Rábida, paralela á la de Sevilla á Huelva; ó como Córdoba, que propone la línea de Alcaudete á La Roda, paralela á la de Espelúy á Puente Genil.

Para el primer caso, para las propuestas que pedían un excesivo número de kilómetros, debía emprenderse un trabajo de selección, y entre estos trabajos, ninguno tan notable como el que hizo el general Espinosa

en su ponencia de Cataluña. De las líneas paralelas que se citan, y de otras que se podía citar, sólo pienso ocuparme de la de Alcaudete á La Roda, por tratarse de algo que tuve yo que proponer en mi ponencia.

No niego la importancia que tiene la unión de Priego de Córdoba con Rute, con Encinas Reales, y con La Roda. Estas importantísimas poblaciones andaluzas, es natural que busquen la comunicación con la línea de Córdoba á Málaga, para dar salida á sus productos de exportación. Pero esa línea, que arrancaría de Alcaudete, provincia de Jaén, que atravesaría dos comarcas de la provincia de Córdoba, ó sean los partidos judiciales de Priego y Rute, y que terminaría en La Roda, provincia de Sevilla, era, para mí, una línea absurda. El paralelismo de dos líneas debía transformarse en ferrocarriles normales á la línea de Puente Genil. Los productos de exportación debían ir á esta línea general: la comunicación con la capital de la provincia quedaría establecida con el ramal de Priego á la estación de Luque, puesto que de aquí debía arrancar el ferrocarril secundario de Baena y Castro del Río, que ha de terminar en la estación de Fernán-Núñez.

Por falta de kilómetros que adjudicar en la provincia de Córdoba, pasó al plan adicional la línea de Rute á Lucena, sección de la de Lucena á Loja.

En las propuestas provinciales, no sólo se ven esas líneas paralelas á otras en explotación, como las dos citadas, sino que se ven otras líneas imposibles, sobre las que me ví obligado á llamar la atención de la Comisión. Y citaré, como ejemplo, el ferrocarril propuesto de Ademuz á Chelva, en la provincia de Valencia, y el de Lucena á la provincia de Teruel, por Villahermosa. Estos dos ferrocarriles no han debido ser propuestos, porque no pueden ser construídos en regulares condiciones económicas; y no digo que son imposibles de construir, porque nada hay imposible para el ingeniero, cuando dispone de grandes capitales que invertir en las obras, siempre que estas obras respondan al fin para que se proyectan. Ni el río Villahermosa se puede atravesar *con obras secundarias*, ni la garganta del Turia se puede seguir *con facilidad* para ir de Ademuz á Chelva. Estas propuestas llevan, pues, el sello de la presión de *influencias locales*, á las que no se podía atender.

Con estos ejemplos basta para lo que me propongo consignar. Las

propuestas provinciales eran de absoluta necesidad, pues sólo con una base tan autorizada podía la Comisión trabajar con desembarazo. Pero era preciso también prepararse para desglosar de esas propuestas lo que estaba inspirado por verdaderas necesidades, y formar otra sección con aquéllo que obedecía á intereses personales; á presión de influencias locales; á pretensiones exageradas de regiones ó provincias; á todo aquéllo que pospone los intereses generales á los particulares. Ese ha sido el principal trabajo de la Comisión, y ese ha sido el primer escollo que cada uno de sus vocales encontró para su propuesta cuando empezó el estudio de la ponencia que le correspondía.

Era necesaria de todo punto la opinión de las provincias, á pesar de los inconvenientes citados. La Comisión de ferrocarriles secundarios tenía un límite de tiempo, impuesto por la Ley, para emitir el dictámen correspondiente. Un plan de ferrocarriles no puede hacerse desde Madrid, sin oir á los que sienten los latidos de la opinión de las distintas comarcas españolas. No disponía la Comisión tampoco de tiempo ni de medios materiales para trasladarse al terreno cuando lo exigiera la discusión de líneas dudosas. Debía, pues, fiarlo todo á los informes provinciales, limitándose á encauzar el movimiento general del país, que con tanto entusiasmo aceptó la idea de la red secundaria.

Esta falta de medios que tuvo la Comisión, la obligaba á aceptar soluciones propuestas que no eran de las más acertadas; y se aceptaban por la imposibilidad de trasladarse al terreno, á fin de convencerse del acierto de la propuesta hecha.

Planes principal y adicional.

Son muy pocos los 5.000 kilómetros que se fijan en la Ley de ferrocarriles secundarios para satisfacer todas las aspiraciones de las distintas comarcas españolas. Y son muchos, muchísimos, para que los entusiastas de la red secundaria veamos realizado nuestro ideal. En todas estas generalidades que vamos explanando sobre la Ley, se ponen á la vista las dificultades que la Comisión tuvo para proponer una red *de fácil construcción*. Las provincias proponen en primera instancia. La Comisión,

en vista de las propuestas provinciales, y recabando su independencia de criterio, formula un plan que esté dentro de lo que la Ley dispone. Pasa este plan al Consejo de Ministros, y el Gobierno lo aprueba ó lo rechaza. Si lo aprueba, el plan se publica en la *Gaceta* y se prepara todo para la subasta de los distintos grupos de 200 kilómetros.

Damos fin con la subasta al período de las ilusiones, y entramos en el terreno de la realidad. Los pueblos, no todos han comprendido la Ley de ferrocarriles secundarios. Creen ellos que los proyectos se los va á dar hechos el Ministerio de Agricultura. Creen los pueblos, que el Estado se encarga de la construcción de los ferrocarriles secundarios, confundiendo estas líneas con las carreteras. El empeño tan grande que hubo para la inclusión en el plan de ferrocarriles secundarios de líneas costosas que debían servir comarcas pobres, obedece al criterio de que la línea incluída en el plan será construída por el Estado. Cuando se vea que todo esto no es verdad, esos pueblos que tantas gestiones hicieron para tener incluído *su ferrocarril* en el plan principal, es fácil que, en vez de luchar con tesón para atraer una compañía constructora, sean presa de un gran desaliento, y que no vuelvan á pensar en la línea por la que tanto trabajaron.

La fuerza de opinión que ha venido de provincias á Madrid durante el período de gestación del plan de ferrocarriles secundarios, debía volver, *reforzada,* á las provincias, para que los pueblos entren en el terreno práctico, y para que se preparen á cooperar á la gran obra de construcción de la red secundaria. Porque si este primer ensayo fracasa, tendremos que renunciar á la construcción de los 5.000 kilómetros autorizados por la Ley.

Y como la Comisión tuvo presente el posible fracaso del ensayo, se adelantó á los acontecimientos, y propuso *un plan adicional.* Como este plan adicional no está consignado en la Ley ni nadie sabía que se iba á confeccionar, ha sorprendido á la opinión, y no todo el mundo ha comprendido la inmensa trascendencia que tiene.

La limitación de la red secundaria á 5.000 kilómetros; el prorrateo de estos 5.000 kilómetros entre las 49 provincias españolas; las propuestas provinciales que hubo que tener en cuenta; los estados de opinión que había que respetar; el amor propio de las provincias que era preciso sa-

tisfacer, y los entusiasmos inconscientes que no debían apagarse con crueldad, eran causas poderosas para que el plan de ferrocarriles secundarios propuesto por la Comisión no fuese tan viable, tan fácil de verlo realizado como desean todos los buenos españoles.

El remedio estaba en manos del Gobierno, pues nada más sencillo que sustituir la línea ó el grupo de líneas que no tuviese postor en la subasta, por otras de menos coste y de más vida propia. Pero el Gobierno necesitaba para esto, que se ampliase el plan primitivo y que se le diesen los medios para substituir las líneas que no encontrasen compañía constructora, por otras que fuesen solicitadas por las entidades financieras. Y á salvar esta dificultad vino el acuerdo de la Comisión, proponiendo al Gobierno un plan adicional de ferrocarriles secundarios. Ya no habrá peligro de que no se disponga de grupos ó de líneas sueltas que substituyan—con el mismo número de kilómetros—á las que no queden rematadas en la subasta: en el plan adicional se dispone de más de 3.000 kilómetros para estas substituciones (1).

Y para que se comprenda mejor lo que representa ese plan adicional, puede tomarse como ejemplo la importantísima línea de la Loma de Úbeda. Los 130 kilómetros del ferrocarril de Alcaraz á la estación de Baeza, ferrocarril que debía pasar por Villacarrillo, Úbeda y Baeza, y que sería continuación del de Requena á Alcaraz, por Albacete, no se han incluído en el plan principal, figurando esta línea en el plan adicional.

No venía propuesto este ferrocarril por la jefatura de Obras públicas de la provincia de Jaén. Venían, en cambio, otras propuestas que era preciso atender, y por esto no se incluyó en el plan principal la línea de Alcaraz á Baeza. Pero esta línea es de importancia colosal; tan importante es, que con ella tendríamos una línea contínua de un valor estratégico incalculable, que arrancaría de Portbou y terminaría en Cádiz, pasando por Barcelona, Valencia, Albacete, Córdoba y Sevilla. Esto atendiendo al interés militar y al plan general de comunicaciones ferroviarias de España.

Si se considera este ferrocarril como negocio, como empresa finan-

(1) Por ampliación del plan adicional se llegó á cerca de 5.000 kilómetros.

ciera, el resultado nos confirma la gran importancia que tiene. La Loma, el Condado, las sierras de Segura y Alcaraz tienen su mercado en las provincias de Levante, y todas las mercancías seguirían la línea marcada por el ferrocarril de Baeza á Requena.

Pues bien; desechada la idea de construir, por ahora, un ferrocarril de vía normal entre Baeza y Requena, y supuesto construído el secundario de Requena á Valdepeñas, propuesto en el plan principal, fácil es ver las grandes probabilidades de construcción que tiene el de Alcaraz á Baeza. En efecto, pudiera suceder que no tuviesen postor las líneas de Alcaudete á Alcalá la Real, de 30 kilómetros; la de Pedro Abad á Martos, de 65, y alguna otra de 35 ó más kilómetros. Pues entonces habría llegado la ocasión de aprovechar ese hueco para que pasara al plan principal la línea de Alcaraz á Baeza. Lo que no pudo hacer la Comisión desde luego, lo haría el Gobierno en tiempo oportuno valiéndose del plan adicional. La Comisión había respetado las propuestas, pero se había adelantado á los acontecimientos y daba medios al Gobierno para que el ferrocarril de Alcaraz á Baeza viniese á completar la red. Se salvaban los 130 kilómetros perdidos en la desierta subasta, y se incluía en el plan una línea de gran importancia, que no se pudo incluir de primera intención por tener necesidad de atender á las propuestas provinciales.

Y otro tanto puede ocurrir con el ferrocarril de Chert á Castellón. Debe suponerse construído el de Alcañiz á Vinaroz, por Morella, puesto que el Ministerio de la Guerra hará todos los esfuerzos necesarios para que se construya esa línea de tanto valor militar, llegando, si es preciso, á una ley especial. Pues si se supone construído ese ferrocarril, no cabe duda de la absoluta necesidad de construir también el de Chert á Castellón. Este ramal no pudo incluirse en el plan principal por falta de kilómetros que adjudicar á la provincia; pero incluído en el plan adicional, se tiene siempre á mano para llenar un hueco, para aprovecharse de una subasta que no tenga postor.

Ese nombre de plan adicional no es realmente el que le corresponde, y conviene que aclaremos esto para que quede perfectamente fijado el criterio de la Comisión.

Dicho plan complementario puede ser adicional ó supletorio. Para que fuese verdaderamente adicional, haría falta una ley de ampliación,

elevando el número de 5.000 kilómetros—que es el de la Ley de ferrocarriles secundarios—á lo que resultase de sumar ó adicionar á esos 5.000 kilómetros los del plan complementario. Si este plan no ha de ser adicional, ó de suma, ó de ampliación, sino supletorio ó de substitución, no necesita del concurso de las Cortes; basta para ello la aprobación del Gobierno. Y suponiendo que sea un plan supletorio, claramente se ve la importancia que tiene para la realización de lo que perseguía el legislador al votar la Ley. Eligiendo las líneas convenientes, se irá completando la red secundaria y se tendrá expedito el camino para llegar á los 5.000 kilómetros construídos y en explotación. Y esto es lo que hay que salvar á toda costa; porque si se alcanza el resultado que se persigue con la Ley, seguirá el entusiasmo que esta Ley de ferrocarriles secundarios despertó en el país, y podremos abrigar la esperanza de que se amplíe ese número de 5.000 kilómetros. En cambio, si fracasan los generosos intentos del legislador; si esos 5.000 kilómetros quedan reducidos á 2 ó 3.000, es fácil que nadie quiera ya ocuparse del importantísimo problema de los ferrocarriles secundarios; es fácil que, dado lo impresionable de nuestro carácter meridional, entremos en un período de desilusión, de estancamiento, de tedio, por todo aquello que se refiera á construcción de ferrocarriles, y esto sería un *alto* peligroso en la marcha, que debía ser constante, de la reconstitución de la riqueza nacional. El plan adicional de ferrocarriles secundarios; la iniciativa del Ministerio de la Guerra para la promulgación de leyes especiales que faciliten la construcción de líneas para las que resulta deficiente la Ley; las gestiones de corporaciones oficiales y de entidades financieras; todo esto reunido, será una garantía de que lleguemos á ver construídos los 5.000 kilómetros de la red secundaria.

. . . . . .

. . . . . .

Tal importancia dió el Gobierno de S. M. al plan adicional ó supletorio que la Comisión propuso, en previsión de dificultades futuras, que no sólo lo aprobó, sino que mandó ampliarlo, fiándolo todo á la prudencia de la Comisión de ferrocarriles secundarios. Con esta ampliación, el plan adicional llegó á tener cerca de 5.000 kilómetros.

En el curso de este trabajo se tendrán en cuenta las variaciones que

introdujo en el plan adicional esa ampliación, que se hizo en cumplimiento de la Real orden de 16 de Marzo de 1905.

Plan del año 1893.

El antiguo plan de ferrocarriles secundarios no podía parecerse al formado por la Comisión que terminó sus trabajos en el mes de Febrero de 1905. No podía parecerse, porque el pensamiento que imperaba en 1893 no es el pensamiento que inspiró al legislador en 1904. Y como no era igual la base sobre que habían de apoyarse uno y otro plan, tampoco podía ser igual el resultado, la forma, en que dichos planes debían presentarse.

Hace algunos años, se abrigó la esperanza de que las grandes compañías de ferrocarriles españoles se encargasen de la construcción de la red secundaria. Y con esta ilusión, con esta esperanza, se formuló un plan de ferrocarriles secundarios que debía tener por principal objeto atraer hacia las líneas generales, facilitando las comunicaciones, el movimiento de viajeros y el tráfico de mercancías que pudiera desarrollarse en las anchas zonas á que servían de eje las líneas de vía normal.

Tan posible se creía la combinación, á cambio de grandes ventajas, entre el Estado y las compañías extranjeras que son propietarias de las redes de interés general, que se proyectaron grupos de ferrocarriles secundarios de 500 kilómetros, y se incluyeron en el plan de 1893 líneas de costosísima construcción. Como se suponía que el plan sería aceptado en conjunto, no había inconveniente ninguno en proponer líneas como la de Sahagún á Ribadesella, por Riaño, y la de Ponferrada á Cudillero, por Cangas de Tineo; dos líneas que debían cortar normalmente la cordillera Cantábrica, y que costarían á 300.000 pesetas por kilómetro en el paso del puerto.

Claro está que con la supuesta base fija que tenía, en el orden financiero, aquella Comisión de 1893, podía proponer esas líneas, así como todas las que debían completar el contorno de la costa.

Además de todo esto, la Comisión de 1893 no tenía ley que á nada la obligase; no tenía por qué respetar las propuestas provinciales. Y no

había límite de kilómetros ni prorrateo entre las provincias; no tenía límite de capital garantizado por kilómetro, ni tenía la imposición de que las líneas se construyesen con un metro entre carriles. Con tanta libertad la Comisión de 1893 y con tantas trabas la de 1905, no es posible que llegaran, no digo que á coincidir, pero ni siquiera á formular planes parecidos. Por esta razón, yo he prescindido, en el estudio que hice del actual problema de los ferrocarriles secundarios, del antiguo plan, del de 1893, y he obrado sin prejuicios, sin creer que tenía precedentes, sin admitir la idea de que la Comisión de 1905 era continuadora de la de 1893 . . . . . .

Porque si yo hubiera admitido esa idea; si yo hubiese creído por un momento que podía existir analogía entre las decisiones de una y de otra Comisión, tenía yo tantas razones para respetar cuanto hicieron los representantes del Ministerio de la Guerra en la Comisión de 1893, que mi voto y mis iniciativas hubiesen sido para sacar á flote todo cuanto se hizo en aquella época.

El general que, con dos jefes de Ingenieros, llevó la representación del Ministerio de la Guerra á la Comisión de ferrocarriles secundarios de 1893, fué el general Barranco. Yo era ayudante suyo y merecí de él tantas atenciones que su memoria es uno de esos recuerdos que no pueden borrarse del alma. Y siendo esto así; siendo para mí tan querida y tan respetada la memoria del general Barranco, no era posible que, si yo hubiese creído que aquella Comisión y ésta, la de 1893 y la de 1904, eran una misma, eran la una continuación de la otra, no era posible, repito, que yo hubiese admitido nada que contrariase, que enmendase la plana á una Comisión como aquélla, en la que, además del general Barranco, estaban dos ilustres jefes del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, que tantos respetos me merecen.

¡Que aquella Comisión logró, *en el mapa*, mayores ventajas para los intereses de la defensa nacional que la que formuló el actual plan! No cabe duda alguna. Pero han transcurrido doce años desde que se confeccionó aquel plan y nada hemos hecho. ¿Debíamos tomar por base lo que no dió ni podía dar resultado alguno? Creo que no.

Soy poco aficionado á las fantasías. No me gustan los criterios cerrados. La línea recta es el camino más corto en las abstracciones geomé-

tricas; pero en la vida práctica, la línea recta es el camino más largo, es el que está preñado de dificultades y por el que no se va á ninguna parte. El plan antiguo contenía líneas de gran presupuesto de construcción que no debían incluirse en éste, porque ahora teníamos limitaciones de kilómetros y de presupuesto, y en 1893 no tenía la Comisión que sujetarse á límite de ninguna clase. Además, la anchura de 75 centímetros para la vía que fijaba el plan antiguo, permite soluciones que son inaceptables para la anchura de un metro, que es la que exige la Ley actual de ferrocarriles secundarios.

De todo lo expuesto se deduce, que el plan moderno y el plan antiguo no son el uno continuación del otro; no tienen el mismo punto de origen; no obedecen al mismo pensamiento, y no buscan para la construcción de la redes propuestas las mismas entidades financieras. Declarada, pues, la independencia completa, absoluta, entre uno y otro plan, debe juzgarse el que tiene por base la Ley de 1904, como si nada se hubiese hecho en otra época, como si fuese el primero en donde se desarrollara la idea de construir la red de ferrocarriles secundarios. Así lo comprendí yo, y á ese convencimiento obedeció mi actitud en el seno de la Comisión.

REGIONES FERROVIARIAS

REGIONES FERROVIARIAS

Para el estudio detallado del plan de ferrocarriles secundarios formado por la Comisión, consideraremos dividido el territorio de la Península en siete regiones. Se completará el plan con las constituídas por los archipiélagos de Baleares y Canarias.

***

REGIÓN DEL NOROESTE.—Se tomará como base el nudo de León, de donde parten las líneas de Galicia y de Asturias.

Las provincias que han de constituir esta región serán seis:

LEÓN, OVIEDO, LUGO, CORUÑA, PONTEVEDRA y ORENSE.

***

REGIÓN VASCO-CASTELLANA.—La base ferroviaria será la línea de Ciudad-Rodrigo á San Sebastián.

Comprenderá nueve provincias:

SALAMANCA, ZAMORA, VALLADOLID, PALENCIA, SANTANDER, BURGOS, ÁLAVA, VIZCAYA y GUIPÚZCOA.

***

REGIÓN DEL EBRO.—Tomaremos como base el ferrocarril de Miranda á Caspe, y las cinco provincias comprendidas serán:

LOGROÑO, SORIA, ZARAGOZA, NAVARRA y HUESCA.

***

REGIÓN CATALANA.—El punto de partida será el centro de líneas radiales que tenemos en Barcelona, y las cuatro provincias que formen la región serán:

BARCELONA, TARRAGONA, LÉRIDA y GERONA.

***

REGIÓN DE LEVANTE.—Nos servirá de base la línea de la costa, y considerando enlazada á esta región la provincia de Cuenca, cuyo enlace directo es preciso conseguir cuanto antes, quedará constituída por siete provincias, que son:

VALENCIA, ALICANTE, MURCIA, ALBACETE, CUENCA, TERUEL y CASTELLÓN.

***

REGIÓN CENTRAL.—Madrid, gran centro de comunicaciones ferroviarias, será el punto de partida. Esta región estará constituída por las ocho provincias siguientes:

MADRID, GUADALAJARA, SEGOVIA, ÁVILA, CÁCERES, BADAJOZ, CIUDAD REAL y TOLEDO.

***

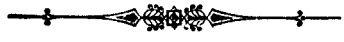
REGIÓN DEL MEDIODÍA.—La base ferroviaria de esta región será la línea del Guadalquivir, y la constituirán las ocho provincias andaluzas:

SEVILLA, HUELVA, CÁDIZ, MÁLAGA, GRANADA, ALMERÍA, JAÉN y CÓRDOBA.

***

REGION DE BALEARES.—La provincia del mismo nombre.

REGIÓN DE CANARIAS.—La provincia del mismo nombre.



Región del Noroeste.

Queda perfectamente regularizada la región constituída por el reducto gallego y el Principado de Asturias, si á estas cinco provincias se une la de León. Y León será el punto de enlace de las redes ferroviarias de Asturias y de Galicia.

Las líneas propuestas en el plan principal de ferrocarriles secundarios para la región del Noroeste son:

	Kilómetros.
Coruña á Corcubión, por Carballo	105
Santiago á Orense, por Carballino	108
Orense á Portugal, por Ginzo de Limia y Verín.	82
Pontevedra á Sarria, por La Estrada y Lalín	135
Ribadesella á Gijón	70
Cornellana á Cangas de Tineo	48
Ponferrada á Palacios del Sil	48
Palanquinos á Medina de Ríoseco, por Valencia de Don Juan, Valderas y Villanueva del Campo	90
Kilómetros	686

Y en el plan adicional se propusieron las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Santiago á Carballo	50
Mondoñedo al ferrocarril de Lugo á Ribadeo	20
Sarria á Becerreá	25
Villagarcía al ferrocarril de Pontevedra á Sarria.	20
Túy á La Guardia	25
Belmonte al ferrocarril de Cornellana á Cangas de Tineo	15
Riaño á Cistierna	40
La Magdalena á La Robla	25
Kilómetros	220

A estos 220 kilómetros del plan adicional, deben añadirse 358, que es lo que suman las siguientes líneas, propuestas en el plan de ampliación en cumplimiento de la Real orden de 16 de Marzo de 1905:

	Kilómetros.
Palacios del Sil á Cangas de Tineo.	68
Ferrol á Pravia, por Vivero.	250
Pravia á Gijón	40
Kilómetros	358

Resumen:

Plan principal.	686	kilómetros.
Plan adicional.	578	»

El plan principal de ferrocarriles secundarios propuesto para Galicia, puede reducirse á dos líneas, que se han de cruzar en Silleda ó á corta distancia de este punto. A estas dos líneas habría que agregar la de La Coruña á Corcubión, por Carballo.

Se conseguiría con esta línea paralela á la costa, que cesara el aislamiento de los partidos judiciales de Carballo y Corcubión, y pondríamos en comunicación ferroviaria la importante ensenada de Corcubión con la gran posición militar constituída por Coruña y Ferrol.

No quedan satisfechos los intereses de la defensa nacional por lo que respecta á esta línea, pues falta que se ponga en comunicación con Santiago, centro de la región occidental de Galicia. Para acudir á remediar esta deficiencia, se propone en el plan adicional la línea de Santiago á Carballo, no habiéndose propuesto en el principal por falta de kilómetros que adjudicar á Galicia.

Las dos líneas citadas antes, que deben cruzarse en Silleda, y que consumen casi en su totalidad el presupuesto de kilómetros de ferrocarril secundario para las cuatro provincias gallegas, son: Una que partiría de Sarria, estación intermedia entre Monforte y Lugo, que pasaría por Lalín y La Estrada, y que terminaría en Pontevedra, y otra línea que partiría de Santiago, que pasaría por Carballino, Orense, Ginzo de Limia y Verín, y que terminaría en la frontera portuguesa, dirigiéndose á Chaves.

La primera línea tenía, para mí, el gran inconveniente de que se dirigía á Pontevedra y no á la importantísima Ría de Arosa; pero era tan solicitada la terminación de la línea en la capital de la provincia, que no se atrevió la Comisión á desatender la propuesta provincial; y como no era posible aumentar el número de kilómetros que se habían de proponer para Galicia, hube de contentarme con la inclusión en el plan adicional ó complementario del ramal de 20 kilómetros, de Villagarcía á enlazar con la línea de Pontevedra á Sarria.

Como no haría falta una ley especial para la construcción de estos 20 kilómetros, podría dirigirse la acción del Ministerio de la Guerra á que se colocase en lugar preferente ese ramal de Villagarcía, con otros que se encontrasen en igual caso, á fin de que fuese incluído en el plan principal en la primera subasta que quedase desierta, substituyendo á otros 20 kilómetros de aquellos que pertenecen á un grupo que no hubiese sido rematado en la subasta.

Con las dos líneas generales propuestas y con la de Corcubión á La Coruña, tenemos ya 430 kilómetros para las cuatro provincias gallegas: era imposible adjudicar á éstas más kilómetros de los que ya van incluídos en el plan principal. Por esto se dejó para el plan complementario el ramal de Carballo á Santiago, y otros tres que vamos á examinar.

Supuesto construído el ferrocarril de la costa del Cantábrico, del que nos ocuparemos en seguida, y supuesto también prolongado el ferrocarril de Ribadeo á Villaodrid hasta Lugo, quedaba Mondoñedo, importantísima población de la provincia, privada de comunicación ferroviaria; por esto se propuso el ramal de Mondoñedo al ferrocarril de Ribadeo á Lugo.

Becerreá, cabeza de partido judicial, está en la prolongación del ferrocarril propuesto de Pontevedra á Sarria. Será también Becerreá punto obligado de la línea de Villafranca del Bierzo á Ribadeo: debía, pues, enlazarse dicho punto con la línea general de Galicia, y se propuso el ramal de Sarria á Becerreá.

El último ramal propuesto en el plan complementario para Galicia, fué el de Tuy á La Guardia, á fin de completar el ferrocarril del Miño.

***

Se planteó como cuestión previa, al empezar el estudio de la ponencia de las provincias de Galicia, si debía incluirse la línea del Ferrol á Gijón ó del Ferrol á Pravia. No hubo necesidad de discutir mucho en el seno de la Subcomisión, para que nos decidiéramos á excluir línea de tanta importancia del plan de ferrocarriles secundarios del reducto gallego.

La línea de Pravia al Ferrol es de gran importancia estratégica y de gran importancia comercial. Ha de ser esta línea la que recoja todas las mercancías de los ferrocarriles normales á la costa y las que se lleven por las carreteras. Ha de poner en directa comunicación Asturias y Galicia; ha de ser la prolongación de la línea del Cantábrico que parte de Pasajes y terminará en el Ferrol; ha de ser, en fin, una línea de gran tráfico, una línea de gran capacidad de transporte y susceptible de alcanzar grandes velocidades con los trenes; ha de ser una línea de un metro de anchura, sí, pero de interés general.

Ahora bien; esta línea es de costosa construcción: el presupuesto que nos da el proyecto confeccionado es de 150.000 pesetas por kilómetro; y una línea de esta clase no queda beneficiada por que se la incluya en el plan de ferrocarriles secundarios. Para incluirla en el plan principal era preciso desechar otra de las propuestas, y esa inclusión no servía de nada para la realización de empresa de tanta importancia. Se prescindió, pues, de incluirla en el plan de ferrocarriles secundarios y se esperó todo de una ley especial, que es la única que puede dar la solución del problema. Con esta decisión tomada para Galicia, quedaban independientes del proyectado ferrocarril del Ferrol á Gijón, todos los kilómetros que debían adjudicarse á la provincia de Oviedo.

No faltan muchos meses para que se terminen las obras del ferrocarril de Infiesto á Cabezón de la Sal. Tendremos entonces una línea contínua, paralela á la costa, desde San Sebastián á Pravia, y para terminar la la línea del Cantábrico hará falta atacar con decisión el problema de la construcción del ferrocarril de Pravia al Ferrol.

Un trozo de costa quedaría sin ferrocarril. La línea de Infiesto á Cabezón de la Sal ó de Oviedo á Santander, va por el interior en un trayecto considerable: se dirige á Ribadesella, y entonces va por la misma costa. La unión de Gijón con Ribadesella es de gran importancia, y por

esta razón se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de 70 kilómetros de Ribadesella á Gijón que debe servir la comarca de las Cinco Villas.

Esta línea es de costosa construcción, pero parece que hay grandes capitalistas dispuestos á construirla, y si el entusiasmo no decae ante el presupuesto que resulte del proyecto que se confeccione, tendremos una línea de costa desde Gijón hasta Cabezón de la Sal.

El ferrocarril del valle del Narcea está construído en parte, y asegurada la construcción hasta Cornellana. En vista de estas circunstancias, se incluyó en el plan principal la línea de Cornellana á Cangas de Tineo.

En el plan adicional ó complementario sólo figura Asturias con el ramal de 15 kilómetros de Belmonte á la línea de Cornellana á Cangas de Tineo.

***

Los puertos de la cordillera Cantábrica presentan grandes dificultades técnicas y económicas para utilizarlos como paso de vías férreas. Y á pesar de esto vinieron de Asturias propuestas seis líneas—si no recuerdo mal—que debían servir de unión á comarcas leonesas y asturianas, atravesando la cordillera Cantábrica. Si la escasez del número de kilómetros que podían adjudicarse á las provincias de Oviedo y León no hubiese sido razón suficiente para desechar esas propuestas, hubiese bastado la consideración de que se trataba de líneas que alcanzarían un presupuesto de construcción—en parte considerable del trayecto—de 300.000 pesetas por kilómetro, para que la Comisión se viese imposibilitada de admitir dichas propuestas.

Y aquí empezó á plantearse el problema que se repitió en otras muchas líneas de las distintas regiones españolas. Examinemos una de las de esta región, y en este examen podrá verse el criterio seguido en otras líneas de las que se propusieron.

El ferrocarril de Ponferrada á San Esteban de Pravia tiene, además de su gran importancia militar, un valor comercial incalculable. En la riquísima comarca del Bierzo existen grandes yacimientos de carbón, y no son menos importantes los yacimientos de minerales ferruginosos. El hierro y el carbón son dos minerales que se completan. La industria si-

derúrgica los tiene como base. En el Bierzo podría desarrollarse esta clase de industria en condiciones inmejorables.

Claro está que para el establecimiento de la industria siderúrgica en el Bierzo, no hace falta ningún ferrocarril que atraviese la cordillera Cantábrica: con hierros y con carbones se tiene todo cuanto la industria exige.

Pero esto, que es verdad en teoría, no lo es en la práctica. Las compañías que adquieran las minas de hierro y carbón de la comarca del Bierzo querrán, ante todo, lo más fácil; lucrarse con la exportación del mineral. La industria local vendrá después.

Y para la exportación del mineral hace falta la construcción del ferrocarril de Ponferrada á la costa. El estudio financiero es muy sencillo tratándose de minas y de ferrocarriles, y se deja para más adelante el estudio del negocio industrial. Eso es lo que pasó en Vizcaya: primeramente se explotaron las minas y se exportó el mineral; después vino el ferrocarril industrial.

La Comisión reconocía toda la importancia militar y comercial de la línea de Ponferrada á San Esteban de Pravia; pero como no debía proponer líneas costosas, se dividió en tres secciones ese ferrocarril de tanto valor militar y comercial; inició la línea por Asturias, y la propuso hasta Cangas de Tineo; inició la línea por el otro extremo, y propuso la de Ponferrada á Palacios del Sil. Dejó la sección intermedia, la difícil, la de costosa construcción, la que no cabe en la Ley de ferrocarriles secundarios, á la iniciativa de las empresas. Que las compañías que adquieran las minas del Bierzo estudien el negocio, y que ellas juzguen si es ó no conveniente la unión de Palacios del Sil con Cangas de Tineo, y que ellas vean si será remunerador ese negocio teniendo una línea contínua desde Ponferrada hasta el puerto de embarque del mineral.

Este método seguido en la línea de Ponferrada á la costa, se aplicó á otros ferrocarriles propuestos en el plan principal. Cuando hay que atravesar una cordillera, se inicia la línea por las dos vertientes opuestas, recorriendo el terreno fácil, y se deja para una ley especial ó para que muestren su iniciativa las empresas industriales, completando la línea ó construyendo la sección costosa que debe unir las dos de poco coste, y que son las que marcan la orientación general del ferrocarril propuesto.

. . . . . .

Por la citada Real orden de 16 de Marzo, se incluyó en el plan adicional de ampliación, la línea Palacios del Sil á Cangas de Tineo, que completaría la general de Pravia á Ponferrada.

También se incluyó en este plan el ferrocarril del Ferrol á Pravia y el ramal de Pravia á Gijón.

*
* *

De la línea de Palanquinos á Medina de Ríoseco es preferible hablar cuando se trate de la provincia de Valladolid, porque pertenece á un plan de conjunto, en el que figura Ríoseco como importante centro de comunicaciones.

Para la provincia de León se propusieron en el plan adicional los ramales de Riaño á Cistierna y de La Magdalena á La Robla.

Región Vasco-Castellana.

Si tomamos como base la línea que procediendo de la Beira Alta, pasa por Ciudad Rodrigo y Salamanca, y penetra en Francia por Hendaya, podremos constituir la región Vasco-Castellana. Dicha línea atraviesa las provincias de Salamanca, Valladolid, Burgos, Álava y Guipúzcoa, tocando á Navarra en Alsásua.

Se comunican directamente con esta zona longitudinal, las provincias de Zamora, Palencia, Santander y Vizcaya. La primera, por el ferrocarril de Astorga á Salamanca; la segunda y tercera, por el de Venta de Baños á Santander, y la cuarta, por el de Miranda de Ebro á Bilbao.

Con las provincias castellanas citadas y con las tres Vascongadas, tendremos formada la región Vasco-Castellana que es la que vamos á examinar en lo que respecta al plan de ferrocarriles secundarios propuesto por la Comisión.

Los propuestos del plan principal son:

	Kilómetros.
Ciudad Rodrigo á la estación de Río Tajo, por Hoyos y Coria	132
Salamanca á Ledesma	36
Vitigudino á Bogajo	15
Benavente á Villanueva del Campo	22
Benavente á la Puebla de Sanabria	90
Ríoseco á Villada, por Villalón	36
Villalón á Palencia, por Villarramiel	45
Palencia á Carrión de los Condes	35
Burgos á Ontaneda, por Trespaderne, Villarcayo y Cabañas de Virtus	150
Trespaderne á Miranda de Ebro	54
Suma y sigue..	615

	Kilómetros.
Suma anterior	615
Beranga á Santoña	17
Treto á Laredo	6
Murguía á Bermeo y Pedernales	24
Guernica á Ondárroa, por Lequeitio	28
Vitoria á Izarra	25
Zumárraga á Zumaya	35
Kilómetros	750

En el plan adicional ó complementario se propusieron las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Béjar á Sequeros	35
Zamora á Fermoselle	60
Valladolid á Toro, por Tordesillas	55
Aranda á Palencia	81
Carrión de los Condes á Guardo, por Saldaña	54
Burgos á San Leonardo	95
Castañeda á Torrelavega	12
Ondárroa á Ermúa, por Marquina	28
Oñate á San Prudencio	7
Kilómetros	427

Igualmente que se hizo en el estudio de la región del Noroeste, debo advertir que á estos 427 kilómetros del plan adicional, es preciso añadir 285 que se propusieron en la ampliación de dicho plan. Las líneas nuevamente propuestas fueron:

	Kilómetros.
Villalpando á Villanueva del Campo	15
Tordesillas, por Nava del Rey y Fuentesaúco, á la estación del Cubo del Vino	70
Suma y sigue	85

	Kilómetros.
Suma anterior.	85
Castil de Peones, por Belorado, á Santo Domingo de la Calzada, con ramal á Pradoluengo.	57
Andoaín á Lasarte.	7
Sequeros á Fuente de San Esteban.	48
Verín á Puebla de Sanabria, por San Juan de Laza.	88
Kilómetros.	285

Resumen:

Plan principal.	750	kilómetros.
Plan adicional.	712	»

***

La línea de Ciudad Rodrigo á la estación de Río Tajo nos dará la comunicación ferroviaria entre las provincias de Salamanca y Cáceres, á través de la sierra de Gata, salvando la divisoria en el puerto de Perales. Esta línea, paralela á la de Astorga á Plasencia, línea que tanta importancia militar tiene, fué incluída en el plan de ferrocarriles secundarios, por haberse demostrado que el puerto de Perales es un paso excelente, y que el ferrocarril de Hoyos á Ciudad Rodrigo no sería de costosa construcción.

Los ferrocarriles de Salamanca á Ledesma y de Vitigudino á Bogajo, servirán para poner en comunicación ferroviaria con la capital de la provincia, los partidos judiciales de Ledesma y Vitigudino, el primero directamente, y el segundo por medio de la línea general, puesto que Bogajo es estación del ferrocarril de Salamanca á Oporto.

Con estas líneas del plan principal y con la del complementario de Béjar á Sequeros, quedará la provincia de Salamanca con una red muy completa de comunicaciones ferroviarias.

Las dos líneas propuestas para Benavente, una la de Benavente á la Puebla de Sanabria, y otra la de Benavente á Villanueva del Campo, son secciones de la línea de Valladolid á la Puebla de Sanabria.

En efecto, de Valladolid á Medina de Ríoseco tenemos en explotación

un ferrocarril de vía estrecha. Al tratar de la región del Noroeste se indicó la inclusión en el plan principal de ferrocarriles secundarios de la línea de Palanquinos á Medina de Ríoseco, por Valencia de Don Juan, Valderas y Villanueva del Campo. Villanueva será, pues, el punto de enlace con Valladolid de la línea que arranque de la Puebla de Sanabria y que pase por Benavente.

Con estas líneas que se incluyeron en el plan principal, unidas á la de Ríoseco á Villada, por Villalón, y á la de Villalón á Palencia, que también se incluyeron, podrá constituirse una red muy completa, que dará grandes rendimientos.

Desde el punto de vista militar, hubiese convenido incluir en el plan principal la línea de la Puebla de Sanabria á Verín, paralela á la frontera portuguesa; pero esta línea recorrería un extenso páramo, habría de atravesar una divisoria importante, y hubiera sido causa de que el grupo de ferrocarriles de la riquísima tierra de Campos quedase sin postor en la subasta. Había, pues, que renunciar á incluir esa línea en el plan de ferrocarriles secundarios, y sobre todo por tratarse de una zona fronteriza, en donde las operaciones militares no han de ser de gran importancia.

Para completar esta línea paralela á la frontera; para enlazar por un ferrocarril de vía estrecha Valladolid y Orense, por Benavente, Puebla de Sanabria y Verín, haría falta una ley especial de subvención que gestionase el Ministerio de la Guerra (1).

Para la provincia de Zamora se propone en el plan adicional el ferrocarril de Zamora á Fermoselle, línea de acceso á la frontera, y el de Toro á Valladolid, por Tordesillas, línea transversal entre las que, partiendo de Medina del Campo, se dirigen á Valladolid la una y á Zamora la otra.

No creo que la línea transversal de Valladolid á Toro, por Tordesillas, deba pertenecer á la red secundaria. Si llegásemos alguna vez á intentar la rectificación de la red general, deberíamos construir dos ferrocarriles de vía ancha que se cruzasen en Tordesillas. Sería uno de ellos el de Medina del Campo á Benavente, por Villalpando, sección de la línea di-

(1) En el plan adicional de ampliación se incluye esta línea de Verín á la Puebla de Sanabria.

recta de Madrid á Galicia, y el otro el de Valladolid á Toro, propuesto para la red secundaria en el plan adicional, que sería prolongación de la línea de Ariza á Valladolid. En ese caso, Tordesillas debía ser el punto obligado de empalme de estas dos líneas.

Antes de pasar al estudio de las líneas propuestas para el resto de la región, debo hablar de los ferrocarriles que se incluyeron en el plan adicional de ampliación que se relacionan con los que acabo de citar.

No pasando por Villalpando la línea de Benavente á Valladolid, era preciso incluir, como se incluyó, el ramal de Villalpando á Villanueva del Campo. Tenía yo mucho interés en esta inclusión, pues me dolía ver postergado á Villalpando cuando, en mi concepto, no existían suficientes razones para ello.

También se incluyó en dicho plan la línea de Tordesillas á la estación del Cubo del Vino (línea de Astorga á Plasencia), por Nava del Rey y Fuentesaúco.

Se incluyó en el plan principal el ferrocarril de Palencia á Carrión de los Condes, y en el adicional la prolongación de éste hasta el enlace, en Guardo, con la línea de La Robla á Valmaseda. Con la construcción de este ferrocarril secundario quedarían en comunicación ferroviaria con la capital de la provincia los partidos de Carrión de los Condes y Saldaña, y el de Cervera de Río Pisuerga tendría la comunicación con Palencia sin necesidad de trasbordar.

*
* *

La línea de defensa de los Pirineos necesita la base de operaciones del Ebro. Esta base parte militarmente de Bilbao. La capital de Vizcaya está directamente unida á Miranda de Ebro por la línea de Bilbao á Madrid.

Esta comunicación directa que tienen esos dos importantísimos puntos de la base de operaciones, no la tienen Burgos y Santander, puntos del sostén, que corresponden á Miranda y á Bilbao. Esa comunicación directa entre Santander y Burgos es absolutamente necesaria desde el punto de vista militar, como lo es también cuando se consideran los intereses comerciales de la capital castellana. Esa comunicación con Santander constituye una obsesión, una pesadilla de los burgaleses. Y como

los burgaleses han sufrido tantos desengaños con el famoso ferrocarril del Meridiano, han gestionado con tesón, y se contentan con poco, con la inclusión en el plan de ferrocarriles secundarios de la línea de Burgos á Ontaneda. No sería este ferrocarril de carácter secundario por la gran importancia que tiene; pero se había creado en Burgos un estado de opinión tal, que hubo que dar esa satisfacción á los que tanto confiaban en la eficacia de que figurase en la red secundaria la línea de Burgos á Ontaneda, por Trespaderne.

Para completar el valor militar y comercial de esta línea, se incluyó también en el plan principal el ferrocarril de Trespaderne á Miranda, prolongación de la línea del Ebro.

Defendió con tesón el general Espinosa la inclusión de la línea de Trespaderne á Miranda de Ebro, teniendo en cuenta su gran importancia militar, y apoyó la propuesta con razones de gran peso el Sr. Ruiz de Velasco, representante de las Cámaras de Comercio, haciendo ver lo que representaba, desde el punto de vista mercantil, una línea que pondría en comunicación ferroviaria, por la región Norte de la provincia de Burgos, á la alta Rioja con el puerto de Santander.

No había la menor sombra de duda sobre el valor militar y comercial de la línea de Burgos á Ontaneda, combinada con el ramal de Trespaderne á Miranda; pero sí la había sobre la posibilidad económica de construcción de un ferrocarril que, al llegar al puerto del Escudo, se encuentra con que ha de bajar cerca de 800 metros en una distancia de 20 kilómetros. Esto constituye un problema técnico y económico de gran importancia que era preciso tener en cuenta, á fin de no entusiasmarse con una línea que tal vez no se había de construir por falta de compañía que se atreviese con tal empresa, perdiendo así un buen número de kilómetros, que podrían adjudicarse á otras comarcas de mejores condiciones para el trazado de las líneas que debían recorrerlas.

Pero nos tranquilizó sobre este punto el Sr. Gorbeña, representante de las Compañías de ferrocarriles de vía estrecha. La autoridad del señor Gorbeña en todo cuanto se refiere á la construcción de estas líneas en las comarcas del Norte de España, es de las que no admiten discusión. Es ese ilustre ingeniero, no sólo una gloria del Cuerpo de Caminos; es una gloria de la ingeniería española: él es el que proyectó y construyó el ferrocarril

modelo de Santander á Bilbao y él es el que proyecta y construye lo mejor de lo que se construye y se proyecta en toda la vertiente septentrional de la cordillera Cantábrica.

Y decía el Sr. Gorbeña: «No desconozco las dificultades técnicas y económicas del ferrocarril de Burgos á Ontaneda en la parte comprendida entre la alta meseta castellana y el Valle de Pas; pero debemos tener en cuenta los colosales esfuerzos que hará la Compañía del ferrocarril de Ontaneda, que tiene 45 kilómetros en explotación. Este ferrocarril es hoy un ramal, cuya zona de influencia es muy limitada. Si se prolongase hasta Burgos en un plazo próximo y si se abrigase la esperanza de la prolongación á Madrid, los 45 kilómetros del ferrocarril de Ontaneda vendrían á ser la sección de una línea de gran tráfico, de una línea de importancia colosal. Por eso creo yo—decía el Sr. Gorbeña—que la Compañía del ferrocarril de Ontaneda hará grandes sacrificios por la construcción de la línea de Burgos. Y si á estos sacrificios de la Compañía del ferrocarril de Ontaneda se unen los que pueda hacer la Diputación provincial burgalesa, creo que podemos tener la esperanza de ver construída la línea de Burgos á Ontaneda, base indispensable del ferrocarril del Meridiano.»

Ante la autoridad del Sr. Gorbeña era preciso inclinarse, y la Comisión—en casi su totalidad—abrigó la esperanza de que tenga postor en la subasta el ferrocarril de Burgos á Ontaneda, con el ramal de Trespaderne á Miranda de Ebro.

Pero este grupo es de 204 kilómetros: de éstos corresponden á la provincia de Burgos unos 184 ó 190. Ya no era, pues, posible hacer nada en esta provincia, y aun lo que se hacía era obligado por la gran importancia de las líneas que se incluían en el plan principal.

Como la de Aranda de Duero á Burgos no podía incluirse en el plan, por ser de las declaradas de interés general, no había por qué preocuparse de ella; pero nos quedaba la línea de Burgos á Soria, y como no teníamos kilómetros que adjudicar á Burgos para el plan principal, se incluyó en el adicional la línea de Burgos á San Leonardo. Y también se incluyó en este mismo plan la de Aranda de Duero á Palencia.

En la provincia de Santander, aparte de lo que le corresponde de la línea de Burgos á Ontaneda, se propusieron las líneas de Beranga á San-

toña y de Treto á Laredo, ramales del ferrocarril de Santander á Bilbao. Y en el plan complementario se incluyó la línea de Castañeda á Torrelavega.

Las líneas propuestas en el plan principal de Munguía á Bermeo y Pedernales y de Guernica á Ondárroa, por Lequeitio, así como la del plan adicional de Ondárroa á Ermúa, por Marquina, y de Oñate á San Prudencio, tienden á completar la espesa red de vías férreas que sirven á los distintos valles vascongados.

Es de importancia la de Zumárraga á Zumaya, porque pone en comunicación directa á aquel importante nudo ferroviario con la línea de la costa: serviría á una comarca muy interesante.

La línea incluída en el plan principal de Vitoria á Izarra no debía ser secundaria, sino de vía ancha, y convendría que el Ministerio de la Guerra gestionase una ley especial que permitiese la construcción de esta línea con la anchura normal, á fin de tener en comunicación directa á Vitoria con Bilbao. De este modo, ese ramal tendría gran interés militar: siendo de vía estrecha, solamente tendrá un interés local.

En el plan adicional de ampliación se incluyó la línea de Sequeros á Fuente de San Esteban, línea que ha de recorrer una comarca pobre y que ha de atravesar una sierra muy escabrosa.

Otra línea propuesta en el mismo plan fué la de Castil de Peones, por Belorado, á Santo Domingo de la Calzada, con un ramal á Pradoluengo: ésta es una línea de interés local, pero de bastante importancia.

Y de un ramal propuesto y no citado, que es el de Andoaín á Lasarte, me ocuparé al tratar del ferrocarril de Pasajes á Pamplona, pues ese ramal no es otra cosa que una sección de la gran línea estratégica que había de unir á Pamplona con Pasajes.

Región del Ebro.

El Ebro, en su curso medio, atraviesa las provincias de Logroño y Zaragoza, cortando el saliente de Tudela que corresponde á Navarra. Casi todo el territorio navarro pertenece á la cuenca del Ebro, pues sólo una pequeña parte de este antiguo reino está en la vertiente septentrional de los Pirineos.

La provincia de Huesca está por completo en la cuenca del Ebro. De la de Soria, sólo pertenece á esta cuenca una pequeña parte del Nordeste de la provincia. Pero Soria está ligada militarmente á Logroño y Zaragoza, y el territorio de la alta cuenca del Duero regulariza la región del Ebro. Quedará esta región constituída por las provincias de Zaragoza, Huesca, Navarra, Logroño y Soria. Y la comunicación ferroviaria que tomaremos como base, será el ferrocarril de Miranda á Caspe ó Fayón.

Las líneas propuestas en el plan principal de ferrocarriles secundarios son:

	Kilómetros.
Pamplona á Logroño, por Estella	116
Sádaba á Gallur	54
Cariñena á Ricla	25
Lécera á la Puebla de Híjar	24
Barbastro á Boltaña, por Estada	58
Estada á Balaguer, por Tamarite	82
Haro á Ezcaray, por Santo Domingo de la Calzada	32
Calahorra á Arnedillo	25
San Esteban de Gormaz á Sepúlveda	72
Soria á San Leonardo	48
Kilómetros	536

Y en el plan adicional se propusieron las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Pamplona á Santesteban	60
Marcilla á la línea de Pamplona á Logroño	45
Sádaba á Sangüesa	46
Logroño á Torrecilla en Cameros	32
Torrecilla en Cameros á Lumbreras	22
Arnedillo á Las Ruedas	15
Soria á Calatayud	90
Kilómetros	310

A estos 310 kilómetros del plan adicional debemos añadir los que resultaron de las líneas propuestas en el de ampliación; estas líneas fueron:

	Kilómetros.
Pamplona á Plazaola	40
Cariñena á Daroca	44
Graus á la línea de Barbastro á Boltaña	22
Fraga á Caspe	45
Caspe á Alcañiz	25
Kilómetros	176

Resumen:

Plan principal	536 kilómetros.
Plan adicional	486 »

* * *

No proponiéndose para Navarra la línea de Jaca á Pasajes, por Pamplona, por estar esta línea en el plan de interés general, era preciso proponer el ferrocarril secundario de Pamplona á Logroño, por Estella, que ha de ser el más importante de la provincia. Este ferrocarril tiene un valor militar de primer orden, por poner en comunicación ferroviaria á Estella con Pamplona y con Logroño. Y en cuanto á su valor comercial, no creo que haya muchos de los propuestos para la red secundaria que

puedan dar los rendimientos que dará el de Logroño á Pamplona. Tratándose de una línea de tanta importancia militar, convendría que el Ministerio de la Guerra gestionase que este ferrocarril se construyera con grandes condiciones de solidez y no como un simple tranvía de vapor. Este ferrocarril debe ser de los del grupo que deben tomar por modelo el de Santander á Bilbao.

Un ramal de este ferrocarril se propone en el plan complementario, que es el que ha de partir de Marcilla, estación de la línea de Castejón á Pamplona, y que ha de servir á las bajas cuencas del Arga y del Ega, comarca riquísima de la ribera de Navarra.

Pamplona desea una comunicación directa con el mar, independiente de la línea de Alsásua. Si se construye el ferrocarril de Logroño á Pamplona, esa antigua aspiración de Navarra tomará más cuerpo y procurará que la importantísima línea de Estella no quede cortada en Pamplona. Y aquí entra, ó puede entrar, la acción del Ministerio de la Guerra á fin de que la línea de Pamplona á Pasajes, prolongación de la de Estella á Pamplona, vaya por donde conviene á los intereses de la defensa nacional. Pero antes es preciso hablar de la línea de Jaca, de la que ha de recorrer la Canal de Berdún.

No se ha propuesto en el plan de ferrocarriles secundarios la línea de Jaca á Pasajes, que es la que debe poner en comunicación ferroviaria los campos atrincherados de Jaca, Pamplona y Oyarzun, porque lo prohibía la ley, porque esa línea está incluída entre los ferrocarriles de interés general.

Confieso que no me contrarió en lo más mínimo esa circunstancia que impedía que la importantísima línea de Jaca á Pasajes figurase en un plan de ferrocarriles secundarios.

Esa no es línea secundaria; es línea muy principal.

Y conviene que se tome muy en serio el peligro de no tener comunicación ferroviaria entre Jaca y Pamplona, sobre todo ahora que parece entrar en vías de hecho la construcción del ferrocarril de Canfranc.

El estar años y años sin que se vislumbren probabilidades de que se construya la línea de Jaca á Pasajes, tal vez obedezca á que el problema se planteó de la peor manera posible; y conviene que todos los que trabajamos á la par por los intereses de la defensa nacional y por el fomento

de la riqueza del país, hagamos cuanto en nuestra mano esté para desentrañar todo cuanto tenga de oculto ese problema; para llegar á una solución práctica; para que podamos tener confianza en que en plazo no lejano veamos unidos por ferrocarril los campos atrincherados de Jaca, Pamplona y Oyarzun.

Y predicando con el ejemplo, voy á exponer mi modesta opinión sobre el ferrocarril de Jaca á Pasajes.

Voy sospechando que el error capital de ese proyecto, que la primera equivocación que hemos tenido todos cuantos hemos abogado por ese ferrocarril, ha sido el empeño de perseguir la construcción de la línea total, haciendo una causa común de las secciones de Jaca á Pamplona y de Pamplona á Pasajes.

En esta segunda sección es en donde han surgido todas las dificultades en el orden militar. En la primera había únicamente dificultades en la parte financiera. Y tal vez sería conveniente que esa línea continua de Jaca á Pasajes se transformara en las dos secciones á las que sirve Pamplona de punto de unión.

La sección de Jaca á Pamplona es de absoluta necesidad para los intereses de la defensa. La línea directa de Pamplona á Pasajes es conveniente para los intereses militares, si el trazado tiene buenas condiciones estratégicas; pero no es de absoluta necesidad por tener la línea de Alsasua, que pone en comunicación ferroviaria los campos atrincherados de Pamplona y Oyarzun. Vemos, pues, que las condiciones son distintas en las dos secciones, y debemos, por lo tanto, hacer separadamente el estudio de cada una de ellas. Empecemos este estudio por la primera sección.

La Canal de Berdún es una comarca pobre. Si no existen minas en las estribaciones de los Pirineos que van á morir en la margen derecha del río Aragón, no tendría grandes rendimientos la línea de Jaca á Sangüesa: de Sangüesa á Pamplona podría obtenerse mejor resultado económico.

Ahora bien; como la línea de Jaca á Pamplona no se había de distinguir por su gran tráfico, se pensó en prolongarla hasta Pasajes, buscando en la segunda sección los rendimientos que no podía dar la primera. Pero vistas las dificultades que presenta la construcción de las secciones for-

mando una sola línea, dificultades que se expondrán con más detalle al estudiar la segunda sección, y admitida la imperiosa necesidad de que tengan comunicación ferroviaria directa Jaca y Pamplona, debemos ver qué medios habría para construir esta primera sección, haciéndola completamente independiente de la segunda.

No hay empresa en el mundo financiero que cometa la locura de construir el ferrocarril de vía ancha de Jaca á Pamplona si no tiene el medio de prolongarlo por alguno de sus extremos ó de enlazarlo con alguna línea que no pertenezca á la Compañía del Norte. Una empresa independiente de esta Compañía no tendría vida propia, y el resultado de su locura sería una completa ruina.

Jaca y Pamplona son estaciones de dos líneas del Norte. La primera está en una línea que va á ser internacional, en la línea de Canfranc; la segunda es de la línea de Alsasua. Y una de dos: ó el ferrocarril de Jaca á Pamplona es un ferrocarril militar por la excepcional importancia que tiene para la defensa, ó ese ferrocarril lo construye la Compañía del Norte, y en tal caso no sería tan mal negocio como si lo construyese una Compañía cualquiera. Una ley especial para que el Norte construya, ó una ley especial para que construya y explote el batallón de Ferrocarriles. Una ú otra solución exigen la acción eficaz del Ministerio de la Guerra, y con una ó con otra solución es indispensable que se construya la línea de Jaca á Pamplona.

La presión que han hecho los aragoneses para que se concierte un convenio entre la Compañía del Norte y el Estado, en virtud del cual está asegurada por esta Compañía la construcción del ferrocarril de Canfranc, nos indica que es fácil encontrar fórmula de acuerdo para la construcción de líneas de excepcional interés; y como este interés excepcional, por lo que respecta á la defensa, existe en el ferrocarril de Jaca á Pamplona, se impone en este caso más que en ningún otro que el Ministerio de la Guerra tome la iniciativa y consiga que se llegue á una fórmula de acuerdo con la Compañía del Norte, fórmula que asegure la construcción del ferrocarril de Jaca á Pamplona. Para el Norte no sería este ferrocarril una carga pesada, por enlazar con dos líneas de su extensa red; para otra empresa sería la ruina completa.

Y si no fuera posible el acuerdo con el Norte, debería pensarse en

considerar la línea de la Canal de Berdún como ferrocarril militar y que se construyese para que lo explotase el batallón de Ferrocarriles.

Pero en este caso debía estudiarse una solución financiera para que la línea se construyese muy pronto, en el plazo en que construyen generalmente las empresas particulares. La construcción lenta de la línea sería ineficaz para alcanzar el fin que todos nos proponemos, y además sería ruinosa para el Estado. Los soldados de Ferrocarriles no deben emplearse en construir puentes permanentes, en trabajos importantes de explanación, en obras que exijan muchos brazos y muchos capitales. La construcción de la línea debía ser objeto de una contrata, y el presupuesto de construcción se había de pagar por anualidades con la garantía general del Estado y con la particular de la línea. Cuanto más rápida fuese la construcción del ferrocarril, más pronto podrían obtenerse productos en la explotación.

No sería necesario contratar toda la construcción; bastaría con la explanación y obras de arte. La construcción de la vía podría hacerla el personal del batallón.

Expuestas las dos soluciones prácticas que pueden darnos la comunicación ferroviaria directa de Jaca y Pamplona, pasemos á estudiar la segunda sección, ó sea la de Pamplona á Pasajes.

***

El antiguo proyecto de la línea de Jaca á Pasajes era altamente inconveniente para los intereses de la defensa nacional en la sección de Pamplona al mar. Se pretendía que se aceptase el trazado de un ferrocarril de vía ancha por el puerto de Velate, á vanguardia de Pamplona, y se pretendía que esa línea fuese á buscar el puerto de Pasajes por una zona que sería la primera en que penetrase el invasor en el caso de una guerra con Francia. Un ferrocarril de vía normal con ese trazado, que lo haría caer en los comienzos de la guerra en manos del enemigo, no podía ser el ideal para la directa comunicación ferroviaria de los campos atrincherados de Oyarzun y Pamplona; sería, en cambio, una buena línea de transporte para el material de sitio que sirviese para atacar la plaza navarra.

Ese proyecto no podía pasar y no pasó.

A pesar de lo expuesto sobre el antiguo proyecto de ferrocarril de vía ancha por el puerto de Velate, á vanguardia de Pamplona, figura en el plan adicional de ferrocarriles secundarios el de Pamplona á Santesteban, línea que apoyó el general Espinosa, que pidió con gran empeño el señor ministro de Obras públicas y línea que pasó con mis explicaciones, pero sin mi protesta. Y estas explicaciones son las que tengo el deber de consignar aquí, dando cuenta de las razones que tuve para no oponerme á la inclusión de la línea de Pamplona á Santesteban en el plan adicional de ferrocarriles secundarios.

Desde Pamplona al puerto de Velate la línea tiene que subir bastante, y al llegar al puerto debe descender rápidamente hasta Santesteban. Entre este punto y el puerto de Velate hay casi 700 metros de desnivel. Estos 700 metros de diferencia de altitud pueden salvarse de dos modos: ó la línea empieza á ceñirse al terreno, desarrollándose por el Oeste con pendientes moderadas, cortando estribaciones y exigiendo muchas y costosas obras de arte, ó sigue la carretera con las menores desviaciones posibles y con pendientes del 7 por 100. En el primer caso, la línea sería un verdadero ferrocarril, pero costaría á 200.000 pesetas por kilómetro: en el segundo caso, la línea podía ser un tranvía eléctrico: su construcción sería económica: no sería nunca un peligro para la defensa nacional y resolvería el problema, de capital interés para la comarca, de poner en directa comunicación ferroviaria á ese interesante Valle del Baztán con Pamplona.

Los intereses locales estaban satisfechos, y los intereses de la defensa no tenían nada que temer.

Por eso dije yo que si se trataba de un verdadero ferrocarril secundario, de un tranvía, de un ferrocarril de interés local, no tenía razón alguna para oponerme; y que si lo que se quería era un ferrocarril de buenas condiciones de construcción y de gran capacidad de transporte, el Ministerio de la Guerra se opondría á su construcción y nada se conseguiría. La verdadera solución para el Baztán está en la construcción del tranvía eléctrico, pues en aquella comarca hay muchos saltos de agua, y quedaría resuelto económicamente el problema de la tracción por la gran energía eléctrica de que se podría disponer.

El aislamiento en que se encuentra la comarca del Baztán será siem-

pre un peligro para la plaza de Pamplona—y mucho más si se construye el ferrocarril á Logroño, por Estella,—como no se favorezca, se apoye y se gestione por el Ministerio de la Guerra el ferrocarril, *verdaderamente secundario*, de Pamplona á Santesteban. Una vez construído este ferrocarril eléctrico de grandes pendientes, se completará con algunos ramales necesarios, estará satisfecho el interés local y quedará destruído el argumento de que el Baztán necesita á toda costa comunicación ferroviaria con Pamplona.

Pero ese ferrocarril eléctrico de interés local no satisface las aspiraciones de Pamplona; no puede satisfacerlas. Pamplona pide con gran empeño, y no le falta razón, una comunicación directa con el puerto de Pasajes. No se le puede dar por el puerto de Velate, pues que se le dé por otra parte, y aquí vuelve á entrar en juego la acción del Ministerio de la Guerra.

Todo ferrocarril de Pamplona á Pasajes que haya de ser apto para el transporte de tropas, ganado y material de guerra, es preciso que vaya á retaguardia de la posición militar de Monte Haya. La comunicación entre los campos atrincherados de Pamplona y Oyarzun está ya establecida, aunque con gran rodeo, por la línea de Alsasua. De la mejora de esta comunicación hablaremos más adelante.

El ferrocarril de Logroño á Pamplona quedará cortado en la capital navarra, y la opinión pública de Navarra hará presión incesante hasta que consiga la prolongación de la línea de Logroño hasta el puerto de Pasajes. Como no puede permitirse que esa prolongación se haga á vanguardia de Monte Haya, debe facilitarse una solución que no presente peligro alguno para la defensa nacional, y una solución no sólo no peligrosa para la defensa, sino favorable en alto grado, consiste en la construcción de un ferrocarril de un metro entre carriles, de buenas condiciones de transporte, desde Pamplona á Pasajes, por el valle de Larraun, por el estratégico punto de Leiza.

La comarca de Leiza tiene una riqueza minera de bastante importancia. Desde Andoaín se ha empezado á construir un ferrocarril de vía estrecha para la explotación de algunos cotos mineros. Una ley especial podría favorecer la continuación de esa línea hasta Pamplona, con lo que se conseguiría la prolongación del ferrocarril de Estella. Una vez la línea

en Andoaín, ya no sería difícil el enlace con el ferrocarril del Cantábrico, lo que daría á Pamplona la comunicación con Pasajes por un ferrocarril de vía estrecha, continuación del de Logroño á Pamplona.

Con esta solución conseguiría Pamplona casi todo lo que desea. Se le había dado con anterioridad la comunicación ferroviaria con el Baztán, por la línea de Santesteban, completada con los ramales necesarios. Y ahora se le daba una comunicación con Pasajes, independiente de la línea de Alsasua.

. . . . . .

. . . . . .

A completar estas ideas, concretando cuanto se deseaba, atendió la propuesta del plan adicional de ampliación, posterior á los trabajos que se consignan en esta Memoria.

El ferrocarril minero que parte de Andoaín está en construcción hasta Plazaola. Con esta base podremos tener el ferrocarril de vía estrecha de Pamplona á Pasajes, pues se propusieron en el citado plan de ampliación las líneas de Plazaola á Pamplona y de Andoaín á Lasarte, estación esta última del ferrocarril del Cantábrico. Quedaría, pues, la línea dividida en las cuatro secciones siguientes:

Pamplona á Plazaola, del plan de ferrocarriles secundarios.
Plazaola á Andoaín, en construcción.
Andoaín á Lasarte, del plan de ferrocarriles secundarios.
Lasarte á Pasajes, de la línea del Cantábrico.

***

Ahora bien; teníamos conseguido lo que imponen los intereses de la defensa en lo que respecta á la comunicación de Pasajes y Pamplona con ferrocarril de vía estrecha; pero nos queda una comunicación por ferrocarril de vía ancha, que obliga á un excesivo recorrido, por Alsasua y Zumárraga. Para tener línea directa; para acortar ese recorrido, que tanto interesa á la defensa nacional, debía venirse á un acuerdo con la Compañía del Norte, acuerdo análogo al que se hiciera para la línea de Jaca á Pamplona, á fin de construir un ramal de Irurzun á Tolosa. Pero como este acuerdo lo considero casi imposible, creo que deberemos con-

tentarnos con el ferrocarril de vía ancha de Pamplona á Pasajes tal como está, por Alsasua y Zumárraga.

*
* *

Se propuso en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de Sádaba á Gallur, y presuponiendo la prolongación de esta línea, se incluyó en el plan adicional la de Sádaba á Sangüesa. El ferrocarril de Gallur á Sangüesa, ó sea de las Cinco Villas de Aragón, tendría gran importancia militar si se construyese el de Jaca á Pamplona, porque enlazaría esta línea con la del Ebro, que pasa por Gallur.

El ferrocarril de Cariñena á Ricla, incluído en el plan principal, es una línea de interés local y tal vez no sirva para otra cosa que para dar salida á los vinos de Cariñena por la línea de Zaragoza á Madrid.

No sería lo mismo el ferrocarril de Cariñena á Calamocha; pero esta línea no venía propuesta de Zaragoza, y como no era posible aumentar el número de kilómetros asignados á esta provincia, no se incluyó esta importantísima línea en el plan principal de ferrocarriles secundarios. Al estudiar el proyectado nudo ferroviario de Calamocha volveremos á ocuparnos del ferrocarril de Cariñena al Central de Aragón.

. . . . . .

Al ampliar el plan adicional se propuso la inconveniente línea de Cariñena á Daroca, línea que para nada puede servir, puesto que moriría en el Central de Aragón, sin salida posible, y no podría nunca enlazar con el ferrocarril de Molina, que es lo que conviene á Cariñena y á Zaragoza.

Pero los caciques de Daroca pueden mucho y consiguieron que se hiciese esa propuesta, que venía indicada desde la capital de la provincia.

. . . . . .

Construído, como está ya, el ferrocarril de vía estrecha de Zaragoza á las minas de Utrillas, por Belchite y Montalbán, se comprendió la necesidad de enlazar esta línea con la directa de Zaragoza á Barcelona, y vino propuesto un ramal de Lécera á La Puebla de Híjar, que fué incluído en el plan principal.

Al tratar de la región vasco-castellana indiqué la imposibilidad de incluir en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de Burgos á Soria, por falta de kilómetros que adjudicar á la provincia de Burgos.

Esta línea se divide en dos secciones, incluyendo en el plan principal

la sección de Soria á San Leonardo, y en el complementario la de San Leonardo á Burgos. El complemento de esta línea es su prolongación hasta Calatayud, y esta prolongación se incluye en el plan adicional.

Si se construye el ferrocarril de Ontaneda á Burgos, y si se construye igualmente el de Burgos á Calatayud, por Soria, tendremos una línea estratégica de gran importancia desde Santander á Sagunto y Valencia, por Trespaderne, Burgos, Soria, Calatayud y Teruel.

***

No permitía la ley que se incluyese en el plan de la red secundaria el ferrocarril de Soria á Castejón: esta es una línea de las del plan de interés general.

La línea de Soria á Castejón tiene gran importancia militar y comercial, pues pondría á Soria en comunicación ferroviaria directa con Castejón y Pamplona. Y para que esta línea fuese de verdadera utilidad es preciso que sea de vía ancha, á fin de no perder la continuidad para el transporte desde Madrid á Pamplona y á la frontera. Un ferrocarril de vía estrecha entre Soria y Castejón nada resolvería: podría servir pequeños intereses locales ó ser un ferrocarril minero como el de Ólvega, pero esa solución es inadmisible desde el punto de vista militar.

Para esa línea de Soria á Castejón hace falta una ley especial que sea verdaderamente eficaz para que se construya con rapidez un ferrocarril de tanta importancia que daría la comunicación directa entre Madrid y Navarra. La iniciativa para llegar á tener esa ley convendría que partiese del Ministerio de la Guerra.

Para la alta Rioja se propuso y se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de Haro á Ezcaray, por Santo Domingo de la Calzada.

Soria y Logroño aspiran á tener el ferrocarril que ponga á estas capitales en comunicación directa; pero esta línea no será de las que puedan construirse con la ley de ferrocarriles secundarios. Por esto no se incluyó en el plan la línea de Logroño á Soria, por el puerto de Piqueras; pero quedó iniciada con la inclusión en el plan adicional de la de Logroño á Torrecilla en Cameros y de su prolongación hasta Lumbreras.

***

En el plan principal se incluyó la línea de Calahorra á Arnedillo, y en el adicional la de Arnedillo á Las Ruedas, secciones de las de Calahorra á Soria.

Estas líneas entre las provincias de Soria y Logroño son de construcción costosa y ascendería su presupuesto por kilómetro considerablemente, si se pretendiese prolongarlas á través de los puertos de Piqueras y Oncala.

Tan difícil se presentaba la inclusión en el plan de líneas que perteneciesen á la provincia de Soria, que hubo que incluir en el principal el ferrocarril de San Esteban de Gormaz á Sepúlveda; pero esta línea beneficia más á la provincia de Segovia que á la de Soria.

***

Dos líneas se incluyeron en el plan principal de ferrocarriles secundarios para la provincia de Huesca: una de ellas es la de Barbastro á Boltaña, por Estada y Ainsa, y la otra la de Estada á Balaguer, por Tamarite.

Quería proponer el general Espinosa, en su notabilísima ponencia, la línea de Boltaña á Berdún, por Fiscal, Sabiñánigo y Jaca; pero en vista de que nada podía hacerse sobre la línea de la Canal de Berdún, por pertenecer al plan de las de interés general, desistió de esa propuesta y tuvo que limitar la línea paralela á la frontera—aunque á gran distancia de ella—á la de Boltaña á Balaguer, por Estada y Tamarite, dejando para ocasión más oportuna el importantísimo problema de la red de comunicaciones ferroviarias en la interesante comarca del Alto Aragón. Y este problema es de tanto interés militar que sería conveniente que el Ministerio de la Guerra propusiera un plan completo de ferrocarriles de vía estrecha en esa comarca del Alto Aragón.

Al estudiar la ampliación del plan adicional se propuso el ramal de Graus á la línea de Barbastro á Boltaña.

También se propuso en este plan de ampliación la línea de Alcañiz á Fraga en sus dos secciones de Fraga á Caspe y de Caspe á Alcañiz.

Región de Cataluña.

Las cuatro provincias catalanas constituyen una región perfectamente determinada. Barcelona es un gran centro ferroviario, del que parten líneas radiales importantísimas, y la red catalana será la base de nuestro estudio.

Las líneas propuestas en el plan principal de ferrocarriles secundarios son:

	Kilómetros.
Terméns á Lérida	17
Balaguer á Pons	40
Pons á Puigcerdá, por Basella	104
Pons á Guisona y Cervera	30
Cervera á Tarragona, por Bellmunt y Santa Coloma de Queralt	76
Bellmunt á Igualada	22
Igualada á Villanueva y Geltrú, por Villafranca del Panadés	60
Basella á Manresa, por Solsona y Cardona	78
Olot á Rosas	58
Tarrasa á Papiol	16
Kilómetros	501

Y en el plan adicional se propusieron las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Lérida á Fraga	30
Guardiola á Olot	85
Gandesa á la estación de Ascó	30
Kilómetros	145

A estos 145 kilómetros del plan adicional debemos añadir los que resultaron de las líneas propuestas en el de ampliación; estas líneas fueron:

	Kilómetros.
Reus á Montroig	16
Sils á Santa Coloma de Farnés	15
Lérida á Granadella	35
Solsona á Gironella, con ramal á Berga	35
Blanes á Vilajuiga	100
Kilómetros	201

Resumen:

Plan principal	501	kilómetros.
Plan adicional	346	»

* * *

Venían propuestos de Cataluña 3.000 kilómetros de ferrocarriles secundarios, ó sea el 60 por 100 de los que debían adjudicarse á las 49 provincias españolas. El trabajo de selección del general Espinosa, que fué el ponente de las cuatro provincias catalanas, era penoso y delicado. El concienzudo estudio que hizo y la solución que presentó constituyen una obra maestra.

No pedían los catalanes proyectos aislados por provincias; pedían un plan de conjunto para toda Cataluña, y se preparaban, con el tesón que les caracteriza, á llevar á la práctica toda la red secundaria de la región. Reconocían que la subvención ofrecida por el Estado en forma de garantía del capital invertido en la construcción era insuficiente para las comarcas montañosas; y no abatiéndose ante esta deficiencia de la subvención, proyectaban completarla aumentando la garantía, dando subvención directa ó buscando á toda costa una fórmula que asegurase la construcción de la red secundaria de Cataluña. Si los catalanes quieren, esa red secundaria se construirá, cualesquiera que sean los obstáculos que se presenten. Con voluntad y con capitales se realizan todas las empresas, y sobra dinero y voluntad en Cataluña para que salga á flote, para que la construcción de los ferrocarriles secundarios sea un éxito regional.

* * *

Está Lérida sin comunicación ferroviaria con Balaguer, esperando la construcción del ferrocarril internacional que ha de recorrer el valle del Noguera Pallaresa; pero como se ha construído un corto ramal de ferrocarril de Balaguer á Terméns, se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios la prolongación hasta Lérida. En el plan complementario se incluyó una segunda parte de esta prolongación, ó sea el ramal de Lérida á Fraga.

***

Está Pons en la confluencia del Llobregós con el Segre, y se ha elegido este punto, verdaderamente estratégico, como centro de tres líneas de gran importancia militar y comercial, que son: la de Balaguer á Pons, la de Pons á Puigcerdá, por Basella, y la de Pons á Tarragona, por Cervera.

Al estudiar la región del Ebro vimos que se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de Boltaña á Balaguer, por Ainsa, Estada y Tamarite. La continuación de esta línea es la de Balaguer á Pons, que es una de las tres que concurren en este importantísimo nudo proyectado.

La prolongación del arco que forma la línea de Boltaña á Pons, por Balaguer, es lo que viene á ser la otra línea incluída en el plan principal, la de Pons á Puigcerdá.

La tercera línea que debe partir de Pons para formar el nudo de que hablamos, es la que desde este punto se dirige á Cervera y que continúa luego hasta Tarragona, por Bellmunt y Santa Coloma de Queralt.

El ferrocarril de Pons á Puigcerdá debe pasar por Basella, y por eso se incluyó en el plan principal la línea de Basella á Manresa, por Solsona y Cardona.

Bellmunt se indicó como punto obligado del ferrocarril de Pons á Tarragona, y se eligió este punto como el de empalme de un ramal que partiese de Igualada. Habiéndose incluído también en el plan principal la línea de Igualada á Villanueva y Geltrú, por Villafranca del Panadés, nos resulta una línea continua desde Villanueva á Puigcerdá.

Como el plan propuesto para Cataluña es un plan de conjunto y no ramales aislados que se distribuyeran entre las provincias, Lérida resulta

beneficiada en el reparto. Y esto es lo que debe ser, por ser esa provincia la que, teniendo considerable extensión territorial, se encuentra sin comunicación ferroviaria entre las distintas comarcas que la constituyen.

Con el plan propuesto se conseguía que los partidos judiciales de la Seo de Urgel y Solsona estuvieran en directa comunicación con Cervera, estación de la línea de Lérida á Barcelona, y por lo tanto, lo estarían con la capital de la provincia. Balaguer tendría una solución con el ferrocarril secundario de Terméns á Lérida, prolongación del ya construído de Terméns á Balaguer.

* * *

La red secundaria propuesta que tanto había de mejorar las comunicaciones ferroviarias de Lérida, no es otra cosa que el principio de lo que debe hacerse.

Allá en el Norte, en la vertiente septentrional de los Pirineos, en la alta cuenca del Garona, tenemos el Valle de Arán, comarca importantísima para la defensa nacional, y que está aislada, completamente aislada, del resto de la provincia de Lérida. Hubiera podido proponerse una línea de Viella á Esterri para que en su día enlazase con el proyectado ferrocarril internacional del Noguera Pallaresa. Pero esta propuesta no podía hacerse porque hubiese sido poco seria. En primer lugar, el ferrocarril del Noguera Pallaresa no lleva trazas de construirse, á pesar del convenio internacional; y de otra parte, Viella nada resuelve con un ferrocarril secundario — en lo que respecta á evitar obras de arte costosas, — pues el puerto de la Bonaigua está cerrado seis meses al año. El Valle de Arán necesita un ferrocarril para comunicarse con el resto de la provincia, que sea independiente del puerto, que no siga la carretera, que no deba interrumpir el tráfico la mitad del año. Y este es un problema á resolver, en el cual va envuelta la dignidad nacional. No tenemos derecho los españoles á empujar hacia Francia ese trozo del territorio español; y para poner el Valle de Arán en comunicación con el resto de la provincia de Lérida, hace falta un ferrocarril costoso, á fin de que esta línea sea independiente de ese puerto de la Bonaigua, que con tanta facilidad se cierra en la época de los grandes fríos.

Pero la construcción del ferrocarril de Viella á Esterri es una secuela

de lo que resulte de la línea del Noguera Pallaresa. Los partidos judiciales de Tremp y Sort no están, como Viella, aislados geográficamente de Lérida, pero sí lo están en la práctica de la vida. Y para ponerlos en comunicación ferroviaria con la capital de la provincia es preciso que se llegue á la construcción de ese ferrocarril del Noguera Pallaresa. Si esta línea se construyese, debía completarse con el ramal á Viella; pero repito que no debía buscarse la economía en el paso del puerto, sino asegurar la comunicación permanente, aunque el presupuesto de construcción de ese ramal fuese más costoso de lo que debía ser, si no concurrieran en el Valle de Arán circunstancias excepcionales.

Tal vez sería conveniente que el Ministerio de la Guerra plantease el problema de la comunicación ferroviaria de Viella con el valle del Noguera Pallaresa ó con el del Noguera Ribagorzana.

***

Si continuamos el estudio que sugiere el importantísimo nudo proyectado de Pons, vemos que la Cerdaña tendría directa comunicación con Villanueva y Geltrú y con Tarragona. Y si suponemos construído el ferrocarril internacional de Ripoll á Puigcerdá y á la frontera, se habrán puesto en comunicación directa con Francia riquísimas comarcas catalanas de la costa del Mediterráneo.

El ramal de Basella á Manresa, por Solsona y Cardona, es de gran interés local y no deja de tener importancia militar por el enlace establecido entre el Segre y el Llobregat; pero este enlace es muy indirecto, y desde el punto de vista de los intereses de la defensa es preferible la línea de Basella á Gironella. Pero esta línea atravesaría una comarca muy pobre y cae fuera de la acción de la Ley de ferrocarriles secundarios; por eso no se propuso en el plan principal.

Al hacer la ampliación del plan adicional se incluyó la línea de Solsona á Gironella, con un ramal á Berga, indicando de este modo la solución más conveniente para establecer la comunicación directa entre los valles del Llobregat y del Segre.

***

Podía excusarme de hablar, en esta parte de la Memoria, sobre la línea de Guardiola á Rosas, por la Pobla de Lillet, Ripoll, Vallfogona y Olot,

pues ya expuse en otra sección lo principal de lo que pasó en el seno de la Comisión al discutirse la línea de Rosas á Guardiola, propuesta en la ponencia del general Espinosa; pero se trata de un ferrocarril tan importante para la defensa nacional que no puedo resistir la tentación de volver sobre el asunto, insistiendo en la necesidad de una ley especial que nos permita abrigar la esperanza de que se ha de construir toda esta línea, aunque no figure parte de ella en el plan principal de ferrocarriles secundarios.

De los tres ferrocarriles internacionales que figuran en el convenio con Francia, estoy convencido de que, si se atiende á las probabilidades de construcción que tienen, pueden ponerse en el orden de preferencia siguiente: Puigcerdá, Canfranc, Noguera Pallaresa.

No cabe dudar de la construcción del ferrocarril de Puigcerdá á Ripoll, y debemos contar con ella para lo que se refiere á la línea de Guardiola á Rosas.

Si suponemos también que se construye el ferrocarril de Puigcerdá á Pons y sus prolongaciones á Tarragona y Villanueva, el problema de las comunicaciones ferroviarias de la Montaña, en Cataluña, adquiere una importancia colosal. La zona peligrosa de invasión estará en las altas cuencas del Segre, Llobregat y Ter y en toda la del Fluviá. Se impone en este caso la comunicación ferroviaria paralela á la frontera en toda esa peligrosa zona de invasión y el enlace de todas las líneas perpendiculares á esa misma frontera.

La comunicación por ferrocarril de la alta cuenca del Llobregat con la del Segre la tendríamos solucionada con la línea de Pons á Gironella, por Solsona, incluída en parte en el plan principal y completada con los ramales del plan adicional de ampliación.

Pero esta solución no será la que nos convenga, por quedar interrumpida la línea, por no continuar ésta en la zona más peligrosa, en la comprendida entre el Llobregat, el Ter y el golfo de Rosas. Y esta solución nos la daba la línea propuesta de Rosas á Guardiola.

Solamente se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios la sección más fácil de construir, la de Olot á Rosas, que sigue el valle del Fluviá, y se dejó para el plan complementario la de Guardiola á Olot, por la Pobla de Lillet y Ripoll. Esta sección es de construcción muy cos-

tosa; pero como es *absolutamente necesaria* para la defensa de los Pirineos Orientales, podría el Ministerio de la Guerra recabar una ley especial de subvención directa para el trozo de Ripoll á Olot y aprovecharse de la primera subasta desierta para incluir en el correspondiente grupo la sección de Olot á Guardiola, que pasaría así del plan adicional al principal.

Esta ley especial tendría el apoyo de la provincia de Gerona, que no puede consolarse del aislamiento en que vive del resto de la provincia el partido judicial de Puigcerdá.

Ya está incluída en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de Olot á Rosas. Si se puede sacar adelante una ley especial de subvención directa para el trozo de Ripoll á Olot, y si toda la sección de Olot á Guardiola figura en la ley especial como preferente para cuando quede desierta alguna subasta; si se logra esto podremos considerar que se sacó á flote la importantísima línea de Guardiola á Rosas, línea que no sólo es de gran interés militar, sino que lo tiene, y muy grande, según se asegura, desde el punto de vista comercial.

***

Se incluyó en el plan principal un corto ramal de Tarrasa á Papiol. Para que este ramal tuviese la importancia militar que puede tener, debía completarse con otro á la estación de Moncada, de la línea de Granollers, por San Cugat del Vallés, y debía obligarse á construir el ferrocarril de Tarrasa á Papiol, con el ramal á Moncada, de vía ancha, y no de vía estrecha. De este modo tendríamos una línea de enlace de gran valor militar (1).

***

Las líneas que se incluyeron en el plan adicional de ampliación quedaron ya citadas al empezar el estudio de esta región. De una de ellas se habló al tratar de la comunicación entre los valles del Segre y del Llobregat. De las otras conviene decir algo para saber el fin á que obedeció su inclusión en el plan adicional.

El ferrocarril de la costa catalana tendrá su prolongación natural en la línea de Blanes á Vilajuiga.

---

(1) Solicitado por los Ayuntamientos de Tarrasa, Papiol y otros, así como por entidades importantes de la comarca, que este ramal fuese de vía ancha, la Comisión de ferrocarriles secundarios manifestó, en fecha reciente, su conformidad con icha solicitud.

Granadella, al unirse con Lérida por ferrocarril, adquirirá bastante importancia, y esta línea servirá un sector del Llano de Urgel, en donde hay mucha riqueza y mucha población.

El ramal de Sil á Santa Coloma de Farnés hará cesar el aislamiento de esta cabeza de partido judicial de la red ferroviaria española.

Y la línea de Reus á Montroig servirá á una comarca que exporta grandes cantidades de productos agrícolas.

Región de Levante.

Tomemos por base de la región de Levante la línea de Albacete á Tortosa. De esta línea parte el Central de Aragón, cuyo verdadero punto de arranque es Sagunto, pasa por Teruel y termina en Calatayud.

De esta línea parten también los ferrocarriles de Alicante y Cartagena, siendo La Encina y Chinchilla, respectivamente, las estaciones de empalme.

La provincia de Cuenca está unida geográficamente á Teruel, y militarmente lo está á Valencia. La unión ferroviaria con la gran capital levantina está solamente proyectada; pero como debemos dar por construído el ferrocarril de Utiel á Cuenca, contaremos con esta provincia para la formación de la región de Levante.

Los antiguos reinos de Valencia y Murcia, la provincia aragonesa de Teruel y la castellana de Cuenca constituirán la interesante región levantina.

En el plan principal de ferrocarriles secundarios se proponen para esta región las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Alcañíz á Vinaroz, por Morella y Chert.	125
Soneja á Nules, por Ahín..	38
Alcaráz á Requena, por Casas Ibáñez y Albacete.	163
Liria á Chelva	48
Teruel á Cuenca, por Tragacete	130
Castalla á Pinoso.	40
Villajoyosa á Denia	60
Fortuna á Caravaca, por Archena y Mula.	75
Totana á Mazarrón.	32
Calasparra á Caravaca.	28
Kilómetros	739

Las líneas del plan adicional son:

	Kilómetros.
Chert á Castellón	75
Castellón á Lucena	45
Chelva á Ademuz	65
Ademuz á Teruel	42
Alberique á Ayora, por Énguera	55
De la línea de Gandía á Denia á Muro, por Pego	66
Águilas á Cartagena	69
Maranchón á Calamocha, por Molina	100
Calamocha á Vivel del Río	35
Vivel del Río á Monroyo (1)	83
Kilómetros	635

* * *

Alcañíz, capital del Bajo Aragón, está enlazado militarmente con el Maestrazgo, región montañosa de la provincia de Castellón. Alcañíz es hoy el término del ferrocarril de Valdezafán, que, partiendo de Zaragoza, debía terminar en el puerto de los Alfaques, en San Carlos de la Rápita. El negocio del ferrocarril de Valdefazán ha fracasado por ahora; y si bien se aprovechó para el directo á Barcelona la primera parte de la línea y se construyó el ramal de la Puebla de Híjar á Alcañíz, se quedó el Bajo Aragón sin la continuación de la línea, y, por lo tanto, sin tener comunicación con la costa del Mediterráneo del Sur del Ebro.

Morella, capital militar del Maestrazgo, no tiene comunicación ferroviaria con ninguna parte. Enlazado este punto de tanto valor estratégico con Alcañíz por medio de una carretera de grandes condiciones militares, pues va siempre por la divisoria entre el Guadalope y el Matarraña, necesita cambiar esta comunicación ordinaria por un ferrocarril. Pero el ferrocarril de Alcañíz á Morella no resolvería la principal dificultad, la de enlazar la importantísima antigua plaza del Maestrazgo con la costa de Levante y con Castellón, capital de la provincia.

(1) La línea de Vivel del Río á Monroyo fué propuesta en el plan adicional de ampliación.

Vino de Castellón propuesta la línea de Alcañíz á Vinaroz, por Morella, y la Comisión de ferrocarriles secundarios la incluyó en el plan principal.

Tenemos con esta inclusión satisfecha una parte de las aspiraciones de Morella, puesto que, si se supone construído ese ferrocarril, tendrá comunicación ferroviaria con la costa y quedará unida, en Vinaroz, con la línea de Tarragona á Valencia; pero le faltará la comunicación directa por ferrocarril con Castellón. Para completar la línea, se incluyó en el plan adicional el ferrocarril de Chert á Castellón, que debe considerarse como un ramal del de Alcañíz á Vinaroz.

Este ferrocarril, en las condiciones en que está propuesto, no tendrá la vida propia que puede tener, porque no se contó con un factor principal de transporte, como son los carbones de las minas de Utrillas. En interés de la estratégica línea de Alcañíz á Vinaroz, por Morella, conviene que nos ocupemos del transporte de los carbones de Utrillas y del centro ferroviario que debe proyectarse en Montalbán.

Los yacimientos de lignitos cretáceos de Utrillas son de una importancia colosal. Si los capitalistas empiezan á explotar en gran escala aquellas minas, el transporte de los productos de la cuenca carbonífera de Utrillas podrá servir como base financiera para la construcción de una red de vías férreas de gran interés militar, cuyo centro será Montalbán.

La primera, única hoy, de las líneas que deben concurrir en Montalbán, ya está construída; es la de Utrillas á Zaragoza, por Montalbán, Lécera y Belchite.

Para los lignitos de Utrillas debe construirse una línea férrea que los lleve directamente á la costa del Mediterráneo, y esta línea no debe ser otra que la de Montalbán á Vinaroz, por Morella. Esta línea atravesaría otra cuenca carbonífera, que es la de Gargallo, y el ferrocarril que se construyese de Utrillas ó de Montalbán á Morella, vendría á ser un ramal del de Alcañíz á Vinaroz, dándonos, por otra parte, una línea de Alcañíz á Montalbán.

Quedaría cortada esta línea en Alcañíz, sin comunicación con la directa á Barcelona, y para salvar esa dificultad, debería prolongarse el ferrocarril de Utrillas á Alcañíz hasta Caspe, estación del ferrocarril del Ebro, y punto convenientísimo para cruzar el río y para construir un

ferrocarril á Fraga, lo que nos daría la comunicación con Lérida, comunicación importantísima desde el punto de vista militar.

Montalbán, que tan importantísimo papel puede desempeñar militar y comercialmente considerado, ha sido poco atendido en la propuesta de la provincia de Teruel; por eso la Comisión no pudo incluir en el plan de ferrocarriles secundarios la línea de Montalbán á Caspe, por Alcañíz.

En el plan complementario se incluyó el ferrocarril de Calamocha á Vivel del Río, estación de la línea de Montalbán á Zaragoza, por Belchite.

Si suponemos construído el ferrocarril de Montalbán á Caspe, del que partiría el de Morella y Vinaroz, y si suponemos también construído el de Vivel del Río á Calamocha, tendríamos con estas dos líneas, que son prolongación una de otra, y con la directa de Utrillas á Zaragoza, dos ferrocarriles de gran importancia militar, que nos darían el enlace del Central de Aragón con la línea del Ebro, con la de Valdezafán y con la de Morella y Vinaroz.

No habiéndose incluído en el plan de ferrocarriles secundarios el de Montalbán á Caspe, habrá que esperar de la iniciativa particular la construcción de esa línea, en el caso de que haya quien quiera dar vida propia al ferrocarril de Alcañíz á Vinaroz y quien quiera explotar la cuenca carbonífera de Gargallo.

Venía propuesta la línea de Molina de Aragón á Monreal del Campo, estación del Central; pero como Calamocha ofrece tan excepcionales condiciones para crear allí un centro ferroviario, se decidió la Comisión por incluir en el plan adicional la línea de Maranchón á Calamocha, por Molina, y la ya citada de Calamocha á Vivel del Río.

Otra línea puede partir de Calamocha, de la que algo dije al estudiar la región del Ebro: esa línea debe ser la de Calamocha á Cariñena, que sería la prolongación de la de Cariñena á Zaragoza. Entonces tendría esta última línea una vida que ahora no tiene, y tendríamos en Calamocha formado un importantísimo centro ferroviario de gran interés militar y comercial.

Deberíamos hablar de la línea de Montalbán á Teruel, por el Alfambra, que aumentaría la importancia del nudo que debía formarse con la base de las minas de Utrillas; pero esto sólo serviría para ver lo defec-

tuoso de la propuesta de Teruel, propuesta que no permitió á la Comisión atender como se debe á la indiscutible importancia de Montalbán.

. . . . . .

Al formarse el plan adicional de ampliación, se incluyeron las líneas de Fraga á Caspe, de Caspe á Alcañiz y de Vivel del Río á Monroyo, quedando completa la propuesta de la línea de Maranchón á Lérida, por Molina, Calamocha, Montalbán, Alcañiz, Caspe y Fraga.

***

Es imperiosa la necesidad de unir á Teruel con Cuenca; lo exige el interés militar y lo exige el interés local. Y como en Teruel se comprende la importancia que tendría una comunicación ferroviaria entre esos dos centros que flanquean el gran macizo montañoso que se desarrolla alrededor del nudo de Albarracín, se propuso una línea de Teruel á Cuenca, por Albarracín á Tragacete.

El trazado de esta línea tropieza con grandes dificultades. La construcción, si se hiciera en condiciones normales, sería costosísima. La Compañía que se atreviera con esta empresa caminaría á segura ruina.

La Comisión incluyó este ferrocarril secundario en el plan principal, porque tuvo noticia de que no se quería una línea como la generalidad de las que se proyectan. Se trata de construir un ferrocarril eléctrico de grandes pendientes—pues llega al 7 por 100—y se quiere aprovechar los grandes saltos de agua que existen alrededor de los Montes Universales. Y siendo esto así, podía admitirse el trazado propuesto y podía incluirse en el plan principal de ferrocarriles secundarios.

Pero esta inclusión representaba la renuncia á la línea de Teruel á Landete y Cuenca, así como á la de Landete á Utiel. Y á fin de que esta renuncia no fuese completa, pues yo no podía conformarme con ella, se incluyó á propuesta mía, en el plan adicional, la línea de Ademuz á Teruel, primera sección de la que vaya desde esta capital aragonesa á la línea de Utiel á Cuenca. No fué éste el fundamento de la propuesta que hice en el seno de la Comisión, pero conseguía lo que deseaba en este punto tratando de cuestión distinta, que es la que voy á examinar.

De Valencia á Liria hay construído un ferrocarril de vía ancha y otro de vía estrecha. Aquél nada nos importa para el objeto, porque

para nada sirve y para nada puede servir. El proyecto fué una equivocación financiera y un error técnico de los que no tienen disculpa. El ferrocarril de Liria que nos interesa es el de vía estrecha.

Tomando éste como base, se propuso desde Valencia una prolongación hasta Chelva, que se incluyó en el plan principal. Y la propuesta no paró ahí, pues por dar satisfacción á intereses locales, muy respetables por cierto, pero cuya presión no debe ejercer influencia hasta el punto de hacer proponer la construcción de lo que no puede construirse en regulares condiciones económicas, se pidió la línea de Ademuz á Chelva, línea que exige obras de tanta importancia que salen del programa que se asigna á un ferrocarril secundario; y secundario tenía que ser el ferrocarril que no tuviese otro objeto que el de poner al Rincón de Ademuz en comunicación con la cabeza del partido judicial. Ademuz no puede comunicarse con Valencia por otra línea que por la del Central de Aragón. El centro hacia donde gravita el Rincón de Ademuz es Teruel: si nuestra imperfecta división territorial incluye en la provincia de Valencia esa comarca, que geográficamente es turolense, no puede modificar una propuesta de ferrocarriles secundarios lo que el terreno nos impone.

Y fundándome yo en los intereses locales de Ademuz, propuse la línea de Ademuz á Teruel, que se incluyó en el plan adicional. Conseguía con esto dejar iniciada la línea de Teruel á la de Utiel á Cuenca.

Y de esta importantísima línea voy á ocuparme.

***

Teruel y Cuenca flanquean el gran núcleo montañoso que sirve de apoyo á Valencia. Teruel tiene comunicación directa por ferrocarril con Valencia; Cuenca no la tiene y es preciso construirla. El ferrocarril directo de Madrid á Valencia puede tener á Cuenca como punto obligado. El antiguo proyecto, que tenía la traza jalonada por Utiel y Landete, no era el que más convenía á un trazado directo. Valencia, Utiel, Landete, Cuenca, Aranjuez y Madrid, no resolvían otro problema que el de poner á Cuenca y Valencia en directa comunicación por vía férrea. Aquel proyecto quedó á medio realizar, como lo atestigua la línea de Valencia á Utiel, cortada en este punto. Esta línea debe continuarse hasta Cuenca.

Vino desde esta capital la propuesta del ferrocarril secundario de

Utiel á Cuenca, y la Comisión acordó por unanimidad no incluirlo en el plan. Y la Comisión hizo muy bien, porque el ferrocarril de Utiel á Cuenca no es secundario; no debe ser de vía estrecha; debe ser la unión de los de Madrid á Cuenca y de Valencia á Utiel. La línea de la red secundaria de Utiel á Cuenca no nos daba la línea continua de Madrid á Valencia; podría satisfacer un interés local, pero nunca podría servir los intereses generales del país ni sería lo que debe ser para contribuir á una buena defensa de la costa de Levante.

La antigua concesión del ferrocarril de vía normal de Valencia á Cuenca, por Utiel y Landete, con un ramal á Teruel, quedó limitada á la sección de Utiel á Valencia. Para la continuación de esta línea hace falta una ley especial de concesión, variando el trazado antiguo y llevando la traza por el Sur de la cuenca carbonífera de Henarejos, en vez de llevarla por el Norte. Y esta ley especial, que debería apoyar—y tal vez iniciar—el Ministerio de la Guerra, no creo que sea difícil de conseguir, y que, una vez conseguida, sea difícil llegar á la construcción de la línea.

En efecto; la línea de Madrid á Cuenca, por Aranjuez, es de la Compañía del Mediodía; la de Valencia á Utiel es de la Compañía del Norte. De Aranjuez á Cuenca y de Utiel á Valencia el tráfico es de carácter local, y este tráfico tomaría gran incremento si se construyese el trozo de unión entre Cuenca y Utiel. Lo que perdieran las dos grandes Compañías propietarias de la línea de Madrid á Valencia, por La Encina, al construirse la sección de Utiel á Cuenca, lo ganarían con creces con el aumento de ingresos en la nueva línea de comunicación entre Madrid y Valencia. El Ministerio de la Guerra podía proponer al Consejo de Ministros un convenio entre las Compañías del Norte y del Mediodía para que construyesen de común acuerdo el ferrocarril de vía ancha de Utiel á Cuenca; y si se llegaba á este convenio, votar una ley especial de concesión que nos permitiese poner á Cuenca en comunicación directa ferroviaria con Valencia.

***

Si se construyese el ferrocarril de vía normal de Utiel á Cuenca, la línea de Ademuz á Teruel, incluída en el plan adicional de ferrocarriles

secundarios, convendría proyectarla buscando la unión con la línea general de Madrid á Valencia, y aun debería tenerse en cuenta otra prolongación relacionada con el ferrocarril de Alcaráz á Requena, por Albacete, incluído en el plan principal de ferrocarriles secundarios.

Esta línea, cuya construcción es de las que tienen mayores probabilidades, por su gran importancia comercial, convendría que fuese de vía ancha para tener una línea continua de gran valor militar desde Portbou á Cádiz, en el supuesto de que se completase con la sección de Alcaráz á la estación de Baeza, sección incluída en el plan adicional. Pero si se construye de vía estrecha, no cabe duda de la conveniencia que tendría el enlace de Teruel y Ademuz con esta línea, y de proyectar un ramal á Turis, para ganar sin trasbordo el puerto de Valencia. Y si se consiguiera construir la línea de Requena á Alcaráz y á la Loma de Úbeda de vía ancha, ya no debería prolongarse la secundaria de Teruel, por Ademuz, más que hasta el empalme con la general de Cuenca á Utiel; y tampoco habría necesidad del ramal á Turis, puesto que la citada línea empalmaría en Albacete y Requena con ferrocarriles de vía normal.

***

Para no dejar lagunas en la zona estudiada, citaremos la línea incluída en el plan principal de ferrocarriles secundarios de Soneja á Nules, por Ahín, que partiría del Central de Aragón y que terminaría en el ferrocarril de la costa.

Se incluyó en el plan adicional la línea de Castellón á Lucena, y esto se hizo, no para dejar iniciado un ferrocarril á la provincia de Teruel, por Villahermosa, como venía propuesto, sino para que termine en Lucena, pues todo empeño de prolongar la línea á través del río Villahermosa sería una funesta equivocación que llevaría á un fracaso seguro.

En el plan adicional se incluyó también la línea de Alberique á Ayora, por Énguera. Esta línea sería prolongación de la ya construída de Alberique á Valencia; pero su término natural es Énguera: Ayora gravita sobre Almansa, que está en la línea de Alicante á Madrid. La comunicación ferroviaria de Ayora con Énguera sería costosísima y desproporcionada con los intereses á que debía servir esa línea.

***

Había una antigua concesión de ferrocarril de vía normal de Alicante á Denia, por Villajoyosa. No era conveniente una línea de vía ancha por esa costa de Levante, pues La Marina es una comarca escabrosa y exige un trazado de curvas de poco radio y pendientes fuertes, á fin de ceñirse al terreno y buscar los pasos más fáciles. Aquella concesión estaba sin utilizar. Se solicitó el cambio de anchura de vía desde Alicante á Villajoyosa, y esa sección está en construcción adelantada. Se pensaba en solicitar la continuación de la línea con un metro de anchura, y, atendiendo á la oportuna propuesta de Alicante, la Comisión incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios el de Villajoyosa á Denia, que nos dará una línea continua de un metro entre carriles desde Alicante á Carcagente. Con un corto ramal que se construyese desde Cullera á Tabernes de Valldigna, tendríamos completa la línea de la costa desde Alicante á Valencia. El único inconveniente que tendría este ramal sería el puente del Júcar; pero para estos casos están las leyes especiales.

***

En el plan adicional se incluyó un ferrocarril que tuviese por punto de partida una estación de la línea de Gandía á Denia y que terminase en Muro, pasando por Pego. A esta línea le concedo muy poca importancia, y no creo que se construya porque no tiene finalidad ninguna.

Se incluyó en el plan principal la línea de Castalla á Pinoso, cuyo objeto no es otro que servir los intereses de estos dos pueblos; pero no sé si estos intereses serán de tanta consideración que permitan construir una línea de 40 kilómetros.

***

Caravaca, cabeza de partido judicial de la provincia de Murcia, es una importante población que tiene cerca de 16.000 habitantes; está aislada de la red de ferrocarriles, y se propone en el plan principal una línea de Caravaca á Fortuna, por Archena y Mula, que tendrá buenos rendimientos.

También se incluyó en el plan principal la línea de Calasparra á Caravaca, y si se salva este ramal de 28 kilómetros, será por el grupo en que está incluído. Podría suceder también, y esto sería muy sensible, que

ese ramal tan poco productivo fuese causa del fracaso de la subasta del grupo en que se le incluyese.

Para Mazarrón, importante centro minero de la costa, que tiene una población de más de 23.000 habitantes, se propuso un ferrocarril secundario, y se incluyó en el plan principal el de Mazarrón á Totana.

Se incluyó, por último, en el plan adicional, el ferrocarril de costa de Águilas á Cartagena, con el que terminamos el examen de las líneas de la región de Levante.

Región Central.

Desglosada de Castilla la Nueva la provincia de Cuenca para formar parte de la región de Levante, nos quedan, como base de la Central, las provincias de Madrid, Guadalajara, Toledo y Ciudad Real. A estas cuatro provincias podremos agregar las de Cáceres y Badajoz, ó sea el antiguo reino de Extremadura. Y deberemos completar la región Central con las provincias de Ávila y Segovia, que al Norte de la cordillera Carpetana son posiciones avanzadas del teatro de operaciones de la región Central.

El centro ferroviario de la región será Madrid, de donde parten las líneas radiales más importantes de toda España.

Los ferrocarriles secundarios incluídos en el plan principal para la región Central son:

	Kilómetros.
Badajoz á Fregenal de la Sierra, por Alconchel y Jerez de los Caballeros	108
Cáceres á Trujillo	46
Ávila á Béjar, por Piedrahita y Barco de Ávila.	108
Ávila á Segovia	68
Yanguas á Peñafiel, por Cuéllar	64
Sigüenza á Maranchón	40
Guadalajara á Cifuentes, por Brihuega	54
Toledo á Bargas	14
Toledo á Madridejos, por Mora y Consuegra	62
Alcázar de San Juan á Malagón	70
Alcaráz á Valdepeñas, por Infantes y Villanueva de la Fuente	85
Kilómetros	719

Las líneas propuestas en el plan adicional fueron las siguientes:

	Kilómetros.
Zafra á Villanueva del Fresno, por Jerez de los Caballeros	85
Almendralejo á Santa Marta	30
Badajoz á San Vicente de Alcántara, por Alburquerque	65
Alcántara á San Vicente de Alcántara	64
Alcántara á la estación de Río Tajo	40
Trujillo á Logrosán	50
Navalmoral de la Mata á Jarandilla	25
Guadalajara á Huete	94
Almorox á Talavera de la Reina	60
Toledo á Navahermosa	50
Alcázar de San Juan á Madridejos	32
Alcázar de San Juan á Tomelloso	30
Alcázar de San Juan á Cuenca	135
Ciudad Real á Piedrabuena	25
Villamanta á Arenas de San Pedro, por San Martín de Valdeiglesias	85
Kilómetros	870

Se desglosó de esta propuesta, al formar el plan de ampliación, la línea de Villamanta á Arenas de San Pedro, por San Martín de Valdeiglesias, y se propusieron las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Orusco á Cifuentes, por Mondéjar y Valle del Tajo	88
Cifuentes á la línea de Sigüenza á Maranchón	38
Colmenar de Oreja á Villarejo de Salvanés, por Belmonte de Tajo	12
Navahermosa á Talavera de la Reina	48
Suma y sigue	186

Suma anterior.	186
Cabañas de la Sagra al puente de Algodor	14
Campanario á Herrera del Duque, por la Puebla de Alcocer	75
Jarandilla á Plasencia.	38
Logrosán á la estación de Chillón	125
Kilómetros	438

Resumen:

Plan principal.	719	kilómetros.
Plan adicional.	1.223	»

***

Al estudiar la región Vasco-Castellana, se citó la línea que se ha incluído en el plan principal de ferrocarriles secundarios, desde Ciudad Rodrigo á la estación de Río Tajo, por el puerto de Perales, Hoyos y Coria. Se pretendía que esta línea, en vez de terminar en una estación del ferrocarril del Tajo, continuase desde Coria, por Alcántara, hasta San Vicente, y que luego, por Alburquerque, fuese á Badajoz y á Fregenal de la Sierra, siendo una línea paralela á la frontera portuguesa. No necesito hacer protestas de simpatía por una solución de tanto valor militar, pero tampoco quiero ocultar mi desconfianza por la solución económica de ese proyecto.

Se alejaba, con esa solución, de la capital de la provincia, á las cabezas de partido judicial de Hoyos y de Coria, y no se les daba comunicación ferroviaria directa con la capital de España. A fin de que la línea de Ciudad Rodrigo á Coria satisficiese las necesidades locales, se la prolongó hasta la estación de Río Tajo, que es en donde debe empalmar con la línea general. Quedaba, pues, incluído en el plan principal, el ferrocarril de Ciudad Rodrigo á la estación de Río Tajo, por Hoyos y Coria.

A fin de que Alcántara no quedase aislada, se incluyeron en el plan adicional dos líneas: la de Alcántara á Río Tajo y la de Alcántara á San Vicente, estación de la línea de Portugal.

El problema de la línea estratégica paralela á la frontera quedaba

planteado, y de él nos ocuparemos inmediatamente, pero será fuera del plan de ferrocarriles secundarios.

Como fin de los preliminares de lo que vamos á tratar, indicaremos la inclusión, en el plan adicional, de la línea de Villamanta á Arenas de San Pedro, por San Martín de Valdeiglesias. Y tengamos presente que esta línea se desglosó de la propuesta que hizo la Comisión al ampliar el plan adicional de ferrocarriles secundarios.

Entremos ahora en el fondo de la cuestión, pero tengamos en cuenta que se incluyó en el plan adicional de ampliación la línea de Plasencia á Jarandilla.

***

Hace ya muchos años que se proyectó un ferrocarril de gran utilidad en parte y completamente absurdo en cuanto á su finalidad. Se derrochó el dinero en la construcción, fracasó la empresa y quedó la Compañía en situación lamentable. Todas estas circunstancias favorecían la adquisición de la línea con las obras hechas y con todos los derechos que daba la concesión. Y el Estado fué el comprador en inmejorables condiciones, aprovechando el fracaso de aquella mal dirigida Compañía.

La línea de Madrid á San Martín de Valdeiglesias, con la prolongación conveniente y natural al valle del Tiétar, y con la otra prolongación, completamente absurda, á Boadilla, á través de la sierra de Gredos, fué adquirida por el Estado y destinada á la instrucción de las tropas del batallón de Ferrocarriles.

Pero como se tardaba mucho en tomar posesión de la línea, y no se tiene la convicción de que se emprendan las obras necesarias para ponerla en explotación, las personas influyentes de San Martín de Valdeiglesias gestionaron que se incluyese en el plan de ferrocarriles secundarios el de Villamanta, estación de la línea de Villa del Prado, á Arenas de San Pedro. Se incluyó, en efecto, esta línea en el plan adicional; pero como al ampliar ese plan era ya firme la adquisición por el Estado de la concesión y de las obras ejecutadas del ferrocarril de Madrid á San Martín de Valdeiglesias, fué preciso retirar esa propuesta, por ser de las que quedaban excluídas de la red secundaria por expreso mandato de la Ley.

El batallón de Ferrocarriles, si ha de servir para algo, necesita á toda

costa explotar una línea que tenga todos los elementos necesarios para la instrucción de las tropas. La concesión adquirida por el Ministerio de la Guerra será la base de esa línea, pero conviene hacer un examen detenido de la cuestión, á fin de poner en armonía los intereses de la instrucción militar con los intereses generales del país.

No puede admitirse la idea de que se limite la construcción de la línea militar á la sección de Madrid á San Martín de Valdeiglesias. Atravesaría este ferrocarril una comarca muy pobre, y Brunete, Chapinería, Cebreros y San Martín no darían gran cantidad de productos para que la explotación de la línea resultase remuneradora. Se impondría la prolongación al riquísimo valle del Tiétar.

Pero al entrar en este valle no puede admitirse que sea para otra cosa que para tomar la dirección de Plasencia. Llevar el trazado hasta Jarandilla, variar allí la dirección general, atravesar la sierra de Gredos y tomar como punto obligado á Boadilla, es uno de esos desatinos que no merecen los honores de la discusión. Y conste que ese no es el proyecto del batallón de Ferrocarriles; ese es el proyecto original, contra el cual es preciso combatir hasta destruirlo por completo.

La concesión que adquirió el Ministerio de la Guerra alcanzaba solamente, dentro del valle del Tiétar, hasta Jarandilla. Por esta razón se limitó la propuesta del ferrocarril de Arenas de San Pedro á Plasencia á la sección de Plasencia á Jarandilla.

He calificado de absurda la finalidad del ferrocarril de Madrid á Boadilla, según se establece en el primitivo proyecto, y lo voy á demostrar con muy pocas palabras. La pretensión era la de construir un ferrocarril estratégico de Madrid á Oporto. Con una simple ojeada en el mapa, se ve que la línea que se quería establecer no debe ser otra que la de Madrid á Salamanca, por Ávila y Peñaranda de Bracamonte. No está construída la sección que debe unir estos dos últimos puntos citados; pero eso no es obstáculo para que se niegue la evidencia. Y teniendo esta solución tan racional, no se concibe que se vaya por caminos torcidos, penetrando en el valle del Tiétar, atravesando la sierra de Gredos y construyendo una línea que para nada había de servir á partir de Jarandilla. Veamos, pues, lo que conviene hacer.

Supongamos que se desecha la idea de limitar la línea militar á la

sección de Madrid á San Martín de Valdeiglesias. Supongamos también que se reconoce la necesidad de prolongarla por el valle del Tiétar. Pues entonces deberemos confesar que el término natural de la línea ha de ser Plasencia.

Y ahora vamos á ocuparnos de otro problema interesante, que es el de anchura de vía para ese ferrocarril militar, problema que está en estudio y cuyo interés es tal que no me considero con derecho á callar, reservando mi opinión respecto de él.

El ferrocarril de Madrid á Plasencia, por San Martín de Valdeiglesias, Arenas de San Pedro y Jarandilla, debe ser de vía estrecha, de un metro entre carriles. No se trata de una línea general que haga competencia á la del Tajo; se trata de una línea de interés local, y al Estado le conviene construirla en condiciones económicas y en tal forma que reporte, cuanto antes, beneficios que compensen los gastos que figuren en el presupuesto de construcción.

Ahora bién; tengo interés en afirmar que no soy de los que creen que es indiferente una vía estrecha ó una vía ancha para la instrucción de las tropas de ferrocarriles. Afirmo, por el contrario, que es indispensable para la práctica de maquinistas y de asentadores de vía, disponer de una línea idéntica á la que tengan que servir. Por esta razón creo que el batallón de Ferrocarriles debe tener una línea de vía estrecha de Madrid á Plasencia, y una línea de vía ancha que voy á detallar á continuación. La primera debe construirse con toda la rapidez posible y acumulando cuantos medios se tengan á mano. La segunda deberá construirse con más lentitud, tomándola como objeto de escuela práctica. La primera, la de vía estrecha, llevará la vida á una comarca interesante y deberá considerarse como parte de la red ferroviaria nacional. La segunda servirá para la instrucción de las tropas de ferrocarriles y satisfará á necesidades secundarias.

Debe arrancar el ferrocarril militar de la línea de circunvalación, quedando de este modo unido á la red ferroviaria española.

Deberá construirse la explanación desde Madrid al Campamento de Carabanchel, con la anchura suficiente para que puedan establecerse dos vías paralelas, una normal y otra de un metro entre carriles.

El puente sobre el Manzanares se calculará para un ferrocarril de vía

ancha. Los carriles de la vía estrecha se colocarán para el paso del puente entre los de vía ancha; pero antes y después de dicho puente, la vía estrecha se tenderá paralelamente á la de anchura normal, penetrando y saliendo de ella por sencillos cruzamientos sobre uno de los carriles.

Tendremos, de este modo, dos ferrocarriles desde Madrid hasta el Campamento de Carabanchel. El ferrocarril de vía estrecha continuará hasta Plasencia. El de vía ancha tendrá las ramificaciones que convenga, de las que debemos ocuparnos en seguida.

Si examinamos el plano de los alrededores de Madrid, notaremos á la primera ojeada la conveniencia de construir una doble vía que parta de Vallecas, en la línea del Henares. Se desprendería una de ellas en el punto de tangencia de la curva que existe al Oeste de Vallecas, y vendría en vía sencilla á unirse con la de Alicante, en el puente del Manzanares.

Debería entonces tenderse doble vía en esta línea y en la de Cáceres hasta la pronunciada curva que tiene al Nordeste de Leganés.

Se tendería la doble vía hasta Leganés, en la línea de Cáceres, y lo mismo debía hacerse hasta Getafe, en la línea directa de Ciudad Real.

Arrancaríamos de la curva del Nordeste de Leganés, y con vía sencilla alcanzaríamos el Campamento de Carabanchel, enlazando allí con el ferrocarril militar que debe partir de Madrid.

Continuaría esa vía de circunvalación, terminando en Pozuelo ó en Las Rozas, y uniría á todos los ferrocarriles que concurren en la capital de España.

Es la solución que yo creo más conveniente para la instrucción de las tropas de ferrocarriles, para el servicio de la guarnición de Madrid y para armonizarlo todo con los intereses generales del país.

***

Para realizar este plan, convendría que el Ministerio de la Guerra recabase la concesión del ferrocarril de Plasencia á Jarandilla. Y para completar la red secundaria, tal vez sería conveniente que el batallón de Ferrocarriles, al tener la concesión de toda la línea de Madrid á Plasencia, pudiera también disponer del ramal de Plasencia á Coria, quedando de este modo unido el ferrocarril militar á la línea de Ciudad Rodrigo á Río Tajo.

Pero no basta esto para resolver lo del ferrocarril paralelo á la frontera portuguesa, cuyo problema dejamos antes planteado. Además del ramal de Coria á Plasencia, era preciso variar la propuesta del de Alcántara á Río Tajo, que debía ser de Alcántara á Coria. Tendríamos entonces la línea continua de Ciudad Rodrigo á San Vicente de Alcántara y á Badajoz, y tendríamos también la comunicación directa de Hoyos y Coria con la línea del Tajo y con Cáceres, capital de la provincia.

La red modificada atendería á toda clase de conveniencias. El ferrocarril militar y los ferrocarriles secundarios se combinarían perfectamente para el servicio de toda la comarca. El interés general y los intereses locales estarían de perfecto acuerdo: esto es lo que debe buscar todo buen español.

***

Para terminar con todo lo referente á la red secundaria de la provincia de Cáceres, debo mencionar el ramal, que se propuso en el plan complementario, de Jarandilla á Navalmoral de la Mata. Para nada serviría esta línea si se construyese el ferrocarril del Tiétar, y tampoco tendría grandes rendimientos aun cuando sólo se construyese la línea de Plasencia á Jarandilla.

***

La Diputación provincial de Badajoz estaba en completo desacuerdo con la Jefatura de Obras públicas de la provincia, y proponía en primer lugar, en orden de preferencia, el ferrocarril secundario de San Vicente de Alcántara, estación de la línea del Tajo, á Fregenal de la Sierra, estación de la línea de Zafra á Huelva; y este ferrocarril debía pasar por Alburquerque, Badajoz, Olivenza y Jerez de los Caballeros. La Comisión no pudo, á pesar de sus deseos, incluir toda esta línea de tanto valor militar y comercial en el plan principal, limitando la propuesta á 110 kilómetros, que es lo que tendría el ferrocarril secundario de Badajoz á Fregenal de la Sierra, por Olivenza, Alconchel y Jerez de los Caballeros.

Se incluyó en el plan adicional, por falta de kilómetros que adjudicar á la provincia, la línea de Badajoz á San Vicente de Alcántara.

Ahora bien; si suponemos construído el ferrocarril de Ciudad Rodrigo

á la estación de Río Tajo, por Hoyos y Coria, incluído en el plan principal; si suponemos, de otra parte, que se construye el ferrocarril militar de Madrid á Plasencia, por San Martín de Valdeiglesias y por el valle del Tiétar, y si, por fin, suponemos que como complemento de esta línea se construye el ferrocarril de Plasencia á San Vicente de Alcántara, por Coria y Alcántara, tendremos una línea continua paralela á la frontera portuguesa, desde Ciudad Rodrigo á Fregenal de la Sierra, por Hoyos, Coria, Alcántara, San Vicente, Alburquerque, Badajoz, Olivenza y Jerez de los Caballeros. Y si nos fijamos en que sería continuación de esta línea la de vía ancha de Fregenal de la Sierra á Huelva, veríamos que el ferrocarril paralelo á la frontera portuguesa empezaba en Ciudad Rodrigo y terminaba en Huelva.

***

Se incluyó en el plan adicional la línea de Zafra á Villanueva del Fresno, por Jerez de los Caballeros, que lo mismo puede ser una línea continua, que ser substituída por dos ramales de la de Badajoz á Fregenal de la Sierra.

Y para completar el plan adicional de la provincia, se incluyó en el complementario el ramal de Almendralejo á Santa Marta.

. . . . . .

Grandes luchas hubo en la Diputación provincial de Badajoz para que se propusieran las líneas que debían servir los partidos judiciales de Herrera del Duque y de Puebla de Alcocer. Nada pudo hacer la Comisión en la primera propuesta; pero al ampliar el plan adicional, pude yo conseguir que figurasen en la propuesta nueva el ferrocarril de Campanario á Herrera del Duque, por la Puebla de Alcocer, y el de Logrosán á la estación de Chillón, que se debe cruzar con el anterior. De este modo quedan satisfechos los deseos de esa comarca desamparada, y se hace patente la necesidad de atenderla.

De los cuadrantes en que se dividió la provincia de Badajoz quedaba completamente abandonado el que comprende los partidos judiciales de Herrera del Duque y de la Puebla de Alcocer. Con la ampliación del plan adicional se remediaban las necesidades que no se pudieron atender en el plan primitivo.

***

La línea de Ciudad Rodrigo á la estación de Río Tajo corresponde, casi en sus dos terceras partes, á la provincia de Cáceres; no tenía, por lo tanto, la Comisión mucho márgen para incluir en esta provincia otras líneas, y se decidió por la de Cáceres á Trujillo, iniciando así la de Cáceres á Logrosán. La segunda sección de esta línea, ó sea la de Trujillo á Logrosán, se incluyó en el plan complementario.

***

Alcázar de San Juan es actualmente un importante nudo de vías férreas, pues allí concurren las de Andalucía, Levante y Madrid. Si se construyesen todos los ferrocarriles incluídos en el plan de la red secundaria, el nudo de Alcázar ganaría considerablemente en importancia.

Una de las líneas que debían partir de este centro ferroviario es la incluída en el plan principal, de Alcázar á Malagón, línea que debía poner en relación la directa de Madrid á Ciudad Real con la general de Andalucía. Esta línea de Alcázar de San Juan á Malagón es de las que pueden presentarse como modelo, como característica, de lo que encaja en la Ley de ferrocarriles secundarios.

La línea de Alcázar á Malagón venía propuesta en primer lugar, en orden de preferencia, por la Jefatura de Obras públicas de la provincia de Ciudad Real, por la Diputación provincial y por todas las entidades que debían informar la propuesta. Tiene esa línea 70 kilómetros, y en 60 de ellos se podrá aprovechar. Estará subvencionada la línea, además de la garantía del Estado, con 700 ú 800.000 pesetas, y se ha llevado la gestión con una seriedad tal, que garantiza por sí sola la realización del proyecto acariciado por los siete pueblos á que ha de servir la línea de Alcázar de San Juan á Malagón.

Otra línea que debe partir de Alcázar es la que terminará en Toledo. Se incluyó en el plan adicional de ferrocarriles secundarios la sección de Alcázar á Madridejos, y forma parte del plan principal la línea de Toledo á Madridejos, por Mora y Consuegra. Como continuación de esta línea puede considerarse la de Toledo á Navahermosa, incluída en el plan complementario.

También se incluyó en el plan adicional ó complementario la línea de Alcázar de San Juan á Cuenca, prolongación de la de Cuenca á Te-

ruel, y figura igualmente en este plan el ramal de Alcázar al importantísimo pueblo de Tomelloso.

***

Se trató, al hablar de la región de Levante, del ferrocarril de Alcaráz á Requena, por Albacete. Y se habló también allí y en otra sección de la Memoria, del ferrocarril de Alcaráz á la Loma de Úbeda. Debemos indicar ahora una tercera línea, incluída en el plan principal de ferrocarriles secundarios, y que es de gran importancia, lo mismo desde el punto de vista militar que considerada como línea de gran tráfico mercantil. Esta línea es la de Alcaráz á Valdepeñas, por Villanueva de la Fuente y por Infantes. Construído el ferrocarril de vía estrecha de Valdepeñas á Puertollano, tendremos, con la construcción del de Alcaráz á Valdepeñas y con el de Alcaráz á Requena, una línea continua de vía estrecha desde Requena á Puertollano, por Albacete, Alcaráz y Valdepeñas.

***

La línea de Ciudad Real á Piedrabuena se incluyó en el plan adicional, iniciando así el ferrocarril de Ciudad Real á Talavera de la Reina, ó mejor dicho, el ramal que debe empalmar con la línea de Almorchón á Talavera.

En el plan principal se incluyó la línea de Toledo á Bargas, que daría comunicación ferroviaria con la capital de la provincia á la comarca de la derecha del Tajo.

Se incluyó en el plan adicional el ferrocarril de Almorox á Talavera de la Reina, que es la prolongación de la línea de Madrid á Villa del Prado, por Navalcarnero.

. . . . . .

Al ampliar el plan complementario ó adicional se propuso la línea de Navahermosa á Talavera de la Reina, á fin de que no quedase sin salida el ferrocaril propuesto de Toledo á Navahermosa.

Y también se propuso en esta provincia el ramal de Cabañas de la Sagra al puente de Algodor, al objeto de unir las líneas de Madrid á Cáceres y de Madrid á Ciudad Real.

Se propuso, por último, en este plan de ampliación, el ferrocarril de

Colmenar de Oreja á Villarejo de Salvanés, por Belmonte de Tajo, dando así la prolongación conveniente á la línea de Madrid á Colmenar, por Arganda y Chinchón.

***

En la provincia de Guadalajara figuran las líneas incluídas en el plan principal de ferrocarriles secundarios de Sigüenza á Maranchón y de Guadalajara á Cifuentes, por Brihuega.

La continuación de la primera línea es la propuesta en el plan complementario, y de la que se habló al tratar de la región de Levante, de Maranchón á Calamocha, por Molina de Aragón.

También se incluyó en el plan adicional la línea de Guadalajara á Huete. Este ferrocarril no es fácil que se construya, pues tiene un carácter marcadamente local y atravesaría una comarca muy pobre.

. . . . . .

Se completó la red secundaria de la provincia de Guadalajara, al estudiar la ampliación del plan adicional, incluyendo las líneas de Orusco á Cifuentes, por Mondéjar y el valle del Tajo, y de Cifuentes á la línea de Sigüenza á Maranchón. Con esta propuesta quedaba perfectamente servida la provincia alcarreña.

***

Tenemos en la provincia de Segovia á Cuéllar, cabeza de partido judicial, que está completamente aislada de la red ferroviaria española. Para establecer la comunicación conveniente, la Comisión de ferrocarriles secundarios incluyó en el plan principal la línea de Peñafiel, estación del ferrocarril de Ariza á Valladolid, á Yanguas, estación del ferrocarril de Segovia á Medina del Campo, fijando á Cuéllar como punto obligado de la línea proyectada.

***

La cordillera Carpetana no es, militarmente considerada, una línea de separación entre ambas Castillas. La región Central está íntimamente enlazada con las provincias de Ávila y Segovia, y las comarcas que comprenden estas unidades administrativas son posiciones avanzadas del

teatro de operaciones de la región Central. Una vía férrea que corra paralela á la cordillera Carpetana, al pie de su vertiente septentrional, es una línea estratégica de primer orden. Y supuesta construída la línea de Aranda de Duero á Segovia, línea incluída en el plan de las de interés general, hubo necesidad de continuarla, y á este fin, la Comisión de ferrocarriles secundarios incluyó en el plan principal la línea de Ávila á Segovia, por Villacastín.

Como prolongación de esta línea debe considerarse la que también se incluyó en el plan principal, de Ávila á Béjar, por Piedrahita y Barco de Ávila.

Pretendía la Compañía del ferrocarril del Tajo desviar la atención de la Comisión de ferrocarriles secundarios, llevando el empalme de esta línea al empalme de Plasencia; y como esta solución estaba inspirada en un criterio egoista que había logrado sugestionar á quien hizo la propuesta, se desechó en absoluto y se aceptó la solución más conveniente á los intereses generales del país, la de llevar el empalme á Béjar, gran centro fabril y punto importantísimo de la línea de Astorga á Plasencia.

Región del Mediodía.

Las ocho provincias andaluzas constituirán la región del Mediodía. La base ferroviaria de esta región se compone con las líneas de Almería á Baeza y de Baeza á Huelva, por Córdoba y Sevilla.

Las líneas incluídas en el plan principal de ferrocarriles secundarios que pertenecen á la región de Andalucía son:

	Kilómetros.
Almería á Berja, por Dalias	45
Almería á Canjáyar	34
Tabernas á empalmar con la línea de Almería á Canjáyar	20
Almendricos á Vélez Rubio.	30
Granada á Motril, por Órgiva	80
Órgiva á Lobras	24
Torre del Mar á Periana, por Vélez Málaga. . . .	30
Torre del Mar á Maro	24
Jerez de la Frontera á Setenil, por Villamartín .	125
Morón al ferrocarril de Jerez á Setenil, por Pruna.	44
Almadén de la Plata á Constantina, por Cazalla de la Sierra	43
Ayamonte á Huelva, por Gibraleón	58
La Junta, estación del ferrocarril de Cala á Sevilla, á la línea de Zafra á Huelva, por Aracena	45
Alcaudete á Alcalá la Real	30
Linares á La Carolina	30
Pedro Abad á Martos, por Bujalance y Porcuna .	65
Suma y sigue..	727

Suma anterior.	727
Priego de Córdoba á la estación de Fernán-Núñez, por la estación Luque-Baena, Baena, Castro del Río y Espejo.	68
Hinojosa del Duque á la estación de Belalcázar, por Belalcázar	35
Kilómetros	830

En el plan adicional ó complementario se incluyeron las siguientes líneas:

	Kilómetros.
Maro á Motril	38
Lobras á Canjáyar, por Ugíjar	55
María á Vélez Rubio, por Vélez Blanco	30
Baza á la Puebla de Don Fadrique.	70
Villamartín á la estación de Cortes, por Grazalema	45
San Fernando al Campo de Gibraltar, por Medina-Sidonia	102
Almadén de la Plata á la línea de Cala á Sevilla, por Ronquillo	30
Gibraleón á la frontera portuguesa, por Paymogo.	70
Moguer á la estación de San Juan del Puerto. . .	8
Puertollano á La Carolina.	70
Lucena á Iznájar, por Rute.	30
Hinojosa del Duque á la línea de Bélmez á Pozoblanco, por Villanueva del Duque y Alcaracejos	15
Alcaráz á la estación de Baeza, por Villacarrillo, Úbeda y Baeza	130
Kilómetros	693

A estos 693 kilómetros de ferrocarriles secundarios incluídos en el

plan adicional ó complementario, debemos añadir los 215 que resultan de las siguientes líneas, que se propusieron en el plan de ampliación:

	Kilómetros.
Ugíjar á Adra, por Berja	30
Tabernas á Huércal-Overa, por Sorbas	75
Algeciras á Tarifa	20
Fernán-Núñez á Écija, por La Rambla	45
Del Repilado á la frontera portuguesa	45
Kilómetros	215

Resumen:

Plan principal	830	kilómetros.
Plan adicional	908	»

***

El grupo de líneas secundarias de la provincia de Almería incluído en el plan principal, puede tener una estación común: partirían de Almería los ferrocarriles de Berja, por Dalias, y de Canjáyar, y de esta última línea se desprendería un ramal que terminaría en Tabernas.

Este ramal que terminaría en Tabernas parece iniciar la línea de unión del ferrocarril de Almería á Linares y del de Murcia á Granada. Esta unión, buena á falta de otra, no satisface á los intereses militares ni tampoco á los intereses comerciales. El Ministerio de la Guerra podía gestionar una ley especial de subvención que permitiese construir el ferrocarril de vía ancha de Huércal-Overa á la línea de Almería á Linares, por Cuevas de Vera y Sorbas: tendríamos entonces una línea continua de vía ancha paralela á la costa que tendría por puntos extremos Alicante y Almería.

***

Tanto la línea de Almería á Canjáyar, incluída en el plan de ferrocarriles secundarios, como la de Almería á Berja, por Dalias, incluída también en el mismo plan, pueden considerarse como la primera sección de la línea general paralela á la costa, de Almería á Málaga. La pri-

mera tiene la ventaja de que no está batida desde el mar, y la segunda lo está en parte de su trayecto.

Como segunda sección de esa línea general, podremos tomar el ferrocarril, incluído en el plan complementario, de Lobras á Canjáyar, por Ugíjar, viniendo á ser la tercera sección la línea de Órgiva á Lobras, incluída en el plan principal.

Cambiaría de dirección esta línea al llegar á Órgiva, por encontrarse con el ferrocarril incluído en el plan principal de Granada á Motril y al Varadero, por Órgiva: la dirección de Este á Oeste que llevaba, se convertiría en dirección Norte á Sur hasta Motril.

Y nos encontraríamos en la tercera sección de esa línea general, que comprende el trayecto comprendido entre Motril y Maro, sección incluída en el plan complementario ó adicional.

La quinta sección se compondría de dos trozos: el primero, de Maro á Torre del Mar, incluído en el plan principal, y el segundo, de Torre del Mar á Málaga, no incluído en el plan de ferrocarriles secundarios, por ser línea concedida, y de cuya construcción no debemos preocuparnos.

En otra parte de esta Memoria digo lo bastante para explicar la no inclusión en el plan principal de las secciones de Maro á Motril y de Lobras á Canjáyar.

Son dos secciones de construcción costosísima que no caben en la Ley de ferrocarriles secundarios: hacen falta leyes especiales de subvención que faciliten la construcción de un ferrocarril de mucha capacidad de transporte en esas secciones, á fin de tener toda la línea de Almería á Málaga.

Un ramal de esta línea general será el ferrocarril de Torre del Mar á Periana, incluído en el plan principal.

Ya se ha expuesto la necesidad de leyes especiales para que haya Compañía que acometa la empresa de construir las secciones costosas de la línea de Almería á Málaga. Y convendría también tener en cuenta que la gran importancia de las líneas de Granada á Motril y de Almería á Málaga exige que esos ferrocarriles tengan gran capacidad de transporte y que sean susceptibles de que por ellos se camine con grandes velocidades. Las Alpujarras y zonas colindantes constituyen una comarca es-

cabrosísima que dificulta la construcción de ferrocarriles; pero es tal la riqueza de dicha comarca y es tanta la densidad de población, que las líneas que se construyan han de alcanzar grandes rendimientos. Fundándose en esto, podrían imponerse condiciones que asegurasen la solidez de construcción para que se pudiera contar con la red secundaria de Almería, Granada y Málaga, equiparándola para el tráfico á una red de interés general. Este es otro punto de los que conviene que tenga en cuenta el Ministerio de la Guerra, por si creyese oportuno llamar la atención del Gobierno buscando el medio de conseguir lo que nos proponemos.

. . . . . .

En el plan adicional de ampliación se incluyeron las líneas de Tabernas á Huércal-Overa, por Sorbas, Vera y Cuevas de Vera, y de Ugíjar á Adra, por Berja.

Se completaría con estas líneas la red secundaria de la provincia de Almería. Muy bien me parece la propuesta para el ferrocarril de Adra á Ugíjar, por Berja, puesto que es un verdadero complemento de las líneas de Almería á Málaga, una por Canjáyar y otra por Berja; pero no puedo menos de manifestar mi oposición á la línea de Tabernas á Huércal-Overa, si se construye ésta con carácter secundario, pues es preciso que la línea que una á Huércal-Overa con Almería sea de vía ancha, considerándose como la prolongación y el complemento de la línea de la costa de Levante.

***

La línea de San Fernando al Campo de Gibraltar, por Medina-Sidonia y Alcalá de los Gazules, se incluyó en el plan adicional. La falta de kilómetros que adjudicar á la provincia de Cádiz fué la causa de que no se incluyese esta línea, de tanta importancia militar, en el plan principal de ferrocarriles secundarios. Ya he dicho lo suficiente de esta línea en otra sección de la Memoria para que se comprendan las razones que la Comisión tuvo para obrar así.

No hay punto de comparación, en el concepto financiero, entre la línea de San Fernando al Campo de Gibraltar y la de Jerez de la Frontera á Setenil, que se incluyó en el plan principal. Por eso venía ésta propuesta en primer lugar de Cádiz; y como ya teníamos 125 kilómetros

para esta línea, no era posible incluir también la de San Fernando al Campo. Y además de esto, tenía razones especiales que me obligaban á no empeñarme en la inclusión de dicha línea en el plan principal: creo necesaria para ella una ley especial, no limitando la propuesta al ferrocarril de San Fernando al Campo, sino extendiéndola hasta Málaga.

En efecto. Supongamos lo que no tiene duda, y es que el Ministerio de la Guerra, apreciando la excepcional importancia que tiene una línea continua de vía estrecha, sólidamente construída, de Almería á Cádiz, por Motril, Málaga y Campo de Gibraltar, gestiona con empeño la promulgación de leyes especiales que aseguren la construcción de las secciones de Lobras á Canjáyar y de Maro á Motril. Y supongamos también que se considera oportuno estudiar si necesita ó no ley especial la poco productiva línea de San Fernando al Campo de Gibraltar. Pues en este caso, convendría estudiar si ha llegado la ocasión de remediar el estado angustioso de esa Compañía que construye con trabajo y lentitud la línea de Málaga al Campo de Gibraltar, haciendo que ésta sea de vía estrecha, y considerándola enlazada con la de San Fernando. Porque la línea de Cádiz al Campo, por Medina-Sidonia, y la del Campo á Málaga, por Marbella, es preciso que tengan la misma estación de empalme con el ferrocarril de Algeciras á Bobadilla, viniendo á ser entonces una sola línea las de Cádiz al Campo y del Campo á Málaga. Creo, pues, que á la ley especial, si se considera necesaria, que debe pedirse sobre el ferrocarril de San Fernando al Campo de Gibraltar, debe preceder la gestión para construir en vía estrecha la vía ancha de la línea de Málaga al Campo de Gibraltar, y si es posible, venir á un acuerdo con la Compañía constructora, á fin de comprender en una sola línea la de Málaga á San Fernando, por Marbella, Campo de Gibraltar, Medina-Sidonia y Chiclana.

Así es como se completaría esa importantísima línea militar. La inclusión en el plan principal de la red secundaria del ferrocarril de San Fernando al Campo de Gibraltar no resolvería el problema que perseguimos, porque esa línea es costosa y de escasos rendimientos.

*
* *

Como ramal de la línea de Jerez de la Frontera á Setenil, estación

del ferrocarril de Algeciras á Bobadilla, se incluyó en el plan complementario la línea de Villamartín á la estación de Cortes, por Grazalema. No creo que se construya este ramal, porque el presupuesto no estaría en proporción con los rendimientos que podría dar.

Otro ramal de la línea de Jerez á Setenil, y éste se incluyó en el plan principal, es el que ha de pasar por Pruna y terminar en Morón, enlazando así la serranía de Ronda con la red ferroviaria de Sevilla.

La provincia de Sevilla está muy bien servida con los ferrocarriles que actualmente tiene en explotación, y por esto sólo se propone, aparte del ramal de Morón á la línea de Jerez á Setenil, el ferrocarril de Constantina á Almadén de la Plata, por Cazalla de la Sierra, línea que se incluyó en el plan principal. Y se incluyó en el plan adicional la prolongación de esta línea, que es la de Almadén de la Plata al ferrocarril de Cala á Sevilla, por Ronquillo.

De La Junta, estación de este mismo ferrocarril de Cala, debe partir una línea incluída en el plan principal, que pasaría por Aracena y terminaría en el Repilado ó en otro punto más conveniente de la línea de Zafra á Huelva.

Además de esta línea de la provincia de Huelva se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios el de Ayamonte á Huelva, por Gibraleón, que es de aquellos que con seguridad se han de construir, por tener grandes condiciones de vida propia.

Y en el plan adicional se incluyó el ferrocarril de Gibraleón á la frontera portuguesa, por Paymogo, que servirá una riquísima comarca minera. También se incluyó en el plan complementario el corto ramal de Moguer á San Juan del Puerto, estación de la línea de Sevilla á Huelva.

. . . . . .

Al estudiar el plan adicional de ampliación se propuso el ramal de Algeciras á Tarifa, y también se incluyó en dicho plan la línea del Repilado á la frontera portuguesa, que será continuación de la antes propuesta del Repilado á la estación de La Junta.

***

Proponía la provincia de Córdoba en primer lugar la línea de Pedro Abad, estación del ferrocarril del Guadalquivir á Torredonjimeno, esta-

ción de la línea de Puente Genil, y esa línea secundaria debía pasar por Bujalance y Porcuna. Por creerse en Jaén, con mucho fundamento, que el empalme debía buscarse en Martos, se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea, tan apoyada por todas las entidades de Córdoba, de Pedro Abad á Martos, por Bujalance y Porcuna.

Decían de Córdoba que si el orden de preferencia en la propuesta debía fundarse en los rendimientos de cada línea, el primer lugar debía ocuparlo la que venía en segundo, la línea de la estación de Fernán-Núñez á la de Luque-Baena, por Espejo, Castro del Río y Baena. Se incluyó esta línea en el plan principal. Y se incluyó también la prolongación hasta Priego de Córdoba, importantísimo centro de población que está hoy aislado de la red ferroviaria andaluza.

En esa parte meridional de la provincia de Córdoba ya no se disponía de kilómetros para el plan principal, y por esta razón se incluyó en el adicional la línea de Lucena á Iznájar, por Rute, sección de la línea de Aguilar á Loja.

La propuesta provincial de Córdoba atendía únicamente á la parte llana, á la campiña, á la comarca que está mejor servida por los ferrocarriles de la red andaluza. La Comisión decidió atender también á la sierra, y por eso incluyó en el plan principal el ferrocarril de Hinojosa del Duque á la estación de Belalcázar, por Belalcázar, y en el plan adicional la prolongación de esta línea á empalmar, al Sur, con la que se ha de construir de Bélmez á Pozoblanco; sintiendo no poder incluir toda esa línea en el plan principal, por el angustioso regateo de kilómetros que tenía que hacer en cada comarca, por el límite de los 5.000 que le imponía la Ley de ferrocarriles secundarios.

. . . . . .

Como no se había podido incluir anteriormente en el plan de ferrocariles secundarios, la línea de Fernán-Núñez á Écija, por La Rambla, que venía propuesta de Córdoba, se aprovechó la ampliación del plan complementario para satisfacer los deseos de las personas influyentes de aquella comarca, y esta línea figura en el plan adicional.

***

La propuesta de la provincia de Jaén era bastante difícil de resolver

porque luchaba con aspiraciones de comarcas que se juzgaban preteridas. La línea más importante que se puede construir en aquella provincia es la de la Loma de Úbeda, la que partiendo de la estación de Baeza y pasando por Úbeda y Villacarrillo vaya á enlazar en Alcaráz con el ferrocarril de Valdepeñas á Requena. Pues bien; esta línea no venía en la propuesta, porque existe la concesión de un tranvía de 60 centímetros entre carriles que ha de recorrer la Loma. Se incluyó, á pesar de esto, en el plan adicional y convendría que el Ministerio de la Guerra se interesase por la construcción de línea de tanta importancia militar.

La línea citada al tratar de la provincia de Córdoba, de Pedro Abad á Martos, pertenece en sus dos terceras partes á la provincia de Jaén. En esta provincia se incluyeron otras dos líneas en el plan principal: la de Alcaudete á Alcalá la Real y la de Linares á La Carolina, que inicia la de Linares á Puertollano. El resto, ó sea la de La Carolina á Puertollano, va incluído en el plan adicional.

No me acaba de parecer bien esa línea de Puertollano á La Carolina, á pesar de todos los informes favorables que vinieron de las provincias de Jaén y de Ciudad Real. Se trata de un ferrocarril de costosa construcción y de una comarca escabrosa y despoblada. Esa línea tendría carácter exclusivamente minero, y para esto no se debe pensar en subvenciones, no se debe perseguir la inclusión de esa línea en el plan de ferrocarriles secundarios: las líneas exclusivamente mineras deben construirlas las Compañías que exploten las minas de las comarcas servidas por ellas.

Puertollano debe, sí, buscar la salida de sus productos, ó mejor dicho, debe tener la aspiración de servir de punto de arranque de una línea que le dé directa comunicación con el valle del Guadalquivir; pero esa comunicación directa, ese ferrocarril que se debe construir, no puede ser otro que el de Puertollano á Córdoba, y entonces sería este ferrocarril una sección de la importantísima línea directa de Madrid á Córdoba, por Ciudad Real.

. . . . . .

Queda estudiada toda la red secundaria de la Península. Las siete regiones ferroviarias, iguales en número, aunque no igualmente constituídas que las regiones militares, quedarían bastante bien servidas con

la construcción de todas las líneas incluídas en el plan principal de ferrocarriles secundarios, y mucho mejor si las Cortes ampliasen la red secundaria dando el carácter de adicional al plan complementario. De este modo podríamos contar con que nuestra red de ferrocarriles aumentaría dentro de algunos años en unos 5 ó 6.000 kilómetros.

Pasemos ahora á completar el estudio que venimos haciendo, indicando lo que se proyectó para las provincias de Baleares y Canarias.

Baleares.

El problema de la red secundaria para Baleares queda limitado á las islas de Mallorca y Menorca: todas las demás, por su poca extensión superficial, á excepción de Ibiza, no necesitan ferrocarriles, y la isla de Ibiza tiene concentrada la vida en la capital; no le hacen falta, pues, líneas férreas con necesidad imperiosa: en un plan más extenso que el actual tal vez pudiera incluirse alguna línea para Ibiza.

Palma, capital de Mallorca y de la provincia, es el centro natural de defensa de toda la isla: debe tomarse, pues, como centro ferroviario de Mallorca.

Se incluye en el plan principal de ferrocarriles secundarios la línea de Palma al puerto de Sóller, con el ramal á Establiménts.

La línea de Palma al estratégico puerto de Alcudia queda cortada en la Puebla: para terminar esta importantísima línea se incluye en el plan principal su prolongación, que es el ferrocarril secundario de Alcudia á la Puebla.

Y buscando el complemento de la red ferroviaria mallorquina, se incluye en el plan principal la línea de Artá á Manacor, punto en donde queda hoy cortada la línea de Palma. Y se incluye en el plan adicional el ferrocarril de Palma á Santany.

La defensa de Menorca exige la comunicación ferroviaria entre Mahón y Ciudadela, á fin de poder mover las tropas por el eje de la isla. Pues bien; se incluye en el plan principal de ferrocarriles secundarios el de Mahón á Ciudadela.

Los ferrocarriles propuestos para Baleares tienen una longitud de 130 kilómetros en el plan principal y de 53 en el adicional.

Canarias.

La vida del archipiélago de Canarias se concentra en las islas de Tenerife y Gran Canaria. A estas islas, pues, se reduce la red secundaria propuesta para aquella provincia por la Comisión.

En Tenerife, el problema es más difícil de lo que á primera vista parece. De Santa Cruz á La Laguna habrá unos cinco kilómetros en proyección horizontal y una diferencia de altitud de cerca de 800 metros. El desarrollo que necesita una línea que parta del puerto para ir á la Orotava es de gran importancia en la primera sección, en el trayecto de Santa Cruz á La Laguna, punto obligado de paso. De La Laguna á La Villa, en el valle de la Orotava, el problema se presenta muy sencillo, porque la línea irá suavemente por la ladera, sin necesidad de alejarse de los centros de población.

En La Villa vuelven á presentarse las dificultades para la bajada al puerto; pero el desarrollo resulta muy natural haciendo pasar la línea por los Realejos.

Pero se trata de un ferrocarril de tanta importancia y de rendimientos tan seguros, que la propuesta de Canarias ha sido acertadísima al poner en primer lugar la línea que se incluyó en el plan principal de Santa Cruz de Tenerife al puerto de la Orotava.

Debe buscar esta línea el desarrollo por el Monte Taco, y en la estación de este nombre tiene su arranque natural el ferrocarril de Güimar, destinado á servir el Sur de Tenerife. Y por conocer yo en detalle el problema de que se trata, propuse y fué aceptado por la Comisión que la otra línea de la isla que fué incluída en el plan adicional, se titulase de Güimar á la línea de Santa Cruz de Tenerife á la Orotava, en vez de titularse de Santa Cruz á Güimar: ahorramos así muchos kilómetros, por tener como punto natural de empalme la estación de Taco.

***

Se incluyó en el plan principal el ferrocarril secundario del puerto de refugio de la Luz á Agaete, y en el plan adicional el del mismo puerto á Telde, por Las Palmas. Estas dos líneas secundarias son de la isla Gran Canaria. La primera, la del plan principal, tiene gran importancia, y la tendría mucho más si se estableciese, una vez construído el ferrocarril, un servicio diario de vapores entre Agaete y Santa Cruz de Tenerife. El problema ferroviario en Canarias, siendo importante como es para la defensa de las grandes islas, por la comunicación que establece entre los puertos, no es, sin embargo, tan importante como el problema marítimo, como el servicio de vapores para una constante comunicación inter-insular.

Los ferrocarriles del plan principal propuestos para Canarias tienen una longitud de 102 kilómetros y 50 los del plan adicional.

COMPLEMENTO DE LA LEY

COMPLEMENTO DE LA LEY

Divisorias y costas.

La Comisión de ferrocarriles secundarios se ha encontrado muchas veces ante líneas importantes que no podía incluir por completo en el plan principal, por tener la absoluta seguridad de que no podían construirse con el escaso presupuesto que asigna la Ley como máximo de capital garantizado por kilómetro. Cuando se recorre un valle de abajo arriba, al terreno de la vega que está en la parte inferior, sucede, en la casi totalidad de los casos, un terreno de montaña que presenta grandes dificultades para la construcción de una vía férrea. El paso de las divisorias es un problema técnico muy delicado y un problema económico de gran importancia.

Si se trata de un puerto, nos encontramos en la generalidad de los casos con dos valles ó con dos cursos de agua que corren en sentido contrario, pero que están en prolongación el uno del otro. La pendiente en la parte alta del valle es mucho más pronunciada que en la sección inferior, pues el perfil de equilibrio es aproximadamente una curva parabólica con la concavidad hacia arriba, y el perfil, que es casi horizontal en la vega, va aumentando progresivamente en curvatura, y la pendiente se va haciendo cada vez mayor.

Un fenómeno de modelado del terreno contribuye á que el paso de las divisorias sea costoso. La erosión de los terrenos altos se convierte en sedimentación en los bajos. La erosión de la región superior produce aristas vivas. La sedimentación en la región inferior suaviza las formas, rellena huecos, ensancha el valle y nos da excelente explanación para construir el camino. Las facilidades que abajo encontramos contrastan con las dificultades con que arriba tropezamos.

Y si la cuestión técnica es tan distinta en las distintas regiones del

valle, no lo es menos en cuanto se refiere al rendimiento de la línea. En las vegas, en los valles bajos, están los pueblos importantes, está la riqueza de cultivos, está la riqueza de la comarca. En las crestas, en los valles altos, están las aldeas, los caseríos, los terrenos de pastos, los que no necesitan comunicaciones ferroviarias.

Resulta, pues, que el atravesar una divisoria desequilibra el presupuesto de construcción de una vía férrea. El coste de esa sección por kilómetro no estará en relación con el coste general de la línea. Por eso debe estudiarse cuidadosamente, al atacar el problema de la divisoria, si el aumento de presupuesto en esa sección difícil puede repartirse en el presupuesto total. Y solamente cuando exista la compensación, es cuando debe prolongarse la línea para unir los dos valles bajos que están en las opuestas vertientes de la cordillera. Se persigue el fin de que el presupuesto medio por kilómetro no rebase el límite que se marca para el éxito financiero de la Compañía constructora.

Pues bien; al encontrarse la Comisión ante una línea de esas que tienen una sección costosísima con relación á las otras, por tener que atravesar una divisoria; al estudiar la propuesta provincial que no atendía generalmente á la limitación de la red secundaria ni á lo escaso del capital garantizado; al compulsar las probabilidades de construcción de una línea con la importancia que tenía, lo mismo desde el punto de vista local que atendiendo á los intereses generales, no se ha podido por menos, en muchos casos, que dividir el ferrocarril propuesto en tres secciones, incluyendo en el plan principal las secciones que debían recorrer la vega y servir los valles bajos, y dejar para el plan adicional ó complementario la sección correspondiente á los valles altos, la que comprende el paso de la divisoria.

Y no quiere esto decir que la Comisión desechaba ese trozo difícil y que lo relegaba á segundo término teniendo la convicción de que nunca se había de construir; no es eso: lo que la Comisión quería indicar con la inclusión en el plan complementario de la sección costosa, es que reconocía la necesidad y la importancia de la línea, pero que no quería comprometer la construcción de los trozos fáciles; que no quería desperdiciar kilómetros de la limitada red secundaria, cuyo plan debía formar por mandato de la Ley.

La Comisión esperaba, al segregar las secciones excesivamente costosas del plan principal, que se podría resolver el problema de la construcción de la línea; y para esto pensaba en dos soluciones.

Puede suceder muy bien, y debe esperarse en muchos casos, que las secciones de los valles bajos desarrollen de tal modo el tráfico de las comarcas que recorran, que lo que al principio era un negocio de poca importancia, que sólo se defendía por la garantía del Estado, se convierta en una explotación que dé grandes rendimientos al capital empleado en la construcción de las secciones de las comarcas de la vega. Ese aumento de vida y de movimiento puede ser causa de que se busquen nuevos veneros de riqueza, y que aquel terreno alto y escabroso y abandonado de toda clase de cultivo, tenga en su seno material de transporte suficiente para que se haga pensar en la conveniencia de unir las dos secciones de la línea, atreviéndose á salvar la divisoria.

Y puede suceder también que, cuando una línea de esa clase, interrumpida en la sección montañosa por lo costoso de la construcción, sea de tanta importancia, desde el punto de vista del interés general, que el Estado y las Corporaciones oficiales de la comarca comprendan la imperiosa necesidad de la construcción de toda la línea, se llegue á una ley especial de subvención.

*
* *

Tomemos como ejemplo la línea de Guardiola á Rosas, propuesta por el general Espinosa y que la Comisión no quiso incluir en el plan principal á pesar de la brillante defensa del ponente y del apoyo que le dimos otros tres vocales de la Comisión. Se decidió por mayoría, y no por unanimidad, que la línea de Guardiola á Rosas se dividiese en dos grandes secciones. La de Olot á Rosas se incluyó en el plan principal de ferrocarriles secundarios; la de Olot á Guardiola se incluyó en el plan adicional.

Y para el estudio que queremos hacer, nos conviene dividir la sección de Olot á Guardiola en dos trozos: el de Olot á Ripoll y el de Ripoll á Guardiola, por la Pobla de Lillet. El primero exige una ley especial y el segundo no la necesita. El interés particular será bastante acicate para que se prolongue la línea de Manresa á Guardiola, por la Pobla de Lillet,

hasta Ripoll, á fin de enlazar, no sólo con la línea de Ripoll á Barcelona, sino con la internacional que por Puigcerdá ha de dirigirse al territorio francés.

Incluída en el plan principal la sección de Olot á Rosas, y dejando para la iniciativa particular el trozo de Guardiola á Ripoll, cuya construcción tiene grandes probabilidades de éxito, nos queda únicamente, para la ley especial de subvención, el trozo de Ripoll á Olot, que sería lo único que nos faltaría para completar la gran línea estratégica que enlazaría las posiciones de los altos valles del Llobregat y del Ter con el valle del Fluviá y con el golfo de Rosas. Y como en el orden administrativo y en la importancia comercial es esta línea absolutamente necesaria, se podría contar con el apoyo incondicional de la provincia de Gerona para llegar á la proyectada ley.

Para ir de Ripoll á Olot se puede elegir, si se cree más conveniente, el Col de Canas. La línea tendría una rampa de ascensión y una pendiente de descenso de un 3 por 100, con un túnel en la divisoria de dos kilómetros. Estos son datos del plano y perfil que llegaron á la Comisión, en cuyo plano resultaban 30 kilómetros para el trozo que estamos considerando. Pero como ese plano y perfil no formaban parte de un proyecto completo, sino que se hicieron únicamente como documento de información, podría resultar, tal vez, un mayor recorrido por buscar desarrollo para la línea á fin de suavizar la pendiente del 3 por 100.

Ni el túnel de dos kilómetros se había de evitar, ni el mayor desarrollo nos iba á proporcionar mejores condiciones económicas para la línea. Se impone, pues, la promulgación de una ley especial de subvención.

Esta subvención puede ser directa, en metálico, tomando como base el exceso de coste del trozo sobre las 50.000 pesetas por kilómetro, que es el capital cuyo interés de 4 por 100 garantiza el Estado.

Se podría también dar una subvención indirecta, una subvención de garantía, estudiando cuidadosamente el proyecto después de confrontado, y garantizando ese interés del 4 por 100 para el capital que se invirtiese en la construcción de todo el trozo que comprendía la ley especial, ó sea el de Olot á Ripoll.

Claro está que la ley debía establecer, como primera condición, que

dicho trozo quedaría incluído de hecho con carácter adicional y no supletorio á la red secundaria. Y como no conviene que haya sombras en estos asuntos de tanta importancia, aclararé mi idea diciendo, que ese carácter de adicional quiere decir que, en el caso de no necesitarse otra ley especial—que sí se necesita—la red secundaria tendría, además de los 5.000 kilómetros fijados, los 30 ó 40 que resultaran de la inclusión del trozo de Olot á Ripoll. A esto llamo yo tener carácter adicional y no supletorio. Es que se trata de complementar la Ley general de ferrocarriles secundarios.

* * *

No quisiera hablar en esta Memoria de nada que no se relacione de una manera directa con la red secundaria propuesta por la Comisión. Pero mis sentimientos patrióticos y mi obligación de atender á todo cuanto se relacione con la defensa nacional, me impulsan muchas veces á quebrantar mi propósito, porque no me juzgo con el derecho de callar lo que pienso cuando se trata de problemas de gran interés militar. Y uno de estos problemas es el de la comunicación ferroviaria del Valle de Arán con la cuenca del Noguera Pallaresa.

Venía propuesta de Cataluña la línea de Viella á Esterri, estación del ferrocarril internacional que, partiendo de Lérida, cruzará la frontera francesa por el puerto de Salou y pasará por Balaguer, Tremp y Sort. El general Espinosa, ponente de las provincias catalanas, en su penoso y difícil trabajo de selección, eliminó, con muy buen acuerdo, ese ramal de la general propuesta que iba á hacer á la Comisión de ferrocarriles secundarios. Y lo eliminó, porque indudablemente consideraba poco práctica la construcción de un ramal secundario que debía empalmar con un ferrocarril de dudosa realización, como es el internacional del Noguera Pallaresa. No habría Empresa que se atreviera á rematar la subasta del grupo en donde se incluyera el ramal de Viella á Esterri. Hizo muy bien en no dejarse sugestionar por consideraciones nacidas del ansia patriótica de establecer una comunicación ferroviaria entre el Valle de Arán y el resto del territorio español, pero ansia patriótica que no conducía á ninguna solución práctica.

Y si yo hablo de ese ramal de Viella á Esterri no es porque no esté completamente de acuerdo con la exclusión que hizo de él el general Espinosa; es porque estoy tratando de la necesidad de leyes especiales para atravesar divisorias, y creo conveniente dejar sentado mi criterio en lo que se relaciona con la comunicación del Valle de Arán con el resto del territorio español.

No sé si se construirá ó no el ferrocarril internacional del Noguera Pallaresa. Desde luego puedo decir que el resultado financiero de esa línea será desastroso si se construye la de Puigcerdá á Ripoll. La distancia de Toulouse á Tarragona, por Puigcerdá, Ripoll, Granollers y Barcelona, viene á ser la misma que la que existe entre Tarragona y Toulouse, por el puerto de Salou, Sort, Tremp, Balaguer y Lérida. La primera línea recorre una comarca riquísima, es de construcción poco costosa, y toca en el puerto de Barcelona, que sería el puerto de las Cerdañas francesa y española. La segunda recorrería una comarca pobre, casi no está iniciada la línea, y no serviría para la comunicación directa entre París y Barcelona. Es, pues, indudable que el ferrocarril internacional de la Cerdaña mata al del Noguera Pallaresa.

Pues supongamos que éste no se construya con carácter internacional y que el Estado no se resigne á que los partidos judiciales de Sort y Tremp no tengan comunicación ferroviaria con Lérida, capital de la provincia. Se proyectaría en ese caso un ferrocarril de vía estrecha de Balaguer á Viella, puesto que la comunicación está casi asegurada entre Lérida y Balaguer.

Y si esto sucediera, la sección difícil, la que haría fracasar el negocio sería la de Viella á Esterri. Y para este caso es para el que estaba especialmente indicada una ley de subvención. El paso del puerto de la Bonaigua exige un costoso túnel, y esa obra especial es la que debía servir de base para calcular la subvención. Aquí ya no nos encontramos con una sección difícil que podía dejarse ó no de construir; nos encontramos con un ramal de imperiosa necesidad, con una línea que debe construirse por dignidad, por patriotismo, por no empujar hacia Francia á una comarca española. Si la posición geográfica hace del Valle de Arán una comarca francesa, el derecho y el esfuerzo de los Poderes públicos debe hacerla prácticamente una comarca española. Y cuando la dignidad y el patrio-

tismo entran en juego, no puede España dejar de ser lo que siempre ha sido (1).

***

La Contraviesa es una cadena secundaria desprendida de la cordillera Penibética y paralela á Sierra Nevada, ó sea á la dirección general de la cordillera. El río Guadalfeo pasa por las cercanías de Órgiva, punto obligado—por la necesidad de buscar desarrollo—del ferrocarril de Granada á Motril.

Canjáyar está en el valle del Río Almería, y para trazar una vía férrea de Canjáyar á la capital ha de seguirse en un buen trozo una dirección paralela á la costa. Uniendo por una recta á Canjáyar con Órgiva nos encontramos con Ugíjar, cabeza de partido judicial de las Alpujarras, que está en la cuenca del río de Adra, cuyo valle corta la cadena secundaria, y separa la Contraviesa de la sierra de Gádor.

Órgiva, Ugíjar, Canjáyar y Almería jalonan una de las grandes secciones en que puede dividirse la estratégica línea de Almería á Málaga.

Pero esta sección debe dividirse en trozos, para que quepa prácticamente en la Ley de ferrocarriles secundarios. El trozo de Almería á Canjáyar puede tener vida propia: recorre una comarca de gran riqueza, y el trazado de la línea se desarrolla á lo largo del valle del Río Almería. El trozo de Órgiva á Lobras asciende por el valle del Guadalfeo y está en regulares condiciones económicas; pero desde Lobras á Canjáyar la cuestión varía por completo.

La construcción de una vía férrea en este trozo intermedio, en este trozo de unión entre los otros dos, es costosísima; obliga á salvar dos divisorias, la de Guadalfeo con el río de Adra y la de éste con el Río Almería. Con las 50.000 pesetas como máximo capital á garantizar por kilómetro no habría ni para empezar la construcción del trozo. Su inclusión en el plan principal de ferrocarriles secundarios podía comprometer la de los grupos de Granada y Almería. Se le incluyó, pues, en el plan

(1) El reciente conflicto producido por la concesión de ciertas franquicias á una proyectada fábrica de papel para el valle de Arán, hace ver la imperiosa necesidad de establecer comunicaciones fáciles entre aquella interesante comarca y el restó de la provincia de Lérida.

complementario: se iniciaba la sección de Almería á Órgiva por los dos extremos, y se reclamaba el auxilio de una ley especial, de una ley de complemento de la general, para hacer posible la construcción de todo el ferrocarril de Almería á Órgiva en condiciones aceptables desde el punto de vista económico.

Y esta ley especial de subvención conviene que la gestione el Ministerio de la Guerra, porque la estratégica línea de las Alpujarras no puede, no debe quedar interrumpida entre Lobras y Canjáyar.

La ley de subvención debía ser análoga á la que se promulgase para el ferrocarril de Ripoll á Olot. Podía ser una subvención directa, abonando el Estado la diferencia entre el presupuesto de establecimiento de la línea y el capital garantizado de 50.000 pesetas por kilómetro, ó una subvención de garantía, reconociendo todo el capital necesario para la construcción.

Y como segunda parte, como condición ineludible, la de incluir en el plan principal de ferrocarriles secundarios, en concepto de *a licional* y no de supletorio, el trozo de Lobras á Canjáyar. La limitación de la red secundaria á 5.000 kilómetros era una traba establecida por la Ley para la Comisión; pero otra ley podía aumentar ese número de kilómetros, podía *adicionar* un trozo, una sección, que fuese de reconocida utilidad.

***

Es muy bravía la costa del Mediterráneo en el Sudoeste de la provincia de Granada. La cresta de la sierra de Almijara está muy cerca de esa costa, y las estribaciones que lanza la sierra al mar son de gran pendiente, en unas partes, y acantilados de gran altura, en otras; acantilados que llegan hasta los 100 metros de elevación sobre el nivel del mar.

Pues, á pesar de todas esas dificultades naturales, es de absoluta necesidad construir un ferrocarril de costa de Málaga á Motril, porque se trata de una línea estratégica de primer orden y de un ferrocarril de colosal interés mercantil.

La zona que recorrería la línea de Almería á Málaga es una zona riquísima, que tiene gran densidad de población. La línea de Granada á Motril y al Varadero, perpendicular á la costa, con las paralelas de Almería á Órgiva y de Motril á Málaga, constituirían un grupo que pro-

mete grandes rendimientos al capital invertido en la construcción. Y como esa línea de tanto interés mercantil es, al mismo tiempo, un ferrocarril estratégico absolutamente necesario para la defensa de la costa del Mediodía, y es una preciosa base de operaciones sobre el Norte de África, en la parte que á nosotros nos interesa, nos encontramos ante uno de esos problemas en que están á la par el interés general y el local, y que exigen imperiosamente una solución favorable.

Tenemos incluídas en el plan principal de ferrocarriles secundarios las secciones de Almería á Canjáyar, de Lobras á Órgiva, de Órgiva á Motril—como parte de la línea de Granada—y de Maro á Torre del Mar. De Torre del Mar á Málaga es un trozo concedido con cuya construcción debemos contar.

Las dos secciones en donde se interrumpe la línea de Almería á Málaga son las de Lobras á Canjáyar y de Maro á Motril. Para la primera ya se ha propuesto la ley especial, y para la segunda hace falta otra ley de subvención.

Las líneas de costa, en secciones como la que consideramos, son de costosísima construcción y no caben en una ley como la de ferrocarriles secundarios.

Los barrancos aparecen encajonados por fuertes estribaciones á las que no puede ceñirse la línea, y hay que atravesarlas en túnel. Los acantilados serán casi siempre indicaciones de grandes profundidades en el pie, por esa constante relación que hay entre las pendientes del terreno que aparece al aire libre y el terreno sumergido. Los entrantes de la costa obligan muchas veces á la construcción de muros de sostenimiento, y entre túneles, puentes, escolleras y muros, se llega á un presupuesto que puede hacer fracasar el proyecto mejor estudiado.

Y estando la sección de Maro á Motril, en casi todo su recorrido, en condiciones como las expuestas, no era prudente incluirla en el plan principal de ferrocarriles secundarios, ligando á esta sección tan difícil de construir la suerte de otras líneas ó secciones de construcción más viable y de presupuesto no tan elevado.

Pero como la línea de Almería á Málaga no puede quedar interrumpida, se impone la ley especial de subvención para el trozo de Maro á Motril.

Ya no hace falta insistir en las bases en que debe fundarse ese proyecto de ley, puesto que esas bases quedan expuestas con claridad para las leyes especiales de los trozos de Lobras á Canjáyar y de Ripoll á Olot. Hay, sin embargo, algo que añadir á lo expuesto cuando se trate de líneas como la de Almería á Málaga ó como la del Ferrol á Pravia: hablemos de esta última y completaremos la idea de lo que conviene que sea una de las leyes especiales que, como complemento de la general, estamos estudiando.

***

Ya se ha dicho y se ha repetido el fundamento que tuvo la Comisión de ferrocarriles secundarios para no incluir en el plan ni para mencionar siquiera, cuando empezó su trabajo, la importantísima línea de Pravia al Ferrol. Se trataba de una línea que, por su incalculable valor estratégico y comercial, se salía de los límites en que debe estar comprendida la red secundaria, y su inclusión en el plan antes la perjudicaba que la favorecía.

Claro está, que el no incluir la Comisión de ferrocarriles secundarios en el plan la línea del Ferrol á Pravia, fué porque tenía el convencimiento de que han de llegar á feliz resultado las gestiones practicadas para que se vote para ella una ley especial de subvención.

No cabe duda de ningún género de que la subvención más beneficiosa para el Estado, en el caso particular de esta línea, es la subvención indirecta, la de garantizar un interés del 4 por 100 al capital invertido en el establecimiento del ferrocarril de Pravia al Ferrol. O de otro modo; esa subvención no debía ser otra que la que se dispone en la Ley de ferrocarriles secundarios, con la única diferencia de que, en vez de reconocer un capital garantizado, por kilómetro, de 50.000 pesetas como máximo, se reconociese todo el capital necesario para el establecimiento de la línea. Si este capital era de 100 ó de 150.000 pesetas por kilómetro, en vez de garantizar un rendimiento mínimo de 2.000 pesetas por kilómetro, garantizaría el rendimiento mínimo de 4 ó de 6.000 pesetas, ó sea, en todos los casos, una garantía de 4 por 100 para el capital representado por el presupuesto de establecimiento.

Pero con lo indicado no bastaba para confeccionar el proyecto de ley

de subvención; y lo que voy á exponer será aplicable á todas las leyes especiales que se voten para líneas de gran importancia militar y comercial, como son la de Pravia al Ferrol y la de Almería á Málaga.

Estas dos líneas no pueden considerarse como ferrocarriles secundarios; no puede admitirse para ellas el aprovechamiento de carreteras; no debe consentirse que se construyan en malas condiciones de solidez; deben, en una palabra, ser líneas de gran capacidad de tráfico y que por su plano, por su perfil, por los detalles de su construcción, entre ellos el peso del carril y la separación y escuadría de las traviesas, y por el material móvil, permitan formar largos trenes y alcanzar grandes velocidades. Y estas condiciones deben consignarse en la ley especial de toda línea que se encuentre en este caso, pues un ferrocarril de vía estrecha que no tenga pendientes superiores al 2 por 100, aunque tenga curvas de 120 metros de radio, como disponga de buen material móvil podrá transportarlo todo: la poca separación entre los ejes permite cargar grandes pesos en los vagones.

Con lo que se acaba de exponer quedan sentadas todas las bases que deben servir de fundamento á las leyes especiales que se voten para facilitar la construcción de líneas que sean de gran valor estratégico y que prometan grandes rendimientos, como son la de Almería á Málaga y la de Pravia al Ferrol.

* * *

Estoy tratando todo lo relativo al complemento de la ley, y acabo de considerar dos de los casos que pueden ocurrir: uno de ellos es el que trata de leyes especiales de subvención para líneas incluídas en el plan adicional de ferrocarriles secundarios, como las de Olot á Ripoll, de Lobras á Canjáyar y de Maro á Motril; y el otro caso es el de líneas que no figuran en el plan adicional ni tampoco en el principal (1). Pues bien; voy á considerar un tercer caso, y es el de una línea que esté incluída en el plan principal, que tenga una sección de construcción costosa, y que, aunque con probabilidades de éxito, se abriguen temores de que fracase el proyecto á causa de esa sección que tantas dificultades presenta. Y una

(1) Ya se ha dicho que el ferrocarril de Pravia al Ferrol se incluyó en el plan adicional de ampliación.

línea-tipo, para este caso, es la de Burgos á Ontaneda, con el ramal de Trespaderne á Miranda de Ebro.

Ya digo, al tratar de los ferrocarriles secundarios de la provincia de Burgos, en la región Vasco-Castellana, que las dudas que tenía sobre la posibilidad de construcción de la citada línea, las desvaneció el Sr. Gorbeña con su indiscutible autoridad en todo cuanto se refiere á la cuestión ferroviaria de la vertiente septentrional de la cordillera Cantábrica. Pero tiene tanta importancia militar esa línea de Burgos á Ontaneda, con el ramal de Trespaderne á Miranda, que no puedo menos de volver á ocuparme de ella.

No puede consentir el Ministerio de la Guerra que quede fuera de concurso en la subasta esa línea de tanto valor estratégico, por los temores que infunda á las empresas el descenso del gran escalón cantábrico desde el puerto del Escudo—si es éste el elegido—hasta el enlace en Ontaneda con el ferrocarril santanderino. El puerto del Escudo tiene una cota de 989 metros, y está Ontaneda á unos 200 metros sobre el nivel del mar. Nos encontramos, pues, ante el problema técnico de trazar una línea, con pendiente del 2 por 100, entre dos puntos que distan en línea recta 20 kilómetros; y como la diferencia de altitud de estos dos puntos es de 800 metros, nos obliga á buscar un desarrollo de 20 kilómetros más, desarrollo que tal vez se encontrará en las laderas de los valles transversales al valle principal de Pas. Y si no se quiere tanto desarrollo será preciso admitir una línea con pendientes superiores al 2 por 100, línea que no puede admitirse para la directa comunicación ferroviaria de Burgos y Santander.

Y nos encontramos ya ante el problema económico, consecuencia lógica y natural del problema técnico.

La línea de Burgos á Ontaneda podría construirse con fuertes pendientes en la sección costosa, porque la auxiliarían la Diputación provincial de Burgos y la Compañía del ferrocarril de Ontaneda; pero el Ministerio de la Guerra no puede conformarse con esa solución y gestionará, indudablemente, que esa línea se construya en condiciones de gran tráfico y con pendientes máximas del 2 por 100. Se impone, pues, una ley especial de subvención para un trozo de la línea de Burgos á Ontaneda. Y esa ley debe tener por base el reconocimiento de capital garantizado

tal como lo establece la Ley de ferrocarriles secundarios; pero este capital tendrá el aumento que exija el mayor coste de construcción del trozo comprendido entre el puerto del Escudo y el valle de Pas, sujetándose el proyecto á las condiciones técnicas impuestas por la ley especial de subvención.

***

Otra línea existe en el plan principal de ferrocarriles secundarios que, en parte, está en las mismas condiciones que la de Burgos á Ontaneda, y esa línea es la de Alcañiz á Vinaroz, por Morella.

La traza desde la cuenca del Guadalope á la zona de la costa ha de ser de difícil y costosa construcción. No creo conveniente para los intereses militares que la línea estratégica del Maestrazgo sea un tranvía de vapor ó un ferrocarril eléctrico de grandes pendientes; es preciso que esa línea esté construída como las mejores de su clase, y tal vez, si se exigen estas condiciones para ella, quede desierta la subasta por falta de postor, quedándonos sin esa importantísima línea militar. Y esto hay que evitarlo á toda costa.

Para asegurar la construcción de la línea de Alcañiz á Vinaroz, por Morella, creo que bastaría con incluir, por medio de una ley especial, un ferrocarril secundario con carácter de adicional que partiese de Montalbán y enlazase con la citada línea estratégica (1). Si el ferrocarril de Montalbán pasaba por la cuenca carbonífera de Gargallo, se daría vida propia á la línea de Vinaroz, y tal vez no hiciese falta ley especial de subvención. Pero si aun así no se lograba rematante en la subasta de esa línea de Vinaroz, convendría hacer el último esfuerzo, y reconocer en la sección de construcción costosa un mayor capital garantizado de lo que dispone la Ley general de ferrocarriles secundarios. Y ese aumento de capital garantizado debía ser el que excediese en esa sección difícil de 50.000 pesetas por kilómetro.

Todo, todo debe hacerse antes que consentir que quede sin comunicaciones ferroviarias el importantísimo núcleo montañoso del Maes-

(1) La línea de Vivel á Monroyo, incluida en el plan adicional ó supletorio de ampliación, viene á resolver este problema.

trazgo, llave militar de la comarca bajoaragonesa y de la provincia de Castellón.

* * *

Para terminar esta exposición de lo que yo creo que podía ser complemento de la Ley de ferrocarriles secundarios en lo relativo á divisorias y costas, tengo necesidad de ocuparme de otra línea que, aunque es de importancia militar, no debe, en mi concepto, ser motivo de ninguna ley especial de subvención. Se trata del ferrocarril de Teruel á Cuenca, por Tragacete. Bastante subvención tiene esta línea con la inclusión en el plan principal de ferrocarriles secundarios.

La comunicación militar entre Teruel y Cuenca, por lo que respecta á la concentración de las reservas de la costa de Levante, debe buscarse por Landete, no metiéndose en los laberintos del nudo de Albarracín. Por la Muela de San Juan, por los Montes Universales, por las fuentes del Tajo y del Guadalaviar y por las del Júcar y Cabriel, solamente puede admitirse una comunicación secundaria, un ferrocarril eléctrico de grandes pendientes, una línea, en fin, que sirva de auxiliar al movimiento de las columnas volantes para la lucha de guerrillas, pero nunca para el transporte de fuerzas de importancia. Eso no lo permite la traza del ferrocarril secundario, verdaderamente secundario, de Teruel á Cuenca, por Tragacete. O éste es un ferrocarril eléctrico de pendientes del 7 por 100, aprovechando los saltos de agua de la comarca y destinado á descuajar los bosques de la sierra de Albarracín, ó será una de las líneas que quedarán desiertas en la subasta y que servirán para que haga su papel el plan supletorio.

* * *

Podría insistir en esta sección de la Memoria sobre las líneas de Sabiñánigo á Boltaña, de Pamplona á Pasajes, por Leiza, y de Burgos á Soria; pero no creo necesario hacerlo, por las razones que voy á exponer.

La primera línea, la de Sabiñánigo á Boltaña, por Fiscal, debe formar parte del estudio que se haga para acercar á la frontera de los Pirineos la línea propuesta de Boltaña á Puigcerdá, por Tamarite y Balaguer. Este es un estudio de gran importancia que sólo puede hacerse en el terreno.

De la línea de Pamplona á Pasajes, por Leiza, ya expuse mi opinión al ocuparme de la prolongación del ferrocarril de Logroño á Pamplona, por Estella. Es línea que exige también mucho estudio, y no creo oportuno entrar en detalles porque no estoy en posesión de suficientes datos. Estos problemas de tanta importancia no deben tratarse á la ligera.

Y de la línea de Soria á Burgos poco me atrevo á decir. Si se construye la sección de Soria á San Leonardo y se encuentra en las entrañas de aquella sierra materia de transporte, deberá pensarse en una ley especial de subvención que nos permita abrigar la esperanza de tener una línea directa de Burgos á Soria y á Calatayud; pero si no se construye esa primera sección, no es fácil que el Estado se empeñe en que se realice el proyecto de Soria y Burgos. Más importante sería vencer cuantos obstáculos se presentasen para que se construyera el ferrocarril de Aranda de Duero á Burgos, que es mucho más importante, aunque solamente nos dé una comunicación indirecta entre Soria y Burgos.

Puentes.

Las leyes especiales de subvención para los ferrocarriles secundarios que deban salvar una divisoria, se referirán casi siempre á trozos ó á secciones difíciles que hagan subir mucho el presupuesto de construcción. Cuando esas leyes especiales se voten para facilitar el paso de los grandes ríos, se referirán á obras determinadas, á puentes de gran luz ó de gran altura, á viaductos que tengan cimentación difícil, á toda clase de obras que sirvan para unir las orillas opuestas de un curso de agua y cuyo coste no esté en relación con el coste general de toda la línea.

Se incluyeron en el plan principal de ferrocarriles secundarios las líneas de Santiago á Orense y de Orense á la frontera portuguesa; y este ferrocarril de Santiago á la frontera se dividió en las dos grandes secciones citadas, para no obligar á construir un puente sobre el Miño. Aprovechando el puente de fábrica de la carretera se establecería una comunicación que serviría para unir las dos secciones de la línea, para que tomásemos como una sola línea sin interrupción la de Santiago á la frontera portuguesa, por Orense y Verín; pero si este ferrocarril se construye de

tal modo que pueda incluírsele en el grupo de ferrocarriles de gran capacidad de tráfico, entonces ya no será conveniente aprovechar ningún trozo de carretera ni será propio el aprovechamiento de un puente.

Y aquí ya se presenta el problema de la ley especial de subvención. Si la línea se construye como un tranvía de vapor, no merecerá que se la auxilie para la construcción del puente, pues bastante tendrá con el de la carretera. Pero si la línea es de gran capacidad de transporte; si está sólidamente construída; si puede equipararse á las de interés general, convendría prestarle algún auxilio y facilitar la unión, á través del Miño, de las dos grandes secciones en que está dividida, unión que debe verificarse por un puente que no esté destinado al tránsito público.

Esta subvención puede ser, como en todos los demás casos que se trataron, directa, en metálico, ó subvención de garantía del interés del capital invertido en una obra determinada, en la construcción del puente sobre el Miño.

Puede decirse, aclarando este punto, que la subvención de garantía debe consistir en reconocer como capital garantizado con el interés del 4 por 100, no sólo el que represente toda la línea á 50.000 pesetas por kilómetro, sino también el invertido en la construcción del puente. El aumento de tráfico que la línea tendría con la unión de las dos grandes secciones en que estaba dividida, compensaría con creces el aumento de capital garantizado ó el aumento de intereses que el Estado garantizaba.

*
* *

En Badajoz se presenta un caso parecido al de Orense. Badajoz está emplazado en la izquierda del Guadiana, como está emplazado Orense en la izquierda del Miño. La línea del Guadiana corre frente á Badajoz por la margen derecha del río, y por la margen derecha del Miño corre, frente á Orense, la línea gallega. El ferrocarril de Badajoz á Fregenal de la Sierra no podrá empalmar con la línea general si no aprovecha el puente de la carretera ó si no se construye otro para uso especial del ferrocarril de Fregenal, caso análogo al del ferrocarril de Verín á Orense, para empalmar con la línea del Miño. Se impone, pues, una ley especial de subvención para facilitar el paso del Guadiana en Badajoz, á fin de empal-

mar con la línea general el ferrocarril de Fregenal y de preparar la prolongación de éste hasta San Vicente de Alcántara, trozo ó sección que está incluído en el plan adicional de ferrocarriles secundarios. Y esta ley especial se impone, porque la línea de Fregenal de la Sierra á Badajoz sería de gran tráfico y no podríamos considerarla nunca como un tranvía de vapor.

*
* *

No se parece á ninguno de estos dos casos el que se nos presenta en Toledo; aquí no sólo no se impone una ley especial para facilitar el paso del Tajo, sino que si se subvencionara la construcción del puente se derrocharía el dinero del Estado.

Vino propuesta de Toledo una línea de Alcázar de San Juan á Bargas, estación del ferrocarril de Madrid á Cáceres y Portugal. Esta línea se dividió en tres secciones. Una de ellas, que se incluyó en el plan principal, la de Toledo á Bargas, se hizo independiente de las otras dos: su objeto es poner en comunicación con Toledo la línea general del Tajo. Esta línea corre por la margen derecha del río, y en ese mismo lado está la capital, en donde debía terminar: no necesita, pues, que se construya ningún puente.

La sección de Toledo á Madridejos se incluyó en el plan principal, y en el adicional la de Madridejos á Alcázar. Estas dos secciones de una misma línea, que es la de Alcázar de San Juan á Toledo, nada tienen que ver con la de Toledo á Bargas. El enlace de estas dos líneas es completamente inútil, y una ley especial de subvención para construir un puente sobre el Tajo sería un derroche que el Estado no debe hacer.

*
* *

La línea incluída en el plan adicional de San Vicente de Alcántara á la estación de Río Tajo, por Alcántara, debe cruzar el Tajo por el magnífico puente que existe en esta antigua plaza. No puede ser esta línea de gran tráfico, ni ese puente de Alcántara será obstáculo, por el mucho tránsito, para el paso de un ferrocarril secundario. Por esta razón debemos, en este caso como en los que tengan alguna analogía con él, desechar la idea de una subvención para puente especial, que no hay necesidad de construir.

Y caso análogo se nos presenta en la línea de Boltaña á Tamarite, por Estada. Eligió el general Espinosa, ponente de Huesca, á Estada como punto obligado para la línea, teniendo en cuenta el puente de fábrica allí construído, que sirve perfectamente para dar paso al ferrocarril de una á otra orilla del Cinca. Y como se trata de una línea que no ha de tener en esa sección gran tráfico y se trata de un puente que no ha de interrumpir la ordenada marcha de los trenes, se ha encontrado una solución económica para la construcción de la línea y no se plantea un problema de ley especial de subvención.

***

Todos los casos expuestos sobre el paso de ríos importantes se refieren á líneas que están incluídas en el plan de ferrocarriles secundarios. Examinemos ahora otro caso en que se trata de una línea que no viene incluída en el plan, pero línea que yo juzgo necesaria, tanto desde el punto de vista militar como de los rendimientos que promete al capital invertido en la construcción; me refiero al ferrocarril de Fraga á Montalbán, por Caspe y Alcañíz (1).

Y digo Fraga y no Lérida, porque la línea de unión entre estos dos puntos ya está incluída en el plan adicional de ferrocarriles secundarios.

Pues bien; si el estudio del proyectado nudo de Montalbán se hiciese por el Ministerio de la Guerra y se decidiese gestionar una ley especial de inclusión en el plan de ferrocarriles secundarios de un ramal desde Montalbán á la línea de Alcañíz á Morella y de otra línea de Alcañíz á Fraga, por Caspe, quedaría incompleta la solución si no se incluyese en la propuesta una ley especial de subvención para construir el puente sobre el Ebro. La línea tendría vida propia; pero si quedaban cortadas en Caspe las dos secciones, ni esa línea serviría para la concentración sobre la frontera, ni serviría para la retirada de Lérida al Maestrazgo y al Bajo Aragón, ni serviría para que el tráfico adquiriese la importancia que se está en el derecho de suponer. Se impondría, pues, para esta línea una ley especial de subvención, á fin de asegurar el paso del Ebro.

---

(1) Esta línea se propuso luego en el plan adicional de ampliación.

Acortamientos.

La red principal de los ferrocarriles españoles está constituída por líneas que tienen una anchura entre carriles de $1^m,67$. A esta red principal deben subordinarse todas las demás: ella es la base del sistema ferroviario español.

Pero los ferrocarriles de vía ancha ó normal, subvencionados todos, con rarísimas excepciones, no constituyen una red perfecta; no sirven como debían servir los intereses generales del país; no ponen en comunicación directa con la capital de España á las regiones alejadas del centro; no facilitan los transportes y encarecen las mercancías; no responden, en fin, á lo que tiene derecho una nación cuyo presupuesto quedó esquilmado con los cuantiosos capitales que se invirtieron en subvencionar con largueza á las Compañías extranjeras que construyeron la red principal de ferrocarriles.

Las deficiencias de la red principal ferroviaria quedarían atenuadas, y en parte corregidas, con la construcción de las líneas que figuran en el plan general y que no están todavía construídas; pero aun con todo esto no estarían á salvo los intereses de la defensa nacional, que requieren una red principal completa, una red que sirva de base á todas las demás, á fin de que constituya un conjunto perfecto el sistema ferroviario del territorio nacional.

Y esas deficiencias, esos defectos de la red principal no pueden remediarse con una ley de ferrocarriles secundarios.

No es solución para la línea directa de Madrid á Valencia proponer un ferrocarril secundario, casi un tranvía de vapor, de Cuenca á Utiel. Sería una ficción, y con las ficciones no se favorecen los intereses generales del país. La línea directa estaría en el mapa, pero no estaría en la explotación de un ferrocarril que tendría los trasbordos de Utiel y de Cuenca. Dos líneas de vía normal, unidas en el sentido de su longitud por un ferrocarril secundario, constituyen una solución inadmisible.

La defensa de la costa de Levante exige imperiosamente la construcción de un ferrocarril de vía ancha de Utiel á Cuenca, pues Cuenca, Te-

ruel y Morella son centros estratégicos de gran importancia para colocar las reservas del ejército que defienda dicha costa de Levante. Se impone, pues, la comunicación ferroviaria directa entre Cuenca y Valencia; y dado el importantísimo papel de esa línea, no puede admitirse para ella un ferrocarril secundario, sino uno de vía normal.

Considerada la cuestión desde el punto de vista de los intereses locales, no cabe dudar de la importancia de esa línea, por ser Valencia el puerto natural de toda la provincia de Cuenca, y esto exige la construcción de un ferrocarril de vía normal, para evitar el trasbordo de Utiel.

Y si extendemos más el campo de nuestras consideraciones, y de los intereses locales pasamos á los intereses generales del país, nos encontraremos con que ese ferrocarril de vía ancha de Utiel á Cuenca nos daba una línea continua de Madrid á Valencia, además de la que hoy tenemos por La Encina.

La solución práctica para la construcción del ferrocarril de Utiel á Cuenca no puede ser otra que la de buscar un acuerdo del Gobierno con las Compañías del Norte y del Mediodía, con las dos ó con una de ellas solamente, á fin de que se encargasen de esa tan necesaria unión de los ferrocarriles de Aranjuez á Cuenca y de Utiel á Valencia: esta unión serviría para que estas líneas tuvieran el tráfico que deben tener, saliendo de la vida precaria que van arrastrando esas dos grandes secciones de la estratégica vía férrea de Aranjuez, Cuenca, Utiel, Valencia.

Convendría que el Ministerio de la Guerra, atendiendo á la gran importancia militar de esa línea de Utiel á Cuenca, tomase la iniciativa para que el Gobierno hiciese todo lo posible al objeto de llegar á un acuerdo con las Compañías del Norte y Mediodía, acuerdo que sería la única solución práctica para que se construya el ferrocarril de vía ancha de Utiel á Cuenca.

***

Para que tuviese la costa de Levante una línea continua de gran importancia militar desde Almería á Portbou, deberían construirse dos ramales de ferrocarril de vía ancha, que servirían para la rectificación de esa gran línea estratégica de la costa. Uno de los ramales es el de Alicante á empalmar con el ferrocarril de Alcoy á Játiva, en el punto más

conveniente: tal vez el estudio detallado del proyecto indicaría que Onteniente había de ser la estación de empalme.

El otro ramal sería el de Huércal-Overa á empalmar en donde conviniese con la línea de Almería á Linares. Es casi seguro que fuese Gádor la estación elegida.

Para la línea directa de Alicante á Valencia, ó sea para el ramal de Alicante á Onteniente, el acuerdo del Gobierno debía establecerse con la Compañía del Norte, por ser ésta la propietaria de la línea de Alcoy, Játiva, Valencia.

Para el ramal de Gádor á Huércal-Overa, por Sorbas y Cuevas de Vera, las negociaciones deberían ser con las Compañías de Almería á Linares y de Murcia á Granada.

Como se trata de rectificar una línea estratégica de gran importancia, salta á la vista la conveniencia de que fuese el Ministerio de la Guerra el que tomase la iniciativa, llamando la atención del Gobierno sobre la necesidad de entablar las correspondientes negociaciones.

Y sobre esto del acuerdo con las Compañías de ferrocarriles de vía ancha en explotación conviene insistir, porque sólo en esta forma se encontrará una solución práctica para todo aquello que represente una rectificación de nuestra red general de vías férreas. Y la razón es muy sencilla: una Compañía independiente caminaría á segura ruina si la línea que construyera empalmase en sus dos extremos con líneas de otras Compañías: no tendría más fuente de ingresos que el tráfico local, y este tráfico no da lo bastante para un ferrocarril de vía ancha. Se impone, pues, si se desea la rectificación de la red de vías férreas, llegar á un acuerdo con las Compañías ferroviarias. A mano tendrá el Gobierno medios de obligar á las Compañías á que faciliten ese necesario acuerdo.

***

Dije ya en otra sección de la Memoria, que la Comisión de ferrocarriles secundarios, ó, mejor dicho, la primera Subcomisión, le daba tanta importancia al ferrocarril de Requena á la estación de Baeza, por Albacete, Alcaráz y la Loma de Úbeda, que temía incluirlo en el plan que se estaba formando, por si se daban facilidades para construir una línea secundaria que fuese un obstáculo para la futura construcción

de un ferrocarril de vía ancha entre Albacete y Baeza, ferrocarril que nos daría una línea estratégica y comercial de primer orden entre Portbou y Cádiz, por Barcelona, Valencia, Albacete, Baeza, Córdoba y Sevilla.

Se incluyó, sin embargo, en el plan principal la línea de Alcaráz á Requena, y por falta de kilómetros que adjudicar á la provincia de Jaén, pasó al plan adicional ó complementario la prolongación de esta línea, ó sea la de Alcaráz á la estación de Baeza.

Y aquí puede entrar la acción del Ministerio de la Guerra si se cree oportuno, si se cree necesario ese acortamiento, esa rectificación de la línea de Albacete á Baeza, por Alcázar de San Juan. Tiene esta línea un recorrido entre los dos puntos citados de 298 kilómetros. Tendríamos un ahorro de cerca de 100 kilómetros con la construcción del ferrocarril de la Loma; pero aunque esta economía de distancia subsistiera siempre con vía ancha y con vía estrecha, los intereses militares y los comerciales de la Loma de Úbeda no estarían igualmente defendidos con una ó con otra solución.

Para que se construya de vía ancha el ferrocarril de Albacete á Baeza existen dos soluciones: una de ellas consiste en llegar á un acuerdo con la Compañía del Mediodía para que se encargase ésta de la construcción de la línea; la otra solución, que no deja de ser práctica, es llegar á una ley especial de garantía reconociendo el capital necesario para el establecimiento de la línea, con la condición de que sea de vía ancha. El aumento que esa ley especial llevaría á lo que se hubiera presupuesto para garantía de los capitales invertidos en la red secundaria constaría de dos partes: sería la primera el 4 por 100 de interés de la diferencia de capital garantizado por la ley especial en la sección de Alcaráz á Albacete, y el que resultase del que garantiza la Ley general, que es el de 50.000 pesetas por kilómetro. Y en la sección de Alcaráz á Baeza entraría como aumento el interés de todo el capital que la ley especial garantizase. Aún podría disminuirse este segundo aumento si quedaba desierta alguna subasta y entraba como supletorio el ferrocarril de Alcaráz á Baeza. En este caso, el aumento total sería la diferencia de capital garantizado en toda la línea, ó sea el de 50.000 pesetas por kilómetro, y el que correspondiese al coste efectivo de establecimiento al transformarse la vía estrecha en vía ancha.

No sería muy costosa la línea de Albacete á Baeza, aunque se hiciese de vía normal; casi toda ella estaría en la Mancha, y solamente en una sección encontraríamos terreno malo.

La diferencia de coste de una línea de vía ancha y una de vía estrecha no consiste precisamente en el cambio de carril, en la mayor longitud de traviesas, en la mayor anchura de la explanación. Esta diferencia sería de las que se sujetan á una proporción geométrica: dado el coste del kilómetro de vía para los dos sistemas, encontraríamos inmediatamente el aumento del presupuesto de construcción. Y el problema no se reduce á esto. La vía estrecha permite curvas que no son admisibles para la vía ancha, y no puede ceñirse la línea al terreno cuando éste es montuoso, con curvas de 300 metros de radio, como se ciñe cuando estas curvas pueden tener un radio de 120 metros. Todo esto se traduce en aumento de recorrido de la línea, y, por lo tanto, en aumento de gasto en el presupuesto de construcción y aumento de precio en el transporte de mercancías y en los billetes de viajeros. Y además del mayor número de kilómetros de la línea, viene gravado el presupuesto de construcción con el incremento que toma el movimiento de tierras y la mayor importancia de las obras de fábrica.

Pues bien; esa gran diferencia de coste que hay entre una línea de vía ancha y otra de vía estrecha, no es aplicable al ferrocarril de Albacete á Baeza más que en una pequeña parte de su recorrido. Las estribaciones de la sierra, ó sea el paso de la Loma á la Mancha, influiría en el aumento de presupuesto; pero el resto de la línea casi no tendría más influencia que el proporcional aumento de lo que cuesta un kilómetro de vía ancha y un kilómetro de vía estrecha.

Puede decirse, en resumen, que conviene una ley especial para que el ferrocarril de Albacete á Baeza sea de vía ancha, y en el caso de no poderse conseguir solución tan favorable, imponer á la Compañía constructora, á cambio de alguna ventaja, la condición de que no pueda emplear curvas de menos de 300 metros de radio ni pendientes mayores del 2 por 100. Si la línea se construyese en esta forma, podríamos abrigar la esperanza de que más adelante, cuando se adquiriese el convencimiento de que línea de tanta importancia no debe ser de vía estrecha, por obligar á trasbordar en Albacete y

en Baeza, se la transformara dándole la anchura de las líneas de la red general.

***

Escribí yo hace cuatro años una Memoria sobre ferrocarriles estratégicos, y copiaré en ésta todo lo que expuse sobre una línea de rectificación que tendría gran importancia militar.

«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 esta línea, 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 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 da una distancia hasta Córdoba de 338. 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, y porque no le resulta mal obligar á los viajeros y mercancías á un recorrido de 442 kilómetros, cuando bastaba uno de 338.»

Pues esto que escribí hace tres años sigue siendo de actualidad. Tal vez sería oportuno que el Ministerio de la Guerra tomase la iniciativa para hacer fijar la atención del Gobierno en asunto de tanta importancia, pues una resolución favorable nos daría la comunicación directa de Madrid con Andalucía, y haría de Puertollano un centro ferroviario de gran valor militar.

***

Entre las líneas estratégicas que tienen gran importancia para los intereses generales del país, y cuya interrupción causa grandes perjuicios y denuncia el defectuoso sistema que hemos seguido para el trazado y construcción de la red ferroviaria española, se destaca la directa de Madrid á Pamplona, interrumpida en Soria para continuar en Castejón.

Copiaré lo que sobre esa importantísima línea dije en mi Memoria *Ferrocarriles estratégicos*, pues nada tengo que modificar de lo que escribí hace cuatro años.

«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. . . . . .

Soria es posición importantísima cuyo papel militar cae de lleno en la región aragonesa. . . . . .

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, 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 algo molesto 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 Almería á Linares. Después de muchos contratiempos 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 es 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 caído 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.

. . . . . .

«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.»

Algo más decía de esta línea; pero con lo dicho creo que hay suficiente base para explicar las razones que tenía, al insistir sobre la importancia del ferrocarril de Soria á Castejón.

Para completar las ideas sobre la importancia de esta rectificación de la red ferroviaria principal, consignaré algunos datos que no dejan de tener interés.

Si vamos de Madrid á Pamplona por la línea del Henares, tendremos que recorrer para ir á Castejón 406 kilómetros. Y serían 340 los que tendríamos que recorrer si estuviese construído el ferrocarril de Castejón á Soria. El ahorro de recorrido sería de 66 kilómetros, ahorro que no es despreciable y que conviene tener en cuenta.

La solución que debemos buscar para la rectificación de la línea Madrid-Pamplona no es tan sencilla como las indicadas para otras líneas. Pero como se trata de un asunto de gran importancia, no me considero con el derecho de eludir esta cuestión.

El ferrocarril de Alcuneza á Soria no pertenece á ninguna de nuestras grandes compañías ferroviarias; es de una compañía independiente, que explota una línea de poco tráfico por estar cortada en Soria.

Se ha construído un ferrocarril minero de Castejón á Ólvega, por Ágreda, que en gran parte de su recorrido coincide con el trazado natural de la línea de Soria á Castejón. Debía, pues, buscarse un acuerdo entre el Gobierno, la Compañía de Alcuneza á Soria y la de Ólvega á Castejón, para que se construyese el ferrocarril de Castejón á Soria, dando así á la concentración sobre el Ebro grandes facilidades.

Esta es otra de las iniciativas que podría tener el Ministerio de la Guerra.

***

Ligado con el ferrocarril de Soria á Castejón está el ramal de acortamiento de Irurzun á Tolosa. Ya se estudió el problema de la línea de Jaca á Pasajes, exponiendo los gravísimos inconvenientes de que formen una sola línea las dos grandes secciones en que se divide: la de Jaca á Pamplona, de una parte, y de otra, la de Pamplona á Pasajes. Respecto de la primera, ya se indicaron las dos soluciones que existen; y para la segunda, no tan importante como la otra, por disponer de la línea Pamplona, Alsasua, Zumárraga, Tolosa, Pasajes, ya se indicó la conveniencia de matar el ángulo de Zumárraga construyendo el ramal de Irurzun á Tolosa.

Construído este ramal de vía ancha, tendríamos un ahorro de recorrido de 51 kilómetros en la comunicación de los campos atrincherados de Pamplona y Oyarzun. Y si tomamos en cuenta la distancia de Madrid á Pasajes comparándola con la que hay por Casetas, Castejón, Pamplona y Alsasua, tendremos un ahorro de recorrido de 117 kilómetros. Y si la comparación de distancia se hiciese con la línea general del Norte, el ahorro de recorrido sería solamente de 100 kilómetros. Se ve, pues, la importancia que tendría la línea Madrid, Alcuneza, Soria, Castejón, Pamplona, Irurzun, Tolosa y Pasajes al construirse la de Soria á Castejón y la de Irurzun á Tolosa.

No cabe dudar, en este caso, sobre la Compañía que debía entrar en negociaciones con el Gobierno para asegurar la construcción del ferro-

carril de vía ancha de Irurzun á Tolosa; no podía ser otra que la Compañía del Norte, propietaria de las líneas de Alsásua á Pamplona y de Alsásua á Tolosa.

Para ese acuerdo, para la ley especial que lo sancionara, claro está que debía partir la iniciativa del Ministerio de la Guerra, por tratarse de una línea de tanta importancia militar como sería la de acortamiento entre Irurzun y Tolosa.

***

El último acortamiento de que creo oportuno hablar es el de Ávila á Salamanca, que nos daría la línea directa á este importantísimo punto estratégico.

Del ferrocarril de Ávila á Salamanca tenemos ya construída la sección desde este punto á Peñaranda de Bracamonte: la concesión está caducada y parece que se va derecho á la liquidación. Convendría que el Ministerio de la Guerra no perdiese de vista lo que se refiere á la línea de Salamanca, porque de construirse la sección de Ávila á Peñaranda de Bracamonte tendríamos un ahorro de recorrido de 56 kilómetros, que es casi la tercera parte del trayecto que hoy tenemos que recorrer para ir de Ávila á Salamanca, por Medina del Campo.

Difíciles son de establecer los acuerdos con las Compañías ferroviarias para llegar á una rectificación de nuestra red principal de ferrocarriles. El egoísmo de las Empresas tal vez sea un obstáculo insuperable; pero el Ministerio de la Guerra, al tomar la iniciativa en estos asuntos, demostrará lo necesario de esa rectificación para la defensa del territorio nacional.

Líneas del plan general.

En la Memoria presentada por la Comisión de ferrocarriles secundaries al Gobierno de S. M. se dice:

«Tan luego se constituyó la Comisión, y como cuestión previa importante, se trató de sentar las bases generales á que debería sujetarse en su trabajo.»

«Desde luego se reconoció que por precepto legal debían excluirse del plan de los secundarios dos grupos de ferrocarriles: los ya clasificados como de primer orden ó de interés general, siquiera su concesión no hubiere sido todavía otorgada, y los económicos ó de vía estrecha concedidos, cualquiera que fuere el estado de su construcción. La primera excepción se consigna explícitamente en el art. 1.º de la Ley de 30 de Julio de 1904, y la segunda se deduce de su art. 31, toda vez que en él se niega á los ferrocarriles económicos ya concedidos el beneficio de la subvención, y precisamente el encargo de la Comisión es formar el plan de las líneas de esta índole subvencionables.»

«Y á apropósito de la primera de estas excepciones se planteó una cuestión de sumo interés para ciertas regiones de la Península. Se recordó que existían líneas como las de Cuenca á Utiel, Segovia á Burgos, por Aranda, y otras, cuya importancia es tan notoria que desde largo tiempo se hallan comprendidas en el plan de los ferrocarriles de primer orden, pero cuya construcción como tales líneas principales no se ha realizado, sin duda por falta de auxilio suficientemente eficaz por parte del Estado, ni hay esperanzas tampoco de que se realice mientras aquella deficiencia no se subsane; resultando ahora que á consecuencia de la prescripción indicada tampoco pueden ser incluídas en el plan de las líneas secundarias». . . . . .

. . . . . .

«De todo lo cual vino á deducirse la conveniencia ó, mejor, la nece-

sidad de que se practique una revisión escrupulosa del plan de los ferrocarriles de interés general, suprimiendo ó modificando en él lo que suprimirse ó modificarse deba, y de que se adopten después las disposiciones convenientes, tales como la concesión de subvenciones para unas líneas y el aumento de las ya acordadas para otras, á fin de que la terminación de la red de los ferrocarriles de primer orden sea pronto un hecho y preceda, como es natural, á la ejecución de la secundaria.»

No creo de gran utilidad indicar en esta Memoria la lista de los ferrocarriles de interés general no concedidos. La Comisión en pleno ha comprendido la necesidad de la revisión, y así lo propuso al Gobierno. Más que estudiar en detalle las líneas que componen ese plan general, conviene hacer el estudio de lo que debe proponer el Ministerio de la Guerra al verificarse esa revisión, en el caso de que así lo acuerde el Gobierno, y prepararse con el nuevo plan á completar y rectificar la red principal de ferrocarriles.

RESUMEN GENERAL

RESUMEN GENERAL

Documentos oficiales.

Para completar el estudio que voy haciendo sobre los trabajos de la Comisión de ferrocarriles secundarios, debía incluir en esta Memoria, como apéndice, las Leyes, Decretos y Reales órdenes, que sobre la materia se han publicado con carácter oficial. Pero puede prescindirse de ese apéndice, sin inconveniente de ningún género, dando noticia de un folleto de la Biblioteca de *La Gaceta de Madrid*, que contiene todos los documentos necesarios, y cuyo índice es el siguiente:

Real decreto de 19 de Octubre de 1901, autorizando la presentación á las Cortes del proyecto de Ley de ferrocarriles secundarios y exposición de los motivos del mismo.

Ley de ferrocarriles secundarios de 30 de Julio de 1904.

Real decreto de 30 de Julio de 1904, nombrando la Comisión encargada de formar el plan de ferrocarriles secundarios que hayan de ser subvencionados por el Estado.

Real orden de 8 de Agosto de 1904, dictando instrucciones para la formación del plan de ferrocarriles secundarios.

Real decreto de 10 de Marzo de 1904, aprobando los trabajos de la Comisión de ferrocarriles secundarios.

Real decreto, aprobando el plan de ferrocarriles secundarios de los mismos.

Reglamento provisional para la ejecución de la Ley de ferrocarriles secundarios, aprobado por Real decreto de 2 Noviembre de 1905.

Plan supletorio de ferrocarriles secundarios, aprobado por Real decreto de 2 de Noviembre de 1905.

Plan principal.

A fin de que pueda buscarse, sin perder tiempo, la página ó páginas en donde se habla de cada línea, se han puesto en el índice las indicaciones necesarias, y estas indicaciones se suprimen en aquellas líneas sobre las cuales no se hacen consideraciones de ninguna clase.

PLAN *de ferrocarriles secundarios formado por la Comisión nombrada por Real decreto de 30 de Julio de 1904, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 21 y 33 de la Ley de igual fecha.*

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Líneas situadas en la Península.	
Coruña, por Carballo, á Corcubión	105
Santiago, por Carballino, á Orense	108
Orense, por Ginzo de Limia y Verín, á Portugal, por Chaves	82
Pontevedra, por Estrada y Lalín, á Sarria	135
Ribadesella á Gijón	70
Corneilana á Cangas de Tineo	48
Beranga á Santoña	17
Treto á Laredo	6
Munguía á Bermeo y Pedernales	24
Guernica á Ondárroa, por Lequeitio	28
Vitoria á Izarra	25
Zumárraga á Zumaya	35
Pamplona á Logroño, por Estella	116
Sádaba á Gallur	54
Suma y sigue	853

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	853
Cariñena á Ricla	25
Lécera á la Puebla de Híjar	24
Teruel á Cuenca	130
Alcañíz, La Pobleta, Morella y Chert á Vinaroz	125
Barbastro á Boltaña, por Estada	58
Estada y Tamarite, á Balaguer	82
Balaguer á Pons	40
Termens á Lérida	17
Pons á Puigcerdá	104
Pons á Guisona y Cervera	30
Cervera á Tarragona, por Bellmunt y Santa Coloma	76
Ramal de Bellmunt á Igualada	22
Basella á Solsona, Cardona y Manresa	78
Olot á Rosas	58
Tarrasa á Papiol	16
Villanueva y Geltrú, por Villafranca, á Igualada	60
Soneja, por Aín, á Nules	38
Requena, por Casas-Ibáñez y Albacete, á Alcaráz	163
Liria á Chelva	48
Castalla á Pinoso	40
Villajoyosa á Denia	60
Fortuna á Caravaca, por Archena y Mula	75
Totana á Mazarrón	32
Calasparra á Caravaca	28
Almería, por Dalias á Berja	45
Canjáyar á Almería	34
Tabernas, á empalmar con el ferrocarril de Canjáyar á Almería	20
Vélez-Rubio á Almendricos	30
Granada á Motril, por Órgiva	80
Suma y sigue	2491

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	2491
Órgiva á Lobras	24
Torre del Mar á Maro	24
Torre del Mar, por Vélez-Málaga, á Periana	30
Jerez á Setenil, por Villamartín	125
Morón, por Pruna, al ferrocarril de Jerez á Setenil	44
Almadén de la Plata, por Cazalla, á Constantina	43
Huelva á Ayamonte, por Gibraleón	58
Estación de la Junta (ferrocarril de Sevilla á Cala), por Aracena, á la línea de Zafra á Huelva	45
Badajoz á Fregenal, por Olivenza, Alconchel y Jerez de los Caballeros	108
Cáceres á Trujillo	46
Ciudad-Rodrigo, por Hoyos, Coria y Torrejoncillo, á la estación de Río Tajo en el ferrocarril de Malpartida de Plasencia á Cáceres	132
Salamanca á Ledesma	36
Vitigudino á Bogajo	15
Ávila, por Piedrahita y Barco de Ávila, á Béjar	108
Benavente á Villanueva de Campos	22
Benavente á la Puebla de Sanabria	90
Palanquinos, por Valencia de Don Juan, Valderas y Villanueva de Campos, á Medina de Rioseco	90
Ponferrada á Palacios de Sil	48
Villalón á Palencia, por Villarramiel	45
Palencia á Carrión de los Condes	35
Rioseco á Villada, por Villalón	36
Peñafiel, por Cuéllar, á Yanguas	64
Burgos, por Trespaderne, Villarcayo y Cabañas de Virtus, á Ontaneda	150
Suma y sigue	3909

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	3809
Trespaderne á Miranda	54
Haro á Ezcaray y á Santo Domingo de la Calzada	32
Calahorra á Arnedillo	25
San Esteban de Gormaz á Sepúlveda	72
Segovia á Ávila	68
Soria á San Leonardo ó á Quintanar de la Sierra	48
Sigüenza á Maranchón	40
Guadalajara á Brihuega y Cifuentes	54
Toledo á Bargas	14
Toledo á Mora, Consuegra y Madridejos	62
Alcázar á Malagón	70
Valdepeñas, por Infantes y Villanueva de la Fuente, á Alcázar	85
Linares á la Carolina	30
Alcaudete á Alcalá la Real	30
Pedro Abad, por Bujalance y Porcuna, á Martos	65
Priego, por la estación de Luque-Baena y Castro del Río, á Fernán-Núñez	68
Hinojosa á la estación de Belalcázar	35
Líneas situadas en las islas Baleares.	
Palma al puerto de Sóller	36
Establiments á la línea anterior	5
Puebla á Alcudia	20
Manacor á Artá	23
Mahón á Ciudadela	46
Líneas situadas en las islas Canarias.	
Santa Cruz de Tenerife á la Orotava	49
Puerto de refugio de la Luz á Agaete	53
TOTAL	4993

Grupos.

La agrupación establecida oficialmente á los efectos de la Ley, no es definitiva, pues la misma Ley establece que puede desglosarse alguna línea del grupo correspondiente, á petición de Corporaciones oficiales, siempre que se den garantías para la construcción de dicha línea.

DIVISIÓN *de las líneas del plan en grupos, á los efectos del artículo 27 de la Ley.*

NOMBRES DE LAS LÍNEAS	LONGITUDES de la línea.	LONGITUDES del grupo.
Coruña, por Carballo, á Corcubión.	105	243
Sarria, á empalmar con la línea de Santiago á Orense.	90	
Ponferrada á Palacios de Sil.	48	
Santiago, por Carballino, á Orense.	108	235
Orense, por Ginzo de Limia y Verín, á Portugal, por Chaves.	82	
Pontevedra á la línea de Santiago á Orense	45	
Benavente á la Puebla de Sanabria.	90	318
Benavente á Villanueva de Campos.	22	
Palanquinos, por Valencia de Don Juan, Valderas y Villanueva de Campos, á Medina de Rioseco	90	
Villalón á Palencia, por Villarramiel.	45	
Palencia á Carrión de los Condes.	35	
Rioseco á Villada, por Villalón	36	
Ribadesella á Gijón.	70	70
Cornellana á Cangas de Tineo.	48	48
Beranga á Santoña	17	23
Treto á Laredo	6	
Suma y sigue..		937

NOMBRES DE LAS LÍNEAS	LONGITUDES de la línea.	LONGITUDES del grupo.
Suma anterior		937
Burgos, por Trespaderne, Villarcayo y Cabañas de Virtus, á Ontaneda	150	204
Trespaderne á Miranda	54	
Munguía á Bermeo y Pedernales	24	24
Guernica á Ondárroa, por Lequeitio	28	28
Zumárraga á Zumaya	35	35
Vitoria á Izarra	25	25
Pamplona á Logroño, por Estella	116	227
Calahorra á Arnedillo	25	
Haro á Ezcaray, por Santo Domingo de la Calzada	32	
Sádaba á Gallur	54	
Soria á San Leonardo ó á Quintanar de la Sierra	48	214
San Esteban de Gormáz á Sepúlveda	72	
Sigüenza á Maranchón	40	
Guadalajara á Brihuega y Cifuentes	54	
Cariñena á Ricla	25	25
Denia á Villajoyosa	60	60
Termens á Lérida	17	17
Barbastro á Boltaña, por Estada	58	204
Estada y Tamarite á Balaguer	82	
Balaguer á Pons	40	
Pons á Basella	24	
Pons á Guisona y Cervera	30	204
Cervera á Tarragona, por Bellmunt y Santa Coloma	76	
Bellmunt á Igualada	22	
Villanueva y Geltrú, por Villafranca, á Igualada	60	
Tarrasa á Papiol	16	
Basella á Puigcerdá	80	216
Basella á Solsona, Cardona y Manresa	78	
Olot á Rosas	58	
Suma y sigue		2420

NOMBRES DE LAS LÍNEAS	LONGITUDES de la línea.	LONGITUDES del grupo.
Suma anterior		2420
Alcañiz, La Pobleta, Morella y Chert, á Vinaroz	125	235
Soneja, por Aín, á Nules	38	
Liria á Chelva	48	
Lécera á la Puebla de Híjar	24	
Calasparra á Caravaca	28	205
Castalla á Pinoso	40	
Fortuna á Caravaca, por Archena y Mula	75	
Totana á Mazarrón	32	
Vélez-Rubio á Almendricos	30	
Granada á Motril	80	203
Órgiva á Lobras	24	
Almería, por Dalias, á Berja	45	
Canjáyar á Almería	34	
Tabernas á empalmar con el ferrocarril de Canjáyar á Almería	20	
Requena, por Casas-Ibáñez y Albacete, á Alcaráz	163	248
Valdepeñas, por Infantes y Villanueva de la fuente, á Alcaráz	85	
Teruel á Cuenca	130	276
Alcázar á Malagón	70	
Toledo á Bargas	14	
Toledo á Mora, Consuegra y Madridejos	62	
Alcaudete á Alcalá la Real	30	95
Pedro Abad, por Bujalance y Porcuna, á Martos	65	
Priego, por la estación de Luque-Baena y Castro del Río, á Fernán-Núñez	68	133
Linares á la Carolina	30	
Hinojosa á la estación de Belalcázar	35	
Jerez á Setenil, por Villamartín	125	169
Morón, por Pruna, al ferrocarril de Jerez á Setenil	44	
Suma y sigue		3984

ÍNDICE

Páginas

Ferrocarriles y fortalezas.

Ferrocarriles secundarios subvencionados.

La Ley.

Regiones ferroviarias.

Páginas

Complemento de la Ley.

Páginas

Resumen general.

NOMBRES DE LAS LÍNEAS	LONGITUDES de la línea.	LONGITUDES del grupo.
Suma anterior		3984
Almadén de la Plata, por Cazalla, á Constantina	43	43
Torre del Mar á Maro	24	54
Torre del Mar, por Vélez-Málaga, á Periana	30	
Ávila, por Piedrahita y Barco de Ávila, á Béjar	108	240
Segovia á Ávila	68	
Peñafiel, por Cuéllar, á Yanguas	64	
Ciudad-Rodrigo, por Hoyos, Coria y Torrejoncillo, á la estación de Río Tajo, en el ferrocarril de Malpartida de Plasencia á Cáceres	132	229
Cáceres á Trujillo	46	
Salamanca á Ledesma	36	
Vitigudino á Bogajo	15	
Badajoz á Fregenal, por Olivenza, Alconchel y Jerez de los Caballeros	108	211
Estación de la Junta (ferrocarril de Sevilla á Cala), por Aracena, á la línea de Zafra á Huelva	45	
Huelva á Ayamonte, por Gibraleón	58	
Palma al Puerto de Sóller	36	41
Establiménts á la línea anterior	5	
Puebla á Alcudia	20	20
Manacor á Artá	23	23
Mahón á Ciudadela	46	46
Santa Cruz de Tenerife á la Orotava	49	49
Puerto de Refugio de la Luz á Agaete	53	53
TOTAL		4993

Plan supletorio.

Del mismo modo que se hace para el plan principal, se ponen las indicaciones necesarias en la lista de líneas del supletorio, á fin de poder buscar la página en donde se hacen consideraciones sobre cada uno de los ferrocarriles del plan.

PLAN *supletorio al de ferrocarriles secundarios aprobado por Reales decretos de 10 y 31 de Marzo de 1905.*

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Relación de las líneas que forman el plan.	
Santiago á Carballo.	50
Mondoñedo al ferrocarril de Lugo á Ribadeo.	20
Sarria á la estación de Becerreá.	25
Villagarcía al ferrocarril de Pontevedra á Sarria.	20
Tuy á La Guardia.	25
Verín á Puebla de Sanabria, por San Juan de Laza..	88
Palacios de Sil á Cangas de Tineo.	68
Ferrol, por Santa María de Ortigueira, al Barquero.	70
Barquero, por Vivero, á Ribadeo.	74
Ribadeo á Pravia..	106
Pravia á Gijón.	40
Belmonte al ferrocarril de Cornellana á Cangas de Tineo. . .	15
Castañeda á Torrelavega..	12
Ondárroa, por Marquina, á Ermúa.	28
Oñate á San Prudencio.	7
Suma y sigue.	648

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	648
Andoaín á Lasarte	7
Pamplona á Santesteban	60
Pamplona á Plazaola	40
Sádaba á Sangüesa	46
Marcilla á la línea de Pamplona á Logroño	45
Cariñena á Daroca	44
Graus á la línea de Barbastro á Boltaña	22
Fraga á Caspe	45
Caspe á Alcañiz	25
Lérida á Fraga	30
Guardiola á Olot	85
Reus á Montroig	16
Sils á Santa Coloma de Farnés	15
Lérida á Granadella	35
Solsona á Gironella, con ramal á Berga	35
Gandesa á la estación de Ascó	30
Blanes á Vilajuiga	100
Castellón á Chert	75
Castellón á Lucena	45
Chelva á Ademuz	65
Ademuz á Teruel	42
Alberique á Ayora, por Énguera	55
De la línea de Gandía á Denia, por Pego, á Muro	66
Cartagena á Águilas	69
María, por Vélez-Blanco, á Veléz-Rubio	30
Tabernas, por Sorbas, Vera y Cuevas, á Huércal-Overa	75
Baza á la Puebla de Don Fadrique	70
Lobras á Canjáyar, por Ugíjar	55
Ugíjar á Adra, por Berja	30
Suma y sigue	2005

DENOMINACIÓN.	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	2005
Maro á Motril	38
Villamartín, por Grazalema, á la estación de Cortes	45
San Fernando al Campo de Gibraltar, por Medina Sidonia	102
Algeciras á Tarifa	20
Almadén de la Plata, por Ronquillo, á la línea de Sevilla á Cala	30
Gibraleón á la frontera portuguesa, por Paymogo	70
Repilado, ó del empalme de la línea de Zafra á Huelva con la de la Junta-Aracena, á la frontera portuguesa	45
Moguer á la estación de San Juan del Puerto (ferrocarril de Sevilla á Huelva)	8
Zafra á Villanueva, por Jerez de los Caballeros	85
Almendralejo á Santa Marta	30
Badajoz, por Alburquerque, á San Vicente de Alcántara	65
Campanario, por Puebla de Alcocer, á Herrera del Duque	75
Trujillo á Logrosán	50
Alcántara á la estación de Río Tajo (ferrocarril de Madrid á Portugal)	40
Logrosán á la estación de Chillón (ferrocarril de Madrid á Badajoz), por Almadén	125
Alcántara á San Vicente de Alcántara	64
Navalmoral á Jarandilla	25
Jarandilla á Plasencia	38
Béjar á Sequeros	35
Sequeros á Fuente San Esteban	48
Zamora á Fermoselle	60
Villalpando á Villanueva de Campos	15
Riaño á Cistierna	40
La Magdalena á La Robla	25
Suma y sigue	3183

DENOMINACIÓN.	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior..	3183
Aranda á Palencia.	81
Carrión de los Condes á Guardo, por Saldaña.	54
Valladolid á Toro, por Tordesillas.	55
Tordesillas, por Nava del Rey y Fuente Sauco, á la estación de Cubo del Vino (ferrocarril de Plasencia á Astorga). . .	70
Burgos á San Leonardo ó á Quintanar de la Sierra..	95
Castil de Peones, por Belorado, á Santo Domingo de la Calzada, con ramal á Pradoluengo..	57
Logroño á Torrecilla en Cameros.	32
Torrecilla en Cameros á Lumbreras.	22
Arnedillo á Las Ruedas.	15
Soria á Calatayud.	90
Maranchón, por Molina, á Calamocha.	100
Calamocha á Vivel.	35
Vivel á Monroyo.	83
Guadalajara á Huete..	94
Orusco, por Mondéjar y siguiendo el valle del Tajo, á Cifuentes.	88
Cifuentes á la línea de Sigüenza á Maranchón.	38
Colmenar de Oreja, por Belmonte, á Villarejo de Salvanés. .	12
Almorox á Talavera.	60
Toledo á Navahermosa..	50
Navahermosa á Talavera.	48
Cabañas de la Sagra al puente de Algodor.	14
Alcázar á Madridejos.	32
Alcázar á Tomelloso.	30
Ciudad-Real á Piedrabuena..	25
Puertollano á La Carolina..	70
Alcázar á Cuenca..	135
Suma y sigue..	4668

DENOMINACIÓN.	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	4668
Lucena á Iznájar, por Rute.	30
Fernán-Núñez á Écija.	45
Hinojosa á la línea de Bélmez á Pozoblanco, por Villanueva.	15
De la estación de Baeza, por Úbeda y Villacarrillo, á Alcaráz.	130
Línea situada en las islas Baleares.	
Palma á Santañy.	53
Líneas situadas en las islas Canarias.	
Güimar á la línea de Santa Cruz de Tenerife á la Orotava. . .	27
Del puerto de refugio de la Luz, por Palmas, á Telde.	23
TOTAL.	4991

Ferrocarriles de carácter estratégico.

En la Memoria que la Comisión de ferrocarriles secundarios presentó al Gobierno de S. M., se incluye la propuesta de las líneas correspondientes á los planes principal y adicional ó complementario que, á juicio de dicha Comisión, y para los efectos del art. 33 de la Ley, deben ser consideradas como estratégicas.

LÍNEAS *del plan que deben ser consideradas estratégicas para los fines del art. 33 de la Ley.*

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Coruña, por Carballo, á Corcubión	105
Santiago, por Carballino, á Orense	108
Orense, por Ginzo de Limia y Verín á Portugal, por Chaves	82
Pamplona á Logroño, por Estella	116
Barbastro á Boltaña, por Estada	58
Estada y Tamarite á Balaguer	82
Balaguer á Pons	40
Pons á Puigcerdá	104
Basella á Solsona, Cardona y Manresa	78
Olot á Rosas	58
Requena, por Casas-Ibáñez y Albacete, á Alcaráz	163
Villajoyosa á Denia	60
Canjáyar á Almería	34
Tabernas, á empalmar con el ferrocarril de Canjáyar á Almería	20
Granada á Motril, por Órgiva	80
Órgiva á Lobras	24
Suma y sigue	1212

DENOMINACIÓN.	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior.	1212
Torre del Mar á Maro.	24
Huelva á Ayamonte, por Gibraleón.	58
Badajoz á Fregenal, por Olivenza, Alconchel y Jerez de los Caballeros.	108
Ciudad Rodrigo, por Hoyos, Coria y Torrejoncillo, á la estación de Río Tajo, en el ferrocarril de Malpartida de Plasencia á Cáceres.	132
Benavente á Villanueva de Campos.	22
Benavente á la Puebla de Sanabria.	90
Palanquinos, por Valencia de Don Juan, Valderas y Villanueva de Campos, á Medina de Rioseco	90
Burgos, por Trespaderne, Villarcayo y Cabañas de Virtus, á Ontaneda.	150
Trespaderne á Miranda.	54
Soria á San Leonardo ó á Quintanar de la Sierra.	48
Valdepeñas, por Infantes y Villanueva de la Fuente, á Alcaráz.	85
Linares á la Carolina.	30

*
* *

RELACIÓN *de las líneas del plan supletorio que deben considerarse como estratégicas á los efectos del art. 33 de la Ley.*

DENOMINACIÓN	Longitud aproximada en kilómetros.
Líneas situadas en la Península.	
De Villagarcía al ferrocarril de Pontevedra á Sarria.	20
Ferrol, por Santa María de Ortigueira, al Barquero.	70
Suma y sigue.	90

DENOMINACIÓN.	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior.	90
Del Barquero, por Vivero, á Ribadeo.	74
De Ribadeo á Pravia.	106
Pravia á Gijón.	40
Verín á Puebla de Sanabria, por San Juan de Laza.	88
Santiago á Carballo.	50
Tuy á la Guardia.	25
Palacios de Sil á Cangas de Tineo.	68
Zamora á Fermoselle.	60
Burgos á San Leonardo ó á Quintanar de la Sierra.	95
Soria á Calatayud.	90
Pamplona á Plazaola.	40
Andoain á Lasarte.	7
Pamplona á Santesteban.	60
Sádaba á Sangüesa.	46
Marcilla á la línea de Pamplona á Logroño.	45
Guardiola á Olot.	85
Blanes á Vilajuiga.	100
Solsona á Gironella, con ramal á Berga.	35
Graus á la línea de Barbastro á Boltaña.	22
Cartagena á Águilas.	69
Alcántara á la estación de Río Tajo (ferrocarril de Madrid á Cáceres)	40
Badajoz, por Alburquerque, á San Vicente de Alcántara.. . .	65
Alcántara á San Vicente de Alcántara.	64
Castellón á Chert.	75
Jarandilla á Plasencia.	38
Zafra á Villanueva, por Jerez de los Caballeros.	85
Castellón á Lucena.	45
Almendralejo á Santa Marta.	30
Suma y sigue.	1737

DENOMINACIÓN.	Longitud aproximada en kilómetros.
Suma anterior	1737
De la línea de Gandía á Denia, por Pego, á Muro.	66
San Fernando al Campo de Gibraltar, por Medina-Sidonia. . .	102
Algeciras á Tarifa.	20
Maro á Motril	38
Lobras á Canjáyar, por Ugíjar.	55
Ugíjar á Adra, por Berja.	30
Puertollano á la Carolina.	70
Tabernas, por Sorbas, Vera y Cuevas, á Huércal-Overa. . . .	75
La estación de Baeza, por Úbeda y Villacarrillo, á Alcaráz. .	130
Gibraleón á la frontera portuguesa, por Paimogo.	70
Repilado ó empalme de la línea de Zafra á Huelva, con la de la Junta-Aracena á la frontera portuguesa.	45
Línea situada en las islas Baleares.	
De Palma á Santañy.	53
Líneas situadas en las islas Canarias.	
De Güimar á la línea de Santa Cruz de Tenerife á la Orotava.	27
Del Puerto de refugio de la Luz, por Palma, á Telde.	23
TOTAL	2541

Leyes especiales de subvención.

La Ley de ferrocarriles secundarios no es una ley de ferrocarriles militares. La red secundaria ampliará, si se construye, el sistema de comunicaciones del territorio español; pero esta ampliación no será todo lo que exigen imperiosamente los altos intereses de la defensa nacional. Y esa deficiencia de la red secundaria para los fines que perseguimos, no es imputable á la Comisión que formuló el plan, ni tampoco al legislador que confeccionó la ley: esa deficiencia depende única y exclusivamente del carácter especial que debe tener una ley de ferrocarriles secundarios.

Pero el Ministerio de la Guerra tal vez no pueda resignarse con esa deficiencia, no sólo de la red secundaria propuesta por la Comisión, sino también de toda la red ferroviaria del territorio nacional; y como tal vez no pueda resignarse á carecer de los medios de comunicación que faciliten los movimientos de las tropas, y de todo cuanto exija una buena defensa de costas y fronteras, tendrá necesidad de formar *un plan de complemento*, tomando por base la red general de comunicaciones ferroviarias, red general compuesta de los ferrocarriles en explotación, de los concedidos con probabilidades de construcción, y, por último, del plan de ferrocarriles secundarios.

Como resumen de cuanto he ido exponiendo en el curso de este trabajo, y como datos de estudio, creo conveniente constituir en grupos todas las líneas que exigen leyes especiales de concesión, incluyendo en cada uno de estos grupos los ferrocarriles que reclamen el mismo género de auxilio, ó aquellos que deban sujetarse á condiciones análogas.

Primer grupo de líneas.—Se garantizaría el capital de establecimiento de toda la línea, y se incluirían todas las que figurasen en este grupo, con carácter *adicional ó de aumento del principal.*

		Kilómetros.
1.ª	De Ripoll á Olot..	30
2.ª	De Viella á Esterri.	35
3.ª	De Canjáyar á Lobras..	55
4.ª	De Maro á Motril.	38
5.ª	De Pravia al Ferrol.	180
6.ª	De Pamplona á San Sebastián, por Leiza. . .	80
	TOTAL.	418

Tendríamos, pues, en este primer grupo, un aumento de 418 kilómetros que habría que sumar á los 5.000 que autoriza la Ley de Ferrocarriles secundarios. Debería garantizarse todo el capital de establecimiento, según resultase del proyecto, no limitándose el capital garantizado á 50.000 pesetas por kilómetro.

***

SEGUNDO GRUPO.—Se exigiría una construcción sólida á fin de incluir estas líneas en el grupo de ferrocarriles de vía estrecha que tienen gran capacidad de transporte. En dos de estas líneas se garantizaría el interés de todo el capital de establecimiento, y en otras dos la garantía había de limitarse al capital invertido en secciones determinadas.

Las líneas serían:

1.ª De Granada á Motril.
2.ª De Logroño á Pamplona.
3.ª De Burgos á Ontaneda.
4.ª De Alcañiz á Vinaroz.

Las dos primeras líneas tendrían de capital garantizado todo el que, según el presupuesto, deberían invertir en el establecimiento de la línea.

Para la tercera se garantizaría todo el capital necesario para salvar el gran escalón de la cordillera Cantábrica, con un desarrollo de 40 kilómetros. El resto de la línea tendría únicamente la subvención consignada en la Ley.

La cuarta línea tendría garantizado todo el capital de establecimiento entre Morella y Chert. En las otras secciones estaría sujeta á la Ley general.

***

Tercer grupo.—Para este tercer grupo se fijaría como subvención la construcción del puente de gran importancia que necesitan para el paso de grandes ríos.

1.ª Santiago á Verín.

2.ª Fregenal de la Sierra á Badajoz.

3.ª Fraga á Montalbán.

En la primera línea se ha de construir un puente sobre el Miño para unir las dos grandes secciones de que se compone.

La segunda línea necesita un puente sobre el Guadiana, á fin de enlazar con la línea de Portugal y estar en condiciones de prolongarse hasta San Vicente de Alcántara.

La tercera línea debe incluirse en el plan de ferrocarriles secundarios, lo que nos da un aumento de 120 kilómetros. Debe subvencionarse con el coste del puente que se construya en Caspe, sobre el Ebro, teniendo además la garantía de interés que da la Ley de ferrocarriles secundarios.

La subvención para estos puentes debe ser de garantía, lo que quiere decir, que debe sumarse el coste del puente al capital de establecimiento de toda la línea á razón de 50.000 pesetas por kilómetro, que es el límite que marca la Ley.

***

Cuarto grupo.—Este grupo de líneas ha de ser de vía ancha.

1.ª De Utiel á Cuenca.

2.ª De Huércal-Overa á Gádor.

3.ª De Alicante á la línea de Alcoy á Játiva.

4.ª De Puertollano á Córdoba.

5.ª De Soria á Castejón.

6.ª De Jaca á Pamplona.

7.ª De Ávila á Peñaranda de Bracamonte.

8.ª De Albacete á Baeza.

Las siete primeras líneas exigen llegar á un acuerdo con las grandes compañías ferroviarias que explotan la red de ferrocarriles de vía ancha.

La última línea podría adjudicarse á una compañía independiente, pero convendría que, para ello, se hiciese un convenio con la compañía del Mediodía.

La sección de Alcaráz á la estación de Baeza, de 130 kilómetros, debería incluirse en el plan de ferrocarriles secundarios, en concepto de *adicional* ó *de suma*. Para la línea de Albacete á la estación de Baeza, se garantizaría el interés de todo el capital de establecimiento. Para disponer que esta línea fuese de vía normal, puede el gobierno aplicar la excepción del art, 2.º de la Ley de ferrocarriles secundarios.

Este cuarto grupo no es otra cosa que un avance del plan de rectificación de la red principal de ferrocarriles.

***

Quinto grupo.—Se refiere este grupo á los estudios que conviene practicar, y que son:

1.º Red de ferrocarriles eléctricos en el Alto Aragón.

2.º Línea de Málaga á San Fernando, por el Campo de Gibraltar.

Debía gestionarse la caducidad de la concesión de Málaga al Campo de Gibraltar, pues nada se consigue con lo que hoy se hace.

***

Sexto grupo.—Conviene establecer condiciones especiales para algunas líneas, y se incluyen dos en este grupo, que son:

1.ª De Pamplona á Santesteban.

2.ª De Vitoria á Izarra.

La primera debe construirse como si fuera un verdadero tranvía, á fin de que no sea un peligro para la defensa de Pamplona. Debe servir al valle de Baztan, siendo un ferrocarril de interés local, pero no puede permitirse que se hagan en ella obras de importancia, por tratarse de una vía de invasión.

La segunda línea debe ser, por el contrario, una línea de vía ancha, pues sería la comunicación directa entre Vitoria y Bilbao, por matar el ángulo de Miranda de Ebro.

***

Ferrocarril militar.—Para completar la línea del Tiétar debía darse al Batallón de Ferrocarriles el ramal de Plasencia á Jarandilla, incluido en el plan supletorio. Este ramal sería prolongación del ferrocarril de Madrid á San Martín de Valdeiglesias y Jarandilla.

El método de construcción de esta línea podría ser el de llegar á una contrata general para todas las obras de fábrica, para los movimientos de tierra y para los edificios, construyéndose todo en tres años y pagando el Estado en veinte anualidades. Las tropas de Ferrocarriles construirían la vía, á medida que les diesen terminados los trozos de explanación. La construcción rápida es muy económica.

A fin de que las tropas de Ferrocarriles tuviesen para la instrucción una línea de vía ancha, convendría estudiar y construir el ferrocarril de Vallecas á Pozuelo ó Las Rozas, por el campamento de Carabanchel.

Esta línea no exigiría la misma rapidez de construcción que la de vía estrecha de San Martín de Valdeiglesias. Podría tomarse como objeto de Escuela práctica, salvo las grandes trincheras y las obras de arte, que debían hacerse por contrata.

***

Estos son los puntos principales que, como resumen, he creido oportuno citar al final de este trabajo, recogiendo lo que va diseminado en los distintos capítulos de la Memoria.

Para todo esto hacen falta leyes especiales..... Pero no, no son leyes especiales lo que yo quiero manifestar: la especialidad está en el estudio particular de cada línea; pero lo que me atrevo á proponer es una Ley de conjunto basada en esos estudios particulares de cada una de las líneas citadas. No se me oculta lo difícil que será para el Ministerio de la Guerra recabar todo cuanto sea conveniente para completar la red ferroviaria española; pero si nunca se empieza, nunca se llegará al fin. Yo cumplo con mi deber al formular mi opinión; y si se considera oportuna mi propuesta, empezará la acción de los altos centros militares que son los llamados á informar sobre un asunto de tanto interés como es el de complementar la red de ferrocarriles españoles, á fin de que esta red ferroviaria sea una garantía para hacer una brillante defensa de nuestras costas y fronteras.

FIN.

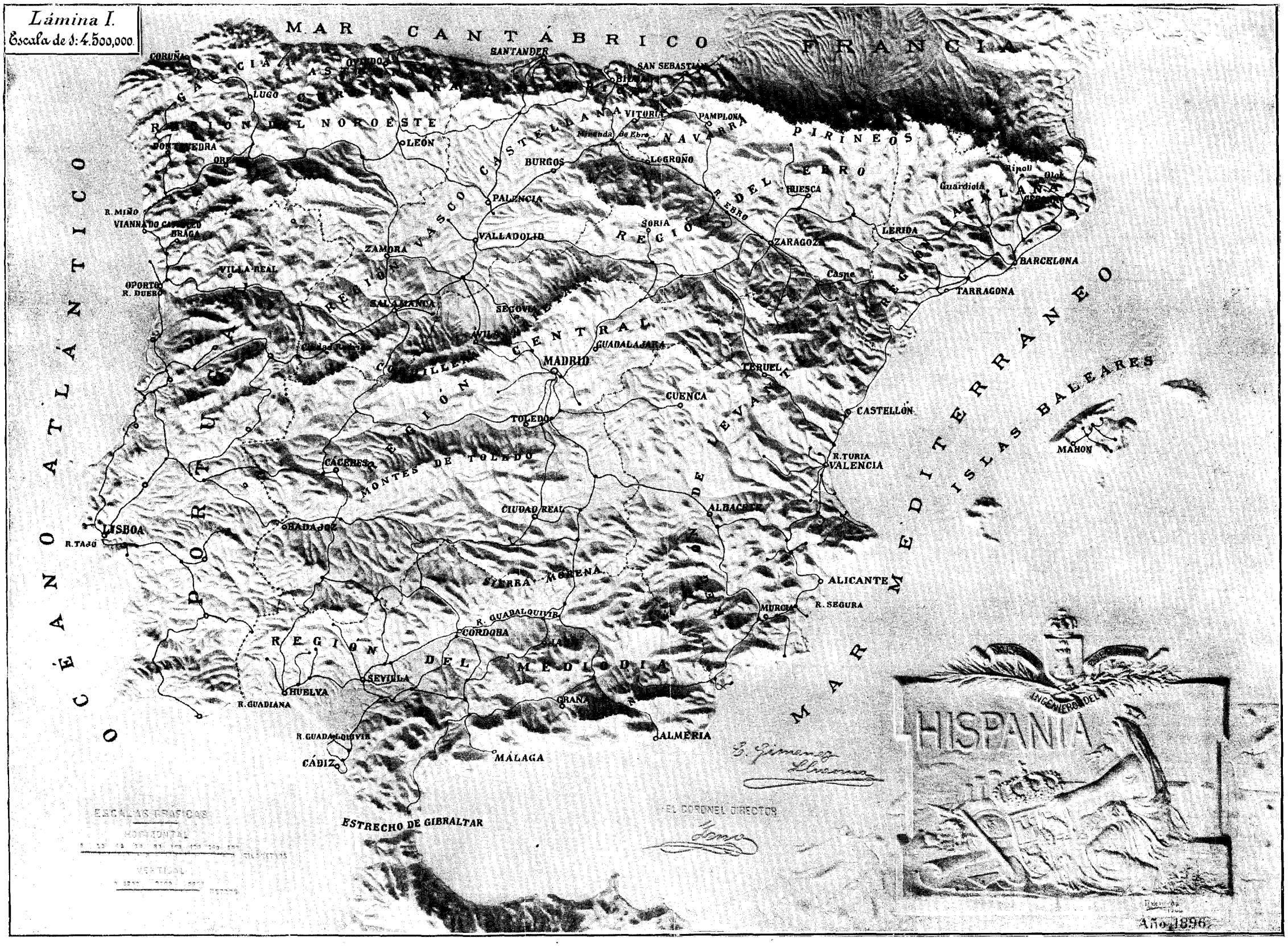
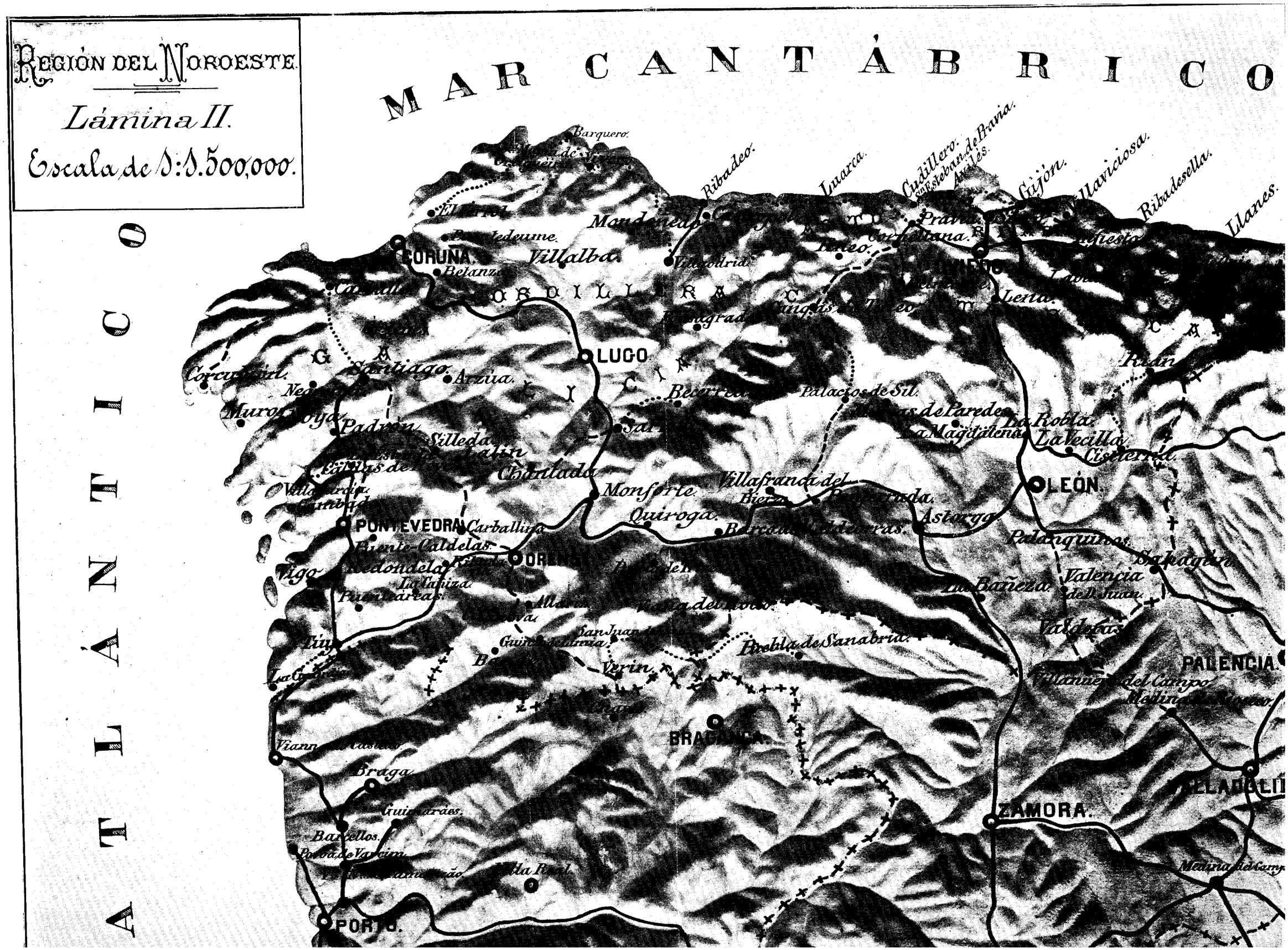
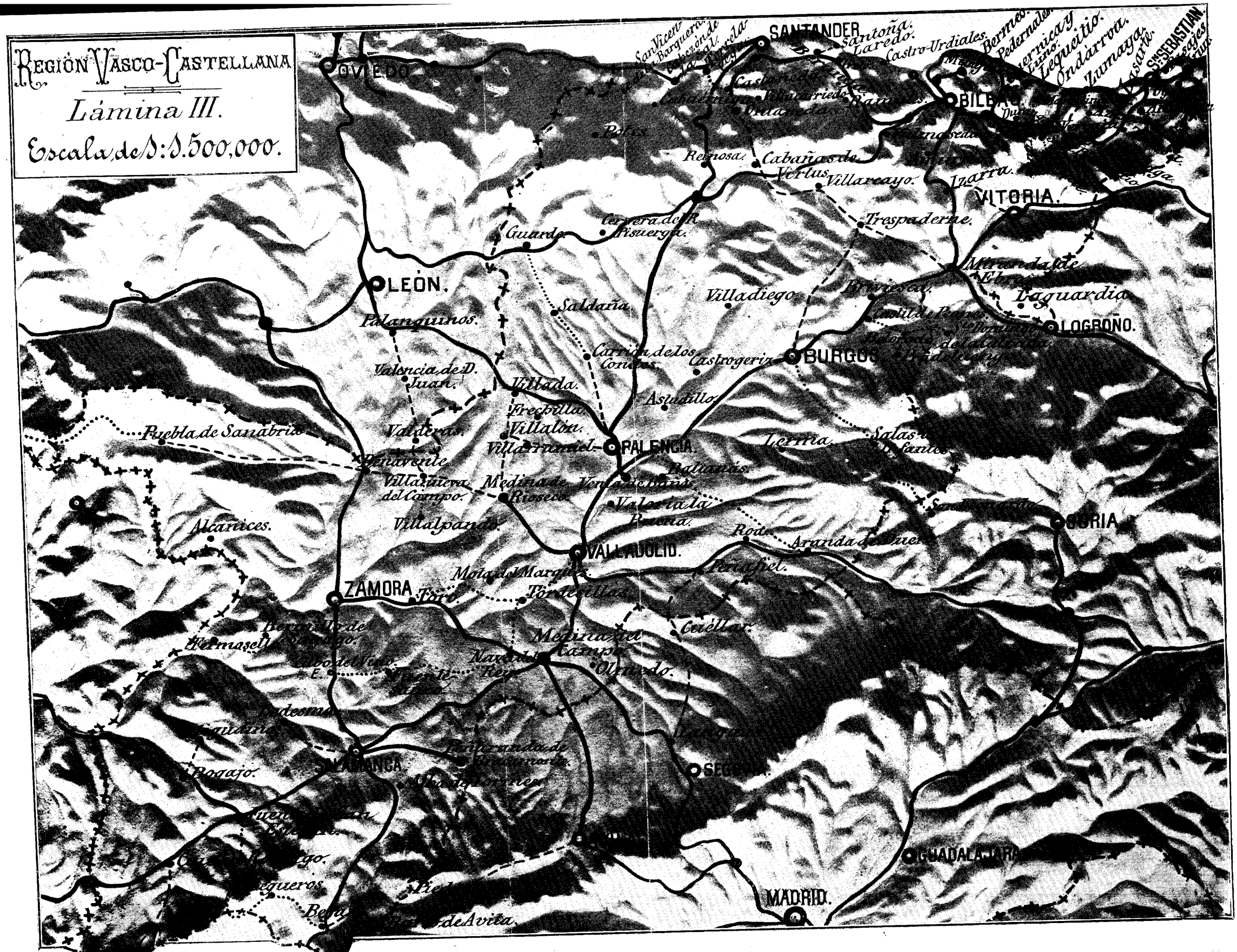
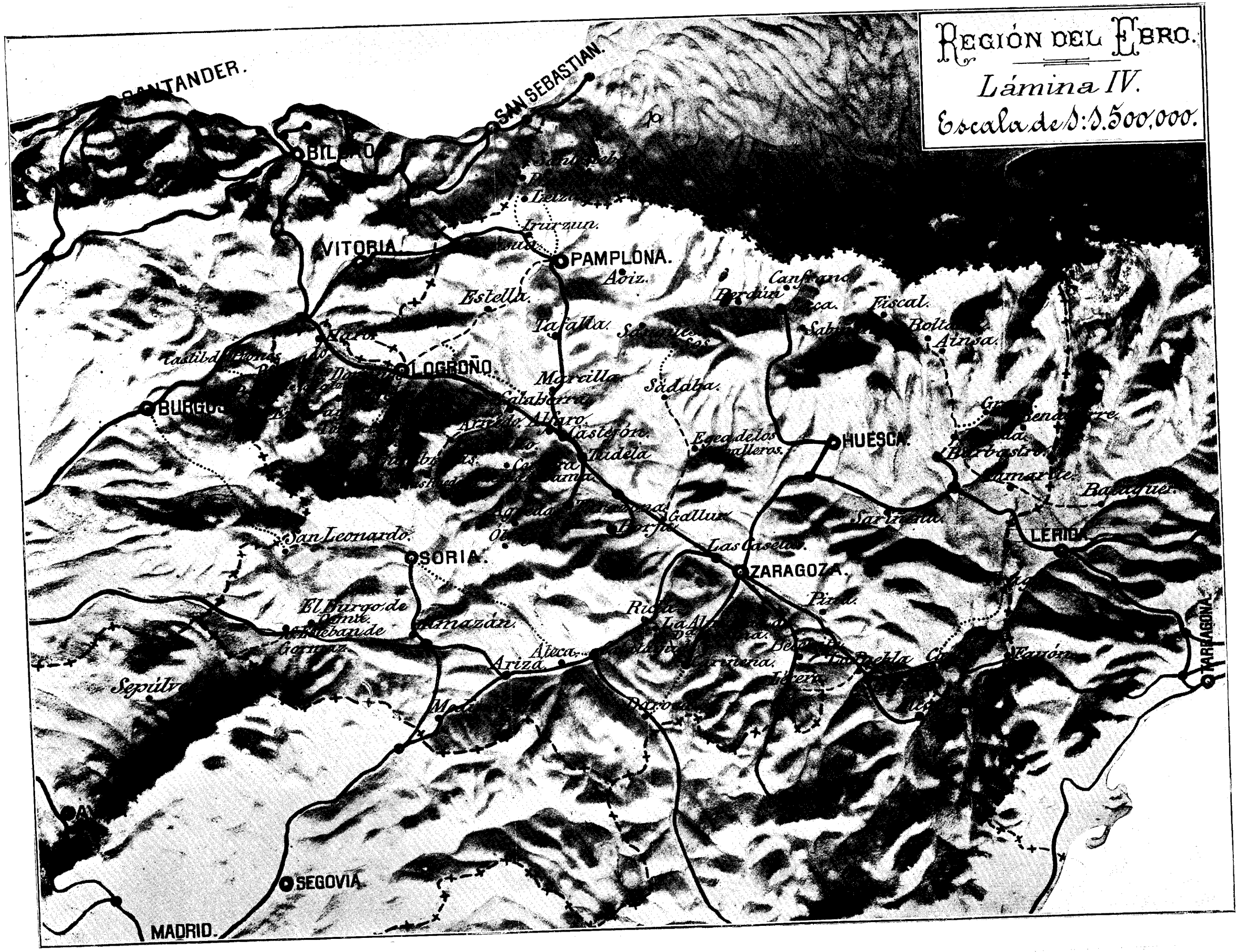
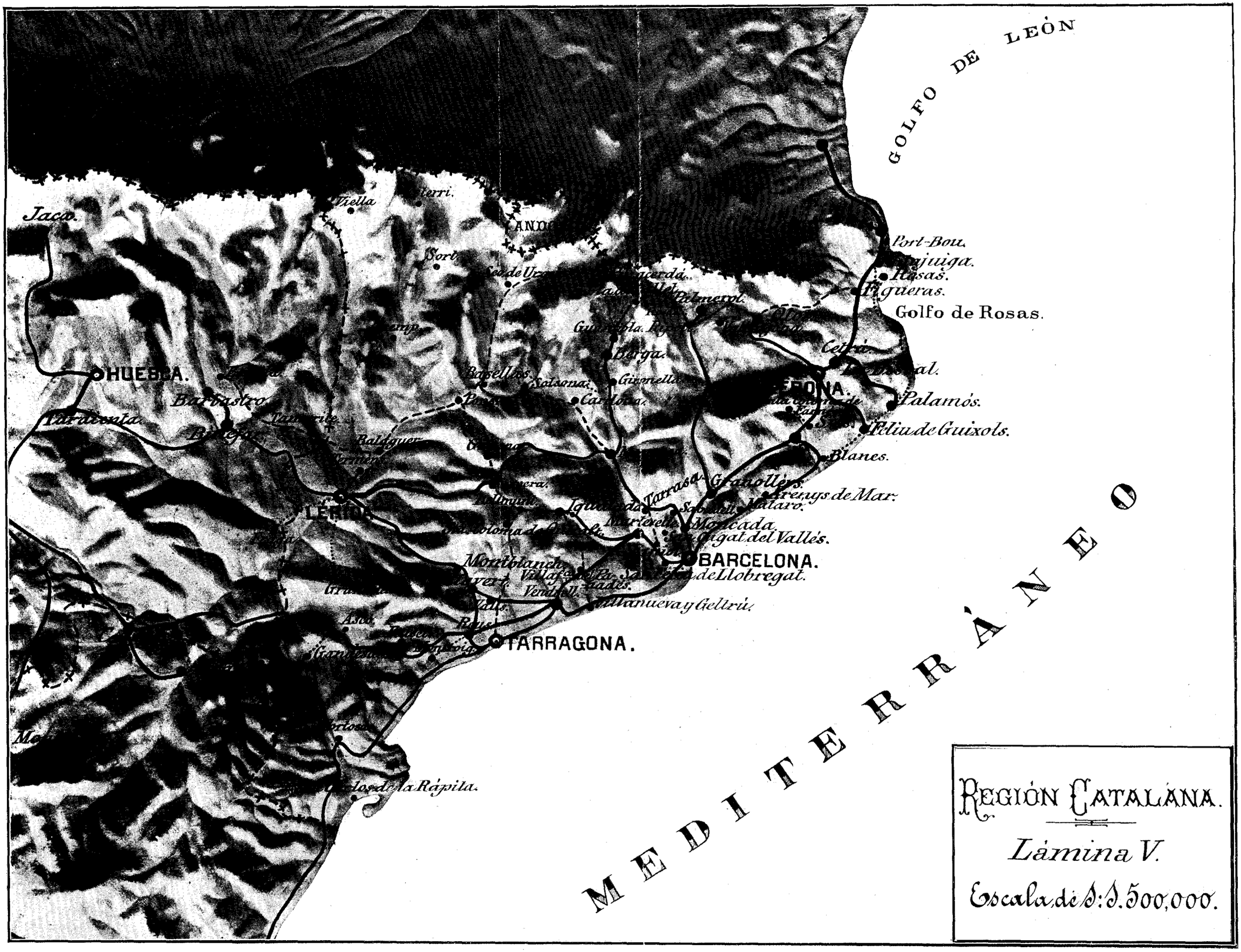


Lámina I.
Escala de 1: 4.500,000.
MAR CANTÁBRICO
FRANCIA
SANTANDER
SAN SEBASTIAN
CORUÑA
LUGO
VITORIA
PAMPLONA
NAVARRA
PIRINEOS
LEÓN
BURGOS
LOGROÑO
HUESCA
Ripoll
Olot
Guardiola
CATALANA
PALENCIA
R. MIÑO
VIANNA DO CASTELLO
BRAGA
SORIA
VALLADOLID
ZAMORA
ZARAGOZA
LERIDA
BARCELONA
VILLA REAL
OPORTO
R. DUERO
SALAMANCA
SEGOVIA
TARRAGONA
GUADALAJARA
MADRID
TERUEL
CUENCA
CASTELLON
TOLEDO
MONTES DE TOLEDO
CACERES
R. TURIA
VALENCIA
MAHON
ISLAS BALEARES
CIUDAD REAL
ALBACETE
LISBOA
R. TAJO
BADAJOZ
SIERRA MORENA
ALICANTE
MURCIA
R. SEGURA
R. GUADALQUIVIR
CORDOBA
REGION DEL MEDIODIA
SEVILLA
HUELVA
R. GUADIANA
GRANADA
ALMERIA
R. GUADALQUIVIR
CÁDIZ
MÁLAGA
ESTRECHO DE GIBRALTAR
OCÉANO ATLÁNTICO
MAR MEDITERRÁNEO
REGION DEL NOROESTE
REGION VASCO CASTELLANA
REGION DEL EBRO
REGION CENTRAL
REGION DE LEVANTE
ESCALAS GRÁFICAS
HORIZONTAL
VERTICAL
EL CORONEL DIRECTOR
INGENIEROS DEL
HISPANIA
Año 1896


REGIÓN DEL NOROESTE.
Lámina II.
Escala de 1:1.500,000.
MAR CANTÁBRICO
OCÉANO ATLÁNTICO
Barquero.
Ribadeo.
Luarca.
Cudillero.
San Esteban de Pravia.
Avilés.
Gijon.
Villaviciosa.
Ribadesella.
Llanes.
Mondoñedo.
Villalba.
CORUÑA.
Betanzos.
Villafranca.
Lugo.
Sarria.
Palas de Rei.
Santiago.
Arzua.
Corcubion.
Muros.
Noya.
Padron.
Silleda.
Chantada.
Monforte.
Quiroga.
Villafranca del Bierzo.
Astorga.
LEÓN.
La Robla.
La Vecilla.
Cistierna.
La Magdalena.
Palacios de Sil.
Palanquinos.
Sahagun.
Valencia de don Juan.
La Bañeza.
Valderas.
PALENCIA.
Villamuriel del Campo.
Medina de Rioseco.
PONTEVEDRA.
Carballino.
Puente-Caldelas.
Vigo.
La Cañiza.
Verin.
Puebla de Sanabria.
BRAGANZA.
Braga.
Guimarães.
Barcellos.
Porto de Vacaim.
Porto.
ZAMORA.
Toro.
Medina del Campo.


REGIÓN VASCO-CASTELLANA
Lámina III.
Escala de 1:1.500,000.
OVIEDO
SANTANDER
Santoña.
Laredo.
Castro-Urdiales.
Bermeo.
Pedernales.
Vergara.
Lequeitio.
Ondárroa.
Lumaya.
S.n SEBASTIAN.
BILBAO
Palas
Reinosa.
Cabañas de Virtus.
Villarcayo.
Izarra.
VITORIA.
Trespaderne.
Guardo.
Cervera de R. Pisuerga.
LEÓN.
Villadiego
Miranda de Ebro.
Haro.
Haguardia
LOGROÑO.
Palanquinos.
Saldaña.
Carrión de los Condes.
Castrogeriz.
BURGOS
Valencia de D. Juan.
Villada.
Astudillo.
Frechilla.
Villalón.
Puebla de Sanabria
Valderas.
Villarramiel.
PALENCIA.
Lerma.
Salas de los Infantes.
Benavente
Villanueva del Campo.
Medina de Rioseco.
Venta de Baños.
Baltanás.
Valoria la Buena.
SORIA
Alcañices.
Villalpando.
Roa.
Aranda de Duero.
VALLADOLID.
Peñafiel.
Mota del Marqués.
ZAMORA
Toro.
Tordesillas.
Cuéllar.
Bermillo de Sayago.
Hermaselle
Medina del Campo.
Nava del Rey.
Olmedo.
Cudeso
Fuente Randa de Tormes.
SALAMANCA.
Ciudad Rodrigo.
Bosajo.
SEGOVIA
GUADALAJARA
Piedrahita.
Navalmoral de Avila.
MADRID.

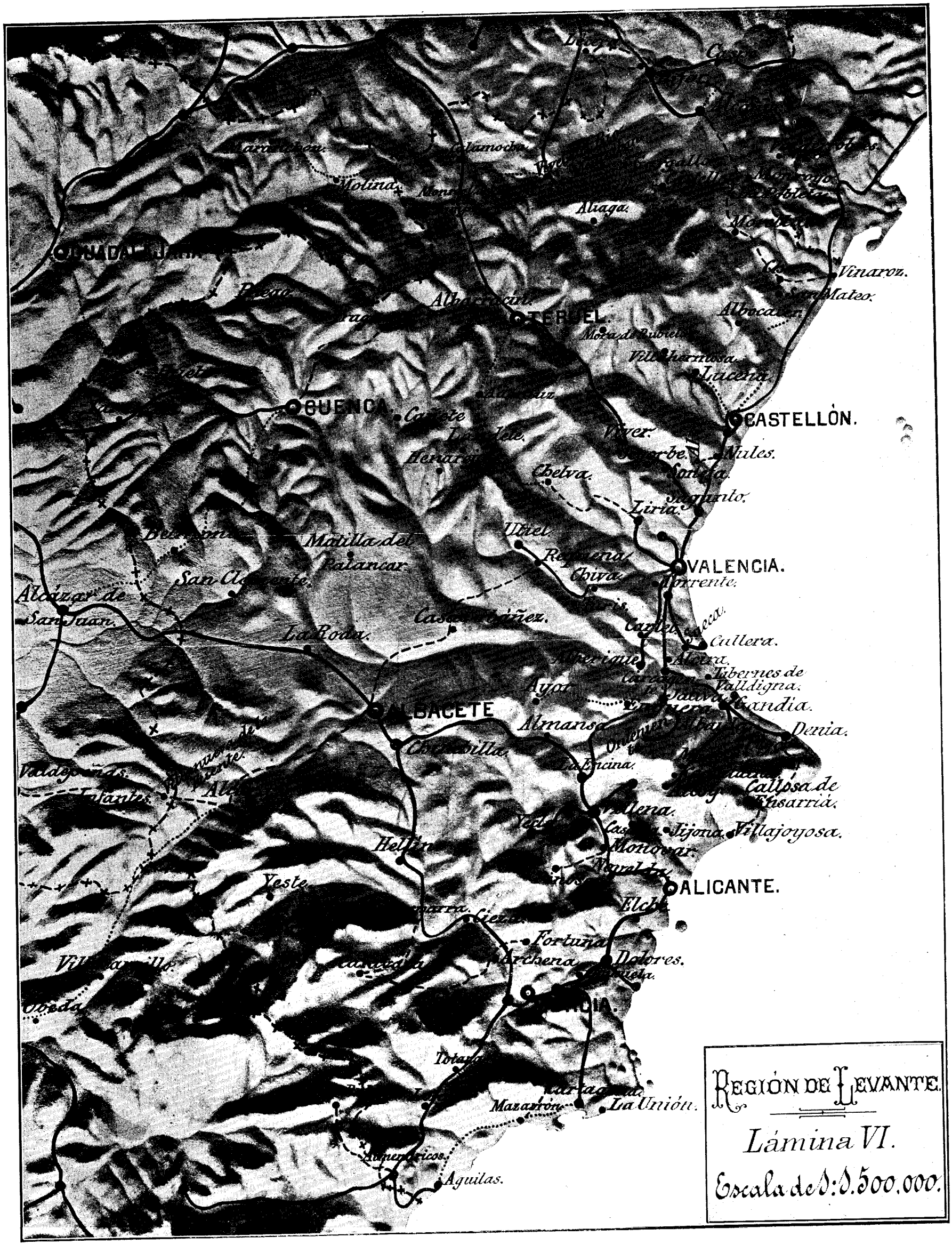

REGIÓN DEL EBRO.
Lámina IV.
Escala de 1:1.500,000.
SANTANDER.
SAN SEBASTIAN.
BILBAO.
VITORIA.
PAMPLONA.
Aoiz.
Irurzun.
Estella.
Tafalla.
Haro.
LOGROÑO.
Morcillo.
Sádaba.
Calahorra.
Alfaro.
Castejón.
Tudela.
Egea de los Caballeros.
HUESCA.
Fiscal.
Aínsa.
Barbastro.
Lanaspe.
Barbastro.
Sariñena.
LERIDA.
Gallur.
Las Casetas.
ZARAGOZA.
Pina.
TARRAGONA.
Ramón.
Borja.
San Leonardo.
SORIA.
El Burgo de Osma.
Ariza.
Ateca.
Sepúlv
SEGOVIA.
MADRID.



REGIÓN CATALANA.

Lámina V.

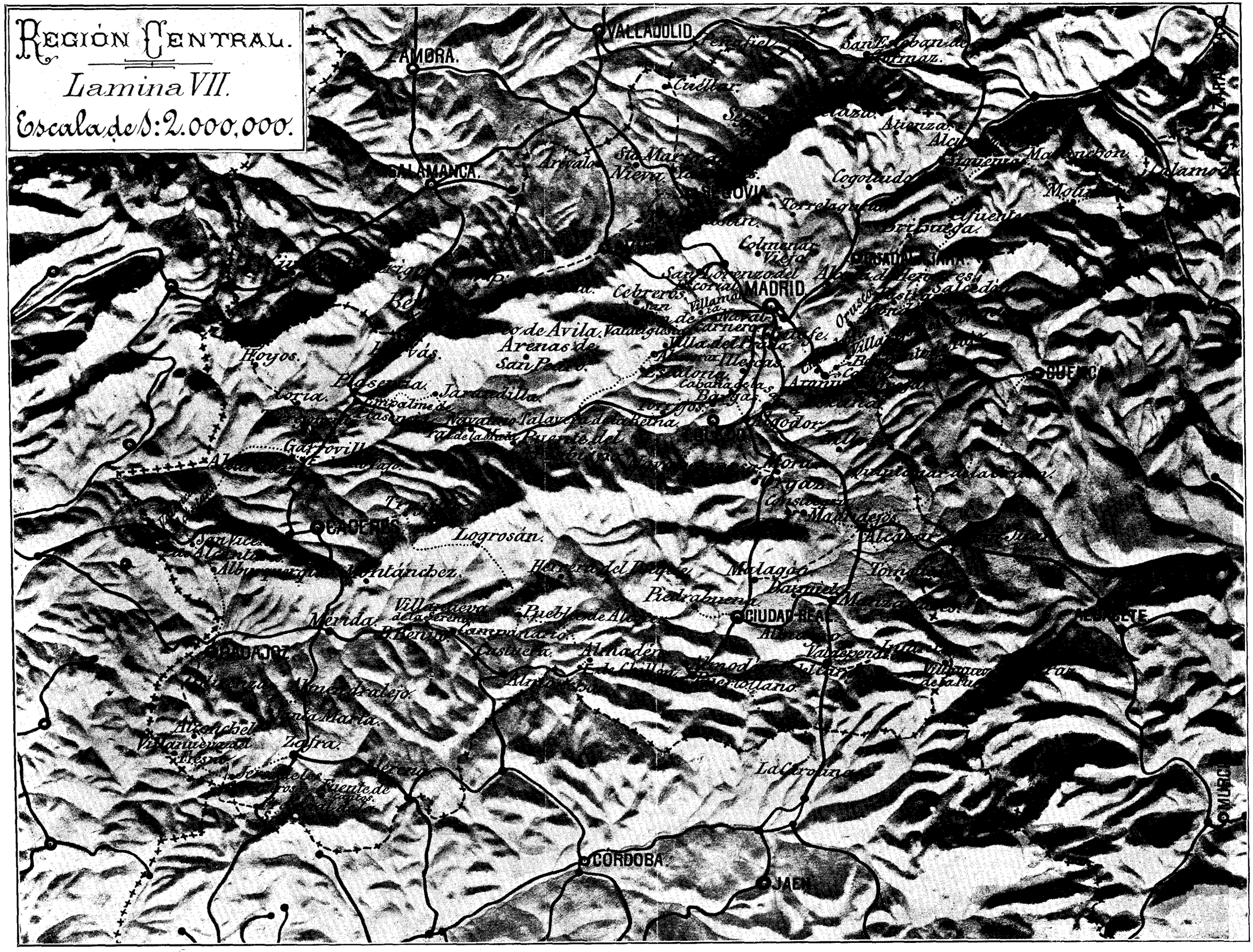
Escala de 1:1.500,000.



REGIÓN DE LEVANTE.

Lámina VI.

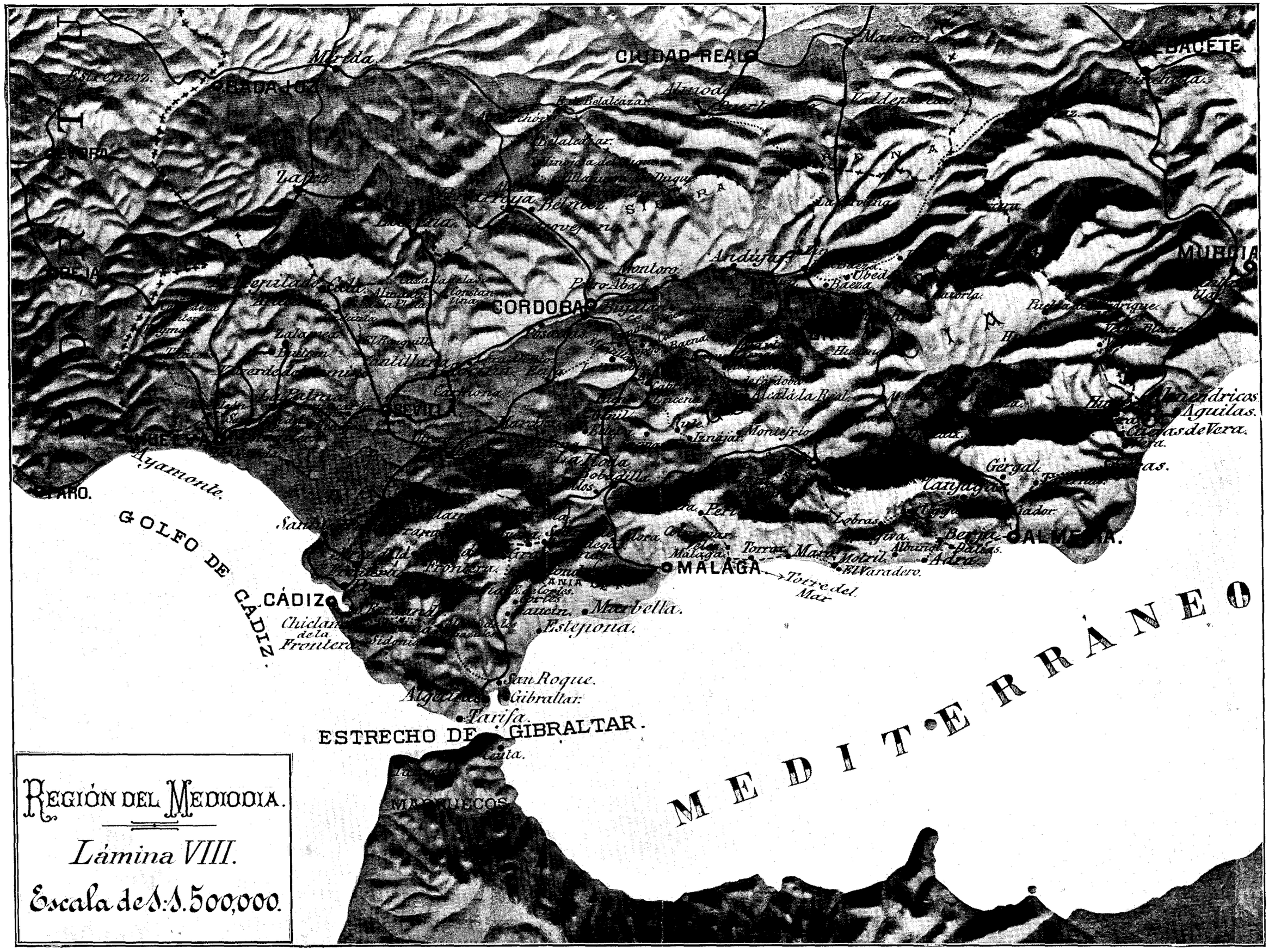
Escala de 1:1.500.000.



REGIÓN CENTRAL.

Lamina VII.

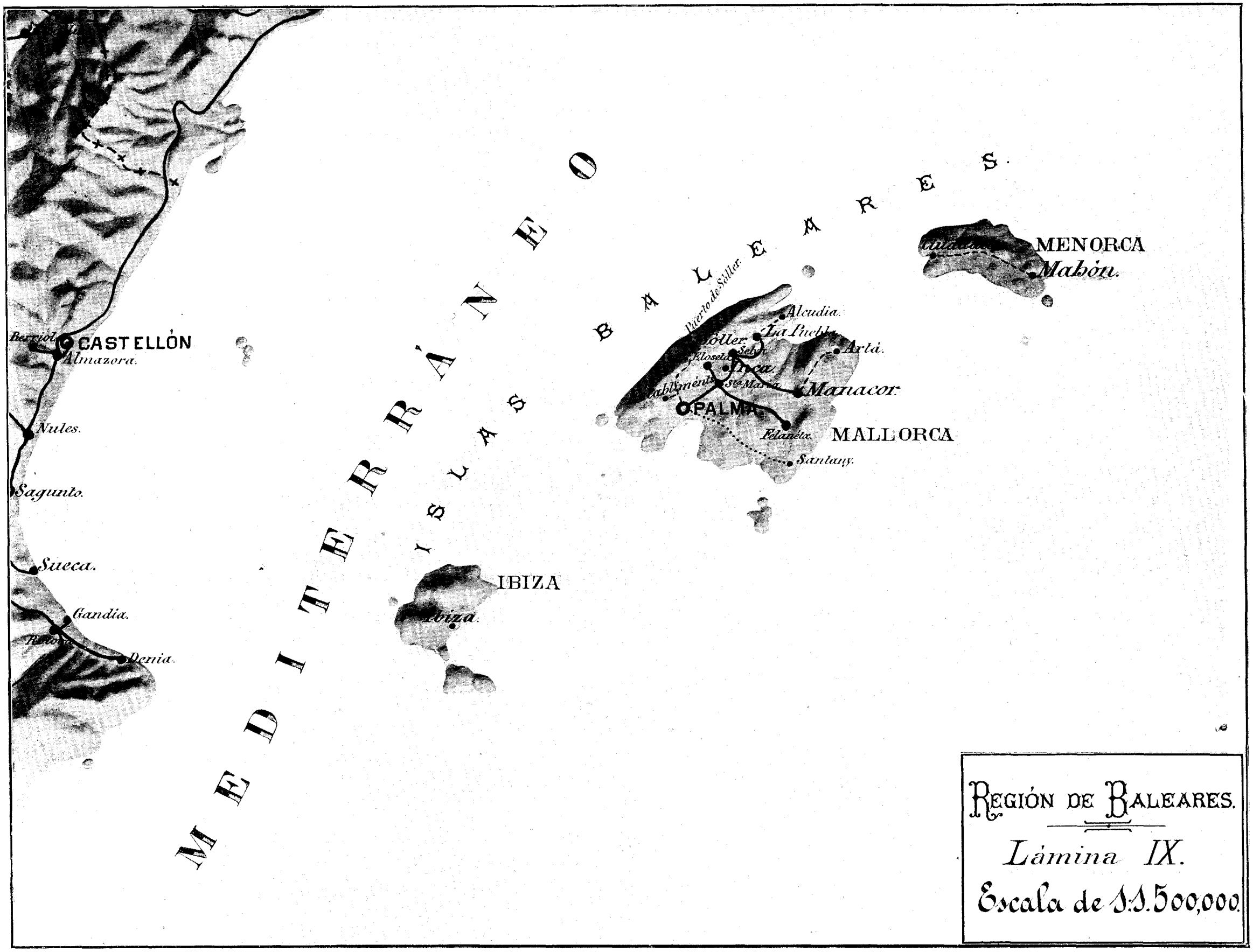
Escala de 1:2.000,000.



REGIÓN DEL MEDIODIA.

Lámina VIII.

Escala de 1:1.500,000.



REGIÓN DE BALEARES.

Lámina IX.

Escala de 1:1.500,000.

ELEVADOR HIDRÁULICO PARA BARCOS

PROYECTO

DE

ELEVADOR HIDRÁULICO PARA BARCOS

EN EL

CANAL DANUBIO-ODER

PRESENTADO AL CONCURSO INTERNACIONAL DE VIENA DE 30 DE MARZO DE 1904

POR

D. SÉNEN MALDONADO HERNÁNDEZ

Capitán de Ingenieros.

MADRID

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

—

1906

I.

TRADUCCIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL CONCURSO

I.

PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL CONCURSO

TRADUCCIÓN *del texto oficial alemán, impreso en la Real é Imperial imprenta de la Corte y del Estado.—1903.*

Acompañaban á este documento y no se insertan en la presente Memoria, por no ser necesarios, los cuatro documentos siguientes:

1.—Descripción de la localidad.
2.—Plano de orientación. (Escala, 1 : 25000.)
3.—Plano de colocación (situación). (Escala, 1 : 1000.)
4.—Resultado de la exploración (investigación) del subsuelo.

El I. y R. Gobierno Austriaco, en previsión de la construcción de canales navegables con arreglo á la Ley de 11 de Junio de 1901, R. G. B. C. artículo 66, presenta el problema respecto al modo de superar los grandes desniveles, buscando la mejor solución posible y adaptada á la especialidad del caso: y para asegurarse la cooperación de las más inteligentes competencias en la materia, sea del interior como del exterior, abre un Concurso general internacional para proyectos técnicos de una instalación capaz de transportar las naves en los saltos de mayor desnivel.

1. — TEMA.

El objeto del Concurso es un proyecto completo de elevador para una diferencia de nivel de $35^{m},90$, situada en Aujezd, cerca de Prerau, en la Moravia, entre el Danubio y el río Oder.

Las condiciones locales del suelo se pueden ver en los documentos 1 á 4.

El conjunto debe satisfacer la condición de emplear la *menor cantidad posible de agua* como fuerza motriz, y asegurar el medio más económico de navegación en el canal.

La elección de medios para corresponder á las exigencias del tema se deja al arbitrio de los concurrentes.

2. — CAPACIDAD.

Las proyectadas disposiciones deberán procurar salvar la diferencia de nivel en todos los casos, sin peligro para la nave ni para su cargamento, para todos los buques aptos (por sus condiciones y estructura) para la navegación del canal.

Las partes destinadas á recibir y elevar las naves, deben ser capaces de contener buques de longitud hasta de 67 metros comprendido el timón, de $8^m,20$ de manga y de $1^m,80$ de puntal. El conjunto y sus accesorios deben ser capaces de transportar uno de cada vez, por lo menos 60 naves de las dimensiones dichas; es decir, 30 transportes en cada una de las direcciones opuestas. Esta capacidad se exige también aunque las distintas partes del canal en la instalación sufran un cambio de nivel de $0^m,20$.

3.—Seguridad del movimiento.

El proyecto debe garantir completa seguridad en el movimiento del conjunto.

Por lo que respecta á la estática, las partes de hierro ó de acero deben ser calculadas tres veces y media en más (traducción literal), y respecto á las influencias dinámicas ó de esfuerzos especiales, proporcionalmente mayor.

La acción del viento ha de calcularse para una presión horizontal de 270 kilógramos por metro cuadrado.

Se deberá poner también especial atención respecto á las influencias meteorológicas, á los inevitables asientos y á la influencia de un trabajo intenso.

Las construcciones y los motores, como asimismo las máquinas auxiliares, deben ser proyectadas de modo que sea fácil el acceso á las partes principales, para poder examinar en todo momento su regular funcionamiento.

Las partes de la construcción sujetas á consumo, ó expuestas á peligro de rotura, débese poder substituirlas fácilmente y sin notable interrupción del tránsito. A fin de evitar interrupciones se deberá tener prevenidas piezas de recambio.

4.—Índice del proyecto.

El proyecto no se limita solamente á la instalación del elevador, sino que debe comprender también las dos cabezas de canal inmediatas al mismo, ambas de igual dimensión y cuyo nivel respectivo de agua es normalmente $204^m,10$ y 240 metros sobre el nivel del Adriático, y á las cuales corresponde un ensanchamiento para el cruce de las naves de la máxima dimensión admitida para la navegación del canal.

Los documentos anteriormente indicados, constituyen en su conjunto el objeto de este estudio.

En el estudio del proyecto, se deberá tener por base el eje del canal señalado en el plano número 3 con la línea de trazos *C D E*.

El conjunto de la instalación, en su extremidad inferior, no debe pasar de la línea *F G* indicada en el plano número 3.

El terreno situado al norte del eje del canal, debe dejarse libre, á ser posible.

5.—Límites de las dimensiones.

Cada una de las dos cabezas de canal, debe ser proyectada para dos barcos, y con una longitud, por lo menos, de 300 metros, y en ambas debe dejarse una altura de paso de $4^m,50$ por lo menos, sobre el nivel normal del agua.

La profundidad normal del agua debe ser, en cada cabeza de canal, de $3^m,30$. A la altura de $1^m,20$ sobre el nivel normal del agua, habrá dos caminos á lo largo de las riberas del canal; la anchura de las cuales será de 4 metros.

6.—Elaboración del proyecto.

El proyecto detallado debe comprender:

1.° La representación de todas las partes esenciales del objeto de estudio, en la escala de 1 : 1000, sobre una copia del plano contenido en el documento número 3.

2.° La representación del conjunto de los planos, en proyección horizontal, secciones y perspectivas.

3.° Dibujos de todos los más importantes detalles en la proyección horizontal, secciones y perspectiva, en una escala apta para la claridad del exámen.

4.° Las dimensiones y relativos datos de estática y dinámica de las proyectadas construcciones, con indicación de la clase de materiales adoptados.

5.° Medida preventiva de todos los materiales necesarios, especialmente para las máquinas, ó para las partes en hierro ú otro metal, con la indicación detallada del peso.

6.° La relación técnica explicativa, con la descripción y motivos del proyecto, teniendo en cuenta el coste de manutención y funcionamiento en un trabajo respectivamente de doce y veinticuatro horas consecutivas.

7.—Presentación de los proyectos.

Los proyectos de Concurso deben ser presentados al I. y R. Ministerio del Comercio en Viena, no más tarde del 31 de Marzo de 1904.

8.—Indicaciones que deben llevar los proyectos.

Exteriormente los proyectos de Concurso deben llevar la inscripción «*Zum Wettewerbe für ein Schiffshebewerk*» (Para el Concurso de un elevador de buques).

Cada parte del proyecto debe llevar un *lema*, sin alusión alguna al nombre, condición ó residencia del concurrente.

Un sobre cerrado, provisto exteriormente del lema, deberá contener el nombre, ó la razón social, y la dirección precisa para cada envío, y eventualmente la dirección del representante. La apertura del sobre con el lema tendrá lugar sólo después de pronunciado el fallo.

9.—Premios.

Serán adjudicados tres premios,

1.er Premio.—Coronas 100.000 (cien mil).

2.° Premio.—Coronas 75.000 (setenta y cinco mil).

3.er Premio.—Coronas 50.000 (cincuenta mil).

Los premios serán liquidados en la I. R. Caja central del Estado en Viena dentro de los 30 días á partir del juicio que pronuncie la Comisión de adjudicación.

10.—La Comisión de adjudicación.

La Comisión de adjudicación estará compuesta de nueve miembros, nombrados por el Ministerio del Comercio, entre las más notables competencias del Estado y del extranjero.

La composición de la Comisión y sus atribuciones, serán publicadas en la I. R. *Gaceta de Viena.*

11.—Adjudicación de premios.

La adjudicación de los premios tendrá lugar exclusivamente ateniéndose al criterio de la Comisión y después del fallo de la misma, reunida con dicho objeto.

En igualdad de condiciones será dada la preferencia al sistema que se preste para una más general aplicación.

El concurrente que haya presentado varios proyectos no puede aspirar más que á un sólo premio.

El juicio de la Comisión es inapelable y será publicado en la *Gaceta de Viena.*

12.—Adquisición de proyectos.

Los proyectos premiados pasan en propiedad á la I. R. Administración del Estado.

Por lo que respecta á los proyectos no premiados, la Administración del Estado se reserva la facultad de retenerlos mediante una indemnización de 25.000 (veinticinco mil) coronas.

Con la adquisición de los proyectos la I. y R. Administración del Estado está facultada para llevarlos á la práctica, con ó sin modificación, por cuenta propia, ó dando el encargo á cualquiera; como asimismo para aplicar el respectivo sistema y también el conjunto del elevador en otras vías hidráulicas del Austria. Por lo demás son respetados los derechos inherentes á las patentes de los concurrentes ó fundados en derechos de autor.

13.—Premio de construcción.

Si un proyecto de Concurso adquirido por la I. y R. Administración del Estado se llevase á la práctica y durante dos años de prueba funcionare regularmente, el autor del proyecto, siempre y cuando no haya él tenido el encargo de la construcción ó dirección de la obra, recibirá un premio de coronas 200.000 (doscientas mil).

Si durante la ejecución del proyecto se hubiesen introducido modificaciones substanciales, el premio sufrirá una disminución proporcionada á la influencia que el espíritu inventivo de las mismas tenga en el funcionamiento colectivo del conjunto de la instalación.

Respecto á esta cuestión, si el conjunto funcionó completamente bien y el modo de dividir el premio, juzgará una Comisión de siete miembros imparciales y competentes, que designará el I. y R. Ministerio del Comercio.

El juicio de esta Comisión es inapelable.

14.—Restitución de los proyectos.

La restitución de los proyectos que no fueran premiados ni adquiridos se efectuará tres meses después del juicio de la Comisión adjudicadora, á riesgo del concurrente y con la dirección por éste indicada.

15.—Obligación y norma del Concurso.

Con la presentación de un trabajo de concurso todo concurrente se sujeta á la norma de este Concurso Universal.

16.—Oferta eventual.

Cada concurrente está facultado para declarar si y bajo qué condiciones está dispuesto á asumir la ejecución de su proyecto y la prueba de funcionamiento.

Tales ofertas deberán incluirse en el sobre cerrado de que se habla en el número 8, párrafo 3. Se llama la atención sobre el párrafo 7 de la Ley de 11 de Junio de 1901 R. G. B. L. núm. 66 que exige, de ser compatible con las condiciones del trabajo, ocupar sólo los técnicos, operarios é industrias económicas del Estado.

II.

EXPOSICIÓN DEL PROYECTO

II.

EXPOSICIÓN DEL PROYECTO

Antes de abordar el árduo problema cuya solución voluntariamente me he impuesto, debo hacer presente que carezco de medios en la localidad para presentar mi modesto trabajo como es debido. Estoy sólo, y por otra parte la misma magnitud grande del asunto me veda el consultar á mis compañeros, por temor de aparecer como soberbia pretensión lo que en verdad es resultado de largas meditaciones, y con la fe del que profesa una idea abrigo la convicción de haber por lo menos planteado, si no resuelto, el problema capital de comunicar dos cursos navegables que están á diferente nivel, cualquiera que éste sea.

La presentación de mi trabajo, en forma tan modesta, no es, pues, falta de consideración al sabio Tribunal (que merece todos mis respetos) designado por el Gobierno de S. M. I. y R. para juzgar estos estudios, sino imposibilidad absoluta de hacerlo mejor.

No es ciertamente España el país clásico de la navegación fluvial; pero los inteligentes ingenieros de Austria, que han sabido conquistar el primer puesto en la última Exposición Universal de París, son los llamados á completar mi obra, dotándola de aquellos coeficientes que aconseja una práctica varias veces secular, y de modificar los detalles que mejoren el conjunto, en la seguridad de que la resultante será la solución completa del problema. Aparte el honor que con ello se me dispensaría, en nada cambia la esencia del asunto, el principio en que se funda el aparato.

Confieso ingenuamente que ante la simple inspección de los planos, mi proyecto ha de parecer descabellado por lo disparatadamente voluminoso. No es menos grande el asunto de que se trata, mayor aún la

importancia del problema poniendo en comunicación dos vías fluviales como el Danubio y el Oder, y con ello dos tan poderosos Estados como Austria y Alemania, ante la necesidad creciente de dar fácil salida á los productos inagotables de su industria, y por último, de abrir la competencia á los ferrocarriles como en otro tiempo lo hizo la esclusa primitiva con las carreteras. Además mi obra está casi toda fuera del agua por encima del nivel, esto es, aparente á la vista; hágase lo mismo con otra de su clase, la de Heinrichembourg, por ejemplo, dibújese en un perfil longitudinal sus cinco pozos metálicos, los flotadores, puente y esclusa portátil en la parte más alta de su curso, salvando 16 metros. Figúrese una obra análoga para una altura de 36 metros y seguramente no parecerá mi obra ni tan voluminosa ni tan cara.

Objeto de este estudio.

2. El objeto de este estudio, según indican los párrafos **1** á **7** del pliego de condiciones del Concurso, es la construcción de un canal navegable de enlace entre los ya existentes de Prerau (Moravia) á Olmutz sobre el Elba y de Ostrau sobre el Oder canalizado, quedando así unidos este último río y el Danubio, importantísimos y caudalosos cursos de agua que desembocan el primero en el mar (del Norte) Báltico y el segundo en el mar Negro, con lo cual está dicha la magnitud é importancia de la obra que se proyecta.

Los dos canales que se trata de unir tienen una diferencia de nivel de $35^m,90$, y por lo tanto, el verdadero objeto del estudio se circunscribe, primero, al proyecto de un elevador para barcos de $67 \times 8^m,20 \times 1,80$, que salve dicho salto de $35^m,90$, y segundo, proyecto de los dos trozos de canal, inferior y superior, inmediatos á aquél en una longitud de 300 metros y el de todas las obras que exija su instalación y servicio, ateniéndose á las prescripciones claramente formuladas en el pliego de condiciones.

Finalmente, por si lo anterior no es bastante, se presenta otra dificultad grande, casi insuperable, que hay que vencer, y es la relativa al terreno, cuyo subsuelo es de formación diluvial, del Lhem ó Loes (légamo fango) ó margas arcillosas, amarillas ó azules, ninguna de las cuales es

muy recomendable para esta clase de obras. Habrá, pues, que estudiar la consolidación del subsuelo desde dos puntos de vista: primero, para impedir los movimientos laterales ó corrimientos del terreno, y segundo, para obtener una sólida cimentación en obras ya de por sí difíciles de fundar.

Así se desprende, por lo menos, del exámen de los tres planos que acompañan al folleto, ya que desgraciadamente no me es posible ir á Prerau para examinar detenidamente los pozos y catas tan sabiamente entendidos y situados.

La descripción de la localidad y las condiciones meteorológicas y demás, exigidas en el pliego de condiciones, son también circunstancias muy dignas de tenerse en cuenta, como trataremos de hacerlo á su debido tiempo.

Siendo el aparato elevador el objeto principal del proyecto, y dependiendo ó derivándose de él sin excepción todas las demás obras, así como su organización y disposición, debemos empezar por analizar la solución más apropiada al caso que nos ocupa. Decidido el sistema que se debe adoptar y proyectada la instalación para elevar los barcos, las demás obras serán consecuencia de ésta.

Exámen de las soluciones posibles.

Antes de hacer la descripción del aparato que propongo, trataré de examinar las soluciones posibles, prácticas para el caso particular que motiva el concurso, discutiendo la aplicación al mismo de todos los procedimientos conocidos hasta el día, bien que se hayan practicado ó que estén aún en estado de proyecto. No es, pues, una discusión desde el punto de vista general de las ventajas é inconvenientes de los distintos sistemas, discusión que tan sabiamente han planteado autoridades en la materia como Hirsch, Guillemain y otros.

De este análisis surgirá la deducción de si es práctico adaptar á este caso concreto alguna de las obras conocidas. Si resulta barata su instalación y entretenimiento, si económica la navegación, si no disminuye la capacidad de circulación; en una palabra, si llena las condiciones exigidas para el concurso, es inútil lanzarse por nuevos derroteros; se procede

á formular el proyecto sobre base segura con los recursos de la mecánica y los coeficientes que da la práctica; nada queda imprevisto. Si por el contrario, nada de lo actual llena el pliego de condiciones ó folleto del concurso, como es de suponer, forzosamente hay que investigar nuevas disposiciones con la incertidumbre de lo imprevisto; por mucho que se investigue, por cuidado que se ponga, siempre ha de escapar algo á la percepción de la teoría *a priori*, pues las teorías si son exactas sabemos que siempre se formularon *a posteriori*. Obras de esta magnitud y naturaleza no se construyen ni formulan en un día; el mismo proyecto que se adopte como mejor, ha de sufrir durante la construcción modificaciones profundas que hasta pueden alterar el principio en que se funda aquél.

Esclusa.

Ideada ó inventada por Philippo Visconti, según unos, ó por Leonardo de Vinci (1) según otros, constituye la instalación universal allá donde haya navegación fluvial, y en la mayoría de los casos es insustituible. Cuando una barra interrumpe el curso natural de un río, la esclusa es la única solución para salvar el obstáculo con la misma facilidad cuando se navega agua arriba que agua abajo, y á esto fué debido que se propagara con tanta rapidez y que hiciera verdaderamente práctica la navegación fluvial. Su empleo no resultó ya tan económico cuando se las aplicó á los canales ó vías artificiales de navegación, pues gastan mucha agua y hasta en los canales laterales, que tan fácilmente pueden proveerse de ella, hay que atender, no siempre con economía, á la alimentación, por el enorme gasto que originan la evaporación y filtraciones (1500 metros cúbicos por término medio, por día y kilómetro de canal de ancho corriente).

Cuando las alturas que se ha pretendido salvar han aumentado, ó bien se ha multiplicado el número de esclusas, podemos decir que se iban éstas separando de su primera y más importante aplicación, pues

(1) Leonardo de Vinci extendió el empleo de las esclusas y las importó en Francia hacia 1480. La idea primera se debe á Philippo Visconti.

la esclusa implica gran abundancia de agua, cuyo gasto siempre importante venía á ser secundario.

Con la aparición después de los ferrocarriles modernos, vino á estacionarse el desarrollo de las vías artificiales de navegación. Hoy ante la necesidad creciente de dar salida fácil á los productos de la industria, para obligar á las empresas de ferrocarriles á bajar las tarifas y, en fin, para poder efectuar el transporte de enormes masas, vemos á los grandes Estados fomentar el desarrollo de las vías fluviales y con ello, como no podía menos, vuelve á aparecer la esclusa como instalación inseparable de los canales y ríos navegables.

Cuando sucede, como en el caso presente, que la diferencia de nivel es considerable, los gastos y dificultades de la instalación y entretenimiento de la esclusa son enormes y si á mayor abundamiento escasea el agua, se debe investigar si no resultaría más económica la construcción de una instalación mecánica que la de la esclusa y si el gasto de entretenimiento de aquélla no será menor que los inherentes á la alimentación del canal.

No es, pues, este estudio una comparación de la esclusa con los elevadores mecánicos, cada cosa en su punto; es que se saca la esclusa de los casos en que su aplicación es indiscutible. En el que nos ocupa, basta leer las condiciones del concurso para comprender que aquélla no resuelve el problema, pues se exige economía de agua, hasta en lo que respecta á la necesaria para los motores.

Con agua abundante y sin limitación, la esclusa salva todas las alturas, como los elevadores, conservando sus ventajas peculiares; pero escaseando el agua, hay que desechar como impracticable aquella solución. Tan es así, que antes de ser en mi poder el folleto del concurso, tenía ideadas y calculadas varias soluciones de esclusa para una altura de 36 metros, y de ello, si dispongo de tiempo, haré al final una somera descripción. Pero cuando tuve el pliego de condiciones y de él una traducción exacta, comprendí que debía desistir de lo hecho é investigar por otro camino.

Comprendí, no obstante, desde el primer momento, que al enorme gasto de agua, que escasea precisamente en los terrenos montuosos y en las fuentes de los ríos, iban unidos otros inconvenientes. Una esclusa de

36 metros de altura es un enorme depósito de agua. Los muros requieren grandes espesores, son verdaderos diques de pantano, con la desventaja sobre éstos de que variando la presión del agua desde 0 hasta la total $\frac{h^2}{2}$ toneladas por metro lineal (h en metros) y varias veces al día, la resistencia de los muros disminuye según aumenta el número de esclusadas. Si sobreviene un accidente, bien pronto se convierte en desastre que afecta á una región entera. Basta recordar la catástrofe de 1802 en Lorca, por efecto de la rotura del dique, y otras análogas y no menos lamentables en 1825 en el estanque de Plessis, en 1864 el depósito Sheppielos (Inglaterra), el de Tibi (Argelia) y en 1881 el de la barra del Oued Fergoud.

Para ponerse al abrigo de estos accidentes no basta con aumentar desmedidamente los espesores, hay que recurrir á procedimientos especiales. En suma, carísima la instalación y una masa tan enorme de agua que si difícil es obtenerla también lo es el darle salida sin entorpecer la navegación agua abajo.

Desechada la esclusa por impracticable, trataremos de pasar revista á las instalaciones mecánicas.

Elevadores.

Estos aparatos podemos clasificarlos en dos agrupaciones.

1.ª Planos inclinados.

2.ª Elevadores propiamente dichos.

Cada uno de los cuales puede á su vez subdividirse en otros varios, según su diverso modo de funcionamiento y principio en que se funda.

Planos inclinados.

Basta observar el plano de situación para comprender que el terreno donde se ha de construir la instalación tiene pendientes muy suaves. Si se hace después un perfil longitudinal, según el eje indicado en el plano y usando la misma escala para las abscisas que para las ordenadas, se obtiene una línea casi recta, de pequeñísima incli-

nación, de $^1/_{20}$ á $^1/_{30}$, y ésto unido á las propiedades del plano inclinado, de todos conocidas, para el transporte de enormes masas, hace que á primera vista la solución que parece imponerse en nuestro caso es la del plano inclinado; pues con efecto, descomponiendo la resultante de los pesos en dos componentes, una normal otra paralela al plano, esta última, que es la que han de soportar los cables de tracción, podemos hacerla tan pequeña como queramos, dando al plano inclinado la pendiente correspondiente. Esta circunstancia, muy digna de tenerse en cuenta, lo es más en nuestro caso, pues se trata de barcos cuyas dimensiones $67^m,00$ longitud $\times$ $8^m,20$ manga $\times$ $1^m,80$ puntal son respetables y por lo tanto el peso. Si á ésto agregamos el éxito, que aunque mediano en general han obtenido los planos inclinados hoy en explotación, superior en mi concepto al alcanzado por los elevadores propiamente dichos, salvo muy contada excepción, no es de extrañar, repito, que la primera idea que se ocurre sea la del plano inclinado y aun me parece que al formular las condiciones del concurso en el folleto, no obstante su generalidad, á pesar de que está perfectamente planteado abarcando todos los casos posibles, se trasluce la base hipotética del plano inclinado.

Entrando más á fondo en la cuestión: cuando se reflexiona que si el asunto estaba tan claro no habría lugar al concurso, máxime existiendo en Austria las primeras autoridades en la materia y sobre todo cuando se examinan uno por uno los planos ejecutados ó ideados hasta el día y se trata de implantarlos en Aujezd, saltan en tropel las dificultades, los inconvenientes, hasta el punto de obligar á hacer un estudio algo más detenido de lo que deseara, dada la índole de este trabajo y el poco tiempo de que dispongo.

1.° Si suponemos que desde la cabeza del canal superior al curso inferior existe un plano inclinado revestido con baldosas, bien con adoquines ó con traviesas de madera y en el vértice del plano situamos un torno ó cabrestante, tendremos el plano inclinado empleado desde tiempo inmemorial por los chinos y que todavía se vé en los pueblos ribereños donde no tienen la fortuna de tener rada ni puerto.

2.° Si al anterior le colocamos una doble vía férrea sobre la cual se coloquen dos carretones haciéndose equilibrio por el intermedio de un cable y el torno dicho en el vértice, tendremos la segunda fase con que

se nos presenta el plano inclinado en tiempos relativamente modernos (1788 á 1792). Canal de Shropshiere Fulton y Oberland Prusiano 1844 á 1860. En estos canales los carretones transportando los barcos se hacen contrapeso y uno y otro entran directamente en su curso correspondiente, si bien el superior necesita de un segundo plano en contrapendiente *(summiplaine)*.

3.° En el canal superior, para colocar los barcos en el carretón cuando descienden y para sacarlos del mismo cuando suben y darles entrada en el canal, se ha empleado una sola esclusa. Canal de Ketley en 1788 y abandonado en 1818; canal de Warsley, abandonado en 1842, y canal de Morris en América, 1825, 1831 y 1835.

4.° Sistema de Solages. Para evitar la diferente longitud del cable por efecto de la dilatación, Mr. Solages propuso una sola esclusa portátil y dos carretones de contrapeso (con lingotes de fundición) que al propio tiempo servían de motor mediante una sobrecarga de agua (para descender los contrapesos) que se tiraba para ascender los mismos. Suprimió la esclusa y el plano en contrapendiente, y aparece por primera vez el cierre hermético entre la cabeza de los canales y los testeros del carretón. Creusot y plano inclinado de Georgetown.

5.° Sistema Montet. Modifica el anterior sustituyendo los contrapesos por una segunda esclusa y haciendo el cable algo más largo de lo necesario para prevenir la contracción. Ejemplo: el plano inclinado de Blackhill y el de Georgetown.

De las cinco disposiciones anteriores sólo las cuatro últimas analizaremos; pues de otras disposiciones ideadas, planos inclinados laterales (Holandeses y Overdrach) hablaremos al final.

Análisis de las disposiciones anteriores.

Este lo haremos en conjunto en obsequio á la brevedad y por presentar para este estudio caracteres comunes.

Terreno.—Dos son las dificultades principales que presenta el problema: primera, la disposición ó idea del aparato; segunda, y no menos grave en cualquier solución, el terreno, del cual volveremos á hablar en las cimentaciones *(fundations)*.

El terreno en su mayor parte está formado por capas de margas arcillosas azul y amarilla, formaciones diluviales y por el Lhem ó Lœs. Basta ahora apuntar que á un semejante subsuelo no es conveniente cargarle á más de 2 kilógramos por centímetro cuadrado, y que con pesos en movimiento y en la época de lluvias seria prudente no pasar de 1 kilógramo por centímetro cuadrado.

Los barcos no pueden ser transportados en seco por su gran dimensión, y entre barco, esclusa portátil y agua de la misma, ascenderá el peso á 1500 ó 2000 toneladas, tal vez á más. Para repartir dicho peso en una superficie de 200 metros cuadrados y dado que la longitud de la esclusa no ha de bajar de 70 metros, contamos como mínimo 3 ó 4 metros cuadrados de superficie de apoyo por metro lineal de vía.

Desde este punto de vista no estamos mal, pero un cálculo aproximado de semejante vía y de los trabajos de consolidación en toda la extensión del plano inclinado, da un resultado costosísimo, así para la instalación como para el entretenimiento. Ciertamente que sólo la componente normal al plano es la que soporta el terreno, pero dicha componente es la casi totalidad del peso.

Vía.—Desde el punto de vista mecánico no puede resultar económica una obra que cuesta tanto y que sólo trabaja el momento preciso del paso de la esclusa móvil, pero en fin, esta no es dificultad insuperable si bien es cara; en el mismo caso están los ferrocarriles. Teniendo los carretones ó esclusas por lo menos 9 metros de ancho y siendo dos las vías, una ascendente y otra descendente, se hace preciso por lo menos 19 metros de anchura total, ó sean 10 metros de eje á eje con 1 metro de huelgo, y esto en una extensión de 700 ú 800 metros, lo que representa 15.000 metros cuadrados de construcción.

Si en el Oberland prusiano se aplastaron los carriles con un peso de 105 toneladas, haciéndose preciso sustituir los primitivos carriles por otros de acero, figúrese aquí lo que resultará con 1500 ó 2000 toneladas. No bastará con poner carriles especiales, será preciso aumentar su número en proporción para que la presión no exceda de 10.000 kilógramos en cada punto de apoyo. En los ferrocarriles ordinarios no excede de 6000 á 7000 kilógramos. Esto ya constituye una dificultad seria.

Esclusa. Ruedas.—Por la razón anterior y adoptando la rueda empleada en los ferrocarriles y no otra de menor diámetro para no aumentar los rozamientos, tendremos que las ruedas que soportan el carretón, no deben recibir un esfuerzo superior á 8000 kilógramos ó 10.000 por rueda, y su número asciende por lo tanto de 200 á 250, que aparte el enorme rozamiento que esto representa para situarlas todas debajo de la plataforma de apoyo y espaciadas á menos de 2 metros de eje á eje, necesitan seis vías y otras seis para el otro plano; en conjunto, el plano inclinado debe llevar por lo menos doce filas de carriles.

En todos los planos inclinados construídos las resistencias han superado con mucho á las previsiones, y aquí debe ocurrir lo propio con doble motivo; aunque el autor de un proyecto de esta clase tenga buen cuidado de no exagerar la nota, es preferible decir siempre la verdad y no verse en el caso más desfavorable.

Caja.—Si grandes y sólidas deben ser las esclusas en cualquier solución de elevador, en los planos inclinados con doble motivo, primero por su forma rectangular, para transportar la menos agua posible, no aprovechando la preciosa ventaja de las formas curvas, y segundo, porque el más pequeño desnivel en los carriles, la más pequeña desigualdad y aún los topes ó juntas de carriles inevitables, al recibir la rueda el choque,se transmite como una vibración al líquido, que á su vez empuja por este nuevo motivo las paredes de la esclusa.

Si en un elevador la superficie del líquido en la esclusa se mantiene tranquila, no así en los planos inclinados, pues aun supuesta la vía perfecta, al emprender la marcha como al detenerse, ó un simple cambio de velocidad, refluye en toda la masa líquida, y el barco, muy sensible al movimiento en sentido longitudinal, golpea los testeros ó compuerta de la esclusa.

Si para evitarlo se tira agua hasta que el barco toque el fondo con la quilla, esto origina un gasto de agua respetable y de la cual no se dispone según las condiciones del Concurso, á más de que el barco sufre si va cargado, y en fin, si para evitarlo se marcha con mucha lentitud se emplea mucho tiempo en el recorrido.

En casi todos los planos inclinados, la velocidad es de $0^m,75$ á $1^m,00$ por segundo y si aquí para aligerar el trabajo de los cables se da al

plano una pendiente de $\frac{1}{20}$ representa una longitud de plano inclinado de $36 \times 20 = 720$ metros, más dos longitudes de esclusa de 70 metros, en total 860 metros; lo cual, con una velocidad de 0,80 por segundo, representa 18 minutos por este sólo concepto, y si á esto se suma el necesario para las demás operaciones de compuertas, cierre hermético, entrada y salida de barcos, se calcula muy fácilmente en 55 minutos ó en una hora por operación, es decir, que no llegamos al rendimiento de 60 barcos de las dimensiones dichas en veinticuatro horas.

El cálculo anterior es fácil hacerlo aumentando un poco las cifras que da la experiencia actual para instalaciones mucho más pequeñas en la siguiente forma, supuesto el aparato en disposición de admitir un barco:

	Minutos.
Entrada del barco ó colocación sobre la esclusa portátil	10
Cierre de las compuertas y apertura de las de seguridad	5
Quitar el cierre hermético y amarras	1
Marcha	18
Detención, trinca y cierre hermético	5
Cierre de las compuertas de seguridad y apertura de las de esclusa	5
Salida del barco	10
Imprevistos	6
TOTAL	60

La duración es aun mayor en los planos inclinados con *summi-plaine* y en los del sistema Montet, de que ya hemos hablado, por razones fáciles de comprender.

Otra consideración muy digna de tenerse en cuenta respecto á la caja ó esclusa portátil, es la relativa á sus dimensiones, que tienen que ser necesariamente mucho mayores que las correspondientes á un elevador cualquiera de otro sistema.

En efecto, aun colocándonos en el caso más favorable de pendiente

muy suave, $\frac{1}{20}$, resulta que, debiendo flotar el barco y dada su magnitud y la horizontalidad de la superficie del agua, la dimensión vertical de la caja en su parte más baja (compuerta *d'aval*) será $\frac{70}{20} = 3^m,50$ más $1^m,80$ que cala el barco, más $1^m,20$ sobre el nivel para evitar que en la marcha se vierta el agua (agitada por el movimiento), más 1 metro entre ruedas y altura del bastidor. Resultan como mínimo $7^m,50$ de altura, sin contar la del barco y carga sobre la línea de flotación. Considérese esa mole de 70 metros de longitud y que ha de recorrer el trayecto, no una, sino sesenta veces al día, y á cierra ojos, sin llegar al cálculo puede afirmarse que no es práctico aunque sí posible.

Si se adopta la disposición del *summiplaine*, con doble motivo, pues entonces toda la caja debe tener esa altura, la profundidad del agua en la parte inferior (*aval*) de la caja, siendo entonces de $3^m,50 + 1,80$ (pendiente y calado) ó sea $5^m,30$ el empuje del líquido sobre las paredes de la caja, es, según hemos dicho, por metro lineal $\frac{h^2}{2}$, ó sea 14 toneladas, 0,45 por metro corriente aplicados al $\frac{1}{3}$ á contar desde las bases. Se necesitan, por tanto, dobles paredes convenientemente distanciadas y arriostradas, con el consiguiente aumento al ancho de vía y gastos inherentes.

Mucho más podríamos decir relativo á la caja y en ello insistiremos cuando se discutan los riesgos del funcionamiento propio de este sistema de elevador.

Cable.—Puede decirse que es el caballo de batalla de este sistema, pues la falta de solidez en la vía ó en cualquiera otra parte de la instalación es fácil de calcular y reparar, y sobre todo no origina una catástrofe, simplemente una detención ó accidente.

El argumento de más fuerza que tienen en su abono los planos inclinados, es el poder aligerar cuanto se quiera el trabajo del cable, dando á la vía menos pendiente mientras lo permita el terreno, y sin embargo, por rara coincidencia, la mayor parte de los accidentes ocurridos en casi todas las instalaciones de este género han reconocido por causa, rotura ó desperfectos en el cable. Las razones de ello son muchas é importantes,

1.ª Mientras la vía y demás partes del conjunto trabajan el momento preciso del paso de la esclusa, el cable está constantemente en tensión y con un trabajo intenso. Esta repetición de esfuerzos, el rozamiento y la intemperie, originan el cambio de contextura, el desgaste y, en suma, la disminución de la resistencia del cable.

2.ª Se les calcula para resistir cargas estáticas, teniendo sólo en cuenta la léy del plano inclinado, fácilmente comprensible dada la pendiente y pesos; cuando en realidad se les destina á soportar cargas en movimiento, en que si el peso es fijo, no lo es la velocidad. Cuando se inicia la marcha, ó durante ésta se produce un cambio de velocidad por cualquier circunstancia, el tirón que sufre el cable no es dependiente de la componente del peso, sino de la masa toda y su velocidad, y este momento (cantidad de movimiento) es mucho mayor que el esfuerzo calculado.

3.ª No se puede aumentar el diámetro del cable desmedidamente, porque más allá de cierto límite (5 á 7 centímetros), no se puede exigir la misma resistencia por milímetro cuadrado de la sección, en atención á la desigualdad de trabajo desde la periferia al alma del cable. Tampoco se puede aumentar mucho su número, porque aumentan también en proporción otras dificultades, como son la de regular la igualdad de tensión de todos los cables, la compensación, y por último, su colocación en la vía y sobre todo en los cambios de dirección, desde una á otra plataforma ó carretón.

Desde este último punto de vista están mucho mejor los elevadores propiamente dichos (sistema Barré, por ejemplo), pues disponiendo para el efecto de la dimensión mayor de la esclusa, es ilimitado el número de cables ó cadenas que se pueden colocar, dado lo elemental de la suspensión, y cabe hasta colocar una cinta metálica continua, circunstancia que puede compensar las otras ventajas del plano inclinado.

Los cambios de temperatura alteran sensiblemente la longitud de los cables, que si son de la longitud debida en las estaciones intermedias, resultan muy largos en verano ó muy cortos en invierno, y hoy (que por razones que nos sacarían de esta discusión) se emplea el cierre estanco en todos ó casi todos los planos inclinados, entre la cabeza del canal y la esclusa, aquel defecto es de mucha importancia.

Para obviarlo en Georgetown (Washington), se emplea el sistema de Solages, ó sea una sola esclusa portátil, equilibrada por medio de contrapesos-motores, que tienen una carga fija en lingotes de fundición y otra variable de agua. Desde el punto de vista mecánico, no resulta económico construir una segunda vía y carretones para esos contrapesos que no dan rendimiento, la capacidad de la instalación se reduce á la mitad por ser una sola esclusa, y por último, á fuerza de gastar agua hay que vencer no sólo la inercia de esa enorme masa, si que también los rozamientos que son constantes en todo el trayecto. No cabe regular el esfuerzo (ó gasto del motor) con la resistencia haciéndole trabajar á plena admisión en el primer momento, y vencida la inercia y el rozamiento disminuir el gasto. No hay otro regulador que los frenos.

Así no es de extrañar que al inaugurar la obra en 1876 debutara con un accidente de importancia, que se repitió el 30 de Mayo del siguiente año. Los frenos dieron fiasco, los rozamientos resultaron muchísimo mayores de los calculados y previstos, y por último, se ha tenido que apelar á bajar en seco los barcos cargados.

Y conste que el plano inclinado de Georgetown pasa por ser la instalación más completa de su género y transporta barcos de $27^m,40 \times 4,39 \times 1,52$. Figurémonos lo que ocurriría en nuestro caso.

Volviendo á ocuparnos del cable para corregir la diferencia de longitud, el sistema Montet, aplicado en Blackhill (Escocia) y en otros puntos, consiste en substituir el contrapeso del de Georgetown por otra esclusa, dando al cable alguna mayor longitud de la necesaria, lo cual exige que el motor tenga potencia suficiente para soportar toda la carga de una esclusa cuando la otra ha llegado al canal inferior. Tampoco esto es económico desde el punto de vista mecánico, y si puede tolerarse tratándose de motores hidráulicos, no sucede lo propio cuando el agua escasea y haya que recurrir al vapor, como sucedería en nuestro caso.

Por último, si se emplea el plano en contrapendiente ó el *summiplaine* (Oberland Prusiano), también, durante el trayecto por el plano en contrapendiente, ha de soportar el motor el peso correspondiente de una esclusa, sin alivio alguno de contrapeso.

Funcionamiento.

También presentan caracteres comunes respecto á su funcionamiento, y aun riesgos, de que hablaré brevemente para concluir esta discusión.

En cualquiera de los sistemas de planos inclinados, bien de esclusa superior, bien de Solages ó de Montet, si por efecto de una falsa maniobra se abre la compuerta de la esclusa descendente antes de tiempo y sin que la ascendente esté convenientemente sujeta (lo cual ha ocurrido en casi todos ellos), prepondera el peso del carretón más elevado y desciende con una rapidez vertiginosa, precipitándose en el canal inferior mientras el otro carretón, que llega vacío, se encarga de destrozar la instalación superior. Los cables por de contado se rompen, hay riesgos para los barcos, la carga y sobre todo para los tripulantes.

Las instalaciones con esclusa superior han sido abandonadas, entre otras muchas razones por el mucho gasto de agua, de la cual no siempre se dispone.

Los riesgos inherentes al funcionamiento brevemente apuntados, son también aplicables á los elevadores propiamente dichos conocidos hasta hoy, de que vamos á ocuparnos ligeramente, así como el relativo á las heladas, común á todas las esclusas metálicas, pero más sensible para las que son de sección rectangular.

Desechemos, pues, la solución del plano inclinado para nuestro caso y analicemos si es práctica la de los siguientes.

Elevadores.

Para su análisis los subdividiremos en tres grupos:

1.º Las dos esclusas se hacen equilibrio contrapesándose por el intermedio de cadenas ó cables. Ejemplo el elevador de la Grand-Western-Canal. El sistema de Mr. Barré.

2.º Prensa hidráulica. Ejemplo, el elevador hidráulico d'Andertou y el en construcción de Fontinette.

3.º El antiguo sistema de MM. Rowland y Pickering (1794), y el actual de Heinrichembourg. Flotadores.

Primero. Creo que este sistema, aplicado en Inglaterra en el canal

de la Grand Western para barcos pequeños de 7 á 8 toneladas y $7^m,93 \times 1^m,80 \times 0,69$, puede tener aplicación en el caso que nos ocupa y *a priori* lo considero el más racional de los conocidos hasta hoy. Es muy sencillo, la guía de las esclusas es bastante perfecta y los materiales trabajan siempre por extensión por estar aquéllas suspendidas. El número de cadenas ó cables puede aumentarse hasta obtener un coeficiente de trabajo tan pequeño como se desee, etc., etc.

Es claro que el cambio es muy brusco al pasar de una instalación para barcos de 8 toneladas á otra semejante para flotantes de 2000 á 3000 toneladas. Pero los perfeccionamientos de la industria moderna permiten la fabricación de piezas metálicas enormes, y los cálculos han adquirido una generalidad y precisión que permiten afrontar problemas en otro tiempo inabordables.

Así, pues, repito que encuentro este sistema de posible aplicación en nuestro caso, salvando las dificultades que se han observado en la práctica, que aquí han de aumentar dada la magnitud de la obra.

Si el foso en que se aloja la esclusa en la parte inferior de su curso está lleno de agua y en prolongación del canal inferior, como sucede en la Grand Western, al tocar la esclusa en el agua pierde de su peso y cesa de equilibrar la esclusa ascendente, resultando que aquella queda con su nivel más alto que el del canal. Para lograr que el nivel sea el mismo, tiene el motor que soportar el peso de la ascendente casi en su totalidad, ó lo que es lo mismo, el peso del volumen de agua desalojado por la esclusa inferior, que en nuestro caso resulta enorme. De este modo se logra que continúe descendiendo la esclusa inferior hasta que el nivel del agua contenida en la misma sea el del canal, para poder abrir las compuertas y que salga el barco.

Es un momento ciertamente y para un recorrido sólo de 2 metros, pero el motor que se instale necesita potencia para vencer esa resistencia tan enorme. Desde este punto de vista, está este sistema aún en peores condiciones que los planos inclinados.

Si el indicado foso está seco, tenemos que recurrir al cierre estanco, tanto en el canal inferior como en el superior. En este caso, dicho foso debe tener mayor profundidad que la altura de la esclusa y amplios y fáciles desagües.

La razón es sencilla. De tener la misma profundidad, apoyándose el bastidor de la esclusa en el fondo del foso, el más ligero escape de agua (casi inevitable), aligerándola de peso, cesaría de equilibrar á la otra esclusa y una vez iniciado el movimiento faltaría el cierre hermético; se vacía rápidamente esta esclusa que tiene abierta la compuerta y la otra descendería con rapidez, originando el consiguiente desastre.

Debe, pues, el foso tener más profundidad que el alto de la esclusa, y así, quedando las dos suspendidas, es casi seguro que se moverán al entrar los barcos (ó harán trabajar las guías de modo extraordinario), con la consiguiente dificultad para el cierre estanco, operación siempre escabrosa.

Cuando un barco entra en la esclusa siendo el espacio tan limitado, lleva por delante de la proa una barra de agua, cuya magnitud depende de la velocidad y forma del barco. Dicha barra de agua es una sobrecarga variable que se traslada de un extremo á otro de la exclusa, haciendo desigual la repartición del peso y originando por lo tanto un movimiento de cabeceo, que dificulta el buen funcionamiento del cierre estanco.

El movimiento de ascenso y descenso se determina por una sobrecarga de agua, cuyo peso ha de vencer la inercia y rozamientos. En nuestro caso el gasto de agua consiguiente no bajará de 70 á 100 metros cúbicos por operación, y esto pudiera constituir una dificultad.

El defecto, aquí mucho menor que en los planos inclinados, de la diferente longitud de las cadenas ó cables por efecto de la dilatación, es aquí casi insignificante. Asímismo el rozamiento de los cables ó cadenas, tan grande en los planos inclinados de mucha longitud, aquí está reducido al del cable con las poleas ó árboles de suspensión. El contrapeso ó compensación del peso de las cadenas es también perfecto.

La instalación requiere la construcción de muros muy sólidos, de mucho espesor y de toda la altura que se trata de salvar, los cuales en su parte superior deben soportar esfuerzos laterales (durante el movimiento) y de sentido contrario en cada dos operaciones. Muros de estas dimensiones pesan enormemente y es posible que el terreno del légamo (Lhem ó Lœs) no los soporte. El más ligero asiento desnivela el árbol de suspensión y paraliza la obra.

La forma rectangular de las esclusas portátiles da lugar á que el empuje del agua al congelarse sea un máximo, y esto puede acarrear serios desperfectos. Si no se adopta la forma rectangular, la esclusa pesa mucho más, como consecuencia del aumento de sus dimensiones. Los barcos destinados á la navegación fluvial son en su mayoría de sección rectangular.

Por último, tiene este sistema el mismo defecto que los planos inclinados. La rotura del órgano que más trabaja (y constantemente), el cable ó cadena, no se reduce á un simple desperfecto, viene siempre acompañada de graves accidentes.

No obstante lo dicho, como son dificultades que pueden vencerse, repito que el sistema es susceptible de aplicación, aunque no económico.

Segundo. De prensa hidráulica.—Para la descripción completa y detallada de estos aparatos me remito á la obra de Mr. Hirsch, ya citada.

Como en el caso anterior, estos elevadores se componen de dos cajones ó esclusas llenas de agua en la cual flotan los barcos. El uno sube cuando el otro baja. Estas dos esclusas tienen las mismas dimensiones y por lo tanto se hacen equilibrio, pero no por el intermedio de cadenas ó cables, sino por el agua comprimida.

Cada esclusa descansa sobre la cabeza de un enorme pistón de prensa hidráulica, cuyo cilindro está enterrado. Los dos cilindros son iguales y unidos por un tubo en su parte inferior; el volumen de agua comprendido entre los dos pistones es siempre el mismo, y por lo tanto cuando una esclusa desciende, la otra sube una cantidad precisamente igual.

Para determinar el movimiento de esta balanza hidrostática en un sentido ó en otro, es suficiente añadir á una de las esclusas un lastre de agua suplementario que venza la inercia y rozamientos todos.

En el de Anderton dicho peso suplementario es de 15 toneladas, es decir, 3,90 por 100 del peso total de la masa líquida, ó sea una capa de agua de $0^m,15$ de espesor más en la esclusa descendente que en la ascendente.

El pistón en el elevador de Anderton tiene un diámetro de $0^m,91$ ó sea $\frac{1}{17}$ de la longitud, que es de $15^m,35$.

Las esclusas son grandes cajones de palastro, cuyas paredes laterales

están constituídas por sólidas vigas de alma llena y forma de sólidos de igual resistencia.

Por último, la guía de estas esclusas en su movimiento de ascenso ó descenso se obtiene por cuatro ranuras colocadas en los ángulos, cuyo número en la de Fontinette es sólo de tres, vistas las dificultades observadas en el de Anderton. De uno y otro es autor Mr. Clark, y por lo tanto, es de suponer que al tratar de hacer una aplicación del sistema, en grande escala para Fontinette, ha de aportar todas las mejoras que le sugiera su indiscutible práctica y competencia.

En Anderton, para elevar una carga útil de 100 toneladas, se emplea una esclusa que con agua y barco pesa 250.

En Fontinette se trata de elevar barcos de $38^m,50 \times 5 \times 1,80$, cuyo peso es de 300 toneladas. Las dimensiones del aparato son mucho más considerables, y el peso de la esclusa no bajará de 700 toneladas. El pistón hidráulico en esta obra tiene un diámetro de $2^m,08$.

La completa descripción de este aparato, tan ingenioso como complicado, se encuentra en los anexos de la obra de Mr. Guillemin, 2.° tomo.

Basta con lo dicho para comprender las proporciones que tendría el aparato tratando de aplicarlo á nuestro caso, en que se trata de elevar buques de doble tonelaje que los de Fontinette.

En 18 de Abril de 1882 sufrió un grave accidente el elevador de Anderton, lo cual obligó á su autor Mr. Clark, á la sazón dirigiendo la construcción del de Fontinette, á introducir en ésta serias modificaciones, después de un estudio concienzudo de las causas que determinaron dicho accidente, y que con todo detalle puede verse en la citada obra de Mr. Guillemin. Réstanos sólo apuntar algunos datos, para demostrar que en nuestro caso no tiene aplicación dicho sistema.

El pistón trabaja como una columna, es decir, por compresión, en las peores condiciones, y agrava el mal, la dificultad (en mi concepto no resuelta) del guía de las esclusas. Debe tener, pues, un diámetro que no baje de $\frac{1}{12}$ á $\frac{1}{17}$ de la longitud total. En Anderton tiene el $\frac{1}{17}$ y es una de las causas á que se atribuye la rotura de la tapa del cilindro. En nuestro caso debe, pues, tener un diámetro de 3 metros, lo cual no es fácil de construir.

El cilindro, en nuestro caso, debe tener una altura de 50 metros y colocado en un pozo de esa misma profundidad por debajo de la cota 204, es decir, que habría que recurrir á las cimentaciones por aire comprimido, y éste pudiera resultar imposible, dado que el agua aparece en las catas mucho antes de llegar á dicha cota 204.

Una masa tan enorme como el peso de la esclusa con agua, cargando sólo sobre un pistón que transmite la presión al agua y ésta á las paredes del cilindro, resulta en éstas la presión por unidad de superficie considerable; pero no es esto lo peor, pues conocido el esfuerzo se calcula fácilmente el diámetro mínimo del cilindro, así como el espesor de sus paredes.

Supuestas vencidas dichas dificultades, figúrese la esclusa de 70 $\times$ 9 metros, con vigas de alma de 8 á 10 metros de altura, colocada sobre la cabeza del pistón y éste en lo más alto de su curso. El más leve defecto del guía, así como la entrada y salida de barcos, que origina el movimiento de cabeceo de que hablamos en los elevadores de cadenas, origina en las tapas del cilindro un esfuerzo de palanca, que no hay material que resista. Dicho cabeceo es aquí mucho más probable se produzca que en ningún otro sistema, y por otra parte, mucho más temible y de peores consecuencias.

Si para evitarlo se monta la esclusa sobre la cabeza de dos ó más pistones, sobreviene la dificultad de que marchen todos de acuerdo. De no obtenerlo se desnivela la esclusa, se acumula toda el agua en un extremo y la rotura es inevitable.

Esta dificultad, en otro tiempo insuperable, pudiera hoy salvarse adoptando para el guía un sistema de tornillos sin fin, análogo al empleado en la esclusa de flotadores de Heinrichembourg, resultando tal vez una instalación más económica que la del canal Dormums Ems; puede desde luego afirmarse, aumentarán con mucho los rozamientos.

Por esta y otras múltiples razones, Mr. Hirsch, después de un análisis muy concienzudo, asigna 20 metros como altura máxima, que es dable salvar con esta clase de aparatos, y cuando escribió su obra dicho señor en 1881, se trataba sólo de barcos de 100 toneladas.

Cuando sube un pistón (y baja el otro), la columna líquida aumentando en altura, tiene que ser compensada con un lastre de agua suple-

mentario en la esclusa descendente, la cual, además, debe contener en exceso la necesaria para vencer la inercia, rozamientos, y en general todas las resistencias. Esto origina un gasto de agua, de la cual tal vez no se disponga, aparte la complicación de la instalación de compensadores, acumuladores, etc., que tiene este ingenioso sistema, y que requiere un personal perito, que sobre costar más caro, no es tan fácil de reponer como el necesario para una obra sencilla en su manejo.

Hallándose estas construcciones perfectamente descriptas en las obras citadas de Mrs. Hirsch y Guillemain, en los *Anales industriales* y en otras varias profesionales, no insistiremos más para demostrar no tienen práctica aplicación á nuestro caso, y en obsequio á la brevedad, pasaremos á analizar los del tercer grupo, en que hemos clasificado los elevadores propiamente dichos.

Tercero. Flotadores.—Pocas son las obras que se han construído pertenecientes á este sistema, si bien es verdad que la última y más moderna de todas, la de Heinrichenbourg, parece, hasta la fecha por lo menos, la que mejor se presta para elevar barcos de gran tonelage.

Según la noticia histórica de Mr. Hirsch y la obra de Dutens *Trabajos públicos en Inglaterra* (páginas 32 y siguientes), en 1792 Mr. Robert Weldon obtuvo patente por la invención de una esclusa, consistente en un gran pozo que servía de unión entre los dos cursos del canal. Dentro del pozo, lleno de agua, se movía un gran cilindro horizontal (flotador) que era el que transportaba los barcos.

El canal inferior en comunicación con el fondo del pozo, por medio de una sólida compuerta, y el superior, con la parte más alta del depósito.

La comunicación con el canal inferior se establecía por medio de un cierre hermético con el superior libremente.

Dicho se está que el movimiento de ascenso ó descenso del flotador, lo determinaba un lastre supletorio de agua.

Después de algunos ensayos, se hizo una esclusa de esta clase, en 1797, en Combe-Hay, sobre el brazo del Dunkerton del canal Sommersek-Coal.

Al cabo de algunos meses los muros del pozo cedieron y se abandonó el sistema.

MM. Roweland y Pickering en 1794 trataron de mejorar el sistema anterior, «separando la esclusa del flotador; este último se movía en un pozo dispuesto por debajo del nivel del curso inferior y transportaba una esclusa descubierta, por el intermedio de un alto entramado.» Este aparato, dice Hirsch, jamás fué ejecutado. Yo creo que aunque muy ampliamente y mejorado, tiene con él muchos puntos de contacto el siguiente, por lo menos se funda en el mismo principio.

Esclusa de flotadores de Heinrichenbourg.

De hecho hemos dejado para lo último el análisis de esta notabilísima obra, indudablemente la más importante de las de su género construídas hasta el día, y dentro de los escasos detalles que de ella he podido adquirir.

En ninguna de las obras profesionales que he consultado, incluso en la revista de la Exposición universal de París de 1900, publicada en 1902 (*La navigation interieure, riviers et canaux*, por MM. Mazoyer, Rigaux, Galliot et Chaise), se encuentra una descripción detallada de dicho elevador.

Por la noticia breve que publican en su obra estos señores y por alguna figura del conjunto que ha llegado á mis manos, conozco lo suficiente del asunto para discutir su aplicación al caso que nos ocupa.

No ocurrirá lo propio ciertamente al Jurado y sobre todo alguna razón habrá para motivar el concurso, pues un aparato tan importante y conocido seguramente por los técnicos austriacos, si no tuviera inconvenientes, habríase adoptado desde luego.

El elevador está instalado en Heinrichembourg, sobre el canal de Dortmund á l'Ems. El proyecto es de Hamel y Lueg á Düsseldorf-Grafenberg y consiste en una esclusa de flotadores con regularización del movimiento, obtenida por medio de tornillos sin fin del sistema Yebens.

En cinco pozos llenos de agua, situados uno al lado del otro y teniendo cada una $9^m,20$ de diámetro y 30^m de profundidad se sumergen cinco flotadores de palastro, de $8^m,30$ de diámetro y de 10^m de altura. Por el empuje del agua, estos flotadores proporcionan la fuerza necesa-

ria para elevar la esclusa llena de agua con su superestructura, que es de 3000 toneladas (según la obra citada), pues en realidad es algo menor. Con efecto el peso del agua desalojada por los cinco flotadores es 2600 toneladas, de las cuales hay que restar 159.960 kilógramos, que representa el peso propio de los flotadores; quedan, pues, 2600 toneladas, menos 159.960 = 2440 toneladas para elevar todo el entramado, esclusa y agua contenida en la misma.

La esclusa está suspendida de un puente horizontal el que, á su vez, se apoya en los flotadores por el intermedio de altos pilares de celosía.

El conjunto del puente y de la esclusa está, por lo tanto, soportado por los flotadores, y toda la construcción flotante se encuentra en equilibrio, de suerte, que un pequeño aumento (en teoría) de la cantidad de agua en la esclusa, determina el descenso de ésta y una pequeña disminución el ascenso.

Para obtener el movimiento en cualquier instante, ó para iniciarlo, se emplean cuatro grandes tornillos sin fin colocados verticalmente, y situados al costado parecen, por su movimiento de rotación, que son ellos los que hacen subir ó bajar la esclusa, cuando en realidad su papel es sólo para guiar el movimiento y uniformar la acción de los cinco flotadores.

La esclusa tiene 70 metros de longitud por $8^m,60$ de ancho. Lleva compuertas de corredera y se emplea el cierre hermético.

La fuerza la proporcionan dos dinamos de 220 caballos, una de ellas para reserva, y como ya hemos indicado, el exceso de agua en la esclusa para descender, exceso que tiene que ser por lo menos una capa de agua de $0^m,15$ en la esclusa, es decir, un volumen de $70 \times 8,6 \times 0^m,15 = 90$ metros cúbicos en cada operación, sólo por este concepto, lo cual representa en 30 operaciones, 2700 metros cúbicos de agua.

Tanto por este gasto de agua, cuanto por el relativo á la evaporación, filtraciones, falsas maniobras, etc., se han instalado bombas en el Lippe, junto al puente canal cerca de Offen. Tres bombas de vapor, cada una de 400 caballos y de un rendimiento medio de 0,38 metros cúbicos por segundo, elevan el agua á una altura de 16 metros para el caso del nivel medio del Lippe.

Con lo dicho tenemos suficiente para discurrir si es ó no práctico implantar este sistema en Aujezd.

El salto de agua de Heinrichembourg es próximamente de 16 metros, según se desprende de la instalación de las tres bombas elevadoras y de la profundidad de los pozos, que siendo ésta de 30 metros, hay que descontar los 10 metros de altura de los flotadores, los cuales, debiendo terminarse por conos rectos, cuya base sea del mismo diámetro que la parte cilíndrica, ó sea 8^{m},30, la altura de dichos conos será, por lo menos, de 1^{m},50 cada uno (para disminuir las resistencias y facilitar el movimiento de ascenso ó de descenso). Nos quedan, pues, restando de los 30 metros la altura de los flotadores, conos, cimentación, tapas y demás, escasamente 16 metros.

En nuestro caso, los barcos tienen 2 metros más largos, ó sean 67 metros y algún mayor calado. Debiendo ser mayor la esclusa, habrá que aumentar las dimensiones de pozos y flotadores, ó su número.

La diferencia de nivel entre los dos canales es también en nuestro caso mucho mayor, en Heinrichembourg es de 16 metros y aquí de 35^{m},90, más del doble; es decir, que adoptando las mismas dimensiones para los flotadores, dichos pozos deben tener como mínimo una profundidad de 50 á 52 metros, que hay que contar por debajo del plafón del canal inferior, ó sea de la cota 200^{m},80. Como el agua aparece en las excavaciones (láminas 1.ª y 2.ª) mucho antes de dicha cota, y ya no se trata de empotrar tubos en el terreno, sino de pozos, y muy respetables, habrá que recurrir al aire comprimido para las cimentaciones, siempre difíciles á esta profundidad, sea cualquiera el sistema que se adopte, y esto siempre que no coja su emplazamiento en capas de terreno de légamo (Lhem), pues entonces es imposible.

Dichos pozos metálicos tienen que soportar durante la construcción por lo menos, y en el fondo, una presión mayor de cinco atmósferar, es decir, de más de 5 kilógramos por centímetro cuadrado, ó 50 toneladas por metro cuadrado. Las dimensiones y espesores tienen que ser, por lo tanto, mucho mayores del doble; y esto que puede aplicarse por la misma razón á los flotadores, no resulta muy ventajoso desde el punto de vista económico.

Los pilares de celosía, que se apoyan en los flotadores, tienen que aumentar en la misma proporción, y sobre costar más caros, siendo mucho mayores pierden más de su peso al sumergirse en los pozos cuando

desciende la esclusa, y esto origina que el suplemento de agua en ésta debe ser mayor.

La dificultad del guía aumenta también, así como el número y dimensiones de los tornillos sin fin, suponiendo se emplee el mismo sistema Jebens. Lo propio ocurre con el puente y esclusa.

Por último, utilizándose como fuerza motora el peso del suplemento de agua en la esclusa, y siendo ahora mayores los rozamientos y la inercia, habrá también mucho más gasto de agua.

Si en Heinrichenbourg se necesitan dos motores, cada uno de 220 caballos de fuerza, aquí tendríamos que instalarlos de 500, en total 1000 caballos de vapor; y esto prescindiendo ahora de que tuviéramos también que elevar el agua para abastecimiento del canal, que, originando ahora más gasto, habría que elevar más agua y á mayor altura, es decir, que se necesitaría en caballos de vapor una cantidad mayor de $1200 \times \times \frac{35,9}{16} = 2692$ caballos de vapor, á lo cual hay que sumar 1000 para el movimiento del aparato, en total 3692.

Las cimentaciones, muros y gastos todos de instalación, están también en la misma proporción, y por lo tanto, no será aventurado decir que un cálculo aproximado da para un elevador de esta clase, en el caso que nos ocupa, un presupuesto de unos 8.000.000 de marcos, y siendo una la esclusa, el rendimiento, por lo menos, será la mitad del que proponemos, y del cual pasaremos á ocuparnos á continuación.

Pero antes haré una salvedad, y es que carezco de autoridad para ponerle defectos á una obra tan grandiosa como la de Heinrichenbourg, que honra á su autor y al país que la ejecuta. La disertación anterior tiene sólo por objeto discutir si es ó no práctico al caso presente, y no hallarle inconvenientes.

Puede ser muy buena, perfecta, insustituible en Heinrichenbourg, y muy cara é impracticable en Aujed. El tribunal competente juzgará de las razones que expongo (1).

(1) El director del canal de Dostmund al Ems, y jefe, Hermann, formó parte del jurado.

III.

PRINCIPIO EN QUE SE FUNDA EL APARATO Y DESCRIPCION GENERAL.

III.

PRINCIPIO EN QUE SE FUNDA EL APARATO [1]

Supongamos que el arco $A\,A\,A'\,A'$ (lám. 2.ª, fig. 3), sea la sección recta de un cilindro hueco, recto, circular, de $35^m,90 + 11 = 46^m,90$ de diámetro, cuyo centro está en C. Sean asimismo $A\,a\,B\,b$ y $A'\,a'\,B'\,b'$ las secciones de otros dos cilindros huecos, también rectos y circulares, del mismo radio, cuyos centros están en O y O', y supongámoslos unidos invariablemente al cilindro mayor, al cual son tangentes interiormente á lo largo de dos generatrices, situadas á los extremos de un mismo diámetro, $A\,A'$.

Si en los dos cilindros menores O y O' suponemos una misma cantidad de agua á $A\,b$ y á $B'\,b'$, y hacemos girar al cilindro grande en todas las posiciones, se harán equilibrio los cilindros O y O'.

Con efecto. El agua contenida en los dos depósitos, ocupando siempre la parte más baja, tiene horizontal la superficie de nivel en todas las posiciones del cilindro. El centro de gravedad de la masa líquida, ó lo que es lo mismo, de la sección que representa el dibujo, está siempre en la vertical y perpendicular $n\,o$ á $a\,b$ en su punto medio, cuya recta, por ser perpendicular á una cuerda, pasa siempre por el centro O. Estos centros $O\,O'$ están invariablemente á igual distancia del C y situados en un mismo diámetro.

Si trasladamos á O y O' la resultante ó peso total P de la masa líquida en cada depósito, que hemos supuesto iguales, tendremos que los momentos

$$P\,.\,O\,C\,.\cos\alpha = P\,.\,O'\,C\,.\cos\alpha,$$

con relación á C, serán siempre iguales, y podremos establecer

$$P \times O_1\,C \cos\alpha = P \times O'_1\,C \cos\alpha \quad » \quad O_1\,C = O'_1\,C.$$

(1) La parte principal de este documento se presentó al concurso, también en alemán, uno de los dos idiomas oficiales en Austria.

La igualdad de momentos anterior, en rigor es sólo exacta durante el reposo. Cuando gira el cilindro grande, transportando á los pequeños, durante un momento que llamaremos impropiamente dt, la superficie del líquido no es horizontal. En la disposición que indica la figura y sentido del giro marcado por la flecha durante el movimiento, la superficie del líquido en vez de ser horizontal será un poco inclinada, según indica la línea de puntos, y esta desnivelación da lugar, en ambos depósitos, al giro en el mismo sentido de derecha á izquierda de la masa líquida, que constantemente trata de recuperar la horizontalidad, bien por la misma superficie de nivel que queda inclinada por efecto del movimiento, bien resbalando por la superficie metálica del depósito, con cuyo rozamiento da lugar al giro del agua, en el mismo sentido de derecha á izquierda, bien por ambas causas reunidas. Es lo cierto, que durante el giro no es exacta la igualdad de momentos que hemos establecido, pues basta observar la figura para comprender que el momento de P en O_1 aumenta por desplazarse hacia la derecha el centro de gravedad de la masa líquida, así como el momento de P en O'_1 con relación á C disminuye por la propia razón en la misma cantidad; ambas causas se suman, y engendran una resistencia al movimiento que en su lugar calculamos. Nos basta con señalar que dicha resistencia, aunque apreciable, es muy pequeña, y función directa de la velocidad de circulación, y que tan pronto cesa el movimiento de giro, se restablece el nivel horizontal en cada depósito y con ello el equilibrio con relación á C.

Sin perjuicio de calcular esta resistencia, juntamente con la inercia, rozamientos y demás que han de determinar la potencia del motor, podemos por ahora prescindir de ella sin cometer error, para, procediendo con orden, analizar con raciocinio el funcionamiento y principio en que se funda el aparato.

La igualdad de momentos

$$P.\ O_1\ C\ .\ \cos\alpha = P.\ O'_1\ C\ .\ \cos\alpha$$

nos indica que dichos momentos son un máximo cuando

$$\alpha = 0 \qquad » \qquad \cos\alpha = 1,$$

y entonces dicha igualdad será

$$P\ .\ O_1\ C = P\ .\ O'_1\ C,$$

ó sea cuando los dos depósitos cilíndricos estén en los extremos de un diámetro horizontal.

Si

$$\alpha = 90^{\circ} \text{ » } \cos\alpha = 0 \text{ » } P.\, O_1\, C.\cos\alpha = P.\, O'_1\, C.\cos\alpha = 0.$$

Los momentos son nulos con relación á C; pero los pesos se suman y carga sobre C, ó sobre la superficie inferior A, el peso $= 2\,P$.

Supongamos ahora que siendo la profundidad del líquido en los depósitos $A\,n = 3^{m},60$, siendo iguales los dos depósitos é igual la cantidad de agua, en ambos la profundidad será $= 3^{m},60$, y que ésta no pueda aumentar ni disminuir por una disposición que bosquejan las figuras 6 á 10, láminas 2.ª y 3.ª, y en cualquier posición en que estén los cilindros portátiles.

Al entrar un barco cualquiera, sea vacío, sea cargado, en uno de los cilindros, desalojará de la masa líquida una cantidad de agua cuyo peso es el del barco. (Ley de Arquímedes.) De modo que si el barco está vacío y pesa 70 toneladas, por ejemplo, habrá desalojado 70 metros cúbicos de agua, y si está cargado y pesa en total 1000 toneladas, habrá desalojado 1000 metros cúbicos de agua, suponiendo en ambos casos la densidad del agua = 1. Es lo cierto que el peso total transportado por el cilindro será el mismo, con ó sin barco, y esté éste ó no cargado.

A los cilindros portátiles podremos ya llamarles esclusas portátiles *(sacs)*.

Según el raciocinio anterior, es claro, que si lás esclusas portátiles O_1 y O'_1 (lám. 2.ª) se hacen equilibrio con relación á C cuando contienen la misma cantidad de agua, también estarán en equilibrio cuando el peso de una parte de agua esté substituído por un peso exactamente igual de barco, y por tanto, el equilibrio dicho subsistirá cuando haya barco flotante en uno de los cilindros, ó en los dos, y en todos los casos, esté vacío ó cargado el barco. La condición única, precisa, es que el barco flote y que la profundidad en los depósitos iguales sea también igual.

Sea D (láminas 2.ª y 3.ª, figuras 6 á 12) un ensanchamiento del canal inferior (Donau-Aujezd), y supongamos situado en él el cilindro grande en la disposición que indica la figura, de modo que el nivel del agua en el canal sea el mismo que el del líquido en el depósito ó esclusa $A\,O\,B$

(lám. 2.ª, fig. 3) cuando está en su parte más inferior. En este supuesto, la otra esclusa $A' O' B'$ estará en la parte más alta de su curso y si la distancia

$$O O' = 35^m,90,$$

también la diferencia de nivel desde n á n' será

$$n n' = 35^m,90$$

y por lo tanto el nivel de la esclusa $A' O' B'$ será el del canal superior (Aujezd Oder).

Si en esta disposición ponemos las esclusas portátiles en comunicación con los respectivos canales y hacemos entrar un flotante en cada una (por ejemplo), transcurridos breves momentos, restablecida la profundidad $3^m,60$ en las esclusas, podremos cerrar las compuertas y hacer el giro (en cualquier sentido, según la dirección del viento), hasta que la esclusa $A O B$ llegue á la parte superior, y la $A' O' B'$ á la interior; podremos entonces establecer nuevamente la comunicación con los canales, abrir las compuertas y dar salida á los barcos, quedando el aparato en disposición de admitir nuevamente uno ú otros dos flotantes.

Veamos la manera de realizar esto.

Primera cuestión. Giro del cilindro C.—El giro del cilindro grande puede efectuarse de dos modos que estudiaremos brevemente: 1.°, apoyándose los extremos del eje, en grandes muros de soporte, y 2.°, calcular sus dimensiones de modo que permaneciendo constante la distancia

$$O O' = n n' = 35^m,90,$$

obtengamos una envolvente E tal que haciendo flotar al cilindro C, el empuje del agua, ó fuerza de flotación, ó finalmente el peso del prisma de agua $M N M'$ (lám. 2.ª, fig. 4) sea el del aparato completo, con esclusas portátiles y agua de las mismas, quedando el eje sólo para guiar el movimiento, y oponerse á las componentes laterales del viento y del motor.

La primera disposición no puede admitirse bajo ningún concepto. Cualquiera que sea el entramado que se adopte para el interior del cilindro, resultan unos espesores enormes y por lo tanto un peso tremendo para el aparato, peso que ha de cargar sólo en dos puntos; y hemos huido de los sistemas conocidos hasta hoy para evitar que el material trabaje de modo tan intenso en parte alguna y caemos de lleno en el mismo defecto. Habría que dotar al aparato de una rigidez grande, pues la más leve flecha ó flexión en el sentido longitudinal, dificultaría ó impediría el giro. No bastaría asignar al eje proporciones grandes, pues no trabajando por igual no podemos contar con la misma resistencia por milímetro cuadrado. Los rozamientos en los apoyos resultan enormes, y si los convertimos por medio de rodillos en rodadura, la dificultad de construcción sería un nuevo inconveniente, y sobre todo el inconveniente principal que siendo fijos los apoyos, debiera conservarse constante el nivel en uno y otro canal, lo que implicaría la instalación en ambos de esclusas ordinarias y aparatos de alimentación, que á más de complicar y retardar las operaciones resultaría mucho más caro para agua y motores.

El más leve asiento de los muros de apoyo, pudiera originar la destrucción de la instalación.

Si por efecto de una falsa maniobra, ó por desperfecto en el aparato de cierre hermético del canal superior, se vaciase parte de éste en el dique y llega á flotar el aparate pasado este límite, la reacción de abajo para arriba que mandaría el eje á sus apoyos sería insoportable para éstos, y he aquí una de las razones más importantes para hacer que el eje tenga libertad de movimiento ascensional. Ante una acción incontrastable hay que transigir.

Por último; esto no evitaría la construcción de la envolvente *E*, que es en realidad la única que se opone á la flexión longitudinal del aparato.

Segunda cuestión. Cilindro flotante.—Siendo imprescindible la construcción de la envolvente *E*, tratemos de aprovechar la enorme fuerza de flotación del cilindro *C*, con lo cual habremos anulado la flecha ó flexión longitudinal, y á mayor abundamiento calculemos el radio *R* de la envolvente *E*, de manera que dicha fuerza de flotación sea igual al peso total del aparato con las esclusas portátiles y agua de las mismas.

Las figuras 6, 7, 9, 10 y 11 de las láminas 2.ª y 3.ª, nos dan una idea de la colocación de la esclusa con relación á las grandes armaduras y cubierta exterior. Dicha esclusa está en la parte inferior de su curso y supongamos en ella una cantidad de agua tal, que su nivel sea exactamente el del dique exterior. De este modo podremos abrir la compuerta sin que entre ni salga agua de la esclusa. La profundidad de agua en la misma, ó flecha del arco de la sección mojada, supongámosla $= 3^m,60$.

En el interior del cilindro grande el agua no puede entrar por la disposición de los testeros que indican las figuras 7, 9 y 11 de la lámina 3.ª

Si la profundidad supuesta es $3^m,60$ en la eslcusa, prolongando la línea $a\,b$ (lám. 2.ª, fig. 4) de nivel, nos da en A y B su intersección con el arco $A\,D\,B$, que representa en corte la superficie exterior del aparato general.

El empuje del agua ó fuerza de flotación del cilindro, está medido por el peso del volumen de agua desalojada, ó sea el área del segmento $A\,D\,B$ expresada en metro cuadrado, multiplicada por 70 metros, que es la longitud del cilindro.

El área A de dicho segmento la calculamos por la fórmula

$$A = \frac{1}{2}\, r^2\, (\alpha - \text{sen}\, \alpha) \quad (1).$$

$r =$ Radio de la superficie exterior $=$

$r = 26^m,05$ » $r^2 = 678,6025$ » $\frac{1}{2}\, r^2 = 339,30125.$

$\alpha =$ Angulo en el centro $A\,C\,B$ de los radios extremos $= 80^o$. La longitud del arco de 80° á la distancia 1 metro de C, es

$$\alpha = 1^m,3963.$$

$\text{sen}\, \alpha = \text{Cos}\, 90^o - \alpha = \cos 10^o = 0,98481.$

Con los anteriores valores, la fórmula anterior da para valor de A:

$$A = 339,30125 \times (1,3963 - 0,98481) =$$
$$= A\ 339,30125 \times 0,41149 = 139,62 \text{ metros cuadrados.}$$

(1) NAZZANI: Tomo 1.º, pág. 50, *Idraulica pratica.*

El volumen del agua desalojada es

$$V = A \times 70 \text{ metros} = 139 \text{ metros cuadrados, } 62 \times 70 \text{ metros} = \\ = 9773{,}400 \text{ metros cúbicos.}$$

Y el peso, suponiendo = 1 la densidad ó peso específico del agua,

$$P = Vd = 9773 \text{ toneladas, } 400 \text{ kilógramos,}$$

que es el empuje ó fuerza de flotación del aparato.

Como el anterior cálculo, aunque sencillo, es de excepcional importancia, lo hemos repetido por medio del siguiente procedimiento, para calcular el área de la sección A.

Si hallamos el área del sector circular C, ADB, y de ésta restamos la del triángulo en el centro CAB, tendremos el área buscada del segmento circular ADB, de modo que

$$A = \text{Area } C, ADB - \text{Area } CAB.$$

$$\text{Area } C, ADB = \frac{r \times \text{longitud } ADB}{2} = \frac{26{,}05 \times 36{,}368}{2} = \\ = 473{,}6932 \text{ metros cuadrados,}$$

$$\text{Area } CAB = \frac{mC \times AB}{2} = \frac{19^{\text{m}},85 \times 33^{\text{m}},66}{2} = \frac{668^{\text{m.}^2},1464}{2} = \\ = 334{,}0732 \text{ metros cuadrados,}$$

$$A = 473{,}6932 \text{ metros cuadrados} - 334{,}0732 \text{ metros cuadrados} = \\ = 139{,}62 \text{ metros cuadrados,}$$

y por lo tanto,

$$P = 139{,}62 \times 70 = 9773 \text{ toneladas, } 400 \text{ kilógramos.}$$

Así, pues, si en el caso que indica la figura, 9773 toneladas es el empuje del agua ó fuerza de flotación, claro está que esa misma cantidad será el peso del aparato completo con su superestructura y agua de las esclusas, resultado que se ve comprobado al final de este capítulo, donde se demuestra que, calculando una por una todas las partes de que consta el aparato, sin olvidar un roblón, y tomando para peso específico

del acero y hierros 7,8 y 7,5, entre cuyos valores extremos oscilan los de fabricación corriente, dicho número de toneladas, 9773, está comprendido entre los dos obtenidos para peso del aparato.

Basta observar la figura 3 de la lámina 2.ª para comprender que la distancia OO' entre los centros de las dos esclusas portátiles es exactamente igual á la diferencia de nivel, $35^m,90$, que se trata de salvar.

El diámetro de las esclusas está determinado, según demostramos al detallar el cálculo de éstos, por la condición de tener que inscribir en el área de la sección mojada el perfiil transversal máximo de los barcos, dejando un huelgo mínimo de $0^m,20$. Dicho diámetro de las esclusas es, según veremos, = 11 metros.

El diámetro de la sección recta de las grandes armaduras ó cuadernas es, según demostraremos, = 2 metros.

Y por último, la separación de las dos envolventes cilíndricas que forman la cubierta es de $0^m,30$, para resistir al empuje del agua, según calculamos oportunamente.

El diámetro total del aparato será la suma de las siguientes cantidades:

	Metros.
1 Diferencia de nivel que se trata de salvar, ó distancia entre los centros de las esclusas	35,90
2 Diámetro de una esclusa.	11,00
3 Dos veces el diámetro de las cerchas grandes.	4,00
4 Cuatro veces la pestaña para el cosido de las mismas á $0^m,15$.	0,60
5 Doble separación de las capas de la cubierta exterior á $0^m,30$.	0,60
Suma.	52,10

Y por lo tanto,

$$R = \frac{1}{2} D = 26^m,05.$$

Volviendo otra vez á ocuparnos del equilibrio de flotación del aparato, ó igualdad entre el peso del mismo y el del prisma de agua desalo-

jada, es claro que debe preceder el cálculo del peso de éste y determinada así la línea de flotación, si nos resulta para la esclusa una profundidad mayor de la conveniente, $3^m,60$, es porque el aparato tiene poco diámetro y habrá que aumentarlo para aumentar también el empuje, y al propio tiempo la distancia del centro de la esclusa (supuesta en su parte más baja) á la superficie de nivel del canal inferior.

Si por el contrario, determinada la línea de flotación (una vez conocido el peso del aparato) resulta poca profundidad en la esclusa, es porque el aparato tiene excesivo diámetro y habrá que disminuirlo en obsequio á la economía, pues el mal tiene remedio, lastrando el interior del aparato, bien con agua que ocupa siempre la parte inferior, bien por medio de carretones colocados entre cercha y cercha, guiados convenientemente por medio de carriles, cuyos carretones transportan cajas llenas de agua y provistos de frenos pueden facilitar la maniobra, según detallamos oportunamente.

El cálculo, como se provée y luego se demuestra, es sencillo, tiene que resultar exacto, al segundo tanteo, y si alguna pequeña diferencia puede provenir para la línea de flotación, entre la que determinamos y la que resulte una vez construído el aparato, no llegará ciertamente á $0^m,01$, y será debida al diferente peso específico de hierros y aceros que se empleen en la construcción.

Un centímetro de error en la línea de flotación, ó el peso de una capa de agua de $0^m,01$ de espesor, equivale á

$$0{,}01 \times 34 \times 70 = 23 \text{ toneladas, } 800 \text{ kilógrámos,}$$

y seguramente no llegaremos á esa cifra por el pequeño error entre los pesos específicos, y por otra parte, ese pequeño aumento de agua en la esclusa no significa casi nada, 100 kilógramos más por metro lineal, cuando está destinada á soportar 27.060 kilógramos por metro corriente.

Ahora bien, por pequeño que sea el error que se pueda cometer (y esto es inevitable), es preferible optar por un pequeño exceso para calcular el empuje, pues esto, como llevo dicho, tiene remedio, y si se le calcula por defecto, no.

Libertad del movimiento ascensional del eje.—Demostrado anteriormente que el aparato flota, y á la profundidad conveniente para que

las esclusas al llegar á su parte inferior, tengan su nivel de agua igual al exterior, son muchas las ventajas que nos proporciona esta disposición y que en breve apuntaré, para insistir más al detalle cuando establezcamos la comparación de este sistema con los ya conocidos.

El eje, por lo tanto, tiene libre movimiento de ascenso ó de descenso, así como el aparato (láminas 2.ª, 3.ª y 5.ª), según los cambios de nivel que pueda experimentar el agua del dique, en comunicación con el canal inferior. Los extremos de dicho eje van alojados en ventanas rectangulares de suficiente altura, teniendo en cuenta el nivel máximo y mínimo, según las estaciones ó posición más alta y más baja que pueda ocupar el eje.

Al hacer la descripción detallaremos la disposición del montaje del eje en dichas ventanas, indicado sólo en las figuras de detalle de la lámina 5.ª, figuras 24 y 25, y no en las figuras 6 á 12, láminas 2.ª y 3.ª, perfil longitudinal, ni en la planta, para evitar confusiones y que al juzgar por las figuras se crea que el eje es fijo, que tratamos de sujetarle y con él la enorme mole del aparato, dado que por la diferencia del idioma, en el primer momento han de jugar los dibujos más papel que la Memoria en los casos ordinarios. Baste indicar ahora que para aminorar rozamientos y convertir éstos en rodadura se adoptan las disposiciones consiguientes, que se detallan oportunamente.

En sentido transversal y en el longitudinal no sucede lo propio. El eje, guiado por dichas ventanas en que se alojan sus extremos, y convenientemente arriostrado, según indica el perfil longitudinal (fig. 6 de la lámina 2.ª), se opone al empuje lateral del aire al propio tiempo que sirve de guía al aparato.

Son muchas las ventajas que se obtienen con esta disposición y apuntaremos sólo las más principales.

1.ª Está perfectamente resuelta la dificultad del guía, tan difícil de obtener en los elevadores de prensa hidráulica y tan cara en los de flotadores, como el de Heinrichenbourg, por el rozamiento del sistema de tornillos sin fin.

2.ª La flexión longitudinal del aparato por la acción de los pesos, es nula, lo cual no ocurriría si todo cargase en dos puntos de apoyo, por mucha rigidez que diéramos al sistema.

3.ª No obstante la espantable dimensión del conjunto, en ninguna de sus partes trabaja el material de modo intenso, lo cual es una garantía de seguridad y de duración. La presión se reparte en una extensa superficie, y esto es una gran ventaja, incluso para lo que respecta al subsuelo, que ya sabemos no ofrece aquí mucha resistencia.

4.ª Independencia del aparato con el resto de la construcción, no afectándole para nada los ulteriores é inevitables asientos de la obra. Los desplomes, sí le perjudicarán, como á todas las instalaciones, pero ciertamente menos que las de otro sistema cualquiera, y siempre fácil de reparar.

5.ª Mientras se conserve la diferencia de nivel $35^m,90$ entre los dos canales, para nada nos preocupa que dicho nivel sea más alto ó más bajo, según la estación. Lo único que es necesario es que el agua suba ó baje de nivel á un propio tiempo en los dos cursos y que la diferencia sea $35^m,90$, con una tolerancia de $0^m,20$ en más ó en menos, y esto puede obtenerse sin el auxilio de esclusas reguladoras, vertederos y demás instalaciones que requiere el caso. Si dicha diferencia de nivel, $35^m,90$, se alterase en más de $0^m,20$ (cualquiera que sea la altura á que estén los dos cursos) ó se temiese una inundación, bastará á lo sumo hacer uso de las compuertas que necesariamente deben tener los dos canales por la necesidad de las limpias periódicas, reparaciones, etc., y con establecer un vertedero de superficie en cada canal y otro en el dique.

6.ª Si durante la entrada ó salida de barcos hubiese un descuido y faltase el cierre hermético, el eje no reaccionará sobre sus apoyos, todo quedará reducido á que el agua caiga en el dique, y mientras éste vierte el exceso de agua, subirá el aparato $0^m,15$ á $0^m,20$. Cualquier otra falsa maniobra en dichos momentos, que es cuando por razón natural ocurren, no acarrea grave accidente, pues las esclusas están en los puntos muertos ó sea en que el momento del peso con relación al eje es cero, y por lo tanto no origina rotación. Por de contado los riesgos inherentes á una falsa maniobra en el canal inferior, que son los más temibles en los otros sistemas, aquí están completamente anulados, suprimidos.

7.ª No hace falta suplemento de agua en la esclusa superior, lo cual es una economía no obtenida en ningún otro sistema.

8.ª El empuje del aire, que tanto pejudica y preocupa en los demás

sistemas, y aun en este aparece á simple vista como defecto principal, se convierte en una gran ventaja, pues estando más resguardada la mitad inferior que la superior, por los desmontes y altos muros de sostenimiento, podremos utilizar dicha fuerza del aire como motora, sin más gasto de agua ni de motores.

9.ª Dada la forma cilíndrica del aparato, su resistencia al giro es muy pequeña, y esto origina una gran economía en motores. La mayor parte de los días, como digo anteriormente, estando equilibradas las esclusas, bastará aflojar los frenos para que el aparato gire sólo por la acción del aire. En cambio habrá que instalar enérgicos frenos.

10. Por su propio funcionamiento es acaso el único sistema que resuelve la contingencia de las heladas en la esclusa, pues ocupando el hielo la parte superior, bastará hacer girar el aparato un poco para que el peso del agua destruya la capa de hielo, que después puede echarse fuera desde los flotadores. En todo caso, de no poder evitarse, por ser muy baja la temperatura, dada la forma tubular de la esclusa, cederán sus paredes al empuje, sin que esto origine grave perjuicio. Respecto al canal, está en las propias condiciones que los demás sistemas.

11. Es de indiscutible sencillez para el manejo y reparaciones, no necesitándose obreros especiales.

12. Poniéndonos en el peor de los casos, que haya una avería de cualquier clase, que se anegue el aparato, ó, en fin, una de esas mil contingencias no previstas, abriendo el acueducto de desagüe del dique, desciende unos centímetros el aparato y queda completamente en seco, apoyado en los muros curvos de aquél. (Lám. 2.ª, fig. 6.ª)

13. Los elementos que más trabajan parece natural sean los más expuestos á rotura. El cable, por ejemplo, que en un plano inclinado si se rompe origina un accidente grave, aquí queda reducido á la reparación del cable roto.

14. Según detallamos al hablar del funcionamiento, este sistema es susceptible de trabajar con nivel variable, es decir, que haciendo uso de la compuerta y cierre hermético del canal inferior, podemos dar salida al agua del dique en $0^m,50$ ó en 1 metro de altura, y descendiendo el aparato, será posible (en casos excepcionales) admitir barcos de mucho mayor calado.

15. Dificulto haya otro sistema que dé más rendimiento que éste.

Otras muchas ventajas podría enumerar, pero basta con lo dicho para comprender la utilidad del aparato si se lleva á la práctica; pero es natural que esto se adquiera gastando mucho, pues soy el primero en reconocer que la instalación primera es cara.

Conocido, aunque á la ligera, el principio en que se funda el aparato, sobre el cual insistiremos al hablar del funcionamiento del mismo, pasemos á ocuparnos ahora de la descripción y cálculo de todas y cada una de las partes de que consta el mismo.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL APARATO ELEVADOR

Antes de pasar á calcular las dimensiones de todas y cada una de las partes de que se compone el aparato, precisa conocer éste en conjunto.

El aparato elevador se compone, pues, de un gran cilindro flotante *z* de 70 metros de longitud y $52^m,10$ de diámetro, representado en proyección horizontal en la lámina 1.ª, en corte longitudinal en la lámina 2.ª, figura 6, y en corte transversal en la lámina 3.ª La cubierta del aparato está soportada por 14 cerchas ó cuadernas, dividiendo así la longitud del cilindro en 13 tramos iguales de $5^m,38$ de longitud.

Todas estas cuadernas ó cerchas, láminas 2.ª y 3.ª, tienen un eje común que es el del aparato y se componen de dos arcos huecos de sección circular, entre los cuales se coloca á los extremos de un diámetro, grandes placas de sección doble T con un hueco circular para alojamiento de las esclusas portátiles (lám. 5.ª, fig. 38 y lám. 3.ª). Los dos arcos ó llantas están atirantados al eje por medio de radios en número de 300, divididos en tres núcleos; uno en el mismo plano de la armadura y los otros dos, colocados según las generatrices de dos superficies regladas, forman parte de las armaduras inmediatas (lám. 2.ª, fig. 6).

Las armaduras extremas van reforzadas en la dimensión de los radios, y llevan además los anillos ó testeros, destinados á impedir que el agua entre en el interior del cilindro.

Los extremos del eje del cilindro se alojan en huecos rectangulares de los muros de soporte (láminas 2.ª, 3.ª y 5.ª), y no simplemente como indican las figuras, sino con las envolventes de un sistema de rodillos destinados á convertir en rodadura el rozamiento (lámina 5.ª, figuras 24 y 25).

El todo flota en un gran estanque ó dique *D*, en comunicación libre con el canal inferior (láminas 1.ª y 3.ª).

De este modo, abierta la compuerta de la esclusa cuando está en la parte más baja de su curso, el nivel en ésta será el mismo que el del canal. Dicho nivel marca, por lo tanto, la situación y dimensiones de la ventana circular en las compuertas de esclusa. Como las dos esclusas tienen sus ejes paralelos al del aparato y horizontales, distando entre sí $35^m,90$, y las dos esclusas tienen la misma cantidad de agua, cuando están en prolongación de los dos canales, la diferencia de nivel entre las esclusas será también $35^m,90$, y como el de la inferior es el mismo que el del canal de agua abajo, el de la superior será también el mismo que el del canal de agua arriba, y por lo tanto, hecho el cierre estanco, al abrir las compuertas, ninguna corriente de agua entrará ni saldrá de las esclusas.

Cuando el nivel del agua suba en ambos canales la misma cantidad, conservándose la diferencia de nivel $35^m,90$, estamos en el caso anterior, gracias á la libertad del movimiento ascensional del eje.

Cuando dicha diferencia de nivel se altere y en vez de ser $35^m,90$ sea $35,90 \pm 0,20$, veremos cómo se remedia al hablar del funcionamiento (final de este capítulo).

El giro del aparato se obtiene por medio de dos ó más cables, actuados por un árbol motor, paralelo al eje del aparato, y á cuyos extremos se acoplan las dos turbinas. El empuje del viento se aprovecha como motor y en días de viento fuerte bastará éste para dar la vuelta al aparato sin otro gasto. (Láminas 3.ª y 5.ª, figuras 33 y 34.)

Fácilmente se comprende que al propio tiempo que el aparato general da la vuelta, lo hacen también las esclusas tubulares, y por lo tanto, conservándose siempre horizontal la superficie de nivel, los tripulantes de un barco que suba ó baje en las esclusas, verán la superficie interior de ésta dar la media vuelta en el mismo sentido que el aparato.

Como pudiera suceder, dada la forma de los barcos, que el fondo de

éstos rozase con las paredes de la esclusa en los espacios libres desde ésta hasta aquéllos (triángulos mixtilíneos de la sección recta), se colocan á todo lo largo de la esclusa flotadores longitudinales, que en nada aumentan la carga interior de la esclusa y obligan al barco á permanecer en el centro. Sirven además como precioso auxiliar para la entrada y salida de los barcos en la esclusa, pues están en prolongación de los paseos ó caminos de sirga. En dichos flotadores se colocan además las lámparas para el alumbrado interior de las esclusas. (Láminas 3.ª y 5.ª, figuras 10 y 38.)

Descripción particular de cada una de las partes de que consta el aparato.

Conocido desde el punto de vista general el aparato y antes de calcular las dimensiones de cada una de las partes, haremos una breve descripción de éstas.

Esclusas.—Se componen de un cilindro hueco de 11 metros de diámetro interior, 70 metros de longitud y formado con chapas de acero de $0^m,01$ de espesor y la mayor dimensión que puedan obtenerse, especialmente en el sentido de su longitud, bien por laminado ó fundidas en moldes especiales. Se colocan á juntas encontradas y con doble cubrejunta (interior y exteriormente). Dichas juntas se sueldan cuidadosamente para impedir el escape del agua. (Lámina 5.ª, figuras 38 y 39).

Los extremos de la esclusa se cosen al testero según indica la figura.

La esclusa va soportada por 14 placas de suspensión, y además exteriormente y de metro en metro lleva anillos de refuerzo de sección doble T, con objeto de reforzarlas, mantener la forma tubular y por lo tanto impedir su alabeo.

Flotadores.—Como ya hemos indicado, cada esclusa lleva interiormente dos flotadores de $0^m,90$ de ancho, $0^m,80$ de altura y 70 metros de longitud.

Dichos flotadores se forman con chapa de $0^m,005$ de espesor, cosida á pequeñas cuadernas, en la forma que indica la figura.

Con objeto de guiar mejor y para impedir que en casos de un giro

demasiado rápido del aparato, la rotación de la masa líquida los aconche entre la esclusa y el barco, y hasta les den la vuelta ó los destruya, de $5^m,38$ en $5^m,38$, ó sea correspondiéndose con las placas de suspensión, llevan dos barras en ángulo, en cuyo vértice se coloca un rodillo de giro, otro al costado superior con la esclusa, y por último, rodillos de madera de eje vertical, destinados á impedir los choques con el barco y guiar la entrada y salida de éstos.

Una barandilla con pasamano y los soportes para el alumbrado interior de la esclusa, completan dichos flotadores.

Su colocación en el interior de la esclusa es libre, es decir, que no necesitan sujeción alguna, pues basta el esfuerzo de atracción mútua entre la esclusa y el flotador para que éste esté siempre al costado correspondiente.

Movimiento del agua en las esclusas.—Por otra parte, el movimiento del agua en el interior de la esclusa es muy lento ($0^m,20$ por segundo en plena marcha), ó mejor dicho, el movimiento de las paredes de la esclusa, en el mismo sentido que gira el aparato, parece debiera imprimir á la masa líquida el mismo movimiento de giro, y así sucedería si no estuviese contrarrestado por la acción de la fuerza centrífuga que trata de separar del eje de giro la carga interior de la esclusa. Merced á dicha circunstancia el agua con la esclusa suben como si se elevase verticalmente en cualquier otro elevador. Repetidas experiencias hechas, naturalmente en pequeño, me demuestran este fenómeno.

Así, pues, el agua resbala por las paredes de la esclusa, originando rozamientos que con todo detalle calculamos en su lugar correspondiente. (Véase Constantes generales del aparato, Cálculo de los cables.)

Compuertas de esclusa.—Estas son de un sólo vano, de la forma que indican las figuras 7 y 9, lámina 3.ª, y figura 6 de la lámina 2.ª, y en perfil la lámina 2.ª Su entramado interior está representado en las figuras. Tienen una ventana central, cuyo objeto es dar luz y ventilación al interior de la esclusa, al propio tiempo que impiden tenga más ni menos agua de la necesaria en las esclusas, haciendo de vertederos, y por último, cuando varie el nivel en los canales y no sea $35^m,90$, sirven también para regular dicha cantidad de agua en las esclusas.

Las figuras 1 y 3, lámina 4.ª, representan las compuertas de la

cara de agua abajo *(aval)* y la figura 2, lámina 5.ª, las de agua arriba *(amont)* y en perfil unas y otras en la figura 1 de la lámina 6.ª

Para guiar el movimiento de las compuertas se emplean hierros en U, de dimensiones convenientes, reforzados en la base con escuadras. Dichas guías van desde una á otra compuerta, dejando en la parte inferior una superficie plana, para apoyo (en cualquier altura) del tubo que hace el cierre hermético entre la cabeza del canal y el aparato.

Tornillos de seguridad.—Como quiera que las compuertas al girar el aparato quedan invertidas, para impedir se abran, se colocan cinco sólidos tornillos de seguridad, cuya cabeza es un verdadero volante maniobrado á mano. El acceso á dichos tornillos para su maniobra se hace desde la parte fija de la instalación.

Cierre hermético.— Para obtener el cierre hermético de las compuertas de esclusa, se coloca en el fondo de la guía ó hierro en U un tubo de bronce, de aluminio ó de acero, de paredes delgadas, forrado de una gruesa capa de caucho. La sección de dicho tubo es circular, de 15 centímetros en el fondo, y plana (con el mismo desarrollo en los costados y parte superior). Al bajar las compuertas, el propio peso de éstas aplasta el tubo en su parte inferior, y parte del aire de la misma escapa para los costados, y automáticamente hace el cierre hermético. Obtenido esto, se aprietan los tornillos de seguridad, y el aparato, una vez aflojados los frenos, está en disposición de efectuar el giro.

El citado tubo lleva además dos grifos ó válvulas: uno, para el escape del aire cuando la compuerta se atore y ofrezca resistencia para abrirla á consecuencia de un exceso de presión lateral de los tubos; y la otra, para ponerlo en comunicación con un acumulador hidraúlico tan pronto esté abierta la compuerta y restablecer la presión interior del aire en el tubo.

Esta operación es muy importante, pues, á más de garantir el cierre hermético, tiene por objeto evitar el golpe de ariete de la compuerta al bajar, no obstante que su peso está equilibrado y que al sumergirse pierde de su peso el de un volumen igual de agua.

Por esto, al bajar las compuertas, en un principio lo hacen rápidamente, y con más lentitud al final de la operación.

Cierre estanco entre la esclusa y el canal.— Se obtiene por un

procedimiento análogo al anterior. El tubo, todo él de sección elíptica casi plana, se aloja en un rebajo de la cabeza de los canales respectivos; es de mucho mayor diámetro que el anterior y sólo se pone en comunicación con el acumulador cuando se ha detenido el aparato y están apretados los frenos. Entonces trata de tomar la forma circular y comprime la cara plana de los testeros del aparato, siguiendo un perímetro igual al de las compuertas. Por muy regular que se efectúe el giro del cilindro, el empuje del viento ó la desigual tracción de los cables, pueden originar pequeños movimientos en el gran flotante, y si el tubo estuviese en éste ó al descubierto sería destruído. Por esta razón se le aloja en un rebajo, y con objeto de que el aparato diste lo menos posible del mismo, en la parte fija del canal se pone el rebajo en una superficie plana que sobresale $0^m,50$, y que se une al resto por medio de largas rampas curvas. (Láminas 3.ª y 5.ª, figuras 12 y 40.)

Contrapesos.— El objeto de éstos es equilibrar el peso de las compuertas; y su descripción la haremos al tratar de los motores, así como la del acumulador. (Lám. 2.ª, fig. 6.)

Placas de suspensión.— Son las que soportan la esclusa, y sus dimensiones, forma y detalles se ven en las figuras 7 á 11 y 38 y 39, láminas 3.ª y 5.ª

Van cosidas sólidamente á las dos pestañas de las dos llantas y á la placa diametral de la llanta grande.

Las dimensiones y peso se ven en la parte correspondiente del cálculo de cada una de las partes de que consta el aparato.

Armaduras ó cuadernas.—Constan, como ya se ha dicho, de llanta grande, llanta pequeña y radios (láminas 2.ª, 3.ª y 5.ª, figuras 6, 10 y 27 á la 32 y 38 y 39).

La descripción detallada de esta parte importante del aparato se encuentra más adelante, cuando haremos el cálculo de las mismas. Los detalles de la unión con la placa diametral y radios, los indican con suficiente claridad las figuras citadas y las de detalle.

La placa diametral se prolonga más allá de la pestaña exterior, terminando, no según una circunferencia y sí según una serie alternada de semicírculos, para adaptarse á la ondulación de la placa de la cubierta.

El reborde mismo de la placa es de forma T sencilla, cuya tabla se cose á dicha cubierta.

Los radios que están en el mismo plano que las llantas, atraviesan éstas á un lado y otro alternativamente de las placas diametrales, y en la llanta grande llevan una sola tuerca. Los correspondientes á los otros dos núcleos atraviesan las dos llantas según un diámetro y llevan cuatro tuercas. En los puntos de aplicación de éstas llevan las pequeñas, placas de refuerzo al exterior y una cinta contínua ó cubre-junta al interior.

Dichos radios, con objeto de que tengan la mayor homogeneidad posible, se hacen con alambre de acero del mismo diámetro formando haces, que nuevamente recocidos y laminados se les dá el mismo temple.

La figura 27 de la lámina 5.ª, indica la forma y dimensiones de un radio. La descripción detallada y cálculo de los mismos, se encuentran más adelante en esta Memoria, así como la unión de los mismos al eje, y también insistimos sobre el asunto al hablar de los testeros, donde necesitan refuerzo y alguna variación en su colocación.

Eje.—Consta de tres partes: 1.ª Eje propiamente dicho; 2.ª Amarre de los radios; y 3.ª Envolventes de los extremos del eje, ó guías.

Las tres están suficientemente descriptas en las páginas sucesivas de esta Memoria, y sólo añadiremos, para mayor claridad, algunas observaciones de conjunto.

Si los extremos del eje se alojasen directamente en los huecos rectangulares (láminas 2.ª y 3.ª, figuras 6, 8 y 12), sería una ventaja, desde el punto de vista económico, y cargaría menos peso en el extremo del eje; pero aumenta la resistencia al rozamiento y el pequeño huelgo que necesariamente habría que dejarle, se traduce en movimientos transversales del cilindro, que perjudican mucho los tubos de cierre estanco.

En días de viento fuerte en la dirección del canal, el extremo mismo del eje, á más de ejercer una gran presión sobre las placas, hace un movimiento de barrena que bien pronto aumentaría el huelgo y con ello los golpes de ariete, que concluirían con destruir dichas placas. Si á esto se agrega que, teniendo en cuenta la dilatación longitudinal se hace indispensable dejar dicho huelgo, hay que adoptar las disposiciones que se detallan en dicha parte de la Memoria. (Lám. 5.ª, figuras 24 y 25.)

Así, pues, para guiarle en su movimiento de giro, se envuelven los

extremos del eje con rodillos y éstos á su vez con una caja que es la destinada á resbalar verticalmente en los huecos rectangulares según los cambios de nivel.

Para evitar el rozamiento en el fondo, lleva el extremo un sistema de rodillos tronco-cónicos. Ahora bien, si la placa del fondo fuese fija, bien pronto se destruiría la unión del eje con dichos rodillos al menor cambio de nivel ó cuando por una falsa maniobra caiga en el dique una gran cantidad de agua.

Por esta razón, dicha placa del fondo tiene movimiento libre ascensional, guiada lateralmente y apoyada contra la segunda placa fija del fondo por un sistema de rodillos horizontales y de todo el largo de la placa.

El macizo que recibe esta presión (lám. 1.ª, figuras 1 y 2) está convenientemente dispuesto. El de agua abajo lo constituye la azotea, que es una gran viga horizontal de cemento armado de 30 metros de altura, 6 de espesor y 60 de longitud, apoyada en sólidos muros de contrafuertes transversales y longitudinales, que en el lugar correspondiente describimos y calculamos. La de agua arriba está aún con más solidez; lateralmente manda el empuje á los taludes laterales como la anterior y longitudinalmente al muro de cabeza del puente canal, cuyas bóvedas paralelas al eje transmiten al terreno la presión. (Véase Obras accesorias.)

Testeros, cubiertas, cables, etc.—Todas las demás partes de que consta el aparato están descriptas con todo detalle y representadas en las figuras de detalle.

Del conjunto da una idea la perspectiva lámina número 6, que se ha obtenido valiéndonos de la planta y perfiles, en escala de $^1/_{200}$, ampliada vez y media y tomado como punto de vista uno situado en el plano tangente (y horizontal) superior al cilindro. La distancia del punto de vista al edificio de agua abajo es 170 metros.

Para representar el terreno y sus detalles nos hemos valido de la lámina número 1 y del plano de situación del folleto.

Tanto la carretera *(strasse)* de Prerau á Aujezd, cuanto la de Ostrau á Prerau y demás detalles del curso del Beczwa, se han trazado naturalmente con aproximación y respecto á la línea de horizonte, sólo para terminar el cuadro.

Funcionamiento.—Para no incurrir en repeticiones y poder hacer la descripción del mismo y su disensión para todos los casos, lo hacemos al final de la tercera parte (Constantes generales del aparato y Cálculo de motores).

Pasemos ahora á ocuparnos del detalle de cada una de las partes de que se compone el aparato para calcular su resistencia y dimensiones.

Descripción particular y cálculo de las distintas partes de que consta el aparato.

Para obtener el objeto propuesto, para llevar á la práctica la realización del principio enunciado en el capítulo anterior, si adoptamos las formas y perfiles corrientes en la carpintería de hierro, nos conduce á un aparato pesadísimo, de dimensiones enormes y por lo tanto muy caro y difícil de manejar. Tanto desde este punto de vista puramente económico, como desde el mecánico propiamente dicho, se hace preciso recurrir á las formas curvas para aprovechar la preciosa cualidad de la rigidez, y á este respeto no podemos por menos que recordar la autorizada opinión de Mr. Planat, que en su *Mecánica aplicada á las construcciones*, página 653 de la 5.ª edición, dice:

«*Resistencia de los arcos metálicos.* — Los constructores modernos »hacen gran uso del metal en la construcción de sus cerchas; parece que »el empleo de un elemento tan á propósito, habría debido conducirles á »una gran variedad de disposiciones y que su imaginación habría podido »abrirse paso apoyándose siempre en un estudio razonado; llama no obs»tante la atención ver que por todas partes el hierro ha sido empleado »casi siempre en formas rectas, cerchas Polonceau simples ó compuestas, »árboles, bielas, tirantes rectilíneos, etc.; nada más que líneas rectas y »planos. Es cierto, sin embargo, que las formas curvas habrían convenido »más destinándolas en los edificios, á las proporciones de las salas cu»biertas; que la curva y las superficies que ella engendra, ofrecen recur»sos mucho más numerosos y variados que la recta y el plano. La causa »de esta anomalía, yo diría casi de esta impotencia, es preciso buscarla »sobre todo en la dificultad con que tropiezan cuando se quiere estudiar »la resistencia de un arco metálico; es el problema más difícil tal vez

»que pueda abordar el constructor cuando quiera hacer uso de las fór»mulas teóricas actuales. Los cálculos son largos, penosos, y todavía no »dan resultados satisfactorios; para evitar cálculos absolutamente in»abordables, ó se está obligado á introducir en la aplicación de las teorías »hipótesis restrictivas, que permiten simplificar un poco estas fórmulas; »se suponen las cargas simétricamente dispuestas ó uniformemente re»partidas, secciones constantes, etc. Tales no son, sin embargo, los ver»daderos datos de la cuestión, y las indicaciones que resultan de los cál»culos efectuados, difieren casi siempre de la realidad, etc., etc...»

Siendo el aparato que proyectamos de dimensiones poco comunes, y debiendo soportar masas enormes, á más de su propio peso, adoptaremos, siempre que se pueda, las formas curvas, pues gracias al procedimiento de comprobación, gráfico, los cálculos han adquirido una generalidad y precisión admirables, que nos permiten afrontarlos sin temor, con lo cual obtenemos una ligereza, una economía y una resistencia grandes.

Esclusas.

Descripción.

Cilindro (láminas 2.ª, 3.ª, 5.ª y 6.ª, figuras 6 á 11, 38, 39 y 41).—Cada una de las dos esclusas portátiles se compone de un gran tubo de acero, cilíndrico, de 70 metros de longitud, reforzado por medio de anillos, cuyo círculo es perpendicular al eje del cilindro. El tubo tiene 11 metros de diámetro y un espesor en sus paredes de $0^m,01$.

Las placas con que se construye dicho cilindro deben ser de la mayor dimensión que sea posible, y tener preliminarmente la curvatura correspondiente. Su colocación respectiva debe ser al tope y á juntas encontradas, con doble cubrejuntas de $0^m,005$ de espesor. Según esta disposición, las cubrejuntas constituirán una cinta ó faja contínua en el sentido de las generatrices (rectas) del cilindro, y su número igual al cociente del desarrollo

$$\pi\, d = \pi \times 11 \text{ metros},$$

dividido por el ancho de una placa, expresado en metros. Los cubre-

juntas transversales, según las directrices ó circunferencias de la sección recta del cilindro, no serán contínuas, sino alternadas, según las juntas, al tope de las placas.

Anillos.—El tubo, según hemos dicho, se refuerza por medio de anillos, cuyo plano es perpendicular al eje del cilindro. Dichos anillos son de sección doble T, de $0^m,20$ alma, $0^m,12$ tabla y 30 kilógramos de peso por metro lineal.

Cosido.—Tanto los anillos á las placas del cilindro como los cubrejuntas van cosidos con roblones de $0^m,02$ de diámetro, situados de $0^m,10$ en $0^m,10$. La cabeza de los roblones, de forma gota de sebo, tiene un reborde de $0^m,005$. Dichos roblones, sus dimensiones, su número, espaciamiento y número de filas, se han calculado siguiendo las reglas prácticas de Browne.

Las placas que constituyen el cilindro, terminan en ángulo recto, con el reborde para afuera, cosiéndose al exterior del testero del aparato general; al interior de dicho testero se colocan escuadras de refuerzo.

Soldaduras.—El cilindro debe llevar cuidadosamente soldadas todas las puntas.

Cálculo.—Dos partes comprende el cálculo de la esclusa:

1.ª Su diámetro.

2.ª Espesores de metal, como consecuencia de la carga de agua que deben soportar.

1.ª Diámetro (lám. 2.ª, fig. 3, detalle).—El diámetro del cilindro-esclusa viene determinado por la condición de tener que inscribir en la sección mojada, el perfil transversal máximo de un barco de $67^m \times 8,20 \times 1,80$, que poniéndonos en el caso más desfavorable, supondremos verticales los costados del barco y su fondo plano, es decir, un rectángulo de $8^m,20 \times 1,8$, dejando además como mínimo un juego ó huelgo de $0^m,20$ entre el barco y la esclusa, puntos *A* y *B*.

Á primera vista parece que nos conviene para diámetro de la esclusa el mínimo, ó sean 8,60 á 9 metros; pero la figura demuestra claramente que, aumentando el diámetro, disminuye el área de la sección mojada, hasta llegar á un límite en que, aumentando dicho diámetro, aumenta también el área de la sección dicha. Ese límite es el que debemos investigar, pues nos da el mínimo de agua en la esclusa.

Con efecto, sea ab la línea que marca la superficie de nivel (lám. 2.ª, figura 3); $abcd$, el perfil máximo del barco.

A y B, dos puntos del mismo arco, distantes $0^m,20$ del perfil del barco.

Hagamos pasar por A y B, como cuerdas, circunferencias de 9, 10, 11, 12 y 13 metros, etc., que representen la sección del cilindro-esclusa.

La simple inspección de la figura demuestra que al pasar del círculo de 9 metros de diámetro al de 10 disminuye la sección mojada en la lúnula inferior $A\,C\,B\,C'$, y aumenta en los triángulos mixtilíneos $a\,A\,P$ y dcp'. Disminuye, pues, la sección mojada, y por lo tanto, nos conviene más para diámetro 10 metros que 9.

Lo propio ocurre al pasar del diámetro 10 metros al 11, y así sucesivamente hasta llegar á una cifra 13, por ejemplo, que al pasar á 14 para diámetro, la lúnula en que se disminuye la sección mojada es de igual área que la correspondiente á la de los triángulos mixtilíneos en que aumenta dicha sección. Pero antes de llegar á dicho límite, debe observarse que para cada metro con que se aumente el diámetro de la esclusa, aumenta también exactamente en 1 metro el diámetro del aparato general; pues, según indica la figura 3 de la lámina 2.ª, dicho diámetro es igual á la diferencia de nivel entre los dos canales más el diámetro de la esclusa.

$$\text{Diámetro } AA' = An + nn' + n'A' = nn' + An + n'A' = nn' + d.$$

$$nn' = \text{diferencia de nivel.}$$
$$d = \text{diámetro de la esclusa.}$$

Por lo tanto, al aumentar el diámetro de la esclusa hasta el límite indicado, sobre disminuir el peso á elevar, aumenta la fuerza de flotación del aparato general; pero también aumenta considerablemente su peso y el gasto, y ambas cosas, á cual más importantes, hay que compaginarlas, deteniéndonos en un diámetro tal como 11 metros, en que al pasar á 12, disminuye muy poco el área de la sección mojada, y no está en relación esta ventaja con el aumento de dimensiones y gasto del aparato.

Para demostrarlo, pasemos ahora á calcular el área de la sección mojada para diámetros de 9, 10, 11, 12 y 13 metros.

Dichas áreas se han calculado por las fórmulas

$$\left.\begin{aligned} A &= \frac{1}{2}\, r^2\,(\alpha - \operatorname{sen}\alpha), \\ V &= \frac{1}{2}\, r^2\,(\alpha - \operatorname{sen}\alpha)\,.\,l \end{aligned}\right\} \quad (1).$$

En las cuales representan:

A el área buscada.

r el radio $= \frac{1}{2} D$.

α el ángulo en el centro de los dos radios que limitan el sector circular.

V el volumen de agua contenida en la esclusa.

l longitud $= 70$ metros.

Substituyendo en dichas fórmulas sencillas los valores de α, l y los de r para el caso de ser $D = 9$, 10, 11, 12 y 13 metros, obtenemos los siguientes resultados:

Diámetro.	Area del segmento ó sección mojada.	Profundidad en el centro.	Volumen de agua en la esclusa.
m.	*m.*²	*m.*	*m.*³
9	34,10	4,75	2387
10	30,05	4,10	2103,5
11	27,06	3,60	1894
12	25,80	3,35	1806
13	24,87	3,15	1741

El anterior cálculo lo hemos comprobado por el siguiente, algo más rutinario, pero también más expedido.

Si del área del sector circular, que es $\frac{1}{2}\, cr$ (c, desarrollo del arco subtendido; r, radio), restamos el área del triángulo en el centro, ó sea el

(1) NAZZANI: Tomo 1.º, pág. 50, *Idraulica pratica.*

formado por los dos radios y la cuerda correspondiente, tendremos el área del segmento, que es lo que se busca.

Diámetro.	Area del sector.		Area del triángulo en el centro.		Diferencia ó área del segmento.
m.					*m.*²
9	0,25 (más del semicírculo).				34,10
10	$\frac{13,75 \times 5}{2}$	—	$\frac{9,7 \times 0,9}{2}$	=	30,05
11	$\frac{13,4 \times 5,5}{2}$	—	$\frac{10,3 \times 1,9}{2}$	=	27,06
12	$\frac{13,4 \times 6}{2}$	—	$\frac{10,9 \times 2,65}{2}$	=	25,80
13	$\frac{13,45 \times 6,5}{2}$	—	$\frac{11,25 \times 3,35}{2}$	=	24,87

que comprueba el anterior.

Según se ve en la última tabla, el perímetro del arco mojado, 13,45, empieza á aumentar nuevamente á partir del diámetro igual á 13 metros.

Adoptaremos, pues, para diámetro de la esclusa 11 metros.

Antes de proseguir, debo hacer una salvedad, aun á riesgo de incurrir en repeticiones.

Es claro que el resultar más conveniente el diámetro 11 metros que el 8,60, es debido á que la esclusa tiene forzosamente la sección circular y los barcos no, ni los canales, lo cual es sensible, y sólo se explica por la dificultad de construcción, pues por lo demás es sabido que tanto para los buques como para los canales de navegación y los de riego inclusive, el perfil circular es el más económico desde todos los puntos de vista, incluso el mecánico y el hidráulico propiamente dicho, pues el perímetro (que es lo que se construye) es un mínimo con relación á la superficie de la sección.

Para las cimentaciones, así como para los muros de la esclusa, el perfil circular es también el que da menos espesor, y por idéntica razón para los muros de sostenimiento de tierras, según veremos al calcular el muro *Q* de la lámina 1.ª, y los del dique *D* (láminas 2.ª y 3.ª)

Compuertas de esclusa.

Las compuertas de esclusa difieren esencialmente de las empleadas en cualquier otro sistema de elevador y las del canal mismo, que hemos calculado por los procedimientos ordinarios.

Las compuertas ordinarias, de guardia, que situamos en el canal (primera y última), siendo de dos hojas las calculamos según el procedimiento de Mr. Guillemain, páginas 75 á 97 del primer tomo.

Las de seguridad, las de la cabeza del canal que tienen una sola hoja, las calculamos siguiendo los procedimientos ordinarios de Mecánica y el de la *Hidráulica* de Nazzani, tomo 1.°, página 31.

Pero como las compuertas de la esclusa cambian de posición constantemente, no se les puede dar el entramado ordinario, ni aplicarles el mismo cálculo.

Dos partes comprende el cálculo de la compuerta:

1.ª La parte fija, y

2.ª La parte móvil.

Calculamos solo la parte movil, pues la fija tiene un grande exceso de resistencia, con solo dotarle de la misma extructura que la móvil.

La posición más desfavorable es aquella en que la esclusa llega á su destino, es decir, en que la compuerta está en disposición de ser abierta.

La presión del agua en toda la altura, $3^m,60$, está medida por el área del triángulo $A\,B\,C$ de base $= B\,C = A\,B = 3^m,60$. (Fig. 4, detalle.)

Dicha área

$$A\,B\,C = \frac{H^2}{2}\ 6 \text{ toneladas, } 480 \text{ kilógramos.}$$

De modo que si la compuerta fuese rectangular y la altura H fuera 3,6 en cada faja de 1 metro de compuerta, la presión por metro lineal sería 6480 kilógramos, y la total, el ancho de la compuerta en metros multiplicado por 6480.

Dicha presión resultante está aplicada al $^1/_3$ de la base y si dotásemos el entramado de elementos horizontales, sólo, el mínimum de ellos sería 3. Uno al fondo, otro en la parte superior y otro al $^1/_3$, que es el principal, puesto que recibe la acción de la resultante.

Continuemos suponiendo la compuerta rectangular y sin tener en cuenta el movimiento de la esclusa. Si en vez de una viga horizontal queremos situar varias (cuatro intermedias, por ejemplo, é iguales), tendremos que dividir el área mojada de la compuerta en cinco fajas horizontales, cada una de las cuales soporte la misma presión del agua.

Como dicha presión aumenta con la profundidad, la fajas no tendrán igual altura. Se las determina por la construcción gráfica que indica la figura. Sobre la recta $A\,B$ como diámetro se traza una semicircunferencia. Dividida $A\,B$ en cinco partes iguales y por los puntos de división perpendiculares al diámetro, réstanos sólo llevar con $A\,a$, $A\,a_1$, $A\,a_2$ y $A\,a_3$ como radio los arcos que cortan la $A\,B$ en puntos que nos dividen dicha línea, ó lo que es lo mismo, la compuerta en fajas que sufren igual presión (1).

Dicha presión es igual en todas ellas á

$$\frac{1{,}55^2}{2}\ 1201 \text{ kilógramos por metro corriente.}$$

La altura respectiva de dichas fajas es, según indica la figura, la siguiente:

1.ª.	1,55	metros.
2.ª.	0,70	»
3.ª.	0,50	»
4.ª.	0,45	»
5.ª.	0,40	»

Ese, pues, será el espaciamiento con que debemos colocar las vigas horizontales, y bastará, por lo tanto, calcular una de ellas, como viga apoyada en sus extremos, de $8^m{,}60$ de longitud y cargada uniformemente con $\frac{1201}{5}$ kilógramos de peso, dándole un coeficiente de seguridad dos ó tres veces mayor que los usuales, según las condiciones del concurso,

$$\frac{1201}{5} = 240.$$

Así, pues, en la fórmula

$$M = \frac{1}{8}\,p\,l^2 = R\,\frac{I}{v}. \qquad [7]$$

(1) NAZZANI, página 31.

supondremos

$$R = 3 \text{ kilógramos} \times 10^6$$

ó sea 3 kilógramos por milímetro cuadrado.

Con estos valores la [7] será

$$\frac{1}{8}\,\frac{1201}{5} \times 8{,}6^2 = 3 \times 10^6\,\frac{I}{v} \qquad [8]$$

$$\frac{11103{,}32}{5} = 3000000\,\frac{I}{v}$$

$$\frac{I}{v} = \frac{2250{,}66}{3000000} = 0{,}00075022.$$

Si no se hallase este valor $\frac{I}{v}$ en las tablas, lo calcularíamos por la fórmula

$$\frac{I}{v} = \frac{a\,b^3 - a'\,b^3}{6\,b} = 0{,}00075022 \text{ (1)}$$

en que

a representa el ancho de las tablas de la viga doble T,
b la altura de la misma,
$a' = a$ espesor del alma,
$b' = b$ espesor de las dos tablas.

Pero en la tabla de la página 455 del Marvá se encuentra la viga número 468, cuyo

$$\frac{I}{v} = 0{,}000752,$$

y pesa por metro lineal 79,25 kilógramos.

Nos conviene más la núm. 470, que á más de ser más resistente á la flexión, pesa sólo 61,31 kilógramos por metro lineal. Esta es, pues, la que adoptaremos y tiene $0^m{,}30$ de altura, 0,125 de tabla, 0,011 espesor de alma y 0,02 de espesor en las tablas, y un peso de 61,31 kilógramos por metro corriente.

---

(1) MARVÁ: *Mecánica aplicada á las construcciones*, páginas 412 y 413.

Volviendo á nuestro caso concreto, es claro que variando de posición la puerta durante el giro del aparato general, es necesario que en todas las posiciones estén las vigas dispuestas en forma análoga á la que hemos supuesto; esto es, soportando el empuje de fajas de igual presión.

Entre las varias disposiciones que pueden darse al entramado para que se cumpla lo anterior, analizaremos las que indican las figuras.

En la primera se disponen las vigas según circunferencias concéntricas, y si bien es cierto que esto disminuye su resistencia, en compensación no hemos tenido para nada en cuenta los forros de la compuerta.

De las vigas, la única que tiene los $8^m,60$ es la superior, la segunda tiene 7, la tercera 5,50 y la cuarta 4. En su consecuencia, dicha viga de 61,31 kilógramos, calculada nos sirve para la corona núm. 1.

Para calcular la 2, 3 y 4 aplicamos el mismo procedimiento, poniendo en vez de $8^m,60$ las longitudes respectivas, que son 7, 5,50 y 4 metros, respectivamente, y así obtenemos para la de 7 metros de luz, ó corona núm. 2,

$$\frac{I}{v} = \frac{1471}{3000000} = 0,00049.$$

Para la de $5^m,50$,

$$\frac{I}{v} = \frac{907,5}{3000000} = 0,000302.$$

Para la de 4 metros de luz,

$$\frac{I}{v} = \frac{480}{3000000} = 0,000160.$$

Buscando los valores hallados de $\frac{I}{v}$ en las tablas de Marvá, pág. 454, adoptaremos vigas que tengan por lo menos dichos valores, y cuya altura esté en armonía, para que la compuerta resulte cónica al exterior ó convexa y sean las de menos peso por metro lineal.

Esto lo resuelven las vigas números 439, 342 y 221. La tabla siguiente expresa las dimensiones y peso de las vigas con que se forma este entramado de la compuerta:

Pieza del entramado.	TABLA		ALMA		PESO por metro lineal.
	Ancho.	Espesor.	Altura.	Espesor.	
	cm.	*cm.*	*cm.*	*cm.*	*kgs.*
Para la corona núm. 1...	12,5	2	30	1,1	61,31
Para la íd. íd. 2...	12,8	1,55	25	1,2	50,51
Para la íd. íd. 3...	9,7	1,1	23,5	1	34,87
Para la íd. íd. 4...	8,9	1,15	16,5	0,7	24

Para hacer solidario el sistema é impedir que las tablas de las vigas resbalen sobre las planchas del forro, á más de una sólida roblonadura, se colocan en sentido radial las seis viguetas que indica la figura.

Placas de suspensión.

Las esclusas van situadas entre las dos llantas, que constituyen las armaduras, á las cuales se une por las grandes placas que indican las figuras 7, 9, 10 y 11, lámina 3.ª, y figura 38, lámina 5.ª, de que vamos á ocuparnos.

La figura indica la forma y sección de dichas planchas. En su centro les falta un gran círculo de 11 metros de diámetro, donde se aloja la esclusa. La sección recta por un plano cualquiera perpendicular á su plano y que pase por el centro, es una doble T

Su espesor es $0^m,01$ así como el de las tablas de la T.

Su número, 14, igual que el de las armaduras.

Van cosidas con doble fila de roblones, no sólo á las dos pestañas de las dos llantas que constituyen la armadura de $0^m,10$ en $0^m,10$, si que también á los diámetros de refuerzo de las mismas, con roblones colocados en filas alternadas ó al tresbolillo y distantes entre sí $0^m,20$ con objeto de aumentar la adherencia.

Cálculo.—Para calcular las dimensiones de dichas planchas, las supondremos en las dos disposiciones más desfavorables:

1.ª Cuando la esclusa está en la parte más alta ó más baja, y

2.ª Cuando las dos esclusas están á la mitad de su curso ó sea en los extremos de un diámetro horizontal.

1.ª En este caso la placa trabaja á la extensión y aun prescindiendo de la adherencia para colocarnos en el caso más desfavorable, tendremos sólo que calcular el número de roblones de la dimensión ya dicha ($0^m,02$ de diámetro) que han de resistir al esfuerzo cortante.

Si cada roblón tiene $0^m,02$ de diámetro, ó sean 20 milímetros, el número de milímetros cuadrados de la sección será

$$\pi r^2 = 3,1415 \times 100 = 314 \text{ milímetros cuadrados.}$$

Si le suponemos $R = 4$ kilógramos por milímetro cuadrado, cada roblón resistirá

$$314 \times 4 = 1256 \text{ kilógramos.}$$

Si el peso por metro lineal de esclusa, y su extructura y agua, es, según vimos en otro lugar, 31026 kilogramos, como las placas de suspensión van colocadas de $5^m,38$ en $5^m,38$, cada una soportaría un peso de

$$5^m,38 \times 31026 = 166920 \text{ kilógramos.}$$

Y el número de roblones necesario.

$$\frac{166920}{1256} = 133,$$

número mínimo de roblones.

La distribución, colocación y número de los roblones es la siguiente:

	Número.
En las dos pestañas de la llanta grande, en dos filas de $0^m,10$ en $0^m,10$.	540
En la placa diametral de la misma, 10 filas separadas $0^m,20$ una de otra.	675
En las dos pestañas de la llanta pequeña, á una sola fila de $0^m,10$ en $0^m,10$.	280
En la placa diametral de la llanta pequeña, de $0^m,20$ en $0^m,20$, cinco filas.	350
Total número de roblones.	1845

El peso soportado por cada roblón será:

$$\frac{166920}{1845} = 90{,}5 \text{ kilógramos}$$

y siendo la superficie de la sección de uno = 314 milímetros cuadrados

$$R = \frac{90{,}5}{314} = 0{,}29 \text{ kilógramos por milímetro cuadrado;}$$

está, pues, garantida la resistencia.

2.ª Figurémonos la esclusa en la parte media de su curso, ó al extremo de un diámetro horizontal. (Fig. 38, lám. 5.ª)

Si el aparato fuese perfectamente rígido, para calcular la placa, la supondríamos viga empotrada en sus extremos, y cargada en su punto medio, con la resultante del peso total de la esclusa con agua en un tramo de $5^{m},38$. Pero teniendo en cuenta la elasticidad del material, ya no ocurre lo propio.

Basta observar la figura, en el supuesto que hemos admitido, para comprender que la mitad del peso de la esclusa carga sobre la llanta grande y la otra mitad $\frac{1}{2} P$ sobre la pequeña; pero esta última transmite dicho $\frac{P}{2}$ por el intermedio de los radios á la llanta grande que resulta soportando en definitiva todo el peso de la esclusa.

Es lo cierto que por la elasticidad, tanto de la llanta pequeña cuanto la longitudinal de los radios á la extensión, por muy tirantes y templados que estén, la llanta pequeña cederá un poco bajo la acción del peso $\frac{1}{2} P$ y resultará entonces que la placa de suspensión trabajará como una consola en su empotramiento de la llanta grande, es decir, como una viga de $5^{m},50$ de longitud empotrada por un extremo y cargada en el otro con un peso $> \frac{1}{2} P$ y $< P$.

Poniéndonos en el caso más desfavorable supondremos el peso total P, y por lo tanto prescindimos de la resistencia ó apoyo en la llanta pequeña.

Esta es una de tantas causas por que la llanta exterior tiene mucho más diámetro y en sus dos pestañas situamos doble fila de roblones.

El momento del peso P en su encastramiento es

$$M = P\,l = 166920 \times 5{,}5 = 918060,$$

es decir, la mitad del momento máximo de una viga cargada en su punto medio con el peso 2 P (1).

La reacción en los apoyos, ó sea en la encastradura de la llanta grande, es

$$P + \frac{P\,l}{b} = 166920 + \frac{918060}{b} \text{ (2)},$$

y poniendo en vez de b su valor 14 metros,

$$P + \frac{P\,l}{b} = 232495;$$

pero dichas reacciones en los apoyos, no son iguales en la parte superior que en la inferior. Para determinarlos, así como para repetir el cálculo por procedimiento gráfico que se preste más á la compresión, basta observar la figura 38, lámina 5.ª El momento

$$P \times a\,N = P \times 5{,}5.$$

Descomponiendo P en las fuerzas F_1 y F_2 la reacción en M es igual á la F_2 y la en N ó parte inferior es igual á la F_1.

Ahora bien, las fuerzas están en la misma relación que $a \times N$ y $N \times M$ ó bien que 5,5 y 14 y podemos escribir

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{5{,}5}{14} \quad » \quad F_1 + F_2 = 232495.$$

Tenemos dos ecuaciones con dos incógnitas F_1 y F_2, y resulta

$$F_1 = F_2\,\frac{5{,}5}{14} = (232495 - F_1)\,\frac{5{,}5}{14} \quad » \quad F_1 = 65575 \text{ kilógramos}$$

$$F_2 = 232495 - F_1 \quad » \quad F_2 = 166920 \text{ kilógramos.}$$

La reacción F_1, en la parte inferior, como la F_2, en la superior, han

(1) PLANAT, página 187.
(2) MARVÁ, página 350.

de soportarla los roblones por el intermedio de la placa que trabajará á la compresión (reacción F_1) y á la extensión (reacción F_2).

Un roblón, trabajando á razón de 4 kilógramos por milímetro cuadrado, resiste, según hemos calculado en otra parte, 1256 kilógramos. El número de roblones necesario para resistir la reacción mayor 166920 será

$$\frac{166920}{1256} = 133$$

número mínimo de roblones en la parte superior é igual número en la inferior.

Sólo en la pestaña de la llanta grande y mitad superior de la placa, se colocan 270 más 337 que lleva con la placa diametral, en total 607.

Estamos, pues, en perfectas condiciones por lo que respecta á los roblones, pues para nada se ha tenido en cuenta la adherencia.

Respecto á la reacción F_1 ó trabajo á la compresión de la tabla inferior, dada su escasa longitud, la calculamos por la fórmula

$$F_1 = R\,w,$$

haciendo $R = 4$ kilógramos por milímetro cuadrado,

$$\frac{F_1}{4} = w \text{ en mm.}^2 \qquad \text{»} \qquad \frac{65575}{4} = 16394 \text{ mm.}^2$$

Por lo tanto la sección inferior debe tener á lo menos 164 centímetros en la proximidad del punto N.

Asimismo el $F_2 = 166920$, tendrá que resistir la tabla superior á la exterior ese esfuerzo y nos da, aplicando la misma fórmula,

$$\frac{166920}{4} = 41730 \text{ milímetros cuadrados,}$$

ó sea una sección de 417 centímetros cuadrados.

Están, pues, en perfectas condiciones de resistencia, así las placas como los roblones.

Armaduras.

Para calcular las armaduras, tanto las llantas grandes como las pequeñas y radios, se hace preciso conocer el peso de todo el aparato com-

pleto y en particular el de cada una de las partes. Si empezamos el cálculo por las armaduras grandes, tenemos que suponer espesores y pesos *a priori* á las pequeñas, radios, cubierta, eje, etc., etc., para después verificar sus condiciones de resistencia, y si no resultan aceptables volver á repetir el cálculo.

Si por el contrario, empezamos por el radio ó por el eje, será necesario asignar espesores arbitrarios á las llantas, etc., etc., y después comprobar su resistencia.

Llantas grandes.

Siendo la llanta la parte más importante de la armadura, opto por empezar el cálculo de éstas, del cual depende esencialmente el de los tirantes ó radios y el del eje.

Si en alguna parte encajan bien las apreciaciones de Mr. Planat sobre arcos metálicos, que en otro lugar consignamos, en ninguna como en ésta en que todas las secciones rectas son circulares.

Las llantas grandes ó arcos, son la parte más importante de todo el aparato, pues sobre ellas carga todo el peso de la construcción; por lo tanto, será conveniente darles un exceso de resistencia, sin perder de vista lo mucho que aumenta el peso con los espesores y, por lo tanto, el gasto.

Se hace preciso investigar la manera de darles dicha resistencia adoptando una disposición racional que nos permita obtener dicho objeto sin aumentar los espesores. La rueda de una bicicleta, en este concepto, es de las máquinas más perfectas que han producido los adelantos de la mecánica y la industria modernas, desde todos los puntos de vista.

Económicamente considerada, tiene que resultar ventajosa, pues trabaja constantemente, sea cualquiera su posición, y por lo tanto obtenemos el máximo de rendimiento del material, á diferencia, por ejemplo, de otra máquina (no rotativa) que sólo trabaja un momento de su ciclo.

Desde el punto de vista mecánico, está aún en más perfectas condiciones, pues la llanta, á excepción de una pequeña longitud del arco, el resto trabaja siempre á la compresión. La flexión más pequeña que sería incapaz de soportar, está anulada, ó mejor, soportada por los radios que

trabajan á la extensión, á excepción del momento que están en la parte inferior de su curso (entre los puntos de inflexión de la elástica del arco).

No vacilo, pues, en confesar que esta notable máquina me ha sugerido la disposición más racional, en mi concepto, que se debe adoptar para las armaduras grandes, debiendo añadir que para obtener una mayor garantía de seguridad, no se lleva el cálculo al límite atrevido que en aquéllas, sino, por el contrario, se dota á la llanta de la resistencia suficiente para soportar las cargas por sí solas, sin la intervención de los radios y llantas pequeñas; á los radios se les da una resistencia suficiente para contrarrestar ú oponerse á la flexión de las llantas, y por último, á las llantas pequeñas lo suficiente para soportar la mitad del peso de las esclusas, y transmitirlo por el intermedio de los radios á las llantas grandes.

Estas son, pues, las que han de soportar toda la carga, y el exceso de resistencia del conjunto contribuirá á una mayor rigidez, y por lo tanto á que la flecha sea casi nula, circunstancia muy digna de tenerse en cuenta, como se detallará al hablar del funcionamiento del aparato.

Descripción y peso de las llantas grandes.—La llanta grande se compone de un arco hueco de sección circular, y por tanto la forma es la conocida en geometría con el nombre de *toro* ó *anillo*.

El diámetro medio de la llanta es $49^m,20$, el radio medio $24^m,60$. Diámetro medio de la sección es $2^m,02$, radio medio $1^m,01$ y el espesor de la misma es $0^m,02$, obtenido con dos planchas de acero de $0^m,01$ de espesor á juntas encontradas y con sus correspondientes cubrejuntas interiores y exteriores.

Dichas planchas se cosen en la disposición que indican las figuras 28 y 29, lámina 5.ª, formando una doble pestaña, cuyos diámetros medios son:

Para la exterior.	51,38	»	$R = 25,69$
Para la interior.	47,02	»	$R = 23,51$

En el sentido de un diámetro de la sección y en el mismo plano de la rueda se coloca una plancha ó placa diametral de $0^m,01$ de espesor, cosida á las dos pestañas, que tienen en definitiva $0^m,05$ de espesor y

$0^m,13$ de altura la sección de cada una, que es rectangular y constituyen verdaderos nervios de refuerzo donde más trabaja el material, que es en la fibra más separada del eje.

Con objeto de reforzar aún más el conjunto, se colocan exteriormente y de 3 en 3 metros anillos y escuadras de refuerzo, indicados en la figura 10 de la lámina 3.ª

La sección recta de dichos anillos es de doble T; el diámetro medio de dichos anillos es $2^m,22$ y su número, 53 por cada armadura.

Comprobación de su resistencia.—Con los anteriores elementos podemos ya calcular la llanta, ó más bien comprobar su resistencia.

Por procedimiento analítico propiamente dicho, sabemos que esto no es posible, pues en general, tratándose de arcos metálicos, sabemos que las ecuaciones de condición son integrales, y salvo casos especiales como el de que se trata, no hay medio de determinar las constantes, por lo que la mecánica parece es impotente para esta clase de cálculos, y sin duda á esto es debido el que los arcos metálicos se hayan empleado poco en la construcción, no aprovechándose de la rigidez y otras preciosas cualidades que tiene esta disposición.

Con el auxilio del cálculo gráfico y el raciocinio, vamos á resolver el problema.

Dos procedimientos se han seguido para el cálculo:

1.º El indicado por Mr. Planat en su *Mecánica en las construcciones* (5.ª edición, páginas 659 á 674).

2.º De comprobación por raciocinio y hallando sección por sección del arco y de metro en metro los momentos de flexión, esfuerzo cortante, compresiones y extensiones máximas, etc., etc.

En cada uno de los procedimientos anteriores se ha supuesto las esclusas y demás cargas accidentales en dos posiciones distintas extremas, sin preocuparnos de las intermedias, pues su resultado estará comprendido entre los anteriores, y además que se deduce por raciocinio.

Valiéndonos del desarrollo del eje.

El peso que han de soportar se subdivide en dos partes:

1.ª Cargas uniformemente repartidas.

2.ª Sobrecargas accidentales en las placas de suspensión.

Cargas uniformemente repartidas.—Descontando del peso total de la parte metálica el correspondiente á las esclusas, placas de suspensión y mitad del correspondiente al cable, tendremos el peso que hay que dividir entre 13 tramos y esto es lo que corresponde.

Para el cálculo tomaremos (poniéndonos en el caso más desfavorable) el mayor ó correspondiente á $\delta = 7{,}8$, y las esclusas con sobrecarga de agua.

Las compuertas de esclusa, guías y demás excesos que tienen en los testeros, con respecto á las demás armaduras, se consideran, por el enorme exceso de resistencia de los testeros, como uniformemente repartidas, por la gran resistencia á la flexión de la cubierta.

	Kilógramos.
Peso total de las dos esclusas.	562866
Peso de las 28 placas de suspensión.	278416
Mitad del peso del cable..	7320
	848602

La carga que habrá que repartir uniformemente entre 13 tramos será:

Parte metálica,

6623 toneladas, 994 kilógramos — 848 toneladas, 602 kilógramos =
= 5775 toneladas, 392 kilógramos.

$$\frac{5775392}{13} = \underline{444261} \text{ kilógramos.}$$

Mitad. . . . . $\underline{222130}$ kilógramos.

Cuarta parte. . . . $\underline{111065}$ kilógramos.

Carga por metro corriente (49,20 el diámetro medio),

$$\frac{444261^{\text{kg.}}}{\pi \times 49^{\text{m}},20} = \frac{444261}{154{,}56} = 2874{,}36 \text{ kilógramos.}$$

SOBRECARGAS.

	Kilógramos.
Peso de las dos esclusas	562866
Placas de suspensión	278416
Agua de las dos esclusas tomado con exceso	4010000
Total	4851282
A una esclusa sólo corresponde	2425641
En cada extremo de un diámetro de la armadura, ó sea en cada placa de suspensión $\frac{2425641}{13 \text{ tramos}} =$	186564,7
Mitad de la anterior	93282,35

Primera disposición.

Una esclusa en la parte más alta de su curso. (Fig. 13, lám. 4.ª)

El arco dividido de metro en metro.

La mitad del peso correspondiente á este tramo, ó sea 93282 kilógramos, hay que distribuirle entre siete y medio vértices (pues el primero corresponde también á la otra mitad simétrica de la que representa el dibujo, ó lo que es lo mismo, el total correspondiente á este tramo, 186564 kilógramos, distribuirlo entre 15 vértices. Corresponde á cada uno 12437,646 kilógramos más el peso correspondiente á la carga uniformemente repartida, 2874,36 kilógramos, ó sea en total 15312 kilógramos.

	Kilógramos.
De modo que el primer vértice tendrá, por corresponder también á la otra mitad del arco.	7656
Los siete siguientes, cada uno	15312
Los 30 restantes, cada uno	2874,36

La reacción en *B*, al resto del arco inferior supuesto indeformable por los radios, será

$$111065 + 93282 = 204347,$$

que es igual á la suma de las anteriores, 202031, más lo correspondiente al tramo de arco $<$ 1 metro, que corresponde también al arco inferior.

Para mayor facilidad, y sin cometer error sensible, supondrèmos los pesos aplicados al eje del arco.

En la figura siguiente y su cálculo se adoptará con toda generalidad.

Para la escala de las fuerzas, cada tonelada está representada por una longitud de 2 milímetros.

Para este cálculo se ha seguido en un todo el procedimiento de Planat (páginas 659 á 674 de la 5.ª edición).

Para determinar la curva de las presiones, momentos de flexión, cortantes, etc. y empujes en A y B, se ha tomado primero un empuje arbitrario en $A = 100{,}000$ kilógramos, con el cual se ha construído el polígono funicular (fig. 14) y la curva de presión mnB, con cuyos elementos vamos á hallar el verdadero empuje y la verdadera curva de las presiones MNB, que nos proporciona la medida de todos los esfuerzos que soporta el arco.

Tendremos antes que determinar el momento de inercia de la sección del arco.

Momento de inercia de la sección.—Prescindimos de la resistencia (para esta clase de esfuerzos) de la cubierta y hallaremos sólo el momento de inercia de la sección.

Se compone de la suma de otros tres parciales:

1.° El del arco

$$I = \frac{\pi}{4}(r^4 - r'^4) = 0{,}785\,(r^4 - r'^4)\ (1)$$

$$I_1 = \frac{3{,}1415}{4}(1{,}02^4 - 1^4) = 0{,}785\,(1{,}08243216 - 1)$$

$$I_1 = 0{,}785 \times 0{,}08243216 = 0{,}0647092456.$$

2.° El correspondiente á la placa diametral

$$I_2 = 2{,}04 \times 0{,}01 \times 0{,}51 = 0{,}010404 \text{ metros.}$$

3.° El que corresponde á las pestañas

$$I_3 = 0{,}26 \times 0{,}05 \times 1{,}085 = 0{,}014105.$$

---

(1) Marvá, página 414.

El momento de inercia buscado es, pues, igual

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0{,}08922.$$

Desarrollo del eje del arco.—La figura 15 indica en A' B' el desarrollo del ejo del arco, obtenido tomando C' B' igual

$$\frac{2\,\pi\,R}{4} = 38{,}64 \text{ metros},$$

ó sea el desarrollo de la cuarta parte del arco. Dividido de metro en metro á partir de C' y en la misma escala $^1/_{100}$ del dibujo.

Por los puntos de división se levantan las perperdiculares á C' B' sobre las cuales se toman los valores de las flechas f, ú ordenadas del arco en la propia escala. Uniendo los extremos con la curva contínua A' B', esto será el desarrollo del arco.

La ecuación de condición que tratamos de resolver gráficamente es

$$\int_o^c \frac{\mu f}{I}\, d\,s = o \quad (1)$$

Puede ser reemplazada por la siguiente

$$\int_o^c \frac{z f}{I}\, d\,s = \int_o^c \frac{f f}{I}\, d\,s,$$

en que μ es el momento de flexión.

f = la flecha del arco ó las ordenadas del mismo á la horizontal C B.

z = las ordenadas á la misma línea C B de la curva de presión obtenida con el empuje arbitrario ó sea la curva m n A.

s = superficie de la sección del arco.

$d\,s$ = superficie de una fibra del mismo.

I = momento de inercia del arco = 0,08922.

G O = de la fórmula los puntos A y B de la figura ó límites entre los cuales hay que integrar.

La tabla siguiente da los valores en metros de f, de $\frac{f}{I}$, de z y de $\frac{z}{I}$ numeradas de metro en metro á partir de A hasta B.

---

(1) Planat, página 663 y siguientes.

Número.	VALORES DE			
	f	$\frac{f}{I}$	z	$\frac{z}{I}$
	metros.	*metros cuadrados.*	*metros.*	*metros cuadrados.*
1	24,65	274,00	29,00	322,00
2	24,60	273,00	28,90	321,00
3	24,55	273,00	28,70	320,00
4	24,45	272,00	28,35	315,50
5	24,30	270,00	27,85	309,00
6	24,15	268,00	27,15	301,60
7	23,90	265,50	26,30	292,00
8	23,65	263,00	25,40	282,00
9	23,35	259,00	24,30	270,00
10	23,00	255,50	23.20	258,00
11	22,60	251,00	22,10	246,00
12	22,20	247,00	21,00	233,00
13	21,80	242,00	19,85	220,50
14	21,25	236,00	18,75	208,00
15	20,80	231,00	17,70	197,00
16	20,20	224,40	16,55	184,00
17	19,60	218,00	15,45	171,60
18	18,95	210,50	14,40	160,00
19	18,25	202,90	13,25	147,00
20	17,60	195,50	12,25	136,00
21	16,90	188,00	11,20	124,50
22	16,15	180,00	10,25	114,00
23	15,40	171,00	9,25	102,80
24	14,60	161,00	8,25	91,60
25	13,90	154,00	7,40	82,00
26	13,00	144,00	6,45	71,60
27	12,15	135,00	5,50	61,00
28	11,25	125,00	4,75	58,80
29	10,40	115,50	4,00	44,00
30	9,45	105,00	3,30	36,60
31	8,50	94,00	2,70	30,00
32	7,55	84,00	2,25	25,00
33	6,60	73,00	1,85	20,50
34	5,65	63,00	1,55	17,00
35	4,70	52,00	1,25	14,00
36	3,70	41,00	1,05	11,00
37	2,70	30,00	0,90	7,70
38	1,70	20,00	0,40	4,04
39	0,70	8,10	0,20	2,20
TOTAL		$6875,10 = S_2$		$5812,54 = S_1$

Los valores de $\frac{z}{I}$ que expresa la tabla anterior, se han llevado á las ordenadas correspondientes, mitad por encima y mitad por debajo de la curva $A' B'$ que representa el desarrollo del eje. Uniendo los extremos de dichas ordenadas se obtiene la superficie S_1 que fácilmente se comprende será igual á la suma de los valores indicados en la cuarta columna vertical de la tabla ó sea 5812,54 metros cuadrados. Asimismo los valores de $\frac{f}{I}$ se han llevado también á caballo sobre la curva $A' B'$, desarrollo del eje, obteniéndose la superficie S_2, cuyo valor es la suma de las superficies limitadas por las ordenadas, ó sea la suma de los que expresa la segunda columna de la tabla.

Al llevar los valores de $\frac{z}{I}$ y de $\frac{f}{I}$ que expresan las columnas cuarta y segunda de la tabla anterior se les ha reducido en escala de $^1/_{10}$ sobre la del dibujo, ó sea en definitiva están en escala $^1/_{1000}$, pues no caben en los límites del dibujo. Fácilmente se comprende que las superficies obtenidas S_1 y S_2 son $^1/_{10}$ de las verdaderas, por lo cual no se altera el valor de la relación $\frac{S_1}{S_2}$. También sería fácil demostrar que con esta reducción no varía el valor de $\frac{h_1}{h_2}$ ni aun los de h_1 y h_2 aisladamente, pues la reducción es con respecto á la línea media común á dichas superficies (desarrollo del arco) y habiendo reducido á $^1/_{10}$ los momentos $S_1 h_1$ y $S_2 h_2$ de dichas superficies, si ya S_1 y S_2 son $^1/_{10}$ de las verdaderas, h_1 y h_2 no varían.

Obtenidos los centros de gravedad G_1 y G_2 de dichas superficies y sus distancias h_1 y h_2 á la horizontal $C' B'$,

$$h_1 = 21{,}25 \qquad » \qquad h_2 = 19{,}60;$$

llamando Q al empuje arbitrario 100000 y Q' al verdadero que buscamos, se tiene

$$Q' = Q \times \frac{h_1 S_1}{h_2 S_2} \text{ (1).}$$

(1) PLANAT, página 665.

$Q = 100000$ kilógramos.
$h_1 = 21{,}25$ »
$h_2 = 19{,}60$ »
$S_1 = 5812{,}54$ »
$S_2 = 6875{,}10$ »

Substituyendo en la fórmula anterior dichos valores tendremos

$$Q' = 91580{,}50 \text{ kilógramos.}$$

Con este empuje se ha construído el verdadero polígono funicular y la curva de presiones definitiva MNB, con los cuales tenemos suficiente para calcular cómo trabaja el arco en la posición que se ha supuesto.

El momento máximo de flexión μ es igual al empuje horizontal 91580,5 multiplicado por la ordenada máxima de la curva de presión, contada en la escala del dibujo ($^1/_{100}$) desde dicha curva hasta el eje del arco. De modo que

$$\mu = R\,\frac{I}{v} = 91580{,}5 \times 5^{m}{,}85 = 535746 \text{ kilógramos (1).}$$

En rigor la fórmula es

$$R = \frac{\mu \times v}{I} \pm \frac{N}{w},$$

pero el término $\frac{N}{w}$ es tan pequeño que podemos prescindir de él y así se obtiene una más sencilla,

$$R = \frac{\mu \times v}{I},$$

de donde

$$\mu = \frac{RI}{v}.$$

Para los puntos próximos á A en que dicha ordenada es máxima é igual 5,85.

(1) PLANAT, página 672.

$R =$ coeficiente por metro cuadrado $= r \times 10^6$.

$r =$ coeficiente por milímetro cuadrado.

$I = 0{,}08922$.

$v = 1{,}02$.

Poniendo estos valores en la fórmula anterior se obtiene

$$R \frac{I}{v} = 535746, \qquad \text{»} \qquad R = \frac{v \times 535746}{I} = \frac{402 \times 535746}{0{,}08922}.$$

$R = 6124870 = r \times 10^6$.

$r = 6{,}12487$ kilógramos.

El coeficiente es, pues, 6 kilógramos por milímetro cuadrado; está, pues, en perfectas condiciones.

Basta observar la figura de la curva MNB para comprender que el momento de flexión desde el vértice 1 hasta el 12 (punto de inflexión I) es de signo contrario al dicho momento en el resto del arco.

Desde el punto 25 vuelve la ordenada á tomar el valor 5,85. Si son negativos los primeros, serán positivos los segundos, y esto era de suponer, pues el arco en su parte superior se flexa por el sobrecarga de la esclusa aproximándose al centro hasta el punto de inflexión, desde el cual el arco trata de separarse del mismo punto.

El máximo esfuerzo á la compresión ó á la extensión, nos lo da la fórmula

$$R = \frac{\mu \times v}{I} \pm \frac{N}{w}$$

El valor del μ lo conocemos, el producto del empuje 91580,50 kilógramos multiplicado por la ordenada, correspondiente desde el eje del arco á la curva de presión, contada en metros y según la escala del dibujo:

v distancia normal al eje del arco de la fibra más separada $= 1{,}02$.

I momento de inercia $= 0{,}08922$.

w sección del arco $= 160316{,}6$ milímetros cuadrados.

N valor de la normal, deducido de la figura adjunta ó polígono funicular, descomponiendo las oblícuas en dos direcciones: una normal al arco (en dirección del radio), y otra perpendicular á la anterior, que es la tangencial.

Para el punto 25, por ejemplo, se traza desde dicho punto (del polígono) una paralela 25 d al radio correspondiente y desde E una perpendicular Ed á la anterior; 25 d es la normal que se busca y Ed la tangencial T, ambas contadas en la escala de las fuerzas.

La normal 25 d tiene 20 milímetros de longitud, que en la escala de las fuerzas representa 10 toneladas.

El valor del término $\frac{N}{w}$ será para este punto

$$\frac{N}{w} = \frac{10^{kg},000}{160316,6} 0,062 \text{ kilógramos.}$$

El esfuerzo máximo para dicho punto 25 que tiene una ordenada de 5,85 entre curvas será

$$\frac{R}{10^6} = \frac{91580,5 \times 5,85 \times 1,02}{0,08922} \pm 0,062 = 6,12 \pm 0,062 \text{ kilógramos.}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{Intradós.}\\ \text{Trasdós..}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{lll} 6,182 & \text{kilógramos,} & \text{compresión} \\ 6,12 & \text{»} & \text{extensión}\end{array}\right\} \text{por milímetro cuadrado.}$$

En este punto el valor del término $\frac{N}{w}$ se suma á las compresiones y se resta á las extensiones.

Nos basta con haber tomado los puntos de ordenada máxima para tener idea de cómo trabaja el arco.

El complemento sería establecer en una tabla los esfuerzos de cada sección.

No lo hacemos, en obsequio á la brevedad, y á que lo haremos en la segunda disposición, que es más general y dá resultados algo mayores.

En este caso el valor máximo de N y T ó sea de la normal y del esfuerzo tangencial, corresponden al punto 39. La normal es horizontal y su valor el mismo del empuje 91580,5 kilógramos y el de $T = 202031$ kilógramos = suma de todos los pesos. El trabajo por unidad de superficie $\frac{N}{w}$ y $\frac{I}{w}$ es

$$\frac{N}{w} = \frac{91580,5}{160316,6} = 0,57 \text{ kilógramos}$$

$$\frac{T}{w} = \frac{202031}{160316,6} = 1,27 \text{ kilógramos.}$$

Segunda disposición.

Las dos esclusas en los extremos de un mismo diámetro horizontal. (Lám. 4.ª, fig. 16.)

Para evitar confusiones y con objeto de que las curvas y arco correspondiente afecte una forma análoga á la anterior, es conveniente hacer el doble abatimiento que indica la lámina 2.ª, figura 5.

La parte inferior de la figura representa el medio arco inferior ó mitad de la armadura, en cuyos extremos cargan el peso de la mitad superior del aparato, más el de las esclusas y en el resto lo correspondiente al peso por metro lineal. La reacción total será el empuje del agua ó fuerza de flotación, cuyo empuje es variable según la profundidad.

Para hacer más fácil y comprensible el cálculo gráfico, se hace el doble abatimiento que indica la figura, con lo cual lo que antes eran reacciones serán ahora pesos, y vice-versa. En nada alteramos el resultado, pues en una ú otra disposición las reacciones hacen siempre equilibrio á la suma de las fuerzas exteriores.

Bastará sólo hacer notar que los pesos por metro lineal estarán ahora representados por flechas hacia arriba y esto originará el consiguiente efecto en la construcción del polígono funicular.

Tomando sólo un cuadrante del arco, como en la figura anterior, la reacción vertical (que sin el abatimiento son pesos), será

		Kilógramos.
1.º	Peso correspondiente á un cuadrante de la carga uniformemente repartida. . .	= 1443848
2.º	Peso completo de una esclusa con agua.	= 2425641
	SUMA.	3869489

que sumándole los 1443848 kilógramos que representa el arco del dibujo, y de metro en metro con flecha para arriba, da 5313337 igual á la mitad del peso total del aparato.

Así, pues, el valor de la flecha que representa ahora la reacción vertical es

$$\frac{3869489}{13 \text{ tramos}} = 297653 \text{ kilógramos.}$$

Las flechas pequeñas representan por lo tanto la carga uniformemente repartida por metro lineal.

$$2874{,}36 \text{ kilógramos} = \left[\frac{\frac{1443848}{13}}{\frac{1}{2}\pi r} \right]$$

Los pesos ahora son los prismas cuadrangulares de agua, cuya base es $1 \times 5{,}38$ metros y la altura la indicada en la figura desde la cuerda al arco. Dichos pesos, representados por las flechas, suman la mitad del $\frac{1}{13}$ del peso total del aparato.

Con estos datos se ha construído la figura 16 de la lámina 4.ª y su polígono funicular (fig. 17).

Para la escala de las fuerzas, cada tonelada está representada por 1 milímetro, es decir, se ha adoptado una escala doble de la correspondiente á la disposición anterior porque no cabe en los límites del dibujo.

Siguiendo una construcción idéntica, se ha obtenido el polígono funicular que indica la figura 17, lámina 4.ª, tomando para empuje arbitrario horizontal en A 200000 kilógramos.

La siguiente tabla indica el valor de las fuerzas de la primera figura, con las cuales se ha obtenido la segunda ó polígono funicular. El eje del arco dividido de metro en metro, ó en 38 vértices.

Vértices contando desde *A*.	PESO DEL PRISMA DE AGUA		Carga repartida por metro corriente.	Total carga en el vértice. — Valores de *F*.
	Metros.		*Kilógramos.*	*Kilógramos.*
1	6,30 × 1,00 × 5,385 =	16963 —	2874,36 =	14089
2	6,25 × 1,00 × 5,385 =	33656,25 —	2874,36 =	30782
3	6,19 × 1,00 × 5,385 =	33333,15 —	2874,36 =	30459
4	6,05 × 1,00 × 5,385 =	32579,25 —	2874,36 =	29705
5	5,95 × 1,00 × 5,385 =	32040,75 —	2874,36 =	29166
6	5,75 × 0,99 × 5,385 =	30654,11 —	2874,36 =	27780
7	5,53 × 0,99 × 5,385 =	29481,26 —	2874,36 =	26607
8	5,30 × 0,98 × 5,385 =	27969,69 —	2874,36 =	25095
9	4,95 × 0,96 × 5,385 =	25589,52 —	2874,36 =	22715
10	4,62 × 0,94 × 5,385 =	23385,98 —	2874,36 =	20511
11	4,27 × 0,92 × 5,385 =	21154,43 —	2874,36 =	18280
12	3,88 × 0,90 × 5,385 =	18804,42 —	2874,36 =	15930
13	3,45 × 0,86 × 5,385 =	15977,29 —	2874,36 =	13103
14	3,00 × 0,84 × 5,385 =	13570,20 —	2874,36 =	10696
15	2,55 × 0,82 × 5,385 =	11260,04 —	2874,36 =	8384
16	2,00 × 0,80 × 5,385 =	8616,00 —	2874,36 =	5742
17	1,45 × 0,77 × 5,385 =	6012,35 —	2874,36 =	3138
18	0,85 × 0,73 × 5,385 =	3341,39 —	2874,36 =	464
19	0,25 × 0,66 × 5,385 =	888,52 —	2874,36 =	— 1986
		385277,60		

Así, pues, hasta el vértice 18 inclusive, las cargas son positivas ó de arriba para abajo.

En el 19 los pesos (empuje) suman 888,52 y descontando 2874,36 resulta una carga negativa é igual 1986.

Los demás vértices hasta el último, tienen con flechas hacia arriba el valor correspondiente á la carga uniformemente repartida igual 2874,36 kilógramos.

Construído el polígono funicular y con él la curva primera de presión *mnB*, se determina el empuje verdadero por un procedimiento igual al ya explicado, teniendo en cuenta que siendo el arco el mismo, el desarrollo del eje será el mismo, así como las f, y por lo tanto la curva S_2 y h_2.

Nos sirve, pues, la misma figura 15, lámina 4.ª para situar sobre ella los nuevos valores de $\frac{z}{I}$ y obtener la curva S'_1 y su centro de gravedad G'_1, así como su distancia h'_1 á la horizontal.

Los valores de z y de $\frac{z}{I}$ son los que expresa la siguiente relación:

Vértices.	VALORES DE z	VALORES DE $\frac{z}{I}$	Vértices.	VALORES DE z	VALORES DE $\frac{z}{I}$
	metros.	*metros.*		*metros.*	*metros.*
1	30,70	341,00	*Suma anterior. . .*		5181,90
2	30,65	340,50			
3	30,50	339,00	21	10,90	121,10
4	30,10	334,00	22	9,90	110,00
5	29,50	328,00	23	8,80	97,70
6	28,90	321,00	24	7,75	86,10
7	28,10	312,00	25	6,85	76,10
8	27,20	302,00	26	5,90	65,50
9	26,15	290,50	27	5,05	56,10
10	25,00	280,00	28	4,30	47,70
11	23,90	265,50	29	3,65	40,05
12	22,60	251,00	30	3,00	33,30
13	21,35	237,20	31	2,40	26,60
14	19,95	221,60	32	1,85	20,50
15	18,60	206,60	33	1,50	16,60
16	17,20	191,10	34	1,00	11,00
17	15,90	176,60	35	0,75	8,30
18	14,55	161,60	36	0,50	5,50
19	13,30	147,70	37	0,30	3,30
20	12,15	135,00	38	0,00	0,00
Suma y sigue. . .		5181,90	*Total. . . . . .*		6007,35

Llevados los valores de $\frac{z}{I}$ á caballo sobre el desarrollo del eje, como sabemos, obtenida la superficie S'_1 y su centro de gravedad G'_1, su distancia h'_1 á la horizontal $B'\ C'$ es

$$h'_1 = 21{,}55 \text{ metros.}$$

El empuje horizontal en A que buscamos, llamándole Q_1, es

$$Q_1 = \frac{S'_1 h'_1}{S_2 h_2} \times 200000 \text{ kilógramos.}$$

Siendo 200000 kilógramos el empuje arbitrario con el cual obtuvimos la primera curva de presión

$$\left.\begin{array}{l} S'_1 = 6007{,}4 \\ h'_1 = 21{,}55 \end{array}\right\} S'_1 h'_1 = 129459{,}47 \qquad \left.\begin{array}{l} S_2 = 6875{,}1 \\ h_2 = 19{,}60 \end{array}\right\} S_2 h_2 = 134751{,}96 \qquad \left.\right\} \frac{S'_1 h'_1}{S_2 h_2} = 0{,}96,$$

y por último,

$$Q_1 = 200000 \times 0{,}96 \text{ kilógramos} = 192000 \text{ kilógramos.}$$

Con el empuje verdadero se ha obtenido el verdadero polígono funicular y la curva de presión definitiva MNB, con cuyos elementos tenemos suficiente para calcular sección por sección cómo trabaja el arco, supuesto aislado, sin el concurso de los tirantes y sin haber tenido en cuenta la resistencia de la cubierta.

Pero antes de proseguir, voy á permitirme una pequeña digresión en obsequio á la mayor claridad para estos cálculos.

La condición que nos ha servido de punto de partida es

$$\int_C^A \frac{\mu f}{I} d s = 0.$$

μ momento de flexión.
f flecha del eje del arco.
I momento de inercia.
S superficie de la sección.

Pero μ es igual $Q \times (z - f)$, siendo Q el empuje horizontal en A supuesto conocido, y z la ordenada correspondiente de la curva de presión.

$(z - f)$ será el trozo de ordenada comprendido entre el eje del arco y dicha curva, contado en la misma escala del dibujo.

Siendo Q una constante en este caso, podemos sacarla del signo integral, y la condición anterior si se cumple, será también verdad la siguiente:

$$\int_C^A \frac{(z-f)f}{I}\, d\,s = 0,$$

ó lo que es lo mismo,

$$\int_C^A \frac{zf}{I}\, d\,s = \int_C^A \frac{ff}{I}\, d\,s,$$

de donde se obtiene

$$\int_C^A \frac{z}{I}\, d\,s = \int_C^A \frac{f}{I}\, d\,s.$$

El primer miembro de la anterior es el que hemos integrado formando y midiendo la superficie S_1.

El segundo miembro lo hemos integrado hallando la superficie S_2.

Se ha seguido en un todo el procedimiento de Mr. Planat y por esto se han hallado los valores $\frac{z}{I}$ y de $\frac{f}{I}$; pero en nuestro caso se podía haber introducido una simplificación como en todos aquellos en que la sección sea constante, y por lo tanto el momento de inercia sea también constante, pues con efecto, teniendo presente esta circunstancia, la condición que expresa la igualdad anterior

$$\int_C^A \frac{z}{I}\, d\,s = \int_C^A \frac{f}{I}\, d\,s$$

puede substituirse por esta otra

$$\int_C^A z\, d\,s = \int_C^A d\,s,$$

y por lo tanto en vez de haber hallado los valores de $\frac{z}{I}$ y los de $\frac{f}{I}$, habría bastado con transportar á caballo sobre el desarrollo del eje, los valores de z y los de f de la primera figura, mucho más expedito y menos expuesto á errores.

El procedimiento seguido tiene, no obstante, una ventaja, aparte su

generalidad, y es que al hallar ahora los momentos todos en cada sección, como el coeficiente R de resistencia viene dado por la fórmula

$$R = \frac{\mu \cdot v}{I} \pm \frac{N}{w}$$

y el término $\frac{N}{w}$ es muy pequeño, si prescindimos de él como se hace en la práctica y así lo consignan todos los autores

$$R = \frac{\mu v}{I},$$

ó bien llamando r al coeficiente por milímetro cuadrado

$$r \times 10^6 = \frac{\mu v}{I}.$$

Si nos resulta ahora en una sección cualquiera que r es muy grande y queremos reducirlo á la mitad, á la tercera parte, por ejemplo, bastará aumentar los espesores convenientemente ó variar la forma de la sección hasta obtener que $\frac{v}{I}$ sea $\frac{1}{2}$ ó $\frac{1}{3}$ del valor anterior. Esto nos permitirá reforzar las secciones allá donde sea necesario.

Examinemos ahora la curva de presiones obtenida, sin perder de vista que suponemos el arco aislado, sin los tirantes ó radios, pues sólo tratamos de demostrar que el arco resiste en esta forma, en previsión de que los radios ó tirantes estuviesen mal colocados, desigualmente tirantes, ó que se rompiese alguno por una gran dilatación de la cubierta en día de calor fuerte, para lo cual, no obstante de tomar las precauciones consiguientes, bueno es dotar al arco de la resistencia suficiente.

La ordenada máxima entre la curva y el eje del arco corresponde á los primeros vértices; en A es igual 7,6 metros.

El momento máximo de flexión será

$$\mu = 192000 \times 7{,}6 \text{ kilógramos} = 1459200 \text{ kilógramos.}$$

$$R = \frac{\mu v}{I} = 1459200 \times \frac{v}{I} = 1459200 \times \frac{1{,}02}{0{,}08922}.$$

$R = 16682178$ kilógramos » $R =$ coeficiente por metro cuadrado,

ó sea

$$r = 16{,}7 \text{ kilógramos por milímetro cuadrado,}$$

coeficiente admisible para el acero, pues teniendo en cuenta la cubierta desciende á 12 kilógramos por milímetro cuadrado.

Ciertamente que el arco tomaría con este esfuerzo una flecha que, aunque pequeña, no nos conviene.

Si el arco no fuese contínuo, una pluma (por ejemplo) sin tirantes, la menor flecha acusa un aumento del momento de flexión, que crece rápidamente, y concluiría por ser mayor el momento de las fuerzas exteriores, que el resistente. Pero en nuestro caso, siendo contínuo el arco fácilmente se comprende que el mínimo para el momento $R \frac{I}{v} = \mu$ es el correspondiente á una viga recta de la misma sección que el arco y de longitud igual al diámetro, apoyada en sus extremos y cargado desigualmente; poniéndonos en el caso más desfavorable asignamos $\frac{1}{6} PL$ para momento de fuerzas exteriores (ahora empuje del agua)

$$\frac{1}{6} 338649 \times 24{,}10 = R \frac{I}{v} = 1360240 \text{ kilógramos.}$$

$$\frac{v}{I} = 11{,}43$$

sin tener en cuenta la cubierta.

$$R = 1360240 \times 11{,}43 = 15547543{,}2 \text{ kilógramos,}$$

ó sea 15,5 kilógramos por milímetro cuadrado.

Tanto por esta circunstancia, como para hacer más rígido el conjunto, sin aumentar el material desmedidamente, se recurre á los tirantes.

Con el auxilio de éstos, según veremos, se anula la flexión del arco, y éste trabaja sólo por compresión, excepto en los 13 primeros vértices, ó sea en la parte inferior de la armadura y 13,50 metros á uno y otro lado del diámetro vertical (según indica la curva de presiones), en que hay flexión de abajo para arriba (negativa).

Queda, pues, reducida la luz para la flexión, á dicha longitud de

arco inferior, igual 27 metros, comprendida entre los puntos de inflexión I, I.

El momento resistente en dicha luz es enorme, y no hay que calcularlo siquiera.

En estos puntos de inflexión, los momentos de flexión cambian de signo, y por lo tanto son nulos; pero en cambio la normal toma el valor

$$N = 183000 \text{ kilógramos}$$

que es negativo (ó hacia el centro) y no puede ser contrarrestado por los tirantes. En el punto 38, la normal es un máximo igual 192000, pero es positivo y contrarrestado por los radios.

El máximo valor (negativo) de N es, como hemos dicho, igual 183000 kilógramos, y siendo

$$W = \text{superficie de la sección} = 160316{,}6 \text{ milímetros cuadrados}$$

la fórmula general

$$R = \frac{\mu v}{I} \pm \frac{N}{w}$$

si $\mu = 0$ en los puntos II se convierte en

$$R = \pm \frac{N}{w}$$

$$R = \frac{183000 \text{ k.}}{160316{,}6 \text{ mm.}^2} = 1{,}1 \text{ kilógramos por milímetro cuadrado.}$$

El máximo valor á la extensión ó compresión (sin los tirantes) lo dá la fórmula general.

En la tabla de las páginas 100 y 101, se expresa cómo trabaja cada sección del arco, en el supuesto admitido.

Por último, para hacer más comprensibles los resultados de la tabla citada, los expresan las curvas de la figura 18, lámina 4.ª

Sobre la horizontal AB, que representa el desarrollo del arco en escala $^1/_{100}$, se han tomado los valores de $\frac{N}{w}$, de modo que cada centímetro representa 1 kilógramo por milímetro cuadrado. La curva así obtenida, representa los esfuerzos normales. Por encima y por debajo de dicha curva, se ha tomado con la misma escala (1 centímetro por cada kiló-

gramo por milímetro cuadrado de la sección) los valores de $\frac{\mu v}{I}$ correspondientes á cada punto.

Los valores de las ordenadas de las curvas así obtenidas, son los de la expresión del esfuerzo máximo á la compresión ó á la extensión

$$R = \frac{\mu v}{I} \pm \frac{N}{w}$$

Desde el vértice 1 en A hasta el 13, el arco se flexa hacia el centro, es decir, que el intradós trabaja á la extensión y el trasdós á la compresión. Aquél tiene menor cantidad de materia y longitud que éste, las extensiones son mayores que las compresiones hasta dicho punto.

En los vértices 13 y 14 (punto de inflexión), el intradós y el trasdós, ambos sufren esfuerzos de extensión. (En la primera y en la segunda disposición.)

A partir del vértice 14 las extensiones son menores que las compresiones para el intradós, y lo contrario sucede con el trasdós, hasta el vértice 27, en que cambian de signo los esfuerzos normales.

Entre las muchas consecuencias importantes que se desprenden del examen de la tabla citada y de la figura, apuntamos que los puntos de inflexión en una y otra disposición (como consecuencia de la dimensión que hemos asignado á las placas de suspensión) están al $\frac{1}{3}$ de la longitud de cuadrante, á contar del punto A, es decir, 13,50 metros á la derecha y $13^{m},50$ á la izquierda de dicho punto, circunstancia que debemos tener en cuenta para calcular el esfuerzo á la extensión de los radios.

Demostrado que éste resiste sin el auxilio de los radios, antes de estudiar la manera de anular la flexión para dotarle de más rigidez, y á título de comprobación, vamos á repetir brevemente el cálculo por raciocinio.

Primera disposición.

Supongamos la esclusa en la parte superior, bajo la acción de su peso, llamaremos 2 G, y el del medio del arco (cuadrante), el arco se deforma, según sabemos; pero una vez establecido el equilibrio entre las fuerzas exteriores é interiores, podemos suponer la colocación de inter-

Vértices...	MOMENTO DE FLEXIÓN. $\mu = 192000 \times (z - f)$	$\frac{V}{I}$	$\frac{\mu\, v}{I}$	NORMAL. N	SECCIÓN RECTA. w	$\frac{N}{w}$ en mm.²	COMPRESIÓN POR mm.²	EXTENSIÓN POR mm.²
						Kilógramos.	Kilógramos.	
1	$192000 \times 7{,}6 = 1459200$		16678656	14089		0,09	16,59	16,76
2	$192000 \times 7{,}5 = 1440000$		16459200	38000		0,24	16,22	16,70
3	$Q \times 7{,}4 = 1420800$		16239744	61000		0,38	15,86	16,62
4	$Q \times 7{,}1 = 1363200$		15581376	83000		0,52	15,06	16,10
5	$Q \times 6{,}7 = 1286400$		14703552	105000		0,64	14,06	15,34
6	$Q \times 6{,}1 = 1171200$		13386816	124000		0,77	12,61	14,15
7	$Q \times 5{,}5 = 1056000$		1207008	138000		0,86	11,21	12,93
8	$Q \times 4{,}8 = 921600$		10533888	156000		0,97	9,56	11,50
9	$Q \times 4 = 768000$		8778240	166000		1,03	7,75	9,81
10	$Q \times 3{,}2 = 614400$		7022592	175000		1,09	5,93	8,11
11	$Q \times 2{,}8 = 537600$		6144768	182000		1,13	5,01	6,14
12	$Q \times 1{,}5 = 288000$		3291840	185000		1,15	2,14	4,44
13	$Q \times 0{,}5 = 96000$		1097280	183000		1,14	0,00	2,24
14	$Q \times 0{,}3 = 57600$		658368	183000		1,14	0,48	1,80
15	$Q \times 1{,}2 = 230400$		2633472	174000		1,08	1,55	3,71
16	$Q \times 2{,}2 = 422400$		4828032	164000		1,02	3,81	5,85
17	$Q \times 3 = 576000$		6583680	138000		0,85	5,73	7,43
18	$Q \times 3{,}7 = 710400$		8113872	122000		0,80	7,32	8,88
				105000		0,65	9,28	11,18

20	$Q \times 4{,}8 =$ 921600		10533888	105000		0,65	9,88	11,18
21	$Q \times 5{,}4 =$ 1036800		11850624	82000		0,51	11,34	12,36
22	$Q \times 5{,}8 =$ 1113600		12728448	72000		0,44	12,29	13,17
23	$Q \times 6{,}1 =$ 1171200		13386816	51000		0,31	13,07	13,69
24	$Q \times 6{,}4 =$ 1228800		14045184	45000		0,28	13,76	14,32
25	$Q \times 6{,}6 =$ 1267200		14484096	17000		0,10	14,38	14,58
26	$Q \times 6{,}7 =$ 1286400		14703552	1500		0,009	14,69	14,71
27	$Q \times 6{,}6 =$ 1267200		14484096	000		0,00	14,48	14,48
28	$Q \times 6{,}6 =$ 1267200		14484096	9000		0,05	14,53	14,43
29	$Q \times 6{,}4 =$ 1228800		14045184	30000		0,18	14,22	13,86
30	$Q \times 6{,}2 =$ 1190400		13606272	59000		0,38	13,98	13,22
31	$Q \times 5{,}8 =$ 1113600		12728448	88500		0,55	13,28	12,18
32	$Q \times 5{,}5 =$ 1056000		1207008	90000		0,56	12,63	11,51
33	$Q \times 4{,}9 =$ 940800		10753344	120000		0,74	10,75	10,01
34	$Q \times 4{,}4 =$ 844800		9656064	130500		0,80	10,45	8,85
35	$Q \times 4{,}0 =$ 768000		8778240	146000		0,91	9,69	7,87
36	$Q \times 3{,}3 =$ 633600		7242048	157500		0,97	8,21	6,27
37	$Q \times 2{,}4 =$ 460800		5266944	170000		1,05	6,31	4,21
38	$Q \times 1{,}4 =$ 268800		3072384	192000		1,19	4,26	1,88
39	$Q \times 0{,}0$ 000							

medios rígidos que nos faciliten obtener los momentos de las fuerzas exteriores en cada sección.

Investigemos el momento máximo (fig. 19, lámina 4.ª). Este corresponderá á la sección más distante en B, y supuesto interrumpido el arco en A y B, en A carga sobre el arco el peso G correspondiente á la mitad de la esclusa y peso de un cuadrante (arco AB). La otra mitad carga sobre el arco simétrico no representado en el dibujo.

El momento de G con relación á B, será:

$$M = G \times OB$$

Descomponiendo G en las dos fuerzas iguales F_1 y F_2

$$F_1 = F_2 = G \cos \alpha \qquad » \qquad OB = AB \cos \alpha$$

$$\frac{F_1}{\cos \alpha} = G$$

$$M = G \times OB = \frac{F_1}{\cos \alpha} \times AB \cos \alpha = F_1 \times AB.$$

Podemos, pues, substituir el momento $G \times OB$, por el sistema $F_1 \times AB$ y la fuerza F_2 que acciona oblicuamente en B.

Descomponiendo ahora F_1 y F_2 en otras dos fuerzas $F'_1\ F''_1\ \ F'_2\ F''_2$ fácilmente se comprende que el sistema queda substituído por el de las cuatro fuerzas $F'_1\ F''_1\ F'_2$ y F''_2, cada una de las cuales es igual á

$$\frac{1}{2}\, G = \frac{93282{,}35}{2} + \frac{111065}{4} \text{ kilógramos.}$$

El peso que carga en A es mitad del de la esclusa = 93282 kilógramos, y mitad del correspondiente al cuadrante $\frac{111065}{2}$ cuya otra mitad corresponde á B, supuesto dicho arco apoyado entre dichos puntos; así pues

$$G = 93282 + 55532 = 148814$$

$$\frac{1}{2}\, G = 74407 = F'_1 = F''_1 = F'_2 = F''_2$$

La F'_1 será el trabajo á la compresión en A ó empuje horizontal = 74407 kilógramos.

La F'_2 el esfuerzo normal en B que puede ser contrarrestado por los radios = 74407.

La F''_2 la tangencial ó compresión en B, á la cual hay que agregar la mitad del peso del cuadrante del arco; en suma la compresión es $= 129939$.

Por último, F''_1 es el esfuerzo vertical, que sumado con la otra mitad del peso del arco 55532 kilógramos, produce la flexión entre los puntos de inflexión; resultado en un todo conforme con el obtenido anteriormente, si bien no completamente exacto, porque con este procedimiento primitivo no se tienen en cuenta las deformaciones y otra porción de circunstancias que se anotan en el del desarrollo del arco. Se trata sólo por modo rápido, de obtener una comprobación aproximada.

Para concluir ya con la llanta grande, pudiéramos repetir el mismo razonamiento anterior, para hallar los momentos en la segunda disposición, pero adoptamos el siguiente por su mayor generalidad y comprensión.

En la disposición que representa la figura 19, lámina 4.ª, supuesto indeformable por los tirantes la mitad superior de la armadura, cargará sobre cada uno de los puntos A y B el peso correspondiente de una esclusa, más el de un cuadrante de la carga uniformemente repartida.

Así pues, las flechas P representan:

$$P = 186564{,}7 \text{ kilógramos} + 111065 = 297629{,}70 \text{ kilógramos.}$$

En cada punto, ó vértice, de las 25 en que hemos dividido el cuadrante, le corresponden tres radios ó tirantes, pues son 300 los que tiene la armadura y corresponden 75 al cuadrante, ó sean 25 en cada cono y otros 25 en el plano de la rueda.

Tracemos la tangente L al vértice en B, y prolonguemos las rectas que unen cada dos puntos consecutivos. El ángulo que forman entre sí cada dos de estas rectas $L_1\ L_2$, por ejemplo, será el mismo que entre sí forman dos radios consecutivos. Dicho ángulo es

$$\alpha = \frac{90^\circ}{25} = 3^\circ\ 36' \text{ sexagesimales.}$$

Finalmente, llamemos L á la vertical en B que representa el peso $P = 297629{,}70$ en escala de 1 milímetro por tonelada, y $L_1\ L_2\ L_3 \ldots\ L_{25}$ las que unen cada dos puntos consecutivos, y cuya longitud vamos á determinar gráfica y analíticamente.

Gráficamente.—Descomponiendo L en las dos direcciones L_1 y el radio OB, nos dará en $Bm = 18000$ kilógramos el esfuerzo r_1 á la extensión que debe soportar dicho tirante, y en $L_1 = 298252$ la compresión en dicha junta, á la que habrá que sumar el peso propio del tramo correspondiente $= \frac{111065}{25} = 4442$, descompuesto también en la dirección del radio y la vertical; pero por ahora prescindiremos del peso propio de este tramo para mayor claridad.

Haciendo ahora análoga operación con L_1 tendremos la L_2 y r_2 y así sucesivamente. Se comprende, no obstante, lo expuesto á errores que se irían sumando, de este procedimiento, y es, por lo tanto, preferible hacerlo en figura aparte.

Como cada longitud L_n se trata de descomponerla en dos direcciones, una de ellas (el tirante) perpendicular á L_1, la que se busca es hipotenusa de un triángulo rectángulo, y es fácil hallarla por la fórmula conocida

$$L_2 = \sqrt{L_1^2 + r^2}$$

L_2 á su vez viene á ser cateto en la siguiente operación para hallar L_3, y así sucesivamente.

El último valor, ó sea el de L_2, es 313 toneladas, 193 kilógramos sin tener en cuenta el peso propio del arco.

Analíticamente.—El procedimiento anterior es expuesto á errores, y dado que según la escala de las fuerzas cada 0,001 metro de error supone una tonelada, es preferible recurrir al cálculo, sin dejar por esto de auxiliarse de la construcción gráfica.

Llamando α el ángulo que forman entre sí L_{n-1} y L_n dicho ángulo α, según hemos dicho es:

$$\alpha = 3^\circ\ 36'\ \text{sexagesimales.}$$

La longitud conocida L, es igual $L_1 \cos \alpha$, y por lo tanto

$$L_1 = \frac{L}{\cos \alpha}.$$

Asimismo

$$L_1 = L_2 \cos \alpha \qquad » \qquad L_2 = \frac{L_1}{\cos \alpha} = \frac{L}{(\cos \alpha)^2}$$

y por lo tanto podremos establecer

$$L_1 = \frac{L}{\cos \alpha}$$

$$L_2 = \frac{L}{(\cos \alpha)^2}$$

$$L_3 = \frac{L}{(\cos \alpha)^3}$$

$$\vdots$$

$$L_{25} = \frac{L}{(\cos \alpha)^{25}}$$

Conocidos los valores anteriores, se obtienen también los de r_1 r_2 r_3..... r_{25}, multiplicando el correspondiente valor de L por sen α.

Añadiendo ahora á los valores obtenidos la componente correspondiente del peso propio, tendremos en definitiva, el valor de la compresión tangencial en cada punto, y el que deben soportar los tirantes para anular la flexión del arco.

La siguiente tabla da los valores de las potencias del cos α = cos (3°, 36′) = 0,998, hasta la 25, los de L y r y los correspondientes al peso propio, teniendo en cuenta que la flecha pequeña que representa éste, empieza formando el ángulo 0°, 0′ con L y cada vez que pasamos al vértice siguiente, aumenta el ángulo en el valor de α. Llamaremos a el ángulo que forma la vertical en cada punto con L.

Finalmente, las dos últimas columnas de la tabla siguiente, dan el trabajo á la compresión de la llanta y á la extensión del tirante en cada punto; ambas expresadas en kilógramos por milímetro cuadrado. La sección W de la llanta es 160316,6 milímetros cuadrados, y la del radio de 0,03 metros de diámetro W = 706,84 milímetros cuadrados. Como á cada punto corresponden 3 radios, la sección será:

$$706{,}84 \times 3 = 2120{,}52 \text{ milímetros cuadrados.}$$

$\alpha = 3^{o},36'$ » sen $\alpha = 0{,}0625$ » cos $\alpha = 0{,}998$.

Vértices	Potencias de cos a	VALORES DE L	VALORES DE r	Peso propio. Valores de a	Cos a	Sen a	AUMENTOS DE L $4442 \times \cos a$	AUMENTOS DE r $4442 \times \operatorname{sen} a$	Total para valores de $L = T$	Total para valores de r	Total para valores de $\frac{L}{w}$	Total para valores de $\frac{r}{w'}$
		Kg.					Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
B	»	$L = 297629{,}70$	18000	0,00	1,00	0,00	4442	000	302071	18000	1,88	8,3
1	$(\cos\alpha)^1 = 0{,}998$	$L_1 = \frac{L}{\cos\alpha} = 297997$	$18624 = L_1 \operatorname{sen}\alpha$	$3^{o},36'$	0,99	0,06	4397	266	302394	18890	1,89	8,9
2	$(\cos\alpha)^2 = 0{,}996$	$L_2 = \frac{L}{0{,}996} = 298825$	18676 » »	$7^{o},12'$	0,99	0,12	4397	533	303222	19209	1,89	9,0
3	$(\cos\alpha)^3 = 0{,}994$	$L_3 = \frac{L}{0{,}994} = 299426$	18714 » »	$10^{o},48'$	0,98	0,185	4353	821	303779	19535	1,89	9,2
4	$(\cos\alpha)^4 = 0{,}992$	$L_4 = \frac{L}{0{,}992} = 300029$	18751 » »	$14^{o},24'$	0,97	0,247	4308	1097	304337	19848	1,89	9,3
5	$(\cos\alpha)^5 = 0{,}99$	$L_5 = \frac{L}{0{,}99} = 300636$	18789 » »	$18^{o},00'$	0,95	0,310	4219	1377	304855	20166	1,89	9,5
6	$(\cos\alpha)^6 = 0{,}988$	$L_6 = \frac{L}{0{,}988} = 301244$	18827 » »	$21^{o},36'$	0,93	0,363	4131	1612	305375	20439	1,89	9,6
7	$(\cos\alpha)^7 = 0{,}986$	$L_7 = \frac{L}{0{,}986} = 301855$	18866 » »	$25^{o},12'$	0,9	0,425	3998	1887	305853	20753	1,90	9,7
8	$(\cos\alpha)^8 = 0{,}984$	$L_8 = \frac{L}{0{,}984} = 302469$	18904 » »	$28^{o},48'$	0,876	0,48	3891	2132	306360	21036	1,91	9,9
9	$(\cos\alpha)^9 = 0{,}982$	$L_9 = \frac{L}{0{,}982} = 303085$	18943 » »	$32^{o},24'$	0,845	0,535	3753	2376	306838	21319	1,91	10.0
10	$(\cos\alpha)^{10} = 0{,}98$	$L_{10} = \frac{L}{0{,}98} = 303703$	$18981 = L_{10} \operatorname{sen}\alpha$	$36^{o},00'$	0,81	0,588	3598	2611	307301	21592	1,91	10,1
11	$(\cos\alpha)^{11} = 0{,}978$	$L_{11} = \frac{L}{0{,}978} = 304325$	19020 » »	$39^{o},36'$	0,77	0,64	3420	2842	307745	21862	1,92	10,3
12	$(\cos\alpha)^{12} = 0{,}976$	$L_{12} = \frac{L}{0{,}976} = 304948$	19059 » »	$43^{o},12'$	0,73	0,68	3242	3020	308190	22079	1,92	10,4

12	$(\cos\alpha)^{12} = 0{,}976$	$L_{12} = \frac{L}{0{,}976} = 304948$	19059 » »	43°,12′	0,73	0,68	3242	3020	308190	22079	1,92	10,4
13	$(\cos\alpha)^{13} = 0{,}974$	$L_{13} = \frac{L}{0{,}974} = 305574$	19098 » »	46°,48′	0,68	0,73	3020	3242	308594	22340	1,92	10,5
14	$(\cos\alpha)^{14} = 0{,}972$	$L_{14} = \frac{L}{0{,}972} = 306203$	19137 » »	50°,24′	0,74	0,77	2842	3420	309045	22557	1,92	10,6
15	$(\cos\alpha)^{15} = 0{,}97$	$L_{15} = \frac{L}{0{,}97} = 306834$	19177 » »	54°,00′	0,588	0,81	2611	3598	309445	22775	1,93	10,7
16	$(\cos\alpha)^{16} = 0{,}968$	$L_{16} = \frac{L}{0{,}968} = 307468$	19216 » »	57°,36′	0,535	0,845	2376	3753	309844	22969	1,93	10,8
17	$(\cos\alpha)^{17} = 0{,}966$	$L_{17} = \frac{L}{0{,}966} = 308105$	19257 » »	61°,12′	0,48	0,876	2132	3891	310237	23148	1,93	10,9
18	$(\cos\alpha)^{18} = 0{,}964$	$L_{18} = \frac{L}{0{,}964} = 308744$	19296 » »	64°,48′	0,425	0,9	1887	3998	310631	23294	1,93	10,9
19	$(\cos\alpha)^{19} = 0{,}962$	$L_{19} = \frac{L}{0{,}962} = 309387$	19336 » »	68°,24′	0,363	0,93	1612	4131	310999	23467	1,93	11,0
20	$(\cos\alpha)^{20} = 0{,}96$	$L_{20} = \frac{L}{0{,}96} = 310031$	$19376 = L_{20}$ sen α	72°,00′	0,310	0,95	1377	4219	311408	23595	1,94	11,1
21	$(\cos\alpha)^{21} = 0{,}958$	$L_{21} = \frac{L}{0{,}958} = 310678$	19447 » »	75°,36′	0,247	0,97	1097	4308	312055	23755	1,94	11,2
22	$(\cos\alpha)^{22} = 0{,}956$	$L_{22} = \frac{L}{0{,}956} = 311328$	19458 » »	79°,12′	0,185	0,98	821	4353	312149	23811	1,94	11,2
23	$(\cos\alpha)^{23} = 0{,}954$	$L_{23} = \frac{L}{0{,}954} = 311980$	19498 » »	82°,48′	0,12	0,99	533	4397	312513	23895	1,94	11,2
24	$(\cos\alpha)^{24} = 0{,}952$	$L_{24} = \frac{L}{0{,}952} = 312636$	19539 » »	86°,24′	0,06	0,99	266	4397	312902	23936	1,95	11,2
25	$(\cos\alpha)^{25} = 0{,}95$	$L_{25} = \frac{L}{0{,}95} = 313294$	$19581 = L_{25}$ sen α	90°,00′	0,00	1,00	000	4442	313294	24023	1,95	11,3

Para la llanta y valores $\frac{L}{w}$ » $w = 160316{,}6$ mm.²

Para los tirantes de 0ᵐ,03 de diámetro, 3 tirantes en cada punto. $\Big\}$ $w' = 2120{,}52$ mm.²

La disposición que representa la figura es, como sabemos, en la que más trabaja el material, y por lo tanto representa los esfuerzos máximos, que es lo que nos interesa.

La inspección de la tabla anterior acusa el esfuerzo máximo á la compresión en la llanta, en el punto inferior de la misma. Pero repecto á los tirantes, serían exactos los datos de la tabla (última columna) si el aparato estuviera apoyado ó suspendido por el eje, es decir, si no flotase; pero recibiendo en la parte inferior el empuje del agua, que es la reacción total que equilibra todo el peso del aparato, en cada vértice hay que tener en cuenta dicho empuje para restarlo de los valores que indica dicha última columna. Además, dada la resistencia de la llanta á la flexión, la acción de dicho empuje, anulando el trabajo á la extensión de los tirantes inferiores, se extiende hasta los puntos de inflexión *I*, *I* situados, como sabemos, al $\frac{1}{3}$ á uno y otro lado del diámetro vertical, ó sean 13,50 metros á la derecha y 13,50 á la izquierda de dicho punto; por lo tanto el dato máximo para los tirantes que nos interesa de la tabla, corresponde á los puntos desde el 1 al 17, es decir, 10,9 kilógramos por milímetros cuadrados.

Cuando lleguemos al cálculo de los tirantes completaremos el conocimiento del esfuerzo total que soportan teniendo en cuenta la tabla anterior, el que reciben de las llantas pequeñas y el cómo se oponen á la flexión de la parte superior del arco.

Comprobación de su resistencia.—Estas (las llantas ó armaduras pequeñas) son concéntricas con las grandes, á las que transmiten su peso y mitad del de las esclusas por el intermedio de los tirantes, que las atraviesan según un diámetro.

Su cálculo es muy fácil y podríamos aplicarles los mismos procedimientos seguidos para calcular las llantas grandes, pero se diferencian esencialmente de éstas, en que están suspendidas por los tirantes y no reciben empuje alguno del agua.

En obsequio á la brevedad aplicamos el último procedimiento gráfica y analíticamente, que se ha seguido para las grandes, valiéndonos de la figura 19 lámina 4.ª

Cuando están las esclusas en cualquiera otra posición, su peso carga

sobre las grandes y á la más pequeña flecha que tome este arco, la llanta pequeña reparte sobre una mitad de la grande, el esfuerzo que le transmiten las placas de suspensión.

Este es el objeto principal de esta pieza en la armadura, especialmente cuando las dos esclusas están á una misma altura, que es cuando el momento de las placas de suspensión es mayor, al propio tiempo que es un máximo el momento de flexión del arco.

Esta es, pues, la disposición que más nos interesa examinar.

En la disposición que indica la figura, la llanta recibe en cada extremo del diámetro el peso correspondiente á la mitad del de la esclusa, es decir, 93282 kilógramos.

Nos bastará con estudiar sólo lo correspondiente á la cuarta parte del arco.

Gráficamente.—Siguiendo el procedimiento indicado se descompone el peso 93282 kilógramos (representado por la longitud l en escala de 0,001 metros por tonelada) en dos direcciones que son el radio horizontal y la recta que une el primer vértice con el segundo, que podemos tomar por tangente al arco.

La recta así obtenida l_1 se descompone á su vez en r_2 y l_2 y así sucesivamente, hasta obtener las l_{25} y r_{25}. La figura indica la construcción gráfica seguida, exactamente igual á las que explicamos para las llantas grandes.

Por la misma razón también recurrimos al cálculo analítico, siempre más exacto para hallar los valores de las tangenciales l y los de las normales r.

Analíticamente.—El ángulo formado por dos radios consecutivos es, según sabemos, $\alpha = 3^{\circ}\ 36'$

Este mismo será el que forman l y l_1, l_1 y l_2 y así sucesivamente, y por lo tanto,

$$l_1 = \frac{l}{\cos \alpha} \qquad r_1 = l_1 \operatorname{sen} \alpha$$

$$l_2 = \frac{l_1}{\cos \alpha} = \frac{l}{(\cos \alpha)^2} \qquad r_2 = l_2 \operatorname{sen} \alpha$$

$$\vdots$$

$$l_{25} = \frac{l}{(\cos \alpha)^{25}} \qquad r_{25} = l_{25} \operatorname{sen} \alpha$$

$$\cos \alpha = 0{,}998 \qquad \operatorname{sen} \alpha = 0{,}0625$$

La siguiente tabla indica dichos valores de l..... l_{25} r..... r_{25}, y el trabajo de la llanta y tirantes á la compresión por milímetros cuadrados, por más que éste no nos interesa, porque ya lo hemos tenido en cuenta al calcular la llanta grande desde el momento que el peso 93282, referido por los radios al arco mayor, lo hemos supuesto cargando en B con todo el peso de la esclusa, en vez de considerar sólo la mitad de éste.

En todo caso, los anteriores valores de r, serán el aumento de resistencia que deben tener los tirantes desde el eje á la llanta pequeña, y tanto por esta circunstancia, como por otras que se detallarán, se dá á los tirantes en esta primera mitad, algún mayor diámetro.

Según se desprende de la tabla siguiente, la llanta, no obstante su poco espesor, está en perfectas condiciones de resistencia, pues su trabajo máximo, merced á los radios y llanta grande, es de 2,5 kilógramos por milímetro cuadrado de la sección.

Tirantes ó radios.

Estos son de sección circular y 0,035 metros de diámetro en una longitud de 11,00 metros, y 0,03 metros de diámetro en el resto, ó sea en 11,50 metros, que con 1,50 metros del radio de los collares, hacen 24 metros; lo suficiente para penetrar 0,40 metros en las llantas grandes.

Respecto á su número, fácilmente se comprende, debe ser el mayor posible, pues tienen por objeto principal, contrarrestar la flexión de las llantas en cualquier sección; pero si aumentamos desmedidamente dicho número, crecen las dificultades para su colocación y las llantas también se debilitan por el mayor número de orificios hechos, precisamente en la proximidad de las fibras que más trabajan. Además, viniendo todos á concurrir en las coronas ó collares del eje, si el diámetro de éstos no es muy grande, su número está limitado por el de tuercas ó extremos de tirantes que caben en la circunferencia de dichas coronas.

Adoptado como espesor en la primera mitad del tirante 0,035 metros, su número por armadura son 300, ó sean, 100 en el plano de la armadura y otros 100 en cada superficie cónica. Este es, pues, el número que debe tener cada una de las 12 armaduras intermedias. Las dos de cabeza, ó testeros, tienen una sola superficie cónica, y por lo tanto el

Vértices.....	POTENCIAS DE $\cos\alpha = 0{,}998$	VALORES DE: Sen $\alpha = 0{,}0625$, $l = 93282$	VALORES DE: $r = 5830$	VALORES DE: $\frac{l}{w}$, $w = 39543{,}3$ mm.²
			Kilógramos.	Kilógramos.
B		$= 93282$	$r = l \operatorname{sen}\alpha = 5830$	2,3
1	$(\cos\alpha) = 0{,}998$	$l_1 = \frac{l}{\cos\alpha} = 93469$	$r_1 = l_1 \operatorname{sen}\alpha = 5842$	2,3
2	$(\cos\alpha)^2 = 0{,}996$	$l_2 = \frac{l}{(\cos\alpha)^2} = 93656$	$r_2 = l_2 \operatorname{sen}\alpha = 5853$	2,3
3	$(\cos\alpha)^3 = 0{,}994$	$l_3 = \frac{l}{(\cos\alpha)^3} = 93845$	$r_3 = l_3 \operatorname{sen}\alpha = 5865$	2,3
4	$(\cos\alpha)^4 = 0{,}992$	$l_4 =$ » $= 94034$	$r_4 =$ » $= 5877$	2,3
5	$(\cos\alpha)^5 = 0{,}990$	$l_5 =$ » $= 94224$	$r_5 =$ » $= 5888$	2,3
6	$(\cos\alpha)^6 = 0{,}988$	$l_6 =$ » $= 94415$	$r_6 =$ » $= 5901$	2,4
7	$(\cos\alpha)^7 = 0{,}986$	$l_7 =$ » $= 94606$	$r_7 =$ » $= 5913$	2,4
8	$(\cos\alpha)^8 = 0{,}984$	$l_8 =$ » $= 94797$	$r_9 =$ » $= 5925$	2,4
9	$(\cos\alpha)^9 = 0{,}982$	$l_9 =$ » $= 94992$	$r_9 =$ » $= 5937$	2,4
10	$(\cos\alpha)^{10} = 0{,}980$	$l_{10} = \frac{l}{(\cos\alpha)^{10}} = 95185$	$r_{10} =$ » $= 5949$	2,4
11	$(\cos\alpha)^{11} = 0{,}978$	$l_{11} =$ » $= 95380$	$r_{11} =$ » $= 5961$	2,4
12	$(\cos\alpha)^{12} = 0{,}976$	$l_{12} =$ » $= 95575$	$r_{12} =$ » $= 5973$	2,4
13	$(\cos\alpha)^{13} = 0{,}974$	$l_{13} =$ » $= 95772$	$r_{13} =$ » $= 5985$	2,4
14	$(\cos\alpha)^{14} = 0{,}972$	$l_{14} =$ » $= 95968$	$r_{14} =$ » $= 5998$	2,4
15	$(\cos\alpha)^{15} = 0{,}970$	$l_{15} = \frac{l}{(\cos\alpha)^{15}} = 96167$	$r_{15} = l_{15} \operatorname{sen}\alpha = 6010$	2,4
16	$(\cos\alpha)^{16} = 0{,}968$	$l_{16} = \frac{l}{(\cos\alpha)^{16}} = 96365$	$r_{16} = l_{16} \operatorname{sen}\alpha = 6023$	2,4
17	$(\cos\alpha)^{17} = 0{,}966$	$l_{17} =$ » $= 96565$	$r_{17} =$ » $= 6035$	2,4
18	$(\cos\alpha)^{18} = 0{,}964$	$l_{18} =$ » $= 96765$	$r_{19} =$ » $= 6048$	2,4
19	$(\cos\alpha)^{19} = 0{,}962$	$l_{19} =$ » $= 96966$	$r_{19} =$ » $= 6060$	2,4
20	$(\cos\alpha)^{20} = 0{,}960$	$l_{20} =$ » $= 97168$	$r_{20} =$ » $= 6073$	2,4
21	$(\cos\alpha)^{21} = 0{,}958$	$l_{21} =$ » $= 97371$	$r_{21} =$ » $= 6085$	2,4
22	$(\cos\alpha)^{22} = 0{,}956$	$l_{22} =$ » $= 97575$	$r_{22} =$ » $= 6098$	2,4
23	$(\cos\alpha)^{23} = 0{,}954$	$l_{23} =$ » $= 97779$	$r_{23} =$ » $= 6111$	2,4
24	$(\cos\alpha)^{24} = 0{,}952$	$l_{24} =$ » $= 97984$	$r_{24} =$ » $= 6124$	2,5
25	$(\cos\alpha)^{25} = 0{,}950$	$l_{25} = \frac{l}{(\cos\alpha)^{25}} = 98191$	$r_{25} = l_{25} \operatorname{sen}\alpha = 6136$	2,5

número de radios es de 200. Esto, por lo que respecta á la primera mitad de los tirantes, cuyo número es, pues,

$$300 \times 12 + 400 = 4000.$$

De la segunda mitad, se suprimen del número anterior en cada armadura 26, que no se prolongan hasta la llanta grande en cada placa de suspensión, ó sean en total $52 \times 14 = 728$

El número total de la segunda mitad será

$$4000 - 728 = 3272$$

Así pues, en definitiva tendremos:

Radios completos, hasta la llanta grande.	3272
Sólo hasta la primera mitad..	728

En el lugar correspondiente, hablamos de la disposición más adecuada para los tirantes.

TUERCAS.—En las coronas del eje, tantas como radios.	4000
En las llantas $3272 \times 3 + 728 \times 2 = 9816 + 1456$.	11262
Suma.	15262

Cálculo de los radios.—Disposición de los mismos.

Si importante es el conocimiento de cómo trabajan las partes anteriormente calculadas, aún lo es más, si cabe, el de los radios ó tirantes. De éstos depende que las llantas trabajen, sólo á la compresión ó á la extensión, y por lo tanto se obtiene una grande economía de material.

Así pues, es preciso detenerse en el cálculo y disposición de estos tirantes, que son, en unión de las llantas, la garantía de solidez de toda la construcción.

Varios son los procedimientos que pueden seguirse para determinar el trabajo de los tirantes, siempre en armonía con los empleados para el cálculo de las llantas.

1.º Si nos atenemos al procedimiento primero seguido, ó sea el del desarrollo del eje, conocidos los momentos de flexión en las dos disposiciones que adoptamos para la figura, como dicho momento de flexión es

un producto, cuyos factores, el peso, es conocido así como el brazo ó distancia del centro de los mismos á la sección que se considera, obtendremos por una simple división el trabajo del radio ó tirante.

2.° Si seguimos los dos procedimientos gráfico y analítico que expusimos al tratar de las llantas obtendremos para trabajo del radio una cantidad algo mayor, por cuanto suponemos los arcos perfectamente deformables, y por lo tanto no tenemos en cuenta la resistencia del arco á la flexión, resistencia que debe restarse desde cero hasta que se inicia la deformación, de lo obtenido para trabajo de los radios en las tablas anteriores, en las cuales tampoco se tiene en cuenta el empuje del agua, la deformación que esta origina al arco y por lo tanto la disminución del trabajo de éstos, hasta el punto de trabajar por compresión (en las dos disposiciones) todos los tirantes comprendidos entre los puntos de inflexión.

El trabajo de los radios á la extensión, empieza realmente en los puntos de inflexión, y se comprende que si interponemos un sistema de radios ó tirantes que se oponga parcialmente á la flexión, pero no totalmente, dichos puntos de inflexión *I I*, se aproximan aumentando la resistencia del arco.

Por la misma razón, si interponemos un sistema de radios de tal resistencia que se oponga totalmente á la flexión del arco, teóricamente, dichos puntos de inflexión *I I* se superpondrán, trabajando el arco á la flexión, solamente lo que permitan la extensión longitudinal de los radios. Es decir, que la disposición adoptada, es exactamente lo mismo que si suspendemos los pesos, pues todo trabaja á la extensión y la armadura será teóricamente indeformable. He aquí la gran ventaja de esta disposición.

Este es, pues, el sistema más racional para calcular los radios.

Coeficiente de trabajo.—Nos pondremos, como siempre, en el caso más desfavorable para mayor seguridad.

En cualquier posición que esté la armadura, si la suponemos dividida en dos partes por un diámetro vertical *A C* figura 23, lámina 5.ª, vamos á estudiar solamente el equilibrio de esta mitad. Es evidente que el arco ó media armadura que representa el dibujo, pesará la mitad del peso total del aparato dividido por 13, é incluyendo también el peso de las esclusas con agua.

Si llamamos P el peso del cuadrante de la armadura, supuesta ésta en equilibrio, podemos descomponer el peso P de cada cuadrante en otros dos p y p' aplicados á los extremos.

El momento máximo de flexión en la armadura, será el de la sección B, y vamos á ver la resistencia que deben ofrecer los tirantes para contrarrestar dicho momento, al propio tiempo que se oponen á la flexión en el resto del arco.

La fuerza p' en A, da un momento $= p' \times O\,B$.

La p' en C está contrarrestada por la reacción total R (en este caso el empuje del agua) $= 2\,P$, suma de las fuerzas exteriores, y

$$R - p' = P + p$$

da un momento de flexión en

$$B = (P + p) \times O\,B.$$

El momento de flexión en B, será la suma de los anteriores

$$P' \times O\,B + (P + p) \times O\,B = 2\,P \times O\,B.$$

Para oponernos á este momento tendremos que la resultante de la resistencia de los radios, supuestos igualmente espaciados, estará en la horizontal $O\,B$ y su magnitud $R_1 = 2\,P$, pues su momento con relación á A ó con respecto á C es

$$R_1 \times O\,A = R_1 \times O\,C = 2\,P \times O\,B \qquad » \qquad O\,B = O\,A = O\,C$$

De esta igualdad de momentos, resulta

$$R_1 = 2\,P.$$

$2\,P$ es, pues, el valor de la fuerza que tienen que soportar los radios, ó sea P los correspondientes al cuadrante, que sabemos son 75 aplicados en 25 puntos del arco.

Si los radios trabajasen por igual en un momento determinado, estaba ya resuelto el problema; pero no es así, hay que descomponer el peso P en 25 radios ó fuerzas concurrentes y el problema aparentemente es indeterminado. La indeterminación desaparece desde el momento que los radios consecutivos forman ángulos entre sí iguales á 3° 36′ y su trabajo es proporcional al coseno del ángulo que forman con R_1, ó lo que es lo mismo, á su proyección sobre $O\,B$.

Así pues, si conociéramos la resistencia r que debe ofrecer el radio primero en $O\,B$, estaría el problema determinado por la condición

$$P = \overset{1^o}{r} + \overset{2^o}{r \cos \alpha} + \overset{3^o}{r \cos 2\,\alpha} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \overset{25^o}{r \cos 24\,\alpha} =$$

$$[1] \quad P = r\,(1 + \cos \alpha + \cos 2\,\alpha + \cos 3\,\alpha + \ldots + \cos 24\,\alpha)$$

Sabemos por trigonometría, que cuando se dan dos ángulos a y h la expresión

$$[2] \quad \cos a + \cos (a + h) + \cos (a + 2h) + \ldots \cos (a + (n - 1)\,h) =$$

$$= \frac{\operatorname{sen} \frac{n\,h}{2} \cos \left(a + \frac{n-1}{2}\,h\right)}{\operatorname{sen} \frac{h}{2}}$$

si hacemos $a = h = \alpha$ la [2] se transforma en

$$[3] \quad \cos \alpha + \cos 2\,\alpha + \cos 3\,\alpha + \ldots \cos n\,\alpha = \frac{\operatorname{sen} \frac{n\,\alpha}{2} \times \cos \frac{(n+1)}{2}\,\alpha}{\operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}}$$

Haciendo ahora $n = 24$ la fórmula [1] se transforma en

$$[4] \quad P = r \left(1 + \frac{\operatorname{sen} \frac{24\,\alpha}{2} \times \cos \frac{25}{2}\,\alpha}{\operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}} \right)$$

$P = 204359$ kilógramos $= \frac{1}{4} \times \frac{1}{13}$ del peso total del aparato que en el caso más desfavorable hemos supuesto $= 10626674$ kilógramos.

$$\alpha = 3^o,\ 36' \qquad » \qquad \frac{24}{2}\,\alpha = 12\,\alpha = 43^o,\ 12'$$

$$\frac{25}{2}\,\alpha = 44^o,\ 10'$$

$$\frac{\alpha}{2} = 1^o,\ 48'$$

$$\operatorname{sen} 43^o,\ 12' = 0{,}685$$

$$\cos 44^o,\ 10' = 0{,}71732$$

$$\operatorname{sen}\ 1^o,\ 48' = 0{,}03199$$

Con los anteriores valores, la fórmula [4] da

$$P = r\left(1 + \frac{0{,}685 \times 0{,}71732}{0{,}03199}\right) = r\,(1 + 15{,}36) = r \times 16{,}36$$

$$r = \frac{P}{16{,}36} = \frac{204359}{16{,}36} = 12491 \text{ kilógramos}$$

12491 kilógramos, es pues, el esfuerzo máximo que deben soportar los 3 radios que concurren en un punto, y por lo tanto á un tirante corresponderá

$$\frac{12491}{3} = 4164 \text{ kilógramos.}$$

Si el diámetro de la sección del tirante es $d = 0{,}035$ metros (primera mitad del radio)

$$W = 962 \text{ milímetros cuadrados}$$

$$\text{coeficiente de trabajo} = \frac{4164}{962} = 4{,}3 \text{ kilógramos por mm.}^2$$

Si $d = 0{,}03$ metros (segunda mitad)

$$W = 707 \text{ milímetros cuadrados}$$

$$\text{coeficiente de trabajo} = \frac{4164}{707} = 5{,}9 \text{ kilógramos por mm.}^2$$

Así pues, el trabajo de los radios á la extensión, como máximo es 5,9 kilógramos por milímetro cuadrado.

Están, pues, en perfectas condiciones.

Coeficientes de rotura y de seguridad.—Según las experiencias de Karmarsch, está demostrado que el coeficiente T_1 de rotura á la extensión para varillas de distintos diámetros, es variable según el diámetro y dada por la expresión

$$T_1 = \alpha d + C d^2 \left\{ \begin{array}{l} d \text{ diámetro en milímetros} \\ T_1 \text{ en kilógramos} \quad d = 30 \end{array} \right\} (1)$$

$$\left.\begin{array}{l} \alpha = 21 \\ C = 50 \end{array}\right\} \text{Para el acero.}$$

(1) Huguenin, pág. 253.

Con estos valores la fórmula anterior da

$$T_1 = 21 \times 30 + 50 \times 900 = 45630 \text{ kilógramos.}$$

Así pues, con respecto al coeficiente de rotura, el de seguridad para la parte de tirante que más trabaja (segunda mitad), será la relación entre la resistencia total de la varilla 45630 kilógramos al esfuerzo máximo que debe soportar; es decir

$$\frac{4164}{45630} = \frac{1}{11}$$

El coeficiente $\frac{1}{11}$ con ser bastante aceptable, es mucho mayor que el que asignan Weyrauch, Bauschinger y otras autoridades en la materia, pues la fórmula anterior nos da para coeficiente de rotura 45 kilógramos por milímetro cuadrado, cuando hay acero en varillas cuyo coeficiente es 110 kilógramos y aún más (1).

Alargamiento.—El alargamiento que experimentarán los tirantes, puesto que no se pasa del primer período de deformación, es decir, que no llegamos al período elástico, está dado por la fórmula

$$l = \frac{PL}{Ew} \quad (2)$$

l = alargamiento total del radio en milímetros
P = 5,9 kg. por mm.^{2} que soporta el radio como máximo
L = 24,6 metros = 24600 milímetros longitud del radio
E = 22000 coeficiente de elasticidad por mm.^{2} para el acero
w = 707 milímetros cuadrados sección menor del radio

$$l = \frac{5{,}9 \times 24600}{22000 \times 707} = \frac{145140}{15554000} = 9 \text{ milímetros}$$

Cantidad insignificante, y por lo tanto, los puntos de inflexión II en la curva de presiones estarán casi superpuestos, muy juntos, y desde luego puede aceptarse que las llantas trabajan sólo á la compresión, si los radios están bien puestos é igualmente tirantes.

Ya insistiremos sobre este asunto.

(1) Marvá, pág. 91.
(2) Idem, páginas 30 y 141.

Cambios de temperatura.—Desde dos puntos de vista se puede considerar esta cuestión:

Primero. El que afecta á la resistencia del tirante por los cambios de temperatura.

Segundo. Las dilataciones ó contracciones por la misma causa.

1.° La sexta experiencia hecha en Glasgow para varillas de acero destinadas al puente sobre el Missouri, con aceros redondos de 0,027 metros de diámetro, se llevaron á cabo á la temperatura de — 22°, demostrando que aumenta considerablemente la resistencia de las varillas con el frío; á — 22° centígrados se rompieron con un esfuerzo de 90,50 kilógramos por milímetro cuadrado, varillas que á la temperatura ordinaria sólo resistían 65 kilógramos por milímetro cuadrado.

M. Kollman toma para sus experiencias como punto de partida, la temperatura de 100° centígrados, pues, según dicho señor, desde 0° hasta 200° el acero no altera su resistencia, en lo cual está conforme con las experiencias de M. Knut Stiffe y otras autoridades en la materia.

Así pues, habiendo calculado los radios para la temperatura ordinaria, en nada debemos preocuparnos por este concepto, pues en todo caso la resistencia aumentará con las bajas temperaturas.

2.° Suponiendo primero que los cambios de temperatura afecten por igual á todas las partes del aparato, dada la forma de éste, la dilatación de los tirantes por un aumento de temperatura, será proporcional á la que experimentan las llantas y cubiertas, lo cual se desprende de la fórmula

$$C = 2 \pi r$$

y que el material es el mismo en todas las partes del aparato.

Con las contracciones por las bajas temperaturas sucederá lo propio, pues todos los elementos de la construcción son radiales ó de forma circular. Todo bajo el supuesto que un aumento ó disminución de temperatura, sea el mismo para todas las partes del aparato; pero en la práctica no sucederá así, pues las llantas, radios y eje, están á cubierto de los rayos solares, y la temperatura puede variar en 8° ó 10° centígrados en días de sol, desde el interior del cilindro á la cubierta, y esto pudiera originar una mayor dilatación en la misma, que la proporcional á los radios y llantas.

Asimismo la acción de las corrientes de aire frío, afectan también más á la cubierta que al resto, y las contracciones pudieran ser mayores que las correspondientes. Tanto uno como otro fenómeno, dada la gran dimensión de la cubierta, daría por resultado un aumento de tensión en los radios, ó por el contrario, comprimirlos y aflojarlos, dando lugar á que las llantas trabajasen por flexión y soportasen un esfuerzo de 10 ó 12 kilógramos por milímetro cuadrado, cuando se puede obtener que sólo trabajen por compresión y á razón de 2 kilógramos por milímetro cuadrado, precaviendo estos efectos.

Otra consecuencia, si cabe más temible, sería el pequeño movimiento en las juntas de las placas de la cubierta, y por lo tanto, el agua entraría en el interior del cilindro.

Para precaver estos inconvenientes, se ha dado á la cubierta la forma que á su tiempo explicaremos.

Con la forma semi-cilíndrica del palastro ondulado de la cubierta, éste sirve de intermediario ó compensador entre la cubierta propiamente dicha y el resto de la construcción, al propio tiempo que su gran resistencia á la flexión, la aprovechamos para contrarrestar el empuje del agua entre dos armaduras consecutivas.

Las esclusas portátiles, á más de estar resguardadas de los rayos solares, están constantemente bañadas y esto origina que su temperatura sea siempre algo diferente que la del resto, pero se comprende que la diferencia sea escasa. En cambio tienen el grave defecto, imposible de evitar, de ser matálicas, y el agua en ellas tiene que congelarse en capas de mucho mayor espesor que en los canales, pues la capa de hielo que ocupa siempre la parte superior, aquí no puede resguardar del frío el resto de la masa líquida por la conductibilidad del metal, resultando, que á la capa de hielo se le irán superponiendo otras, formadas en el fondo y paredes de la esclusa, y será por lo tanto frecuente el hecho de congelarse toda el agua. En otra ocasión ya tratamos de este asunto, haciendo notar que este mal, común en todas las esclusas metálicas, aquí es menor que en las demás, por las varias razones expuestas.

Por lo que respecta al aumento ó disminución del diámetro del aparato, con las dilataciones y contracciones que hemos analizado, no puede preocuparnos porque son muy pequeñas, y el aparato es susceptible de

un cambio en más ó en menos en la diferencia de nivel de 0,20 metros sin cambiar su modo normal de funcionamiento.

Recurriendo al cierre hermético del canal inferior, dicha tolerancia puede ser hasta de 1 metro en cada sentido.

Por último, la razón anterior es suficiente para que no tengamos en cuenta la flecha que tomen los arcos bajo la acción de las cargas, flecha que tiene que ser insignificante, pues las llantas trabajan sólo á la compresión, en atención á que el alargamiento total de los radios es sólo 9 milímetros, y el coeficiente de trabajo de aquéllas, insignificante.

Disposición y colocación de los radios.—Asunto es éste de la mayor importancia, pues con una mala colocación de los radios, de nada serviría haberlos calculado.

Dos partes comprende esta cuestión, á cual más importantes:

Primera. La disposición de los radios en una misma armadura.

Segunda. Su colocación de modo que estén igualmente extendidos ó tirantes.

1.ª Los 300 radios que contiene cada armadura, se bifurcan desde el centro en tres grupos de á 100 tirantes. Uno en el mismo plano de la armadura, y los otros dos, formando cada uno una superficie cónica (figuras 6 y 7 á 11, láminas 2.ª y 3.ª, y figs. 24, 27, 29 y 31).

Los 100 que se colocan en el plano de la armadura, no deben ser propiamente radiales, si no tangentes á la corona ó collar del eje, y la razón es fácil de comprender (fig. 26).

Sabemos que cuando á un hilo recto supuesto inextensible y sujeto por sus extremos (figs. 20 y 21, lámina 5.ª), se le aplica una fuerza perpendicularmente á su dirección, la tensión es infinita (teóricamente); teniendo en cuenta ahora la elasticidad del hilo, dicha tensión, si no infinita, como indica la fórmula, es muy grande.

Si suponemos ahora los tirantes colocados radialmente, el menor obstáculo del eje, el inevitable rozamiento del mismo en su alojamiento, son esfuerzos que la corona transmite normalmente á los radios, y acaba por cortarlos.

Esto se evita haciendo que desde cada punto del arco donde se coloquen los radios, partan dos, ambos tangentes (y de distinto lado) á la corona del eje. Con esta disposición, los esfuerzos antes considerados que

obraban normalmente á los radios, actúan ahora comprimiendo el uno y extendiendo el otro de los dos radios considerados. Las figuras 20 y 21, lámina 5.ª, explica lo antes dicho.

La figura 27, lámina 5.ª, indica la forma y dimensiones de un radio cualquiera.

2.ª No sucede lo propio por lo que respecta á los 200 radios restantes que van según las generatrices de dos superficies cónicas, si fueran concurrentes; pero colocados tangencialmente también á las coronas del eje, que están inmediatas, en realidad no forman un cono propiamente dicho, si no las generatrices de una superficie reglada de revolución.

La sección recta y circular, menor de dicha superficie reglada, tiene más pequeño diámetro que la base del cono fijo al eje y el haz ó conjunto de los tirantes, comprimirá dicha base del cono, circunstancia que tendremos presente cuando tratemos de dichas coronas (figs. 24, 25 y 26, lámina 5.ª).

Finalmente, los dos haces de radios que forman las superficies regladas, trabajan algo más que los correspondientes al plano de la armadura que hemos calculado. Si el trabajo máximo de éstos es 5,9 kilógramos por milímetro cuadrado, el de los primeros será $\frac{5,9}{\cos \alpha}$ siendo ahora $\alpha = 22^\circ$ el ángulo que forman dichos tirantes con el plano de la armadura.

$$\text{Cos } 22^\circ = 0,927$$

el trabajo de dichos radios rerá

$$\frac{5,9}{0,927} = 6,3 \text{ kilógramos}$$

y el alargamiento de los mismos

$$l = \frac{\frac{5,9}{\cos 22^\circ} \times \frac{24600}{\cos 22^\circ}}{22000 \times 707} = \frac{\frac{145140}{(\cos 22^\circ)^2}}{15554000} = \frac{9^{mm}}{(\cos 22^\circ)^2} = \frac{9^{mm}}{0,859} = 10,4^{mm}$$

Siendo el alargamiento de éstos 10,4 milímetros mayor que el de los primeros, bien pronto se equilibrará el trabajo de todos los radios, que en definitiva, trabajan como máximo á 6 kilógramos por mm.²

Colocación de los radios igualmente tirantes.—Asunto es este de la mayor importancia, pues los cálculos todos están basados en la igual-

dad de tensión de los radios, y aunque sea saliéndonos del objeto de este estudio, apuntaremos algunas observaciones.

Para lograr la colocación de los radios de modo que queden muy tirantes, se obtiene, una vez presentados, calentándolos con una lámpara de gas ó de alcohol de forma adecuada.

La dilatación longitudinal por los cambios de temperatura es

$$0,^{m}00122 \text{ por metro lineal y } 100^{\circ} \text{ centígrados}$$

bastará, pues, con elevar la temperatura del tirante 33° para que se dilate

$$\frac{0^{m},00122}{3} \times 24,6 = 0^{m},01$$

Apretando en este momento las tuercas, resultará el radio al enfriarse, trabajando ya por extensión á razón de 5,9 kilógramos por milímetro cuadrado.

Con aparatos registradores se puede medir la igualdad de tensión de los radios, pudiendo valerse también de un procedimiento que, aunque rutinario, es útil. Siendo iguales los tirantes, si están igualmente tendidos, bastará golpearles con un pequeño martillo y el sonido producido debe ser el mismo. Si uno está más tirante, el sonido será más agudo, y si lo está menos, más bajo.

Eje.

Eje.—El estudio de esta importante parte del aparato lo subdividiremos entres partes:

1.° El eje propiamente dicho.

2.° Las envolventes de los extremos del eje ó guías del mismo.

3.° Los anillos y conos de amarre de los tirantes.

Por la circunstancia de flotar el aparato y tener el eje, libre movimiento ascensional, éste no trabaja nunca por flexión, excepto en los extremos que soporta el peso de los guías, y por el empuje lateral del viento. Esto, unido á que su resistencia que más debemos tener en cuenta es la del esfuerzo cortante, hace que la disposición más económi-

ca sea la de dotarle de espesores decrecientes desde los extremos al centro, según acusa el cálculo.

El eje se compone de cinco capas superpuestas de distinta longitud y espesor, que á continuación vamos á enumerar. Figura 24 y 25, lámina 5.ª

1.ª En toda su longitud 77 metros de 0,02 de espesor y 1,18 metros de diámetro medio.

2.ª Otra concéntrica con la anterior de 0,01 de espesor, desde los extremos hasta la cuarta armadura ó sea en 20 metros, en total 40 metros de 1,15 diámetro medio y 0,01 de espesor.

3.ª Otra concéntrica con las anteriores, desde los extremos hasta la tercera armadura ó sea en una longitud desde los extremos de 14,50 metros, en total 29 metros de 0,01 espesor y 1,13 metros de diámetro medio.

4.ª Otra íd. íd. hasta la segunda armadura ó sea en una longitud de 10 metros, en total 20 metros de 0,01 de espesor y 1,11 metros de diámetro medio.

5.ª Por último, otra del mismo espesor hasta los testeros ó sea en una longitud total de 7 metros y diámetro medio 1,09 metros.

De este modo las secciones del eje tienen un espesor de 0,06 metros desde los extremos hasta los testeros ó primera armadura, de 0,05 metros hasta la segunda, de 0,04 metros hasta la tercera, de 0,03 metros hasta la cuarta, y de 0,02 metros en el resto que apenas trabaja por flexión pero que sirve para soportar y mantener invariables los anillos y conos de amarre de los tirantes, así como para hacer perfecto el empotramiento del eje y finalmente, para transmitir el empuje del aire sobre los testeros, pues de no ser contínuo el eje, sería el conjunto muy elástico para soportar esta clase de esfuerzos y perjudicaría notablemente el aparato de cierre estanco, en las cabezas de las esclusas con el canal.

Comprobación de su resistencia.—Para comprobar cómo trabaja el eje, se hace preciso conocer el empuje del viento, única fuerza que debe contrarrestar, pues ante este esfuerzo, resulta insignificante el peso que carga sobre los extremos del eje, ó sea el de los guías.

Empuje del viento.—Suponiendo sea éste como máximo, de 270 kilógramos por metro cuadrado, según ordena el pliego de condiciones, bastará con hallar la superficie mayor expuesta al viento, y la parte correspondiente del diámetro del cilindro.

El caso más desfavorable será cuando la dirección del aire sea normal al eje del cilindro, y horizontal.

El cilindro se sumerje en el dique, según sabemos, hasta una profundidad de 6,30 metros, que con 1,20 metros desde la superficie de nivel á los paseos laterares, suma 7,50 metros. Descontados de 52,10 metros que tiene la superficie exterior del cilindro, restan 44,60 metros.

El empuje máximo del aire será:

$$E = (52{,}10 - 7{,}50) \times 70^m \times 270 \text{ kilógramos} = 842940 \text{ kilógramos}$$

de los cuales corresponden:

		kilógramos
á la mitad superior del aparato..	$26{,}05 \times 70 \times 270 =$	492345
y á la mitad inferior..	$(26{,}05 - 7{,}50) \times 70 \times 270 =$	350595
Suma..		842940
		492345
		350595
Diferencia..		141750

(véase cálculo de los motores empuje del viento).

La suma 842940 es la que tenemos que tener en cuenta ahora para nuestros cálculos; la diferencia es tambien muy interesante conocerla, porque es la que ha de originar la rotación del aparato y la fuerza á que hemos de oponernos para detenerla, pero en realidad la suma es menor que la indicada, y la diferencia, por el contrario, será mayor, pues hemos supuesto que la mitad inferior del aparato, estaba igualmente empujada por el viento que la superior, y esto no es ciertamente lo más exacto, pues la mitad inferior del aparato está resguardada por los altos muros de sostenimiento y la superior no.

Creo, pues, problemático sea más aproximado á la verdad tomar íntegro el empuje por lo que respecta á la mitad superior, y solamente $\frac{1}{2}$ 350595 con respecto á la mitad inferior del aparato, y en este concepto el empuje total será

	492345	Diferencia 317048 kilógramos.
	175297	
Suma.	667642	kilógramos.

Pero poniéndonos siempre en las peores condiciones aceptaremos los primeros resultados y por lo tanto el esfuerzo ó empuje total que vamos á considerar es

$$E = 842940 \text{ kilógramos,}$$

y el que produce rotación $E' = 141750$
éste da un momento

$$M = 141750 \times h$$

siendo ahora h la distancia al eje, del centro de la faja superior de 7,50 metros de ancho, simétrica de la parte sumergida, pues en el resto, para los efectos de la rotación se anulan los empujes parciales del aire. El valor de h será, pues,

$$h = 26{,}05 - \frac{1}{2}\, 7{,}50 = 22{,}30 \text{ metros.}$$

De este asunto volveremos á ocuparnos cuando se calculen los cables y motores.

El empuje E transmitido lateralmente por los extremos del eje á los muros de estribo, podemos descomponerlo en dos iguales á $\frac{1}{2}\, E = 421470$. Las reacciones R de dichos muros, en los alojamientos del extremo del eje (huecos rectangulares) serán también

$$R = 421470.$$

Esfuerzo cortante.—Este es el que verdaderamente hay que considerar. Si llamamos w la sección en milímetros cuadrados del eje

$$w = \pi\,(r^2 - r'^2) = \pi\,(600^2 - 540^2) = \pi\, 68400 = 214878{,}6 \text{ mm.}^2$$

el coeficiente de trabajo será

$$\frac{421470}{214878{,}6} = 1{,}9 \text{ kilógramos por milímetros cuadrados.}$$

Momento de flexión.—No obstante que las coronas ó refuerzos para amarre de los tirantes en las armaduras extremas llegan casi al paramento del muro correspondiente, desde dichas coronas hasta la guía ó envolvente del extremo del eje, hay 1 metro de distancia y vamos á ver el momento de flexión que experimenta el eje para reforzarlo si es necesario. Dicho momento es

$$M = PL \begin{cases} L = 1 \\ P = 421470 \end{cases}$$

el momento resistente

$$\mu = R \frac{I}{v}$$

y por lo tanto

$$R \frac{I}{v} = 421470 \begin{cases} v = 0{,}60 \\ I = 0{,}785\ (r^4 - r'^4) \\ r = 0{,}6 \qquad r^4 = 0{,}1296 \\ r' = 0{,}54 \qquad r'^4 = 0{,}08503 \\ r^4 - r^4 \qquad = 0{,}04457 \\ I = 0{,}785 \times 0{,}04457 = I = 0{,}03508745 \end{cases}$$

Con los anteriores valores se tiene

$$R \frac{I}{v} = 421470 \quad » \quad \begin{cases} I = 0{,}03508745 \\ v = 0{,}60 \end{cases} \frac{I}{v} = 0{,}05848$$

$$R = \frac{421470}{0{,}05848} = 7207079 = r \times 10^6$$

coeficiente de trabajo $= r = 7{,}2$ kilógramos por milímetro cuadrado.

Están, pues, en perfectas condiciones de resistencia, lo cual no obsta para que se prolonguen los manguitos de los porta-radios hasta la misma caja de las guías, con lo cual se anula por completo el momento de flexión anterior, circunstancia muy digna de tener en cuenta, pues la más pequeña flexión en los extremos del eje, será una resistencia más para el giro del aparato, aparte del enorme esfuerzo de palanca que ejercería sobre las paredes del alojamiento rectangular de las guías.

Extremos del eje.—Siendo hueco el eje en toda su longitud, en sus extremidades lleva en sentido perpendicular á su longitud los dos cilindros macizos de 0,10 de espesor (fig. 24, lámina 5.ª), y la cavidad cilíndrica limitada por dichos cilindros ó tapones, se destina al alojamiento del muelle en espiral *e e*.

El objeto de dichos muelles se comprende fácilmente; es prevenir las las dilataciones del eje por los cambios de temperatura. Si para evitar dicho empuje hacemos el eje $0^m{,}023485$ más corto que lo necesario, en invierno tendrá todo ese juego y seguramente golpeará el fondo de su alojamiento como un ariete.

Si damos al eje la longitud conveniente, y sin el juego dicho, en verano empujará los muros de estribos y éstos cederán ó se flexará el eje.

Todo se evita dejando que el eje tenga $0^m,03$ menos de longitud, é interponiendo dichos muelles en espiral *e*, ó si cabe, aún mejor, un grueso tapón de caucho endurecido. También puede hacerse el eje contínuo, y colocar las chapas del fondo del alojamiento del eje, de modo que cedan al empuje de modo progresivo. Este sistema tal vez sea preferible, en obsequio á la solidez del eje.

Dilatación por los cambios de temperatura.—Como quiera que el eje está resguardado de los rayos solares (en parte), existe no obstante, una diferencia de temperatura desde el verano, hasta las bajas á que está expuesto en el invierno, de 50° centígrados.

La dilatación longitudinal por la diferente temperatura es $0^m,00122$ por metro lineal y 100° (Planat, págs. 645 y 646); por lo tanto á 50° corresponderá un coeficiente de dilatación = 0,00061 por metro y en 77 metros será

$$\left.\begin{array}{r}\text{Dilatación longitudinal del eje por}\\ \text{los cambios de temperatura.. . .}\end{array}\right\} = 0{,}00061 \times 77 = 0^m{,}04697$$

Por lo tanto, bastará con dar un huelgo de 0,03 en cada extremo del eje, con las precauciones ya apuntadas, bien por medio del muelle con espiral, bien por el cilindro ó tapón de caucho endurecido, bien por último y preferible, haciendo el fondo de la caja alojamiento, susceptible de ceder en estos $0^m,03$.

Transformación en rodadura del rozamiento del eje.—Exteriormente el extremo del eje, tiene la forma que indican las figuras 24 y 25, lámina 5.ª

En la garganta *b* va envuelto por 30 rodillos, cuyo objeto es transformar en rodadura el rozamiento del eje. Cada uno de dichos rodillos tiene 1 metro de longitud, $0^m,10$ de diámetro exterior y $0^m,03$ de espesor. El diámetro interior será, pues, $0^m,04$.

Los extremos del eje de cada rodillo, se unen á los del inmediato por medio de un eslabón, formando el conjunto de rodillos y eslabones una gran cadena Gall, que envuelve la garganta del eje.

Envolviendo á su vez el conjunto, hay un gran tubo cilíndrico divi-

dido en dos partes iguales según un diámetro, las cuales pueden unirse por la disposición que indica la figura. Sobre el interior de este cilindro ruedan los rodillos cuando gira el eje. El espesor de este cilindro es 0,02 y su diámetro interior $1^m,20 + 2 \times 0,10 = 1,40$ metros, y tanto éste como los rodillos, son de acero.

Por último, una caja rectangular de dimensiones exteriores $1^m,80$ ancho por $1^m,80$ altura y 1 metro de longitud, completa la envolvente ó guías del eje.

Dicha caja tiene en su interior otras tres placas de $1^m,80 \times 1^m,80$ iguales y paralelas á las exteriores de la misma dimensión, resultando las cinco paralelas entre sí y distanciadas á $0^m,25$. En el centro mismo de dichas placas, hay un hueco circular de $1^m,40$ destinado para alojamiento del cilindro envolvente de los rodillos, el cual cilindro se cose á las placas por hierros en ángulo. Por de contado, el conjunto así formado, está dividido en dos mitades iguales que se unen por los tornillos *t*.

Los rodillos, su cilindro envolvente y la caja constituyen la guía del eje, pues la caja puede resbalar libremente en los huecos rectangulares y blindados *v* de los edificios de estribo. Los detalles *1* en la parte superior de la caja, son las aceiteras de engrase.

Anulado el rozamiento lateral del eje, veamos la manera de conseguir lo propio en la cabeza del mismo.

Si el extremo mismo del eje, fuese del mismo ó menor diámetro que el resto, los días que la dirección del viento fuese paralela al eje, éste no sólo comprimiría las placas del fondo, si que las perforaría por el movimiento de barrena. No hay bronce de aluminio, ni fundición endurecida capaz de soportar semejante rozamiento, cuya intensidad es fácil medir, pues es efecto del empuje del viento sobre los testeros

$$E = \pi (R^2 - R'^2) \times 270 \text{ kg.} \begin{cases} R = 26,05 & R^2 = 678,60 \\ R' = 26,05 - 7 = 19,05 & R'^2 = 362,90 \end{cases}$$

$$R^2 - R'^2 = 315,70$$

$$E = 270753 \text{ kilógramos.}$$

El valor anterior de E es en el supuesto que todo el anillo del testero esté expuesto á las corrientes de aire, lo cual no es exacto. El que más expuesto está, que es el de agua abajo (aval), es sólo la mitad ó algo

menos, lo que sobresale de la cubierta ó azotea de maniobras, de modo que, á lo sumo,

$$E = 135376 \text{ kilógramos,}$$

cantidad, no obstante, muy grande, teniendo en cuenta que gira el eje.

Siendo w sección del eje = 214878,6 milímetros cuadrados, el trabajo á la compresión

$$\frac{135376}{214878,6} = 0,6 \text{ kilógramos por milímetro cuadrado,}$$

es un coeficiente de trabajo muy pequeño. Se hace preciso, no obstante, ensanchar la extremidad del eje, y terminarlo por una superficie cónica, según indica la figura, una corona de rodillos de forma tronco-cónica, cuyos ejes concurren y van fijos al eje general.

Por el intermedio de estos rodillos, el eje puede girar apoyándose en la placa del fondo.

Por último, esta placa debiera tener libertad de movimiento ascensional por medio de rodillos paralelos y horizontales que se apoyen en otra segunda placa, para prevenir los pequeños movimientos ascensionales del eje, en el momento de entrar y salir los barcos, ó al levantar las compuertas, puesto que esta operación (para aligerar más el aparato) se hace desde fuera y su peso no es despreciable, y por último en el caso improbable de una inundación. Pero el detalle y cálculo de esta segunda placa y sus rodillos, corresponde á cuando tratemos de los edificios y muros de estribo. Ahora no se tiene en cuenta para evitar confusiones, puesto que no cargan sobre el extremo del eje.

Cálculo.—Con el peso de 11.234 kilógramos en los extremos, ó sea 5617 kilógramos en cada uno, su momento de flexión

$$M = P\,L$$

$P = 5617$

$L = 1,50$ metros distancia al primer núcleo de radios del centro de la caja ó guía

$$M = 5617 \times 1,5 = 8425,5 = R\,\frac{I}{v} \quad , \quad \frac{I}{v} = 0,05848$$

$$R = \frac{8425,5}{0,05848} = 144075$$

ó sea 0,144 kilógramos por milímetro cuadrado.

El momento anterior es vertical, y el que origina el empuje del aire = 7,2 kilógramos por milímetro cuadrado, horizontal.

Aun cuando el eje está en buenas condiciones de resistencia, es preferible hacer llegar hasta las guías el manguito de la última armadura, y los radios correspondientes, hasta $0^m,10$ de los muros de estribo, con lo cual queda anulado dicho momento de flexión, circunstancia ésta casi indispensable, pues la más ligera flexión del extremo del eje, originaría que éste sería cortado por los rodillos y ni uno ni otro trabajarían por compresión en toda la longitud de dichos rodillos.

En obsequio á la brevedad, suprimo la comprobación de la resistencia de los rodillos, tanto los cilíndricos como los cónicos, en atención al gran exceso de resistencia que tienen, necesaria por el desgaste y la intemperie.

Detalle de construcción.—Aunque sea saliéndonos de nuestro lugar, como el eje es la única pieza del aparato que parece no es de construcción corriente, haré al final algunas observaciones, cuando se haya calculado y comprobado la resistencia de todas las partes de que se compone el aparato.

3.° Collares porta-radios.—Los collares porta-radios se componen de tres partes esenciales: 1.ª Los manguitos ó tubos cilíndricos de refuerzo en el eje. 2.ª Los troncos de cono ó anillos de sección triangular á que se fijan los tirantes, y 3.ª La varilla de acero ú otra disposición de refuerzo que una invariablemente las dos primeras.

1.° *Manguitos.*—Estos son cilíndricos y envolventes del eje, al que sirven de refuerzo y forman parte integrante de las armaduras. Su longitud es 2 metros, de modo que están comprendidos entre los dos planos tangentes á la llanta grande y perpendiculares al eje; espesor $0^m,02$ y diámetro medio $1^m,22$.

Los correspondientes á las armaduras extremas (testeros) tienen 1 metro más de longitud, ó sea en total 3 metros.

La construcción y colocación de estos manguitos requiere también

algunos detalles, sobre los cuales insistiremos al hablar brevemente del sistema de construcción.

2.° Fijos á los anteriores, y en la disposición que indican las figuras 24 y 26 lámina 5.ª, van tres anillos, cada uno de los cuales está formado por dos troncos de cono unidos por su base mayor. Cada anillo se destina á un núcleo de radios de los tres que concurren en el centro de cada armadura. La necesidad de que sean cónicos y no simples anillos planos, la explica el sistema tangencial de los radios.

Las dimensiones de uno de estos anillos son 3 metros de diámetro la base mayor, $1^m,24$ la menor y $0^m,01$ de espesor.

3.° Para hacer más sólida la unión de las armaduras con los manguitos, entre uno y otro anillo se arrolla una varilla (puesta al rojo) formando tres capas.

Testeros.

Los testeros son las bases del cilindro, ó sea la primera y la última armadura.

Se diferencian de las demás, en que debiendo soportar los propios esfuerzos, carecen del arriostramiento diagonal en parte, y por tal circunstancia necesitan alguna modificación con respecto á aquéllas.

Deben, además, soportar el empuje lateral del agua é impedir que ésta entre en el interior del cilindro; por lo tanto, á una mayor altura de la sección, necesitan tener también mayor resistencia para esta clase de esfuerzos.

También deben soportar el empuje de los frenos hidráulicos de cabeza, y por último, las cabezas de esclusa, compuertas y guías para las mismas. La maniobra de las compuertas de esclusa, no siempre se hará con la lentitud y suavidad que requiere el movimiento de masas tan pesadas, y en previsión de una falsa maniobra ó cierre precipitado de las compuertas, debemos ponernos en guardia contra el golpe de ariete de una compuerta.

Radios.—Los radios correspondientes á esta armadura deben tener también más resistencia y otra disposición. Cuando el viento empuja lateralmente el aparato, si el conjunto ha de ser rígido y poco sensible á

este empuje, es preciso que el eje encuentre en las armaduras extremas una gran resistencia, un verdadero punto de apoyo, y así, obrando como una palanca, transmite las reacciones del extremo al resto de su longitud.

Si colocamos todos los radios en el plano mismo de la armadura, sería preciso dotarles de un gran espesor con el consiguiente aumento de gasto y peso, para llenar el fin deseado.

Se obtiene el mismo resultado, mejor aún si cabe, haciendo que dichos radios, en vez de estar en el plano de la armadura, formen dos núcleos cada uno, según una superficie reglada, dotando al manguito de mayor longitud y de modo que el núcleo exterior tenga su base en las llantas pequeñas y su corona ó pieza de amarre en contacto con las guías del eje en el alojamiento rectangular de los muros.

Esta disposición limita el curso de las compuertas de esclusa en la cabeza de agua abajo (aval); pero queda el espacio suficiente, 4,50 metros de altura desde el nivel de la esclusa hasta la parte inferior de la compuerta, supuesta abierta.

En estas condiciones se han calculado los radios y manguito en el lugar correspondiente.

Sección de la armadura.—Con las ligeras variaciones ya apuntadas, y que se ven en el perfil longitudínal, queda descripta la organización de los testeros, desde el eje hasta las llantas pequeñas inclusive.

Las mismas figuras 6, 7, 9 y 11 indican una de las disposiciones que se puede adoptar para el testero.

Sería conveniente también que la superficie exterior del testero fuese cónica, con lo cual estaría en mejores condiciones para aguantar el empuje del agua; pero esto dificulta la acción de los frenos y sobre todo la adaptación á los aparatos de cierre estanco en las cabezas de canal, teniendo en cuenta las diferencias de nivel.

Por esta y otras razones, la superficie exterior del testero debe ser plana, completamente plana, sin que sobresalgan ni aun las cabezas de roblón, que deben estar embutidas en el espesor del mismo.

Las disposiciones adoptadas las indican suficientemente las figuras.

Está constituído por una armadura, como las demás, á la cual se añaden:

1.° Un anillo plano tangente á dicha llanta exteriormente, paralelo á la placa diametral, y cuyos diámetros son $52^m,10$ y $38^m,10$.

2.° Se prolonga la placa diametral de modo que su diámetro interior sea $38^m,10$.

3.° Se unen las circunferencias menores de dichos anillos anteriores, por una placa cilíndrica de $38^m,10$ de diámetro exterior.

4.° La placa diametral y el anillo plano exterior, se arriostran por medio de hierros de forma T sencilla, y así constituyen en conjunto una viga de celosía por metro lineal.

5.° Las guías para las compuertas de esclusa y cierre hermético de las mismas.

Comprobación de su resistencia.—Tres partes principales comprende el cálculo de los testeros: 1.ª El relativo al empuje del agua en el segmento inferior. 2.ª Al empuje de los frenos. 3.ª El ya tenido en cuenta y calculado de los radios.

1.ª *Empuje del agua.*—Este es variable en el segmento mojado, según la profundidad, y dada la organización de las partes que constituyen el testero, el cálculo más aproximado es por fajas.

La figura 5, lámina 2.ª, relativa al cálculo de las grandes llantas (página 90) y la tabla de la página 92, da las profundidades, ó sea la sección mojada del testero, dividida en fajas de 1 metro de anchura.

Si quisiéramos calcularlo, como se hizo para las compuertas de esclusa, habría que hallar la línea que une el centro de presión de cada faja, y aparte la complicación á que nos conduciría para el entramado, los resultados no estarían conformes con la realidad, porque prescindíamos del gran auxilio de los radios, que desde el testero van al extremo mismo del eje.

Así, pues, bastará con calcularlo por fajas, teniendo en cuenta el fuerte arriostramiento de los radios, en cuya misma dirección van las vigas de celosía.

La profundidad máxima á que llega el testero, es la flecha máxima del segmento mojado, es decir, $6^m,30$, de la cual hay que descontar $0^m,30$ del espesor de la cubierta, y $2^m,30$ del diámetro de la llanta grande y altura de las dos pestañas, en total $2^m,60$, pues en esta parte inferior, que es donde la presión del agua es mayor, está contrarrestada por la cu-

bierta y llanta, sin que tengamos que preocuparnos, pues tienen un exceso grande de resistencia.

Queda, pues, una altura de $6^m,30 - 2^m,60 = 3^m,70$, desde la parte superior de la llanta hasta la superficie de nivel en el centro, ó sea debajo del eje del aparato.

La presión del agua en la faja central de 1 metro, es:

$$\frac{h^2}{2} = \frac{3,7^2}{2} = \frac{13,69}{2} = 6^{ton},845 \text{ kilógramos.}$$

El punto de aplicación de dicha presión está al $\frac{1}{3}$ de los 3,7 á contar desde la base, ó á los $\frac{2}{3}$ desde la superficie de nivel, es decir, á los $2^m,47$ de dicha superficie, ó á $1^m,23$ de la base.

El momento del empuje será:

$$M = 6^{ton},845 \text{ kilógramos} \times 1^m,23 = 8^{ton},419 \text{ kilógramos.}$$

El testero sobresale $0^m,70$ por encima del agua, y conociendo ya el momento del empuje, podemos calcularlo ahora por dos procedimientos: Primero, considerar la faja de 1 metro de anchura, cuya presión máxima hemos hallado, como una viga de ese mismo ancho, de 1 metro de altura, y longitud igual á $3,70 + 0,70 = 4,40$, cargada á 1,23 de su extremo con 6845 kilógramos. El momento, como ya hemos dicho, es

$$M = 8^{ton},419 \text{ kilógramos.}$$

Puede considerarse así, puesto que por un extremo está apoyada en la llanta y por el otro atirantada por los radios. Segundo, prescindir del auxilio de los radios y calcular las diagonales de la celosía que une las dos capas del testero.

Como es de suponer, nos conviene mucho más seguir el primer procedimiento, ya que por uno y otro ha de darnos un gran exceso de resistencia.

Si el momento del empuje es 8,419 toneladas y el resistente $R\frac{I}{v}$ igualando los momentos, podremos despejar el valor de R

$$R\,\frac{I}{v} = 8419 \text{ kg.} \left\{ \begin{array}{l} v = 0^{m},50 \\ I = 1 \times 0{,}01 \times 2 \times 0{,}50 = 0{,}01 \\ \dfrac{I}{v} = 0{,}02 \end{array} \right.$$

$$R = \frac{8419}{0{,}02} = 420950$$

ó sea 0,42 kilógramos por milímetro cuadrado.

Ni se inicia siquiera la flexión.

2.ª *Empuje de los frenos.*—Los frenos, de cuya descripción nos ocupamos en su lugar correspondiente, tienen superficie de acción suficiente para apoyarse sobre dos vigas contiguas, en los casos rarísimos en que se trabaje con nivel variable, para admitir buques de mayor calado, ó cuando dicho nivel baje en ambos canales más de 1,50 metros. En general, se apoyan sobre el grueso de la cubierta (palastros ondulados), ó sobre las llantas grandes de la primera y última armadura.

En uno y otro caso, su acción no pasa del doble del empuje del agua, y siendo su punto de aplicación en la base misma del testero, no tenemos que preocuparnos de su cálculo.

Cubierta.

Consta, como sabemos, de dos capas:

1.ª Exterior, cilíndrica, de acero, de $0^{m},006$ de espesor y $52^{m},10$ de diámetro, solapadas las planchas y colocadas de modo que su mayor dimensión sea en dirección normal al eje, esto es, que estén en una directriz del cilindro, y por lo tanto, la dimensión menor, según las generatrices del mismo, ó paralelas al eje, y á juntas encontradas.

La razón de esta colocación es la mayor resistencia al empuje del agua, disminuyendo el número de juntas, y la mayor economía disminuyendo el ancho de las solapas en sentido de las directrices que son las más en número.

2.ª Interior, ondulada, destinada á soportar el empuje del agua que recibe de la anterior entre armadura y armadura (cuadernas) y transmitirlo á éstas.

Dicha chapa ondulada tiene también $0^{m},006$ de espesor, y está for-

mada de modo que su sección recta (por un plano perpendicular al eje del cilindro) sea una serie alternada de semicircunferencias de $0^m,30$ de diámetro.

El objeto de darle tal disposición, lo explicamos al tratar de los radios y de la dilatación por los cambios de temperatura.

Las placas diametrales de las armaduras, en su diámetro mayor, se terminan también por una serie de semicírculos, cuyo reborde es de sección T, á cuya tabla se cose la capa ondulada, y á ésta, á su vez, y en una serie de fajas del ancho de las placas, el forro exterior ó placa cilíndrica, figuras 10, 28 y 38, láminas 3.ª y 5.ª

3.ª Exteriormente, y sobre la segunda y penúltima armaduras, se coloca un hierro en U para guía y alojamiento de los cables, figura 6, lámina 2.ª

Comprobación de su resistencia.—1.° La capa exterior, que recibe directamente la presión del agua, se apoya en la chapa ondulada, y por lo tanto, podemos considerar la exterior para el cálculo, como dividida en fajas de toda la longitud del cilindro y $0^m,30$ de anchura.

De una de estas fajas tomaremos sólo una longitud igual al ancho, ó sea un cuadrado de $0^m,30$ de lado, considerándole empotrado en sus cuatro lados. Le será aplicable la fórmula

$$K = \frac{2}{9} \frac{a^2}{h^2} \cdot p \quad (1)$$

$K =$ coeficiente de trabajo por milímetro cuadrado

$a =$ longitud del lado del cuadrado en milímetros $= 300$ milímetros.

$h =$ espesor de la plancha en milímetros $= 6$ milímetros.

$p =$ peso ó presión por milímetro cuadrado, de la carga supuesta, uniformemente repartida. En el caso de presión máxima, es á la profundidad de $6^m,30$, en que la presión por centímetro cuadrado es 6,30 gramos ó 0,630 kilógramos. La presión p por milímetro cuadrado será 0,0063 kilógramos.

Substituyendo dichos valores en la fórmula anterior da

(1) Huguenin, pág. 316.

$$K = \frac{2}{9} \frac{90000}{36} \times 0{,}0063 = 3{,}5 \text{ kilógramos}$$

está, pues, en perfectas condiciones de resistencia; si le hubiésemos asignado un espesor de $0^m{,}005$, el coeficiente de trabajo sería 5 kilógramos por milímetro cuadrado.

Esta capa sufre también el empuje lateral del aire; pero es claro que éste es incomparablemente menor que el anterior, y por lo tanto no hay necesidad de ocuparse de este esfuerzo en la cubierta.

2.° La chapa ondulada. Esta recibe en su superficie exterior la presión que le transmite la anterior, y está apoyada interiormente en las armaduras. La carga exterior, en cada momento, es uniformemente repartida, y llega á un valor máximo con la máxima profundidad $= 6^m{,}30$.

Si dividimos la superficie exterior del cilindro en fajas longitudinales de $0^m{,}60$ de ancho, cada una de estas fajas se apoyará ó mandará la presión á una ondulación de la placa, y en el espacio comprendido entre dos armaduras, podemos considerar la placa como empotrada en sus extremos y cargada uniformemente con dicha presión máxima. El momento máximo M de dicha presión tiene la forma

$$M = \frac{1}{12} p \cdot l^2$$

y el momento resistente μ

$$\mu = R \frac{I}{v},$$

igualando ahora M y μ tendremos:

$$\frac{1}{12} p\, l^2 = R \frac{I}{v}$$

p es la presión por metro corriente, en la faja de $0^m{,}60$ de ancho y á la profundidad de $6^m{,}30$; es decir, 0,63 kilógramos por centímetro cuadrado, y como dicha faja en 1 metro de longitud tiene 60×100 centímetros, p será igual á $0{,}63 \times 6000 = 3780$ kilógramos, ó sea la presión por metro cuadrado, $6^{ton}{,}300 \times 060 = 3780$ kilógramos; luego

$p = 3780$
$l = 5{,}18$ distancia entre dos armaduras
$l^2 = 26{,}8324.$

El valor del primer miembro de la ecuación será

$$M = \frac{1}{12} \times 3780 \times 26{,}8324 = 8452{,}206 \text{ kilógramos.}$$

El valor de los términos del segundo miembro es el siguiente:

$R =$ coeficiente de trabajo por metro cuadrado

$v =$ distancia de la fibra más separada (la interior á la extensión) $= 0{,}15$

$I = 0{,}785\,(r^4 - r'^4) + I'$ » $I' = 0{,}6 \times 0{,}006 \times 0{,}10 = 0{,}00036$ (momento de inercia de la placa de la cubierta con respecto al mismo eje)

$$\left.\begin{array}{l} r = 0{,}153 \quad » \quad r^4 = 0{,}000547981281 \\ r' = 0{,}147 \quad » \quad r'^4 = 0{,}000466948881 \end{array}\right\} r^4 - r'^4 = 0{,}0000810324$$

$$(r^4 - r'^4)\ 0{,}785 = 0{,}000063610434$$

$$I = 0{,}00042361 \quad » \quad \frac{I}{v} = 0{,}002824$$

Substituyendo estos valores é igualando los momentos tendremos:

$$M = \mu = 8452{,}206 = R \times 0{,}002824$$

$$R = \frac{8452{,}206}{0{,}002824} = 2992990$$

ó sea 3 kilógramos por milímetro cuadrado.

Está, pues, en perfectas condiciones.

Cables.

Para concluir con lo relativo al aparato, y poder resumir el peso de todas las partes de que consta el mismo, réstanos sólo incluir el peso de los cables, que suponemos soportan todo el aparato, á fin de verificar y determinar fijamente la línea de flotación.

En los cálculos y constantes generales del aparato, calculamos los cables; ahora sólo nos interesa lo relativo al peso de los mismos.

Peso.—Cuatro cables de 183 metros cada uno, en total 732 metros á 20 kilógramos por metro corriente, 14640 kilógramos.

Al hablar de la instalación de los motores, hacemos constar, y ahora

repetimos, que las figuras indican sólo la colocación de cuatro cables, dos por cada lado, para indicar la disposición de los mismos; pero los ejes motores son paralelos al del cilindro y de la misma longitud, y nada impide colocar 8 ó 16 cables por cada lado; es posible que resultase ventajoso para las reparaciones, si bien con la dificultad de regular la igual tensión de los mismos.

Resumen general del peso del aparato.

PARTE METÁLICA	$\delta = 7{,}8$ Kilógramos.	$\delta = 7{,}5$ Kilógramos.
Las dos esclusas completas sin agua.	562866	548354
Cerramiento de las mismas, incluso las 4 compuertas.	49068	49068
Peso medio de las 28 placas de suspensión. . . .	278416	278416
14 llantas grandes (cuadernas) á 201978 kilógramos y 194600 kilógramos una.	2827692	2724400
14 llantas pequeñas á 27201 kilógramos y 26186 kilógramos una.	380814	366604
En radios ó tirantes.	537631	517080
En tuercas para los anteriores.	21654	20809
Peso total del eje y accesorios (collares, portarradios, guías, etc.).	148897	143468
Id. los dos testeros.	270060	261180
Id. la cubierta.	1478223	1421872
Los 4 cables, peso completo.	14640	14640
	6569961	6345891

Peso medio de las dos anteriores

$$\frac{6569961 + 6345891}{2} = 6457926 \text{ kilógramos,}$$

que es el peso de la parte metálica del aparato, y con el cual podemos ya hacer el cálculo definitivo y determinar la línea de flotación, y por lo tanto la profundidad en las esclusas.

Cálculo definitivo para determinar la línea de flotación y profundidad en las esclusas.

Es natural que éste debe hacerse por tanteos, una vez conocido el peso del aparato.

Asignando una profundidad cualquiera para el agua en la esclusa, se determina el peso de ésta, que hay que sumar al de la parte metálica. Después calcular la fuerza de flotación para la profundidad que hemos asignado. Si esta fuerza es menor que el peso del aparato con agua en las esclusas, es que hemos asignado poca profundidad para punto de partida, y aumentando dicha profundidad, como crece mucho más rápidamente la fuerza de flotación que el peso de agua en las esclusas, llegará un momento en que se equilibren.

Si por el contrario, la fuerza de flotación obtenida es mayor que el peso del aparato (constante) más el del agua de las esclusas (variable), es que hemos asignado mucha profundidad para la esclusa, y disminuyéndola, como decrece también mucho más rápidamente la fuerza de flotación que el peso de agua en las esclusas, llegará un momento en que se equilibren.

Después de varios tanteos se ha llegado á las conclusiones siguientes, valiéndonos, así para el aparato general como para las esclusas, de la fórmula ya citada

$$A = \frac{1}{2} R^2 (\alpha - \text{sen } \alpha),$$

en la cual representan

A = área en metros cuadrados de la sección (segmento) mojada,
R el radio en metros,
α el ángulo de los radios extremos que limitan el segmento

Esclusas.—Si suponemos que la profundidad máxima ó flecha del arco de la sección mojada es $3^m,65$, la fórmula anterior da los siguientes valores para la esclusa

$$\alpha = 143^\circ$$

longitud del arco α con un metro de radio = 2,4958.

$$\text{Sen } \alpha = \text{sen } (180^\circ - \alpha) = \text{sen } 37^\circ = 0{,}60182$$

$$A = \frac{1}{2} R^2 (\alpha - \text{sen } \alpha) = \frac{1}{2} 5{,}5^2 (2{,}4958 - 0{,}60182) =$$

$$A = 15{,}125 \times 1{,}89398 = 28{,}6464475 \text{ metros cuadrados.}$$

Peso del agua en una esclusa

$$P = A \times 70 \text{ metros} = 28{,}6464475 \times 70 = 2005 \text{ toneladas.}$$

El agua de las dos esclusas

$$2\,P = 4010 \text{ toneladas,}$$

y añadiendo el peso medio obtenido para la parte metálica, tendremos, que el peso total del aparato con agua en las esclusas será:

6457 toneladas 926 kilógramos + 4010 = 10467 toneladas 926 kilógramos.

Cilindro.—Veamos la fuerza de flotación del aparato correspondiente á una profundidad de $3^m{,}65$ en las esclusas.

Supuesta la esclusa en la parte inferior de su curso, y prolongando la línea que marca la superficie de nivel hasta el encuentro con el arco que representa la sección de la cubierta, resultan los siguientes valores para la fórmula

$$A = \frac{1}{2}\, R^2\, (\alpha - \text{sen}\, \alpha)$$

$$R = \frac{52{,}10}{2} = 26{,}05 \text{ metros,}$$

$$\alpha = 82^0$$

longitud del arco α con 1 metro de radio = 1,4312 metro,
sen α = sen 82^0 = cos $(90^0 - \alpha)$ = cos 8^0 = 0,99027.

$$A = \frac{1}{2} = 26{,}05^2\, (1{,}4312 - 0{,}99027) =$$

$$A = 339{,}30125 \times 0{,}44093 = 149{,}6081 \text{ metros cuadrados.}$$

y el empuje ó fuerza de flotación será:

$$E = 149{,}6081 \times 70 = 10472 \text{ toneladas.}$$

Resumen.—Fuerza de flotación para la línea supuesta	10.472	toneladas.
Peso del aparato con el agua de las esclusas.	10.468	íd.
Diferencia.	4	toneladas.

que corresponde á una diferencia de $0^m,0015$ en la altura de la línea de flotación que para las esclusas será en vez de $3^m,65$

$$3^m,65 - 0,0015 = 3^m,6485,$$

y para el aparato, en vez de $6^m,30$,

$$6^m,30 - 0^m,0015 = 6^m,2985.$$

Queda, pues, demostrado, que el aparato en perfectas condiciones de resistencia en todas sus partes, y con un coeficiente de seguridad tres veces mayor que el generalmente adoptado para las construcciones metálicas de acero, flota con una profundidad de calado relativamente pequeña, merced á sus dimensiones transversales, soportando las esclusas, con agua suficiente para dar cabida á barcos de las dimensiones exigidas, y aún mayores si se trabaja con nivel variable, según indicamos en otro lugar.

Puede admitirse 1 metro más de agua en las esclusas, haciendo descender el aparato (vaciando 1 metro el dique) y empleando el cierre estanco del canal inferior.

Es fácil demostrar, por las fórmulas expuestas, que este aumento de carga no aumenta en un tercio el coeficiente de trabajo por milimetro cuadrado.

Conocido al detalle el aparato, réstanos calcular las constantes generales del mismo, momento de inercia, empuje del aire, resistencia de cables, potencia de motores (que veremos en el capítulo correspondiente á los motores), etc.

Pero antes de terminar, y aun á riesgo de incurrir en repeticiones, debo consignar, que si se impusiera para perfil transversal de los barcos el circular, que es el más racional y económico desde todos los puntos de vista, el diámetro de las esclusas se reduciría notablemente, y con ello, en la misma cantidad, el del aparato general, con la consiguiente ventaja de economía para la construcción de éste y de las demás obras, sin disminuir el tonelaje de los barcos, antes al contrario, aumentándolo, como es fácil suponer.

Una obra de la importancia que tiene la que es objeto del concurso,

bien merece que se imponga su pauta á los flotantes del canal, por lo menos adoptando un término medio que, al propio tiempo que suprime la forma rectangular de la sección de los barcos, haciéndolos más sólidos y capaces, disminuya en gran parte la cantidad de agua que inútilmente transportan las esclusas, más del doble de la necesaria.

IV.

CONSTANTES GENERALES DEL APARATO Y CÁLCULO DE LOS MOTORES

IV.

CONSTANTES GENERALES DEL APARATO

Y

CÁLCULO DE LOS MOTORES

Conocidas y calculadas al detalle todas y cada una de las partes de que se compone el aparato, réstanos calcular la potencia necesaria en los motores para ponerlo en movimiento, y el gasto que originen dichos motores, así como su instalación.

Para esto se hace preciso calcular las constantes generales del aparato: inercia, rozamientos de toda índole, empuje del aire, etc., etc., para venir en conocimiento de la fuerza necesaria en los motores y los frenos.

Inercia.—En términos generales; si aplicamos una fuerza conocida F á un cuerpo en reposo, éste ofrece una resistencia (reacción) igual y contraria á la fuerza F. Asimismo, si el cuerpo está en movimiento por la acción de una fuerza F, y tratamos de detenerlo, tendremos que aplicarle una fuerza F', igual, de la misma dirección y sentido contrario que la fuerza F.

Este, y no otro, es el verdadero concepto de la inercia de la materia.

Momento de inercia.—Si suponemos toda la masa del cuerpo concentrada en un punto (centro de inercia, impropiamente llamado centro de gravedad), el momento de inercia del cuerpo, con relación á un eje, es el producto de la masa m del cuerpo por el cuadrado de la distancia de dicho punto al eje. En nuestro caso la masa m es igual á $\frac{P}{g}$

$$m = \frac{P}{g}$$

P = peso del aparato = 10468 toneladas

$$g = \text{aceleración de la gravedad...} \left\{ \begin{array}{l} \text{En Viena} = 9{,}809 \\ \text{En Berlín} = 9{,}812 \\ \hline 19{,}621 \end{array} \right\} \frac{19{,}621}{2} = 9{,}8105$$

tomando para Aujezd la media aritmética entre los valores de g en Berlín y en Viena nos da $g = 9{,}8105$.

R = Radio medio, ó sea el de la circunferencia determinada por los puntos que en cada sección recta del cilindro, dividida en sectores iguales y muy pequeños, son el centro de inercia de dichos sectores.

Determinación del radio medio.—Para hallar el valor de R, suponemos dividido el aparato en tres partes: 1.ª La cubierta y llantas grandes; 2.ª, las llantas pequeñas y los radios, y 3.ª, las dos esclusas.

Se prescinde del eje, cuyo momento es insignificante y, dada su escasa distancia al eje ideal verdadero, en nada influye para el valor de R

		Kilógramos.
1.ª	Peso para las 14 llantas grandes.....	2827692
	Idem de cubierta y cables.....	1492863
	Suma.....	4320555

en ambos casos $\delta = 7{,}8$

Distancia del centro de la cubierta al de las llantas $1{,}15 + 0{,}15 = 1{,}30$

$$a + b = 1{,}30 \quad » \quad 2827692 \times a = 1492863 \times b$$

$$a = 0{,}44 \quad » \quad b = 0{,}86$$

luego el radio medio correspondiente á la cubierta y llanta está distante del eje $0^m{,}44 + 24^m{,}60$ (radio medio de la llanta) $0^m{,}44 + 24^m{,}60 = 25^m{,}04$. peso de las dos 4320555 kilógramos,

		Kilógramos.
2.ª	Peso de las llantas pequeñas.....	380814
	Idem en tirantes.....	537631
	Idem en tuercas para los mismos.....	21654
	Suma.....	940099

$$\delta = 7{,}8$$

Suponiendo, sin error sensible, el centro de los radios ó tirantes situado dentro de las llantas pequeñas.

Teniendo ahora en cuenta éste y el obtenido para las llantas grandes, resulta:

$a' + b' = 25{,}04 - 11{,}87$ (radio medio de las llantas pequeñas y tirantes)

$$a' + b' = 13{,}17 \quad » \quad 940099 \times a' = 4320555 \times b'$$
$$a' = 10{,}81 \quad » \quad b' = 2{,}36$$

por lo tanto, el radio medio del aparato, si prescindimos de las esclusas, es:

$$11{,}87 + 10{,}81 = 22{,}68, \text{ ó bien } 25{,}04 - 2{,}36 = 22{,}68.$$

		Kilógramos.
3.ª	Por último, el peso de las esclusas es.	562866
	Agua para las mismas.	4010000
	Suma.	4572866

y su radio medio

$$\frac{35{,}90}{2} = 17{,}95.$$

Todo el resto del aparato (sin el eje y accesorios) $\delta = 7{,}8$ es..	5858198
Su radio medio.	22,68

$$a'' + b'' = 22{,}68 - 17{,}95 = 4{,}73 \text{ metros.}$$
$$4572866 \times a'' = 5858198 \times b'' \quad » \quad a'' + b'' = 4{,}73.$$
$$a'' = 2{,}65 \quad » \quad b'' = 2{,}08$$

El radio medio para todo el aparato es

$$17{,}95 + 2{,}65 = 22{,}68 - 2{,}08 = 20{,}60.$$

Así, pues,

$$R = 20{,}60$$

Masa.—La masa es igual al peso dividido por la aceleración de la gravedad

$$m = \frac{10468}{9{,}8105} = 1066 \text{ toneladas;}$$

y por último, el momento de inercia será

$$1066 \text{ toneladas} \times 20{,}6^2 = 1066 \times 424{,}36 = 452367 \text{ tonelámetros.}$$

Es, pues, una cantidad enorme, y sería insensato pretender mover

con rapidez el aparato, ó detenerlo en un momento dado, pues basta observar el momento hallado, para comprenderlo. Sólo á título de curiosidad, y para tener una idea aproximada de su magnitud, hemos hallado dicho momento de inercia.

Pero fundándonos en los datos encontrados, podemos ya determinar la fuerza necesaria para mover el cilindro, empezando ahora por determinar la tracción de los cables, y consiguientemente la potencia de las turbinas.

Cables. Su tracción y diámetro.

La fuerza que han de desarrollar los cables para mover el cilindro en condiciones determinadas, la subdividimos en dos partes, para facilitar su cálculo.

1.ª Prescindiendo de los rozamientos todos, hallar la fuerza necesaria para imprimir al cilindro una aceleración de $0^m,05$ en la superficie exterior de la cubierta.

2.ª La fuerza necesaria para vencer los rozamientos todos del cilindro, en el supuesto de una velocidad de 1 metro por segundo en la periferia.

Primera.—Siendo el radio de la superficie exterior de la cubierta $= 26,05$, y el radio medio del cilindro $= 20^m,60$, la aceleración de $0^m,05$ en la periferia equivale á

$$\frac{0,05}{26,05} = \frac{x}{20,60} \quad \text{»} \quad x = \frac{20,6}{26,05} \times 0,05 = 0,04 \text{ metros}$$

en el radio medio.

Así, pues, la aceleración supuesta, equivale á una aceleración de $0^m,04$ en la circunferencia de radio medio $= 20,60$.

Suponiendo ahora toda la masa del cilindro concentrada en esta circunferencia ideal de 20,60 de radio, tenemos elementos bastantes para nuestro cálculo.

Con efecto: si llamamos F, F', F'' á fuerzas distintas aplicadas aisladamente á un mismo cuerpo y en momentos diferentes, y G, G', G'' las aceleraciones correspondientes, sabemos por el teorema fundamen-

tal que

$$\frac{F}{G} = \frac{F'}{G'} = \frac{F''}{G''} = \ldots..$$

es decir, que las fuerzas son proporcionales á las aceleraciones que producen en un mismo cuerpo. Dicha relación, entre las fuerzas y sus aceleraciones, es lo que se llama masa. El peso de un cuerpo es una fuerza vertical en dirección y sentido de arriba para abajo. Produce la aceleración de la gravedad $= g = 9{,}8105$, y su relación, por lo tanto, es

$$\frac{P}{g} = \frac{F}{G} = \frac{F'}{G'} = \ldots.. = m$$

fundándonos en este principio, vamos á resolver la primera parte del problema.

De la expresión

$$\frac{F}{G} = m$$

se deduce

$$F = G \times m.$$

En ésta conocemos los valores de

$$m = \frac{P}{g} = \frac{10468}{9{,}8105} = 1066$$

y G, que hemos supuesto en la circunferencia de radio medio $= 0^{m},04$.

Por lo tanto,

$$F = 0{,}04 \times 1066 = 42{,}64 \text{ toneladas;}$$

pero F la suponemos aplicada tangencialmente á la circunferencia de radio medio, y los cables actúan también tangencialmente en la superficie exterior de radio 26,05; su fuerza F_1 viene dada por la igualdad de momentos con relación al eje

$$F_1 \times 26{,}05 = F \times 20{,}6 = 42{,}64 \times 20{,}60,$$

de donde

$$F_1 = \frac{42{,}64 \times 20{,}60}{26{,}05} = 33{,}72 \text{ toneladas.}$$

Por lo tanto, el aparato, por la acción de esta fuerza constante en los cables, de 33,72 toneladas, más la necesaria para vencer los rozamientos, empieza moviéndose con una aceleración por segundo de $0^m,05$, es decir, muy lentamente.

A los 20 segundos la velocidad es de 1 metro por segundo, que es la aceptada como máximo.

El recorrido de un punto cualquiera de la superficie, cuando el aparato ha completado media rotación, es $\pi \times 26,05 = 81$ metros.

Cesando la acción de esta fuerza cuando se ha recorrido la mitad, ó sea á los $40^m,50$, y restando sólo la necesaria para vencer los rozamientos desde el segundo 20mo, resulta que el aparato da la media rotación en 1′ 38″. Empezando la acción retardatriz á los dos tercios del camino recorrido, se pierden 12″. En definitiva el aparato da la media vuelta en 1′ 50″.

Segunda.—Nos resta ahora calcular la fuerza suplementaria que hay que añadir á F_1 para vencer los rozamientos.

Dichos rozamientos son:

1.° El del agua con la superficie exterior del cilindro.

2.° El del agua con la superficie interior de las esclusas.

3.° Desnivel del agua en las esclusas durante el movimiento.

4.° El del eje (convertido en rodadura).

5.° Rozamiento del aire (casi nulo).

Ya tendremos en cuenta el empuje de éste en capítulo aparte, así como la deformación de los cables y rozamientos de los árboles y motores al calcular éstos.

1.° *Rozamiento del agua.*—Asunto es éste tan complejo, y tan diversa la opinión de las autoridades en la materia, desde Leonardo de Vinci, que fué el primero en manifestar la existencia de dichos rozamientos, hasta nuestros días, que nada en concreto puede decirse. Una gran parte de los tratados de hidráulica, se emplea en darnos á conocer sinnúmero de fórmulas y coeficientes para hallar rozamientos, pérdidas de carga, etcétera, etc., cuyos resultados, hijos de experiencias hechas en condiciones determinadas, difieren bastante de la realidad en la mayoría de los casos.

El estudio de la hidráulica es acaso el de más atractivo, y sin duda,

de los más racionales y completos, pues utilizando el conocimiento de todas las matemáticas, presenta las cuestiones con la claridad del cálculo gráfico, inseparable aquí del analítico. Tiene, no obstante, esa parte puramente experimental, que debiera resumirse en fórmulas monomias sencillas, y por el contrario, se nos ofrece con expresiones á veces muy raras, que dan una garantía problemática.

Esto no obstante, esa inseguridad podrá afectar de lleno en el estudio de una larga é importante conducción de aguas; pero en nuestro caso, aun tomando los resultados más exagerados de las experiencias, nos bastará demostrar que el rozamiento del agua con la superficie del cilindro es una cantidad muy pequeña comparada con las demás resistencias calculadas, y dado que la potencia obtenida para los motores la hemos de duplicar, en poco puede afectar este estudio. Lo hacemos, no obstante, porque el aparato que se proyecta carece de precedentes, y dadas sus grandes dimensiones, parece que las resistencias han de ser todas también muy grandes.

El rozamiento del agua con la superficie del cilindro depende de dos causas: Primera, la adherencia del líquido á las paredes sólidas del cilindro; segunda, la cohesión ó resistencia que ofrecen las moléculas del líquido á ser separadas entre sí; es decir, la adherencia de las unas con las otras. Esta última, aunque parezca un contrasentido, es mucho mayor que la primera, como lo demuestran las experiencias de Dupuit que cita Nazzani en su segundo tomo, pág. 8, relativas á una lancha movida á remo, y otras no menos ingeniosas.

Siendo, pues, la cohesión mucho mayor que la adherencia, y constituyendo en conjunto la resistencia que estudiamos, es natural, que si nos valemos de la resistencia al movimiento del líquido en los tubos, obtendremos un resultado mayor que el verdadero, pues en un tubo ha de preponderar la resistencia debida á la cohesión, mucho más que en conducciones abiertas y de gran sección. La resistencia debida á la adherencia, no depende de la forma de la conducción, y sí de la presión y de la naturaleza de las paredes del vaso.

Por esta razón, la experiencia acredita que en conducciones metálicas de distinto diámetro, las pérdidas de carga por rozamiento son por unidad de superficie mucho mayores en los tubos de menor diámetro, y

esto es, pues, debido á que prepondera la resistencia debida á la cohesión.

Así, pues, repito, si nos valemos de las experiencias practicadas con tubos de conducción para medir el rozamiento del líquido sobre superficies metálicas, estaremos ciertos de obtener un resultado algo mayor que el verdadero.

Si el cilindro en plena marcha se mueve con una velocidad de 1 metro por segundo en la superficie exterior, el rozamiento de sus paredes será el mismo que si suponemos el cilindro quieto, desarrollada la superficie mojada y el agua moviéndose con velocidad también de 1 metro por segundo. Dicha superficie de rozamiento es $= 36 \times 70$ metros ó sea desarrollo del arco de la sección mojada, multiplicado por la longitud del cilindro

$$36 \times 70 = 2520 \text{ metros cuadrados.}$$

Veamos la resistencia debida al rozamiento en un tubo de 36 metros de longitud y de 1 metro (por ejemplo) de radio, y el número de veces que la superficie desarrollada del tubo está comprendida en los 70 metros del cilindro.

La fórmula de Levy

$$v = \mu \sqrt{I} \quad (1)$$

en la cual, v velocidad del agua $= 1$ metro por segundo,

$$\mu = 36{,}4 \sqrt{R\left(1+\sqrt{R}\right)}$$

$R =$ radio del tubo $= 1$ metro,

$I =$ pérdida de carga por metro corriente de tubo,

da substituyendo dichos valores

$$1^m = 36{,}4 \sqrt{1\left(1+\sqrt{1}\right)} \times \sqrt{I}$$

$$1^m = 36{,}4 \sqrt{2} \times \sqrt{I} \quad » \quad 1 = 36{,}4^2 \times 2 \times I$$

de donde

$$I = \frac{1}{36{,}4^2 \times 2} = \frac{1}{2649{,}92} = 0^m{,}000373$$

(1) NAZZANNI, tomo I, página 367.

El valor de I en 36 metros de tubo, será:

$$36 \times I = 0{,}000373 \times 36 = 0^{m}{,}013428;$$

esta pérdida de carga es debida á los rozamientos, y representa una longitud de 0,013428 metros de tubo de 1 metro de radio. El peso correspondiente del agua contenida en esa longitud de tubo es

$$\pi\, r^2 \times 0{,}013428 = \pi \times 0{,}013428 = 0{,}042184 \text{ metros cúbicos,}$$

ó sea un peso de 42,184 kilógramos.

Es evidente que en vasos comunicantes, si el tubo tiene una longitud de 36 metros y radio igual 1 metro, dicha pérdida de carga, debida á rozamiento, podemos, en este caso, medirla por la cantidad en kilógramos 42,184 kilógramos.

El desarrollo de la sección del tubo es

$$2\,\pi\, r = 2\,\pi = 6{,}283 \text{ metros.}$$

Podemos suponer dividida la superficie mojada del cilindro en $\frac{70}{6{,}283}$ fajas, cada una de las cuales experimentará una resistencia debida al rozamiento, seguramente menor de 42,184 kilógramos. Tomando, pues, esta cifra, estamos seguros de pecar por exceso.

Así, pues, el rozamiento en cuestión será á lo sumo

$$F_2 = \frac{70}{6{,}283} \times 42{,}184 = 470 \text{ kilógramos.}$$

Como se ve, cantidad muy pequeña en relación con F_1.

Tomaremos para valor de $F_2 = 235$, pues en realidad el rozamiento es mucho menor.

2.° *Rozamiento del agua con las paredes de la esclusa.*—Empleamos un razonamiento análogo al anterior, poniendo en vez de una longitud de tubo de 36 metros, $13^{m}{,}50$, ó sea el desarrollo del arco mojado en la esclusa, y para velocidad, en vez de 1 metro, el valor de x de la siguiente

$$\frac{1}{26{,}05} = \frac{x}{5{,}5} \quad \text{»} \quad x = \frac{5{,}5}{26{,}05} = 0^{m}{,}21,$$

26,05 y 5,5 radios del cilindro general y de la esclusa.

La expresión

$$v = \mu \sqrt{I} \qquad » \qquad \mu = 36{,}4 \sqrt{R\left(1 + \sqrt{R}\right)}$$

toma ahora el valor

$$0{,}20 = 36{,}4 \sqrt{2} \times \sqrt{I} \qquad » \qquad \frac{0{,}20}{36{,}4} = \sqrt{2} \times \sqrt{I}$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{0{,}20}{36{,}4}\right)^2 = I = \frac{0{,}04}{2649{,}92} = 0{,}00001492,$$

En $13^m{,}50$ será $13^m{,}50 \times I$, ó sea

$$13{,}50 \times 0{,}00001492 = 0{,}00020142,$$

lo que equivale á un peso de

$\pi\, r^2 \times 0{,}00020142 = 3{,}1415 \times 0{,}00020142 = 0{,}000633$ metros cúbicos, ó sea un peso de 0,633 kilógramos.

Y para una esclusa

$$\frac{70}{6{,}283} \times 0{,}633 = 7{,}04 \text{ kilógramos;}$$

y las dos esclusas

$$F_3 = 14 \text{ kilógramos.}$$

Tomamos sólo para $F_3 = 7$ kilógramos, la mitad, pues el rozamiento es aún menor, cantidad insignificante, lo cual era de suponer, dada la lentitud con que se mueve el agua de las esclusas.

3.º *Desnivel en las esclusas.*—Al tratar del principio en que se funda el aparato, digimos que las esclusas están en equilibrio, siendo iguales y con igual cantidad de agua, pero apuntamos entonces, y ahora vamos á demostrar, que durante el movimiento dicho equilibrio no es en rigor exacto, pues partíamos, como la base, de que el agua en las esclusas, conserva siempre horizontal la superficie de nivel, y esto no ocurre cuando el aparato está en movimiento.

Para el efecto, supongamos enfilando el aparato y que éste gira de derecha á izquierda por arriba. Llamemos esclusa A á la que está en prolongación del canal inferior, y B la que está en el superior.

Al ponerse en movimiento el aparato, no obstante la gran movilidad del líquido, durante un tiempo muy pequeño, y dependiente de la velo-

cidad angular del aparato, el agua conserva con respecto á la esclusa la misma posición relativa, y por lo tanto, en la esclusa A, por ejemplo, la superficie de nível será un poco inclinada por este concepto, agravado con el efecto de la fuerza centrífuga que trata de separar la masa líquida del eje de giro.

Uno y otro fenómeno son muy pequeños, pues la velocidad angular del aparato es insignificante, pero es lo cierto que existen; y en definitiva, la vertical que pasa por el centro de gravedad de la masa líquida, ya no pasa por el centro de la sección recta de la esclusa, sino un poco á la derecha aumentando su momento con relación al eje.

Con respecto á la esclusa B, la acción de la fuerza centrífuga es igual y contraria á la de la esclusa A y equilibrándose en todo momento no hay para qué tenerla en cuenta.

Pero no sucede lo propio con el otro fenómeno, pues siguiendo el mismo raciocinio, fácilmente se comprende que la vertical que pasa por el centro de gravedad, se aproxima al eje del aparato en la misma cantidad en que se separa la línea análoga en la otra esclusa. Son, pues, dos efectos que no se contrarrestan, que se suman y engendran, por lo tanto, una resistencia al movimiento, que es seguramente mayor que las anteriores.

Nos conduciría á cálculos muy largos, y fuera de este lugar, la determinación exacta de esta resistencia y nos encontraremos con un valor aproximado, mayor que el verdadero.

Suponiendo que el agua no restablezca su nivel durante $\frac{1}{10}$ de segundo, en este tiempo el aparato en plena marcha ha recorrido en su periferia $0^m,10$ y un punto de la superficie interior de la esclusa $0^m,02$; la vertical que en la posición inmediata anterior unía el centro de gravedad de la masa líquida con el centro geométrico de la esclusa, estará ahora inclinada y situada á la derecha de dicha vertical, una cantidad x dada por la expresión

$$\frac{0,02}{5,50} = \frac{x}{5,50 - 3'60 + \frac{1}{3}\,3,60} = \frac{x}{3,1}$$

3,1, distancia del centro de gravedad al de la esclusa

$$x = \frac{0,02}{5,50} \times 3,1 = 0,011,$$

y por lo tanto, el momento del peso del agua de la esclusa, con respecto al eje del aparato, habrá aumentado en

$$2005 \times 0,011 = 22,055 \text{ toneladas,}$$

y para las dos esclusas en 44,110 toneladas

Cantidad ciertamente mucho mayor que la verdadera; pero por lo menos sabemos que es muy grande, que aumenta con la velocidad de giro del aparato, hasta ser insignificante para una pequeña marcha.

Si cambiamos el sentido del giro, cambia también el signo de dicha resistencia, que si bien es un inconveniente porque origina algún mayor gasto, es en cambio una garantía de seguridad, pues constituye un freno automático, de tanta mayor energía, cuanto mayor es la velocidad, y aplicado sobre una extensa superficie.

Tenemos ahora que hallar la fuerza F_4, que aplicada á la periferia, radio 26,05, venza esta resistencia de 44,110 toneladas con radio = 17,95

$$F_4 \times 26,05 = 44,110 \times 17,95 \text{ kilógramos,}$$

$$F_4 = 44110 \times \frac{17,95}{26,05} = 0,69 \times 44110 = 30436 \text{ kilógramos.}$$

Despreciando la resistencia al rozamiento del eje (convertida en rodadura) y con mayor motivo la del rozamiento del aire, la fuerza necesaria para poner en marcha el aparato y vencer todo género de resistencias, será la suma de las anteriores.

		Kilógramos.
1.°	Valor de F_1, ó fuerza que produce la aceleración del movimiento. . . . . =	33720
2.°	Valor de F_2, ó fuerza que representa el rozamiento del agua sobre la superficie exterior del cilindro. . . . . =	235
3.°	F_3, por igual concepto, en las esclusas. . . =	7
4.°	F_4, ó resistencia originada por el desnivel del líquido en las esclusas durante el movimiento. . . . . =	30436
	Suma.	64398

= 64398 kilográmetros, ó sean 859 caballos de vapor.

Distribuyendo dicho esfuerzo entre cuatro cables, corresponde á cada uno un esfuerzo de 16099,50 kilógramos, y por lo tanto, con un coeficiente de seguridad de $\frac{1}{10}$, deben ser experimentados á razón de 160 toneladas cada uno.

Debe hacerse notar, sin embargo, que el valor 64398 kilográmetros, es mucho mayor que el verdadero, casi el doble, pues, con efecto, en un principio, cuando necesitamos la fuerza F_1 que ha de proporcionar la aceleración, las resistencias debidas al rozamiento son casi nulas, y cuando merced á F_1 se ha logrado la velocidad de 1 metro por segundo, que es cuando alcanzan todo su valor las resistencias, entonces debe cesar la acción de F_1 y nos basta con tener las restantes $F_2 + F_3 + F_4$ necesarias para vencer los rozamientos.

Hay, pues, un exceso de casi el doble de la fuerza necesaria para obtener lo que deseamos, es decir, que el aparato haga el medio giro en 1′ 50″; pero como no vamos á calcularlo exactamente, con riesgo de que por una circunstancia imprevista resulten los rozamientos mayores de los calculados, vale más disponer de un exceso de potencia en motores y cables, sin perjuicio de abrir parcialmente los vanos de las turbinas para no emplear más que el esfuerzo preciso.

Por otra parte, las turbinas no deben tener potencia superior á la resistencia de los cables, pues dado el enorme momento de inercia del aparato, si por una falsa maniobra se abrieran los vanos á plena admisión, estando parado el aparato, es seguro que se romperían los cables.

Con lo dicho, tenemos ya datos para calcular el diámetro de los cables, dado el esfuerzo que han de soportar en días de calma ó sea en que la velocidad del aire sea muy pequeña; pero si esta es grande, origina un esfuerzo tal vez mayor que el anteriormente calculado para potencia en los motores, y naturalmente, para en dichos días detener el aparato, se hace preciso dotar á los cables de la suficiente resistencia, que es necesario conocer.

Empuje del viento. Su aprovechamiento como motor.

En la segunda parte de esta Memoria, cuando comprobamos la resistencia del eje, calculamos el empuje máximo del viento con todo detalle. Creo inútil repetirlo y bastará ahora con recordar los resultados.

Suponiendo una presión de 270 kilógramos por metro cuadrado como máximo para el viento, su efecto mayor corresponderá al caso en que la dirección sea normal al eje del cilindro, y en este concepto la presión total, es

$$E = (52{,}10 - 7{,}50) \times 70 \times 270 \text{ kilógramos} = 842940 \text{ kilógramos},$$

corresponde á la mitad superior

$$26{,}95 \times 70 \times 270 = 492345 \text{ kilógramos},$$

y á la mitad inferior

$$(26{,}05 - 7{,}50) \times 70 \times 270 = 350595 \text{ kilógramos}.$$

$$\text{Diferencia: } 492345 - 350595 = 141750 \text{ kilógramos}.$$

Los anteriores resultados, que nos han servido para calcular el eje con exceso, son mayores que los verdaderos, si bien tienen la facilidad de presentarse más claramente. Pero ahora, al calcular los motores, es necesario aquilatar más y traer la cuestión á sus verdaderos términos.

Dos correcciones hay que introducir al procedimiento anterior, y son:

1.ª Que hemos supuesto horizontal el viento y, por regla general, su dirección forma un ángulo de 10° sexagesimales con el horizonte (1).

2.ª También hemos supuesto que la acción dinámica del viento sobre una superficie cilíndrica, es igual á la que ejercería sobre la superficie plana de un diámetro del cilindro, cuando en realidad, tanto en los líquidos como en los gases, la acción sobre una superficie cilíndrica, cuyo eje es perpendicular á la dirección del agua ó del viento, es los dos tercios de la que ejercería sobre un plano diametral por un plano que pase por el eje (2).

Vamos á introducir dichas dos correcciones en los resultados ante-

(1) MARVA, pág. 1018.
(2) NAZZANI, págs. 305 y 306 del tomo I.

riores, y veamos á lo que queda reducido el empuje 141750 kilógramos anterior.

Si la dirección del aire tiene una inclinación de 10° con el horizonte, tracemos á la sección recta del cilindro las dos tangentes paralelas á esa dirección, y el diámetro que une los dos puntos de contacto. Por el punto B, límite de la sección mojada, la perpendicular á dicho diámetro (paralela á las tangentes). La magnitud $a\ b$ es la que nos interesa conocer, pues no sufriendo el empuje del aire, su simétrica de la parte superior no está equilibrada como el resto, y es la que produce rotación.

$$a\ b = R - O\ a = R - R \cos \alpha = R\ (1 - \cos \alpha) \quad » \quad \alpha = 41° - 10° = 31°.$$

$$\cos 31° = 0{,}85717 \qquad » \qquad 1 - \cos \alpha = 0{,}14283$$

$$a\ b = 26{,}05 \times 0{,}14283 = 3{,}72 \text{ metros.}$$

La presión del viento correspondiente á la faja simétrica de la parte superior será

$$3^m{,}72 \times 70^m \times 270 = 70308 \text{ kilógramos,}$$

y teniendo en cuenta la segunda observación, es decir, tomando los $\frac{2}{3}$ de la anterior, puesto que la acción del aire se ejerce sobre una superficie cilíndrica y no sobre un plano, tendremos que el empuje será

$$E = \frac{2}{3}\ 70308 = 46872 \text{ kilógramos.}$$

Dicho empuje E, podemos suponerlo aplicado al centro de dicha faja superior, es decir, á $\frac{3{,}72}{2} = 1^m{,}86$ de la tangente, ó sea con un brazo 26,05 — 1,86, y como los cables actúan con brazo igual al radio = 26,05, dicha fuerza E es equivalente á E_1, aplicado en la superficie exterior; bastando ahora para hallar el valor de E_1, con igualar los momentos respecto al eje

$$E \times (26{,}05 - 1{,}86) = E_1\ 26{,}05,$$

ó bien

$$46872 \times 24{,}19 = E_1\ 26{,}05$$

$$E_1 = \frac{46872 \times 24{,}19}{26{,}05} = 43525 \text{ kilógramos.}$$

Así, pues, en días de viento uracanado, la parte del empuje que realmente se utiliza como motor, toma un valor máximo

$$E_1 = 43525 \text{ kilógramos,}$$

aplicado al extremo del diámetro, cantidad muy suficiente para producir la rotación del aparato, pues si calculamos antes como fuerza necesaria en los cables y motores 64398 kilógramos, ya demostramos que esta cantidad es en realidad doble de la necesaria.

Si pues los cables tienen una resistencia á la rotura diez veces mayor que 64398 kilógramos, dicho se está que poco puede preocuparnos el empuje E_1, pudiendo detener el aparato con frenos de fricción y el auxilio de los cables, haciendo uso después para obtener una inmovilidad casi absoluta de los 8 frenos que actúan sobre los testeros del aparato.

Antes al contrario, el empuje $E_1 = 43535$, siendo una cantidad suficiente para producir el giro sin tomar nunca valor exagerado, podemos utilizarla como fuerza motora. Cuando dicho empuje no tenga fuerza suficiente por sí sólo para hacer girar el aparato, sea cualquiera su valor, ese esfuerzo menos tienen que desarrollar los motores, con la consiguiente economía en el gasto de agua y menor trabajo para cables y demás partes de la instalación.

Por esto en repetidas ocasiones se recomienda se emplee como cable tractor el inferior y arbol motor el de barlovento.

En la cubierta del monta-cargas y puente de celosía del canal superior, según indican las figuras, se coloca una veleta bien sensible y un anemómetro Robinson, con cuyas indicaciones se determina de antemano el arbol que debe funcionar como motor.

Como es fácil ver, sin la anterior precaución la fuerza de los motores 64398, que tanto hemos repetido, es doble de la necesaria, pudiera resultar insuficiente.

Cuando el viento es muy fuerte, no cambia diametralmente de dirección en un momento; experimenta, no obstante, cambios de dirección pero progresivos *(rolar)*, y no se dará el caso que dicho cambio en momento de un ciclón se verifique durante una maniobra 1′ 5″. Todas esas circunstancias tendrían que reunirse para detener el giro del aparato, y

el mal queda reducido á cambiar en el acto el arbol motor, y aún á prescindir de éstos y con la pequeña pérdida de tiempo, hacer el giro en sentido contrario.

Calcularemos, pues, los cables á razón de 16099 kilógramos cada uno, ó aún mejor, aumentando su número en vez de cuatro, pues los árboles motores tienen la longitud misma del cilindro, y nada impide poner tantos cables como armaduras ó sean catorce para cada arbol motor, y en este caso á cada cable corresponde un esfuerzo de 2300 kilógramos.

Un cable de seis torones, cada uno de seis hilos de $d' = 3$ milímetros de diámetro. El cable con alma de cáñamo (tanto en el cable como en los torones), $d' = 24$ milímetros, y peso por metro lineal $= 2{,}25$ kilógramos, puede soportar una carga de 2304 kilógramos, trabajando á razón de 9 kilógramos por milímetro cuadrado. (1)

Para el cálculo de los cables se ha aplicado la fórmula

$$\left.\begin{array}{l} P = 4\,d^2 \\ d = 0{,}5\sqrt{P} \end{array}\right\} \quad (2)$$

Para cables de 36 hilos.—En dicha fórmula, P representa el peso en kilógramos que deben soportar los cables, d = diámetro del mismo en milímetros, d' = diámetro de los hilos $= \frac{1}{8}\,d$.

Las poleas ó tambores á que se arrollan los cables, tienen un diámetro D, mil veces mayor que el de los hilos, luego

$$D = 1000 \times 3 \text{ milímetros} = 3 \text{ metros.}$$

Las figuras, incluso la perspectiva, representan sólo dos cables para cada lado, porque es natural, que suprimiendo cables, se suprimen también los tambores y frenos correspondientes. Pero indudablemente, la presión sobre la cubierta se reparte mucho mejor aumentando el número de los cables. También disminuye mucho la resistencia de éstos á la deformación, disminuyendo su diámetro.

Colocación de los cables.—Los perfiles, especialmente los transversales, dan idea exacta de la colocación de los dos cables, así como del modo de regular la tensión de los mismos. Cuando el nivel del canal in-

(1) Marvá, tabla de la página 163.
(1) Idem, página 162.

ferior sube, los cables se atirantan más, y lo contrario sucede si baja el nivel del dique. Para regular la tensión de los cables se emplean los tambores que indica la figura, que tienen tres gargantas, y según en la que se coloque el cable, estará más ó menos tirante. Dicha operación se efectúa haciendo avanzar dichos tambores por medio de un tornillo montado en su mismo eje y movido por una correa sin fin que le une con el arbol motor por medio de una polea loca.

Tambores.

Diámetro.—Velocidad.—Trabajo.—Ya hemos dicho que siendo d' el diámetro de los hilos, el de los tambores debe ser igual 1000 d'

$$d' = 0^m,003 \quad » \quad D = 3 \text{ metros} \quad » \quad R = 1^m,50.$$

La velocidad de circulación del tambor, debe ser 1 metro por un segundo como máximo; tardará, pues, en dar una vuelta 9,4245 segundos, ó sea nueve segundos y medio.

El trabajo, en este caso, el momento de la fuerza con relación á su eje

$$T = 64398 \times 1^m,50 = 96597.$$

Engranajes.—Sobre el mismo arbol que los tambores, y en la cámara de turbinas, supongamos montada una gran rueda dentada de 4,50 metros de radio, ó los engranajes equivalentes (3 metros por 3 en diámetro). Esta rueda teniendo la misma velocidad angular que los tambores, tardará también nueve segundos y medio en dar la vuelta completa y el momento en el eje, que es 96597, será el que produzca una fuerza igual á

$$\frac{96597}{4,5} = 21466;$$

el camino recorrido en un segundo por un punto del arco mayor, será 3 metros, pues el diámetro de esta rueda es tres veces mayor que el del tambor.

Piñón.—Supongamos, por último, que el piñón, montado en el mismo eje de la turbina, tiene $0^m,50$ de diámetro. El desarrollo de su

circunferencia será $\frac{3,1415}{2} = 1,57075$; el número de vueltas n' por segundo será

$$n' = \frac{3}{1,57} = 1,91,$$

y por minuto

$$n = 60 \times 1,91 = 114,60.$$

La fuerza en la periferia del piñón será 21466, y su momento, con relación al eje,

$$21466 \times 0,25 = 5366,5$$

Turbina.—Por último, si suponemos que el radio de las aletas sea $= 1,00$ (diámetro $= 2,00$), K coeficiente de rendimiento $= 0,65$ (en atención á la magnitud de todas las partes de la instalación y á haber prescindido del rozamiento del eje), Q', gasto en litros por segundo y $H = 34$ metros altura disponible, tendremos:

$$5366,5 = 1 \times 34 \times Q' = 34 \times Q'$$

$$Q' = \frac{5366,5}{34} = 157,85,$$

ó sea un gasto en metros cúbicos, de 0,15785 metros cúbicos, lo que representa una potencia teórica de

$$\frac{157,85 \times 34}{75} = \frac{5366,5}{75} = 71,5 \text{ caballos de vapor.}$$

Afectando ahora los resultados anteriores del coeficiente $K = 0^m,65$ mucho menor que el admitido en las modernas instalaciones (en que $K = 0,75$), en atención á la magnitud del arbol motor y las transmisiones, tendremos:

Gasto efectivo por segundo, litros $\frac{157,85}{0,65} = 243$ litros por segundo,

y

$$\frac{243 \times 34}{75} = 110 \text{ caballos efectivos de vapor.}$$

Suponiendo ahora que la turbina trabaje á plena admisión desde el

principio de la operación hasta 20″ antes de terminar, es decir, durante 1′ 30″, el gasto por cada operación y por este concepto será

$$90 \times 243 \text{ litros} = 21{,}870 \text{ metros cúbicos.}$$

Así, pues, con una sola turbina de 110 caballos, montada en el extremo del arbol motor, tenemos suficiente para la maniobra. Si en vez de una montamos dos, una en cada extremo del arbol, el esfuerzo de torsión de éste se habrá reducido notablemente, tendremos un motor de reserva, y, por último, teniendo un exceso de fuerza cuatro veces mayor del necesario (pues 64398 es doble del necesario en los cables), las turbinas así acopladas podrán trabajar con admisión parcial, y sólo se gastará el agua estrictamente necesaria, que seguramente será una cantidad menor de 21 metros cúbicos por operación.

Por último, siendo dos los árboles motores, de los cuales sólo uno funciona (según la dirección del viento), serán, en definitiva, cuatro las turbinas de la potencia indicada.

Cada turbina, además, mueve dos tornillos frenos, según dijimos al describir éstos.

Siendo la resistencia de los cables mucho mayor que la potencia de las turbinas, no habrá que preocuparse por este concepto.

Respecto al sistema de turbina y detalles de su funcionamiento, será ocioso cuanto digamos tratándose del país donde brillan los mejores ingenieros hidráulicos de Europa. Hemos calculado un tipo de turbina, y una vez obtenida su potencia en caballos de vapor, si el diámetro 2 metros parece un poco excesivo dada la presión de 34 metros de agua, y puesto que los tipos corrientes para altas presiones sólo llegan á 1,75 para valor de D, se puede adoptar, por ejemplo, una turbina del tipo Girard de doble desviación, de diámetro $0^m{,}90$ y cuyas constantes son

Diámetro $D = 0^m{,}90$.

h = 35 metros.

v = velocidad del agua, en metros por segundo, correspondiente á esa presión, y teniendo en cuenta todas las pérdidas, $v = 22^m{,}58$.

n = número de vueltas por minuto = 250.

Q = gasto por segundo, en metros cúbicos, con admisión parcial de $^1/_4$ = 0,268 metros cúbicos.

N = caballos de vapor efectivos de rendimiento = 94 (1).

Instalación de turbinas.

Las turbinas se instalan dos á dos en los extremos del arbol motor, y dentro de los locales indicados en la lámina 3.ª

El tubo de toma es uno para cada dos turbinas: arranca del fondo del canal superior junto al acueducto de desagüe y va por la crestería de los muros laterales á las cámaras correspondientes, bifurcándose en dos frente á la cabeza de agua arriba.

Las turbinas son de eje horizontal.

Los vanos de admisión se colocan en los muros de esclusa *(bajoyer)* del canal superior. Cada turbina, en particular, lleva además su llave de admisión, que puede, ser parcial ó total, según la energia que se necesite; pero rara vez se llegará á ésta. De todos modos, tanto la admisión como el cierre debe hacerse de modo progresivo para evitar los golpes de ariete, aquí más de temer por la gran presión; aparte esto, las turbinas tienen su regulador automático.

La colocación del tubo de desagüe merece especial mención porque tiene relativa importancia.

Desde luego, no deben desembocar normalmente al eje del cilindro, porque su acción sería demasiado enérgica sobre la cubierta del aparato, calculada con sobrada resistencia para aguas tranquilas y una presión de $6^m,30$; pero no para una presión tan grande ó para aguas en movimiento. Además produce una resistencia más al giro.

Colocado longitudinalmente, es decir, que la corriente de agua sea paralela al aparato, tenemos que analizar tres disposiciones:

1.ª Desagüe debajo del eje y de modo que se contrarresten los de las dos turbinas en acción.

2.ª Desagüe á nivel é inmediato á la turbina correspondiente.

3.ª Desagüe á nivel y al lado opuesto de la turbina correspondiente.

---

(1) J. Buchetti, *Los motores hidráulicos*, tomo I, página 131.

Esta última disposición, aunque es la más cara, es la más aceptable, pues facilita el movimiento de giro del aparato y no produce aumento de presión en la cubierta.

Si hay abundancia de agua, sería aún preferible el desagüe directo al vertedero.

Por último, el desagüe directo al canal inferior no puede aceptarse, pues aumentando el nivel con relación al dique, origina una corriente que actuando sobre el testero de agua-abajo, empuja el cilindro contra el muro de cabeza *(amont)* y la reacción del eje aumenta, especialmente los días que la dirección del viento sea la misma y se agrave aquel mal.

Grúas.—En el perfil longitudinal, lámina 6.ª, está indicada la disposición de las grúas para elevar las compuertas. Si estas se elevasen por medio de un engranaje colocado en el mismo cilindro, ningún movimiento produciría en éste la maniobra de las compuertas y esto constituye una indiscutible ventaja para los aparatos de cierre hermético; pero su montaje en el mismo aparato requiere piezas de mayor espesor que las que constituyen éste y hemos preferido colocarlas fuera, dado que de las 12 toneladas que pesa el cerramiento de una esclusa, sólo 8 corresponden á la parte móvil ó compuerta, propiamente dicha y el movimiento de esta masa influye sólo en $0^m,003$ para movimiento ascensional del cilindro, y esto en nada perjudica el cierre hermético.

El depósito cilíndrico, ó contrapeso, cuando está medio lleno de agua, equilibra el peso de la compuerta de la esclusa, si se le llena de agua prepondera su peso y al descender eleva la compuerta de la esclusa, y abate la del canal, que gira alrededor de la arista horizontal inferior (sistema *tumblegat*, muy usado en América).

La compuerta de la esclusa á medida que sale del agua se aligera de peso y por lo tanto parece que debiéramos aumentar el agua en el depósito para obtener la apertura completa de aquélla; pero es innecesario porque basta observar la figura y se comprende que cuanto más baje el depósito aumenta más el peso de la compuerta del canal y esto equilibra el aumento de peso de la esclusa.

Estando, pues, en equilibrio, el gasto de agua para la maniobra de las compuertas, será el estrictamente necesario para vencer los rozamientos y su pequeño exceso para la preponderancia, exceso que, una

vez abierta la compuerta, debe tirarse para que quede el sistema en perfecto equilibrio.

Esta precaución es muy importante, especialmente para el canal superior *(amont)*, pues si por una falsa maniobra falta el cierre estanco ó se rompiese éste, el agua se precipita en el dique y la corriente cierra automáticamente la compuerta del canal y la de esclusa. Si esto no bastase se abrirán los vanos de desagüe para aminorar el mal, quedando en seco el tramo de canal desde la compuerta de seguridad hasta la cabeza del mismo. Por esta circunstancia y aun á riesgo de retardar un poco las operaciones, el ensanchamiento del canal superior se ha proyectado á contar desde la compuerta de seguridad.

Frenos.—Los frenos son de dos clases:

1.ª Los de fricción ó cinta metálica, colocados en el mismo arbol que el tambor y cuya disposición indican las figuras de las láminas 4.ª y 5.ª Tienen por objeto detener el movimiento de giro del cilindro. La palanca á que se articula la cinta metálica está movida por un tornillo de doble rosca.

2.ª Los tornillos frenos que actúan sobre los testeros y son en número de ocho (cuatro por tesero); su objeto es, una vez detenido el cilindro, garantir su inmovilidad durante la maniobra de entrada y salida de barcos. Su acción la ejercen en la faja de mayor diámetro del testero próximo á la cubierta.

La cabeza del freno, de $1^m,50$ de diámetro, está forrada de madera y aún sería mejor de cautchut para aminorar los golpes sobre el testero, no obstante que su movimiento es lento.

Dichos frenos están constituídos por un tubo cilíndrico, hueco, de $0^m,60$ de diámetro y $0^m,04$ de espesor, terminados por la cabeza antes dicha, de modo que el conjunto afecta la forma de un tornillo muy grande. La longitud es 10 metros, es decir, el ancho del local 6 metros más el espesor del muro de salida 2 metros, más 1 metro de empotramiento en el opuesto; atraviesan, pues, el muro exterior y se empotran en el opuesto.

Para anular el rozamiento de dichos tubos, se les suspende por medio de dos ó más varillas á la parte superior del local, quedando como un verdadero ariete los cuatro inferiores, y apoyados en rodillos los cuatro superiores.

En prolongación de dichos tubos se monta un tornillo diferencial, ó aún mejor, una prensa ó un pequeño motor hidráulico para el avance y retroceso del freno. Las figuras de detalle completan la descripción de estos frenos, indicados también en la planta (lám. 3.ª) y en los perfiles transversales, láminas 4.ª y 5.ª

Excusado es decir la conveniencia de que los cuatro frenos de cada testero actúen á un mismo tiempo y para el efecto se propone como mejor solución un sistema de tres tornillos sin fin, como indica la figura citada.

V.

FUNCIONAMIENTO Y MANIOBRA

V.

FUNCIONAMIENTO Y MANIOBRA.

Conocido ya en todas sus partes el aparato elevador y las demás partes de la instalación podemos ya con pleno conocimiento de causa detallar cómo funciona el aparato para deducir en su consecuencia la maniobra correspondiente.

Con objeto de proceder con orden dividiremos en varias partes cuantos casos puedan ocurrir, partiendo primero del supuesto de que la diferencia de nivel entre los dos canales sea constante é igual á $35^m,90$.

Modo de llenar las esclusas y el dique.—Supuesto recientemente construído el aparato y por lo tanto el dique en seco, el cilindro sobre los muros curvos de aquél, cerradas las compuertas de cabeza de los dos canales, así como las de los acueductos del canal superior con el dique y con el vertedero y por último la comunicación de éste con el dique, se empezará por abrir parcialmente la compuerta inferior de la esclusa y en esta disposición, flojos todos los frenos de cabeza, podemos admitir agua en el dique, abriendo parcialmente la compuerta del acueducto superior.

El agua, al propio tiempo que llena el dique, irá llenando la esclusa inferior, donde no llegará el agua á obtener la profundidad definitiva de $3^m,65$, porque aun falta la sobrecarga del peso del agua de la esclusa superior.

Como quiera que es de todo punto indispensable que la esclusa inferior se llene antes que la superior, y ambas antes de flotar el aparato, para evitar el rozamiento, y tal vez la destrucción del aparato de cierre

hermético; es conveniente, como digo, llenar antes las esclusas, lo cual se consigue cuando está descansando aún el aparato sobre los muros curvos; se pondrá el cierre hermético en ambas cabezas de canal, y esto hecho se abrirán los vanos inferiores de dichas compuertas de canal. El agua llenará primero el espacio comprendido entre las dos compuertas de la esclusa y del canal y como el cilindro está mucho más bajo de la posición que ha de ocupar cuando flote, el agua rebasará las ventanas centrales y llenará las esclusas, lo cual obtenido, se cerrarán los vanos inferiores de las compuertas del canal, se suprimirá el cierre hermético y teniendo ya el aparato libre movimiento ascensional se concluirá de llenar el dique, bien abriendo parcialmente la compuerta del canal inferior, bien la del acueducto con el dique.

En resumen, para poner el aparato en marcha, habrá que llenar primero las esclusas haciendo uso del cierre hermético en los dos canales y después quitar dicho cierre hermético y llenar poco á poco el dique hasta que su nivel sea el mismo que el del canal inferior, los cuales deben coincidir con el de la esclusa, también inferior.

En esta disposición, la segunda operación que hay que hacer es apretar todos los frenos, tanto los de cabeza como los de cinta en el arbol motor.

Tercera operación establecer el cierre hermético con el canal superior.

Cuarta, abrir los vanos de la compuerta del canal superior para llenar de agua el espacio comprendido entre ésta y la de la esclusa, cerciorándonos al propio tiempo del buen funcionamiento del cierre hermético antes de abrir las compuertas.

Quinta, abrir las compuertas de la esclusa y del canal, haciendo funcionar los contrapesos.

Ya tenemos, pues, el aparato en disposición de funcionar y para mayor claridad distinguiremos varios casos, debiendo añadir que para poner en marcha el aparato, en el caso que acabamos de estudiar, ó sea cuando el dique está en seco, es conveniente, por no decir preciso, que la diferencia de nivel entre los dos canales sea de $35^{m},90$, y si no lo fuera fácil es obtenerla haciendo uso de las compuertas de seguridad y del vertedero.

Diferencia de nivel constante = 35m,90.

Primer caso.—Transporte de un barco del canal superior al inferior.

Estando el aparato en la disposición que acabamos de indicar, cada esclusa del aparato está en perfecta prolongación del canal respectivo. Por lo tanto el barco que se trata de bajar entrará libremente en la esclusa superior, bien á la sirga utilizando los obreros los dos flotadores de la esclusa, entre los cuales se situará el barco, procurando que el movimiento sea lento, especialmente á lo último. Los dos flotadores en el extremo opuesto á la compuerta abierta, estarán unidos por una cadena con compensador elástico, con objeto de evitar el choque del barco contra la compuerta.

Una vez dentro el barco, una cadena análoga unirá los otros dos extremos de los flotadores.

1.ª Operación. Se cerrará la compuerta superior y la del canal, bastando con arrojar un metro cúbico de agua del contrapeso. Cierre simultáneo de la inferior.

2.ª Se apretarán los tornillos de seguridad de ambas compuertas.

3.ª Simultáneamente á la operación anterior se dará salida al agua contenida entre las compuertas del canal y de la esclusa.

4.ª Aflojar todos los frenos de cabeza y los de cinta.

5.ª Si no bastase el viento para dar la vuelta al aparato admitir parcialmente y poco á poco el agua en las turbinas motoras, teniendo suavemente templados los frenos de cinta.

6.ª Cuando el aparato haya recorrido los $^2/_3$ de su carrera se cierra la admisión para las turbinas y ocho metros antes de llegar á su posición definitiva se harán funcionar los frenos de cinta. La práctica en la operación determinará el momento preciso para detener por completo la marcha del aparato.

7.ª Apretar los frenos de cabeza.

8.ª Abrir la compuerta inferior y quitar la cadena que une los flotadores (por esta parte).

9.ª Sacar el barco de la esclusa.

La duración de esta operación es la siguiente:

	Minutos.
Para la 1.ª operación	1
Para la 2.ª y 3.ª íd.	1
Para la 4.ª y 5.ª íd.	1
Para la 6.ª íd.	2
Para la 7.ª íd.	1
Para la 8.ª íd.	2
Para la 9.ª íd.	5
Entrada del barco en la esclusa superior	5
Imprevistos	2
SUMA	20

Segundo caso.—Transporte de un barco del canal inferior al superior.

En la disposición en que ha quedado el aparato, después de la operación anterior, las operaciones necesarias para subir un barco del canal inferior al superior son las siguientes:

1.ª Meter el barco en la esclusa.

2.ª Bajar la compuerta de la esclusa y cierre simultáneo de la del canal.

3.ª Apretar los tornillos de seguridad.

4.ª Aflojar los frenos.

5.ª Hacer el giro del aparato como se ha explicado anteriormente.

6.ª Apretar los frenos.

7.ª Cierre hermético en el canal superior.

8.ª Llenar de agua el espacio comprendido entre las dos compuertas.

9.ª Apertura de las compuertas de las esclusas y del canal.

10.ª Sacar el barco de la esclusa.

La duración de esta operación es exactamente la misma que la del primer caso, es decir, 20′.

Tercer caso.—Transporte simultáneo de un barco del canal inferior al superior y de otro del canal superior al inferior.

Pudiendo hacerse simultáneamente todas las operaciones en la esclusa inferior, y al propio tiempo en la superior, este caso es el resumen de los dos anteriores, y, por lo tanto, la duración será la misma que en aquéllos.

Así, pues, pudiendo hacerse tres operaciones completas en cada hora, en doce horas podrán subir 36 barcos y bajar otros 36, y habiendo personal suficiente para una jornada de veinticuatro horas, con toda comodidad podrán subir, de las dimensiones requeridas, 72 barcos y bajar otros 72. La capacidad de circulación es, pues, en los casos considerados, de 144 barcos en día de veinticuatro horas.

Diferencia de nivel = 35^m,90 ± 0^m,10.

Cuarto caso.—Suponiendo que la diferencia de nivel ha aumentado en 0^m,10, bien porque aumente el agua en el canal superior, bien porque disminuya en el inferior, el aparato, desde luego, pesará más, y la esclusa inferior tendrá 0^m,02 más de agua; pero la superior tendrá ese mismo aumento más los 0^m,10 en que ha aumentado la diferencia de nivel, es decir, 0^m,12.

Las operaciones para este caso son, después que el barco descendente ha rebasado la compuerta de seguridad:

1.ª Cierre de la compuerta de seguridad.

2.ª Apertura de los vanos para llenar de agua el espacio comprendido entre las compuertas del canal y de la esclusa.

3.ª Apertura parcial de las compuertas hasta obtener que el nivel de la esclusa sea igual al del canal.

4.ª Completa apertura de las compuertas, gastando agua del canal superior para toda la maniobra.

5.ª Entrada del barco en la esclusa.

6.ª Cierre de las compuertas.

7.ª Dar salida al agua entre las compuertas del canal y de la esclusa.

8.ª Quitar el cierre hermético.

9.ª Aflojar los frenos.

10.ª Giro del cilindro, cerrando la admisión en las turbinas, apenas iniciado el movimiento, pues el ligero exceso de agua que lleva la esclusa descendente es suficiente para hacer el giro, pues representa de 60 á 70 metros cúbicos de sobrecarga con respecto á la esclusa ascendente.

11.ª Apretar los frenos.

12.ª Si también sube barco establecer el cierre hermético superior.

13.ª Admisión del agua entre compuertas.

14.ª Apertura de todas las compuertas, excepto la de seguridad del canal superior.

15.ª Sacar los barcos de las esclusas.

16.ª Sin quitar el cierre hermético, cerrar la compuerta de cabeza del canal superior.

17.ª Abrir la compuerta de seguridad en el canal superior.

Es claro que permaneciendo cerrada la compuerta de seguridad antes dicha, desde que la rebasa el barco, hasta después de terminar la operación del giro, y gastándose toda el agua para la operación, del último tramo del canal superior, el nivel en éste habrá descendido los $0^m,08$ que en otro lugar calculamos, y en el momento de abrir la compuerta del canal habrá entre éste y la esclusa correspondiente una diferencia de nivel de sólos $0^m,01$.

Al volver á abrir la compuerta del canal, después de haber dado paso por la compuerta de seguridad á un nuevo barco, caso de haberlo, habrá una diferencia de nivel entre la esclusa y el canal de sólos $0^m,09$ de los cuales entrarán en la esclusa $0^m,045$, es decir, estaremos en el mismo caso que al principio.

Se vé, pues, que la compuerta de seguridad en su combinación con la de la cabeza del canal y la de la esclusa nos sirve para dar pequeñas esclusadas análogas á la de otra instalación cualquiera del sistema de Leonardo de Vinci.

Hemos analizado este caso, puramente hipotético, con objeto de comprenderlos todos, pues teniendo el canal inferior muchas más causas para aumentar su nivel que el canal superior, lo más probable que ocurra, caso de variar la diferencia de nivel, $35^m,90$, es que disminuye éste y no que aumente. Con efecto, la evaporación es más enérgica en el canal superior que en el inferior, por estar aquél más castigado por las corrientes de aire. Asimismo las filtraciones y todas las causas de pérdida son también mayores en el canal superior que en el inferior, el gasto del agua para los motores es también á expensas del agua del canal superior que pasa al inferior. El agua recogida de las corrientes subterráneas viene á enriquecer el caudal del canal inferior, y, por último, el canal de enlace ó puntos de toma está mucho más lejos el del superior (Ostrau-Oder) que de inferior (Donau Olmutz).

Por todas estas causas reunidas, y aun cuando la más perfecta nivelación acuse ahora para diferencia de nivel 35^{m},90, en cuanto funcione el aparato elevador, cualquiera que sea el sistema, se puede asegurar que disminuirá la diferencia de nivel, pero será muy rara que aumente.

Dicho se está que si queremos ganar tiempo y evitar la maniobra de la compuerta de seguridad y la pequeña complicación que esto origina con respecto á los tres primeros casos, y puesto que contamos con exceso de agua en el canal superior, lo más expedito será restablecer la diferencia de nivel 35^{m},90 abriendo el vano del acueducto que comunica el dique con el canal superior, y aprovechando la caída para cargar los acumuladores de que hemos hablado en otra ocasión.

Nos resta sólo calcular el tiempo empleado para este caso improbable:

	Minutos.
Para la 1.ª y 2.ª operación (pág. 177) se necesita	1
Para la 3.ª y 4.ª	4
Para la 5.ª	5
Para la 6.ª	2
Para la 7.ª y 8.ª	1
Para la 9.ª	1
Giro del aparato en este caso, la mitad que en el anterior (10.ª)	1
Para la 11.ª.	1
Para la 12.ª y 13.ª.	1
Para la 14.ª.	2
Para la 15.ª.	5
Para la 16.ª.	2
Para la 17.ª.	1
Imprevistos.	2
SUMA.	29

(Véase caso 6.º)

Se ve, pues, que para este caso, el más improbable y perjudicial de cuantos nos pueden ocurrir, y en el supuesto de que no se prefiera

restablecer la diferencia de nivel $35^m,90$, el rendimiento del aparato será dar paso á 50 barcos en cada dirección, ó sean 100 para un trabajo de veinticuatro horas.

Quinto caso.—Si la diferencia de nivel disminuye en $0^m,10$ estando la esclusa superior $0^m,10$ más alta que en su posición normal con respecto al nivel en el canal superior, al ponerle en comunicación con éste, verterá el exceso de agua. Resultando en definitiva la esclusa superior con $0^m,10$ de agua menos que la inferior, y como en estas condiciones el giro del aparato resultaría difícil y penoso para los motores, reducimos este caso á los tres primeros con una sencilla modificación, y es quitar á las ventanas circulares uno de los suplementos ó anillos de $0^m,10$ de altura, de manera que las esclusas quedan capaces para una profundidad máxima de $3^m,55$.

De este modo la esclusa superior quedará en las condiciones de siempre; es decir, el plano de nivel del agua, tangente á la parte inferior de las ventanas circulares; y en cuanto á la esclusa inferior tendrá el nivel $0^m,10$ por encima de dicha parte inferior de las ventanas, cuyo exceso de agua verterá por las mismas en cuanto se inicie el movimiento; pues el exceso de agua ofrecerá la resistencia al giro que presentaría un péndulo para separarle de la posición vertical.

Restablecido rápidamente por este medio el equilibrio entre las dos esclusas la operación se hace en los mismos tiempos y procedimientos seguidos para los tres primeros casos, sin más aumento de tiempo que el necesario para que la esclusa inferior vierta el exceso de agua, es decir, que en toda la operación se emplearán veintidos minutos y la capacidad de circulación será 66 barcos en cada dirección.

Sexto caso.—La diferencia de nivel es $35^m,90 + 0^m,20$.

Este caso es en un todo análogo al 4.°, pero aumentando las dificultades y en el supuesto de que no se quiera restablecer la diferencia de nivel, por no gastar tanta agua inútilmente, vamos á resolver este caso y los siguientes haciendo uso del aparato de cierre hermético inferior, ó lo que es lo mismo, colocando á distinto nivel el dique en que flota el aparato, y el canal inferior.

Sin necesidad de gastar del canal superior el agua necesaría para obtener que suba el nivel $0^m,20$ en todo el canal inferior, vamos á conse-

guirlo elevando solamente el nivel del dique, en dichos $0^m,20$, y una sola vez para todas las operaciones del día.

Es claro que si por economía han de estar á distinto nivel el dique y el canal inferior, será preciso incomunicarlos por medio de la compuerta de cabeza y el cierre hermético inferiores.

En el caso que estudiamos, elevando el nivel del dique $0^m,20$, es claro que éste y el canal superior estarán á $35^m,90$ de diferencia de nivel, y por lo tanto las esclusas con su cantidad de agua normal é igual en ambas, funcionando el aparato en las mismas condiciones que hemos explicado para los tres primeros casos, con la sola variante de hacer uso del cierre hermético inferior al propio tiempo que se hace el cierre hermético superior.

Las operaciones necesarias serán las siguientes, supuesto el dique aumentado en los $0^m,20$ de referencia y apretados los frenos:

1.ª Hacer el cierre hermético en las dos cabezas de canal.

2.ª Apertura de los vanos para llenar de agua el espacio comprendido entre las compuertas de los canales y las de esclusa. Cierre simultáneo de las compuertas de seguridad.

3.ª Apertura de las compuertas. En este momento el agua de la esclusa inferior, estando $0^m,20$ más alta de nivel que el canal inferior, verterá en éste el exceso de agua y al propio tiempo la corriente echará fuera si hay algún barco dentro de la esclusa.

4.ª Entrada de los barcos en las esclusas.

5.ª Cierre de las compuertas y apertura de las de seguridad (1).

6.ª Quitar los cierres herméticos y aflojar los frenos todos.

7.ª Giro del aparato.

8.ª Apretar los frenos y colocación de los cierres herméticos.

9.ª Apertura de las compuertas.

10.ª Sacar los barcos de las esclusas.

Es evidente que en cada operación de éstas pasa de la esclusa inferior al canal correspondiente una altura de agua de $0^m,20$, próximamente 140 metros cúbicos, los cuales toma del dique inmediatamente

(1) Cerradas las compuertas, tan pronto se quite el cierre hermético inferior, por la ventana central y á espensas del dique, volverá la esclusa inferior á tomar los $0^m,20$ de agua.

que se cierra la compuerta y se quita el cierre hermético. En definitiva esos 140 metros cúbicos pasan en cada operación del dique al canal inferior.

Es mucho más económico restituir dicha cantidad de agua al dique á expensas del canal inferior que del superior, pues con efecto la energía necesaria para elevar $0^m,20$, de agua 140 metros cúbicos, del canal inferior al dique, será aplicando la fórmula

$$P\,h = 140000 \text{ litros} \times 0{,}2 = 28000 \text{ kilográmetros},$$

y la pérdida, restituyendo al dique dichos 140 metros cúbicos á expensas del canal superior, será

$$140000 \times 35{,}90 = 5026000 \text{ kilográmetros}.$$

Resulta, pues, mucho más económico, instalar una turbina, una máquina vertical y una bomba centrífuga que para restituir al dique los 140 metros cúbicos á expensas del canal inferior, gastará del superior

$$\frac{28000 \text{ kilográmetros}}{35{,}90} = 780 \text{ litros},$$

y teniendo ahora en cuenta todas las causas de pérdida, rozamiento de motores, etc., que á lo sumo representan $^1/_4$ del anterior, el gasto total de agua del canal superior para motores, para restituir los 140 metros cúbicos al dique, tomando el agua del canal inferior, será justamente un metro cúbico, es decir, que nos basta con el agua que necesariamente hay que tirar por la necesidad del cierre hermético superior.

Para este efecto nos puede servir, sin nuevo aumento de motores, la turbina para el alumbrado.

El tiempo necesario para la operación que representa este caso es el siguiente:

	Minutos.
Para la 1.ª	1
Para la 2.ª	1
Para la 3.ª	2
Suma y sigue.	4

	Minutos.
Suma anterior	4
Para la 4.ª	5
Para la 5.ª	2
Para la 6.ª	1
Para la 7.ª	2
Para la 8.ª	1
Para la 9.ª	2
Para la 10.ª	5
Imprevistos	2
SUMA	24

Es decir, que la capacidad de circulación para este caso, el más desfavorable de cuantos pueden ocurrir, será:

$$\frac{24^h \times 60}{24} \quad 60$$

barcos en cada sentido, ó sean en total 120, justamente el doble de los que exige el pliego de condiciones, quedando toda la dificultad resuelta con el aumento de gasto de 1 metro cúbico de agua del canal superior.

OBSERVACIÓN AL CUARTO CASO.—Como se ve, este caso, que es análogo al cuarto, se ha resuelto con más facilidad y menos gasto que aquél, bastando para ello con hacer uso del cierre hermético inferior; pero esta ventaja inmensa no se obtiene gratis y si á expensas de un mayor trabajo, para el que no están destinados, como es el frotamiento; pues es evidente que, al abrirse la compuerta de la esclusa inferior y verter ésta $0^m,20$ de agua, ó lo que es lo mismo 140 metros cúbicos, aligerándose el peso total del aparato en 140 toneladas, el cilindro subirá $0^m,05$, originando el consiguiente rozamiento en los tubos de cierre hermético, á menos de apretar desmedidamente los ocho frenos de las dos cabezas.

De no oponernos totalmente á este movimiento ascensional, será preferible guiarlo dejando suavemente apretados los frenos de cabeza.

A mayor abundamiento, la figuras indican suficientemente la disposición del tubo de cierre hermético, compuesto, según se ha dicho, de dos capas: una, la interior, de bronce de aluminio; y otra, la exterior y más

gruesa, de caucho. Con objeto de aumentar más el radio de acción de los tubos de cierre hermético, un segundo tubo invertido con respecto al anterior, y ambos alojados á los dos lados del alma de una doble I, ponen el aparato en condiciones de resbalar sobre las superficies del cilindro (testero) y de la cabeza blindada del canal.

Séptimo caso.—Supongamos, por último, el caso límite en que la diferencia de nivel entre los dos canales sea $35^m,90 - 0^m,20$.

Podríamos resolver también este caso, mucho más probable que el anterior, haciendo uso del cierre hermético inferior; pero encuentro más expedito resolverlo exactamente igual á como lo explicamos en el caso quinto, es decir, haciendo uso de los suplementos en las ventanas circulares de esclusa para reducir ó disminuir en $0^m,20$ la profundidad en las esclusas, por la sencilla razón de que se resuelve el caso sin gasto de agua, de tiempo y sin que sufran los aparatos de cierre hermético.

De todos modos, como en el caso quinto están expresadas las operaciones necesarias sin el empleo del cierre hermético, vamos á indicarlas para el caso de que se quiera hacer uso de dicho aparato, con objeto de abarcar en este cuadro todos los casos posibles.

Las operaciones necesarias serán, después de dar salida al agua del dique en una altura de $0^m,20$.

1.ª Apretar los frenos y establecer el cierre hermético en las dos cabezas de canal.

2.ª Abrir los vanos de las compuertas de canal.

3.ª Apertura de las compuertas. En este momento entrará en la esclusa inferior una capa de agua de $0^m,20$, cuya corriente de entrada podemos aprovechar para introducir el barco. El aparato descenderá $0^m,05$.

4.ª Introducir los barcos.

5.ª Cerrar las compuertas.

6.ª Quitar el cierre hermético y aflojar los frenos. En este momento verterá la esclusa inferior su exceso de agua.

7.ª Giro del cilindro.

8.ª Cierre hermético y frenos.

9.ª Abrir los vanos de las compuertas de canal.

10.ª Abrir las compuertas todas.

11.ª Sacar los barcos.

El tiempo empleado en toda la operación será para este caso:

	Minutos.
Para la 1.ª	1
Para la 2.ª	1
Para la 3.ª	2
Para la 4.ª	5
Para la 5.ª	2
Para la 6.ª	1
Para la 7.ª	2
Para la 8.ª	1
Para la 9.ª	1
Para la 10.ª	2
Para la 11.ª	5
Imprevistos	2
SUMA	25

Estamos, pues, próximamente en el mismo caso que anteriormente respecto á rendimiento, es decir, 60 barcos en cada dirección, ó sean en total 120 en las veinticuatro horas; y como se ve, el rendimiento es algo menor que en el del caso quinto, bien por el cambio de maniobra, ó bien por el aumento de altura.

CONSECUENCIA.—La consecuencia final que se desprende del examen de todos los casos anteriores es que el aparato de cierre hermético en el canal inferior sólo es ventajoso emplearle para el caso improbable de que aumente la diferencia de nivel, ó lo que es lo mismo, sea mayor de $35^{m},90$. En todos los demás casos, que son la mayoría, no se hará uso del citado cierre hermético.

Caso excepcional.

Creemos haber analizado cuantos casos pueden ocurrir en la navegación del canal para transportar los barcos cuya máxima dimensión es

$$67{,}50 \times 8{,}20 \times 1{,}80 \text{ metros.}$$

y es natural que no se presentará ordinariamente para descender ó subir

en el elevador un barco mayor, pues todos los que circulen por el canal estarán subordinados á tener como máximo las dimensiones indicadas que dicho sea de paso son más grandes que todas las conocidas hasta el día para barcos que deban ser transportados ó elevados por una instalación mecánica.

Esto no obstante el progreso creciente de la navegación fluvial y el noble pugilato que de pocos años á esta parte vienen sosteniendo los pueblos más adelantados, hacen suponer que las dimensiones de los barcos empleados en la navegación fluvial van en aumento por mil razones sencillas, que no es del caso enumerar, y en su consecuencia pudiera suceder que transcurridos unos cuantos años la instalación que ahora se proyecta fuese un obstáculo para el aumento en las dimensiones transversales en el resto del canal.

Esto no es más que aparentemente, pues bien pronto voy á demostrar que el aparato es susceptible sin nueva modificación de dar paso á barcos cuya dimensión transversal sea mucho mayor que la indicada, circunstancia digna de tenerse en cuenta para casos excepcionales que puedan ocurrir á raiz de terminarse la ejecución de la obra.

Bastará para ello con hacer uso del cierre hermético inferior y con colocar suplementos en las ventanas centrales de la esclusa, cuya altura de dichos suplementos sea el aumento de calado (puntal) del barco en cuestión con respecto á $1^m,80$.

Si el barco tiene su sección de forma próxima á la circular no habrá necesidad de modificación alguna, como se comprende fácilmente.

Si la sección del barco es rectangular y su puntal ó calado de $2^m,30$, por ejemplo, habrá que dar salida al agua del dique en una altura de $0^m,50$. Descendiendo todo el aparato, que flota en el dique, esa misma altura, podremos llenar las esclusas con $0^m,50$ más de agua, para obtener que su nivel sea el mismo de los canales respectivos.

En esta disposición, haciendo uso del cierre hermético en los dos canales, al abrir las compuertas podrán admitirse barcos con un calado de $1,80 \times 0,50 = 2,30$ metros, merced al exceso de resistencia del aparato.

Aprovechamiento del empuje del aire como motor.

Aunque sea incurriendo en repeticiones, pues de este asunto hablamos con extensión en el libro tercero, indicaremos sólo brevemente la modificación que hay que introducir en la maniobra cuando en días de viento fuerte se quiera aprovechar éste como motor.

Se reduce simplemente á que la operación de aflojar los frenos debe hacerse en este caso en dos tiempos: 1.°, aflojar los frenos de cabeza, y 2.°, paulatinamente los del arbol motor para templarlos tan pronto se inicie el movimiento, cuyas operaciones hemos hecho simultáneas en los casos anteriormente considerados.

VI.

TRADUCCIÓN DEL INFORME DEL JURADO

VI

INFORME

del Jurado de adjudicación de premios en el concurso internacional para la construcción de un elevador de barcos en los canales, presentado en el Ministerio del Comercio.

El Jurado internacional para el concurso de elevador de barcos, que se constituyó en la sesión del 18 de Abril de 1904, ha tomado en consideración los numerosos trabajos de los concurrentes, los ha abierto y ordenado.

Indice completo de todos estos proyectos.—*Alegato (relación) núm. I.* —La relación número 1 da el número y lema de todos los trabajos, por su número de apertura, que fué el correlativo. Entre proyectos y suplementos enviados, eran en total 231 volúmenes *(pezzi)* para juzgar, de los cuales, la mayor parte, con muchos dibujos y memorias de cálculos, y algunos también con el modelo.

El trabajo del Jurado era, por lo tanto, grande y fatigoso.

Proyectos rechazados.—*Alegato (relación) núm. II.*—Primeramente fueron excluídos del premio, todos aquellos proyectos que, con arreglo al artículo 12 del Reglamento, no correspondían por razones exteriores (á simple vista), á las condiciones del concurso, ó por inaceptables é inadaptables.

La relación número 2 contiene el número y los lemas de aquellos proyectos que fueron excluídos por unanimidad en dicha sesión del 23 de Abril.

Los restantes, los Jueces juzgaron separadamente, según el sistema á que pertenecen, ó sean «esclusas», «elevadores verticales», «planos inclinados» y, por último, «*elevadores giratorios*»

A continuación de este estudio, el ponente de la comisión informó

en las sesiones del 27 y 30 de Abril, 26 de Mayo, 3 y 11 de Junio, respecto á las propiedades y faltas de los proyectos, y con el fallo unánime de todos los miembros del Jurado, fueron excluidos aquellos trabajos que por ser incompletos, ó que por faltas esenciales de ejecución ó de funcionamiento, no podían ser considerados como solución apropiada al problema.

Alegato (relación) núm. III.—La relación 3.ª da el número y lema de aquellos trabajos que fueron asimismo excluidos en las sesiones del 27 y 30 de Abril, 26 de Mayo, 3 y 11 de Junio.

La exclusión de todos los anteriormente citados proyectos, con excepción de aquellos señalados en el índice con un asterisco, tuvo lugar en sesiones á las cuales estaban presentes todos los miembros de la comisión y con el voto unánime de los Jurados (1).

Los trabajos señalados con asterisco no fueron rechazados por unanimidad; pero sí con el número de votos señalado.

Para la exclusión, en la mayor parte de los casos, daba la pauta, que ideas ya conocidas y desarrolladas incompletamente ó defectuosas, no merecían ninguna consideración (2); nuevas y sensatas ideas, pero desarrolladas de modo incompleto, ó bien que en el trabajo presentado aparecía claramente la carencia absoluta de la noción del asunto, con gran sentimiento del Jurado debió excluir también proyectos que pre-

---

(1) En dicha relación figura el proyecto lema *Arbeit núm. 94.* Her. Anton Schrom, uno de los jurados, y otros tres señores de la comisión, me han manifestado que ninguno de los jurados austriacos (la mayoría) había visto mi trabajo y que este lo informaron Armand de Bovet (de Paris), Harcourt (de Londres) y Ridler (de Berlin), afirmación que se comprueba más adelante por este informe en unas partes y que se desmiente en el mismo en otras, según demostraré llamando la atención sobre el párrafo correspondiente.

(2) El proyecto *Universelle*, que ha obtenido el primer premio, tiene sus defectos graves, como se afirma en el informe, pertenece al sistema de planos inclinados, el más antiguo de todos, empleado por los chinos en tiempos prehistóricos, y carece por lo tanto de originalidad; pero las entidades autoras son todas austriacas (de Viena), alguna de las cuales tenía representación en el jurado..... Lo único notable en dicho proyecto (del cual se puede afirmar es un verdadero alarde brutal de tración eléctrica), es la supresión del cable..... ¡Ya lo adoptarán si se lleva á la práctica! sea con contrapesos para equilibrar los carretones-esclusa, sea contrapesándose estos entre sí; en suma, seguirá la historia de todos los planos inclinados, con dificultades que aquí serán insuperables. Véase cuanto á este respecto dice *Le Génie Civil*, Enero de 1905.

sentaban mucha diligencia (minuciosidad) y mucha cantidad de trabajo; pero sin embargo ofrecían parcialmente ventajas, por ejemplo, interesantes construcciones ú originales soluciones de estática, los cuales, sin embargo, ofrecían por otra parte una labor incompleta, como por ejemplo las construcciones de las máquinas.

Otros trabajos, por muchas razones de valor, debieron venir excluidos, por que demostraban faltas que sin un cambio total de la base (del conjunto), ó bien de los detalles esenciales, no podían ser ejecutados.

Estos proyectos procedían aparentemente de valientes ingenieros, á los cuales era conocida solamente una parte del campo tomado en consideración y que buscaron desarrollar un proyecto completo, con la cooperación de asuntos prácticos para otra aplicación.

Asimismo, con gran sentimiento, debieron venir excluídos proyectos fatigosamente laborados, y cuyos autores tuvieron por punto de partida ideas interesantes, pero impracticables. *Esto ocurre muy especialmente con el grupo de elevadores de cilindros giratorios* (1).

Apreciación de singulares particularidades en los diferentes trabajos.—*Alegato (relación) núm. IV.*—Entre el número de proyectos excluídos, fueron, no obstante, hecho resaltar particularidades dignas de llamar la atención, y respecto á las cuales se decidió hacer especial mención.

El alegato núm. IV contiene el número y lema de estos proyectos y la citada mención de dichas particularidades.

Después de la exclusión de los trabajos registrados en las relaciones números II y III, quedaron sólo tres grandes proyectos, que son:

Núm. 114, lema «Universell» (2).

Núm. 91, «Industria austriaca».

Núm. 85, «Habsburg».

En la sesión del 30 de Junio del año corriente se decidió respecto al

(1) Á este grupo pertenece el proyecto «Arbeit» como el «Habsburg» (premiado); pero juzgando á la ligera ó tal vez sin ver aquel trabajo, le suprimieron la condición de *flotante* que asignan sólo al «Habsburg», según veremos afirma más adelante el Jurado en este informe.

(2) Cada uno de estos proyectos ha sido presentado por siete ú ocho entidades austriacas, de Viena en su mayor parte. En España, siquiera por pudor, habríamos dejado algo para los de fuera; debemos ir copiando.

proyecto núm. 114 lema «Universell», y después de oir al ponente de la comisión, con todos los votos menos uno, retener dicho proyecto con arreglo al párrafo 14 del reglamento, remitirlo á la respectiva comisión para un nuevo examen y eventual premio.

El proyecto núm. 91 «Industria austriaca» constaba de cuatro distintos proyectos **A-D** (ó sean **A**, **B**, **C** y **D**), de los cuales al proyecto **A** era anexa, además, otra variante.

Los proyectos **A**, **B** y **C** contenían ciertamente aisladas particularidades, especialmente por lo que respecta á la parte puramente hidráulica.

Eran, no obstante, en la base (idea) y en el sistema del elevador tan diferentes, que asimismo para el proyecto **D** se debió decidir separadamente, considerándolos como proyectos especiales.

El proyecto núm. 91 **A** consiste en dos esclusas suspendidas, haciéndose equilibrio por medio de cadenas, con motor eléctrico, fué excluído por todos los votos menos dos.

El proyecto núm. 91 **B** representa dos esclusas en equilibrio por el intermedio de columnas (1) y motor eléctrico para el movimiento de un engranaje y cremallera (2), fué excluído por todos los votos menos dos.

El proyecto núm. 91 **D** describe un plano inclinado lateral (3), con vías transversales hasta el vértice, con contrapesos suspendidos por cables, fué excluído por unanimidad.

Por el contrario, fué aceptado por todos los votos menos uno el proyecto núm. 91 **C**, y reservado para un ulterior examen, con objeto de ver si en unión de partes de los proyectos **A** y **B** podían dar un conjunto bastante completo que pudiera ser tomado en consideración para la concesión del premio.

Por lo que respecta al proyecto núm. 85 «Habsburg», decidióse, en la sesión del 2 de Julio por seis votos contra tres, reservarlo para un ulterior examen.

Examen de adjudicación de premios. — Con profundo examen de los

---

(1) De prensa, sistema Clark.
(2) Sólo para el guía.
(3) Sistema Overdrak.

proyectos retenidos, respecto á su respectivo valor, se formó, según el párrafo 14 del reglamento, una comisión de siete miembros.

En la sesión del 6 de Julio, el ponente de la comisión informó á la misma respecto al resultado del ulterior examen, y propuso con respecto al proyecto núm. 91 **C**, todavía para juzgar, y relativamente á su unión con los proyectos ya excluídos núm. 91 **A** y **B**; excluir también el proyecto núm. 91 **C**, porque con dicha unión no se podía obtener un proyecto completo, y porque partes esenciales del proyecto en las cuales el mismo se distingue sólo por accesorios, trabajos ya conocidos, no están desarrollados de una manera aceptable. Á consecuencia de dicha proposición, el proyecto núm. 91 **C** fué excluído por todos los votos menos dos.

Adjudicación de premios.—En dicha sesión del 6 de Julio, el ponente hizo las siguientes proposiciones, siguiendo las conclusiones de la comisión respecto á la adjudicación de premios.

El primer premio se debe adjudicar al proyecto núm. 114, lema «Universelle». Esta proposición fué acogida por todos los votos menos uno.

El segundo premio sea adjudicado al proyecto núm. 85 «Habsburg».

Esta proposición fué acogida por todos los votos menos tres.

La adjudicación del tercer premio fué declarada desierta por falta de un tercer proyecto apto. Opiniones contrarias de un miembro del jurado fueron registradas en el protocolo de la 12.ª sesión.

Fundamento (bases) de las conclusiones.

Para las conclusiones daban la pauta las siguientes circunstancias. Según los planos del terreno, que acompañan al pliego de condiciones, aparecen en primera línea los planos inclinados con vías longitudinales. Una disposición de elevador vertical requiere grandes y costosas construcciones, y por consiguiente gastos considerables. Esto sucede con los elevadores verticales de los distintos sistemas, y aun para esclusas con gran salto, como asimismo para vías transversales (Overdrak). Un examen de las vías fluviales que se proyecta unir, hace que no forme parte del tema la solución de un salto brusco, ó de una sola vez.

Vías longitudinales y transversales.—Las vías longitudinales débilmente inclinadas fueron elegidas en muchos proyectos. Proyecto de vías transversales presentáronse sólo aisladamente (muy pocos); de estos últimos, ninguno respondió á las condiciones, y ninguno fué encontrado digno de premio.

Una vía transversal, no obstante, siempre que fuese adaptable al terreno y al trazado, sería indudablemente de gran ventaja, especialmente para ganar tiempo, como consecuencia de la mayor pendiente, de la menor duración para la entrada y salida de barcos y adaptación para los cambios de nivel. Estas ventajas pueden presentar bastantes puntos favorables para determinar la elección, si el modo de funcionar de los planos débilmente inclinados no fuese preferible. Al propio tiempo que se examinaban estas condiciones se tenían en cuenta las impuestas, respecto al número indicado de barcos que deben pasar en el transcurso de las veinticuatro horas. En las aplicaciones de estos planos inclinados parecía posible que se pudiese restringir la duración de la esclusada, dando á los carretones una mayor velocidad y abreviando la duración de las demás operaciones de entrada y salida de barcos, y maniobra de compuertas.

Vías separadas y vías unidas.—Las exigidas condiciones para evitar una pérdida de tiempo favorecen la solución (aplicación) de dos vías separadas, sin más unión mecánica, en las cuales son contados (escasos) aquellos retrasos que tienen lugar en las vías relacionadas entre sí (por cables por ejemplo) para obtener las necesarias garantías por medios mecánicos conocidos, y viaje expedito desde el principio hasta el fin de la marcha.

También en este último orden de ideas aparece la unión mecánica de dos carretones-esclusa defavorable, porque aquélla debe ser obtenida mediante cables ó cadenas, cuya elasticidad hace difícil la seguridad del funcionamiento.

En la aplicación de dos carretones-esclusas, unidos mediante cables ó cadenas, con motores propios sobre cada carretón, causaría á consecuencia de las variaciones de tensión del cable, en el caso de una no completa correspondencia de equilibrio, al llenar de agua las esclusas, pesos y resistencias que se opondrían para poder obtener, especialmente

al principio y al fin del viaje, seguras aceleraciones y retrasos, etc., etcétera, etc. (1).

Saltamos, pues, desde la página 6 del informe (Bericht) á la 17, donde continuamos.

Especiales anotaciones al proyecto núm. 85, lema «Habsburg».— La idea fundamental de un gran cilindro con dos esclusas tubulares fué presentada al jurado en varios proyectos, la mayor parte de los cuales eran deficientes, entre otros, por ejemplo, los cilindros de base giratoria, ó bien con ejes giratorios, ó, por último, con carretones también giratorios. Á causa de estos particulares inaceptablesé impracticables, ninguno de estos proyectos podía ser tomado en consideración, pues no presentaba una solución en concepto del Jurado.

Solamente (2) en el proyecto núm. 85, lema «Habsburg» se ha seguido el principio racional del cilindro elevador flotante, y, por consiguiente, este es el único proyecto aceptable de esta clase (3).

El cilindro elevador es una espaciosa obra flotante que soporta las esclusas y todo el conjunto guiado en los extremos de su eje por dos palancas oscilatorias, así es que todo el sistema debe seguir según leyes conocidas, las fuerzas exteriores.

El movimiento del cilindro (4) se obtiene por medio de engranajes y motores giratorios, cuyo eje es el mismo de dichas palancas. Por la influencia de fuerzas exteriores, el sistema sigue un cambio de posición estática alrededor del eje de las palancas. Para cada cambio de posición hay que vencer los rozamientos, la resistencia (adherencia y cohesión) del agua y la de la masa.

Las fuerzas exteriores se han tomado en consideración:

---

(1) El Jurado, en su informe, sigue analizando las condiciones que deben cumplir los elevadores pertenecientes á cada sistema para pasar enseguida al análisis de las especiales anotaciones en los proyectos premiados. Alterando el orden, pasaremos á ocuparnos solamente del «Habsburg».

(2) Página 17 del informe del Jurado.

(3) Frescura se necesita para sentar esta afirmación, si han visto siquiera las figuras de mi trabajo. Si no las examinaron, huelga el comentario y á la seriedad del Jurado; pero bien pronto demostraré con el mismo informe que no sólo vieron las figuras, si que también la Memoria de la cual se calcan algunos párrafos, por terrible coincidencia.

(4) Véase la descripción que hace el *Génie Civil* de 7 de Enero de 1905.

1.° El empuje del viento.

2.° Oscilaciones del agua (cambios de nivel).

3.° Fuerzas laterales en relación con las condiciones del agua en las esclusas tubulares, en el caso de desigual cantidad de agua en ellas, ó, finalmente, en el caso más desfavorable de vaciarse una de las dos esclusas.

Todas las restantes fuerzas que podrían obrar son insignificantes en comparación con las anteriores y á la disponible para la maniobra del elevador.

La acción del viento podría venir completamente excluída con la construcción de una cubierta que cubra el elevador. En este caso, la construcción del flotante podría hacerse más ligera, pero el coste de la cubierta corresponde á un gasto de 600 toneladas.

El proyecto, no obstante, por lo que respecta á las condiciones estáticas, no tiene objeciones, aun sin esta protección del viento, y aun con las mayores presiones del mismo, que sería de 270 kilógramos por metro cuadrado; la construcción resulta práctica, aunque se tome dicha presión del viento, actuando sólo en la mitad superior y con interrupciones, lo cual prácticamente no puede ocurrir. La resultante debe pasar siempre como componente radial del centro de presión. Las componentes tangenciales del empuje del viento pueden por adherencia obrar como pequeñísima fuerza giratoria; el posible movimiento del elevador á consecuencia de esta fuerza es despreciable y limitado al juego necesario en los engranajes (1).

Las componentes radiales pueden producir mayores ó menores inmersiones del aparato, contra las cuales se han imaginado relativas disposiciones para impedirlo.

Para las desviaciones laterales y oblicuas se oponen convenientemente las ruedas dentadas (el engranaje).

En el caso más desfavorable de una gran fuerza del viento de 270 kilógramos por metro cuadrado, debe cesar también en el canal el paso de barcos; para el funcionamiento del sistema puede admitirse como máximo una fuerza de 120 kilógramos por metro cuadrado; bajo estas

(1) Y al juego de las dos palancas y con peligro del cierre hermético.

condiciones todas las fuerzas que obran sobre el aparato son muy inferiores á aquéllas que este puede soportar.

Las presiones laterales del viento sobre las bases del cilindro obran en dirección del eje del mismo, y están contrarrestadas por una disposición especial en los apoyos de los extremos del eje (1).

El cilindro elevador no flota en un espacio de agua ilimitado sino en un dique; así, pues, el agua, en caso de aumentada ó disminuída inmersión, puede *salir* y *entrar* á través de los espacios, entre el cilindro y el dique. Así, pues, según la medida del flujo ó reflujo del agua, las fuerzas resistentes crecen rápidamente ó disminuyen, y obran contrariamente á cambios de equilibrio y á movimientos oscilatorios. Así, por ejemplo, $0^m,01$ producirá un aumento de nivel en el dique de $0^m,09$. De esta manera quedarán entre pequeños límites las variaciones en el rápido incremento de estas fuerzas resistentes (contra el empuje del aire).

Á cada cambio de las condiciones de equilibrio obra en contra la enorme fuerza de inercia del aparato que pesa 10.000 toneladas (igual que el «Arbeit»).

El cilindro debe seguir las pequeñas diferencias de nivel del agua del dique. La unión movible y la cubierta en este proyecto están bien entendidas; pero su aptitud para dichos cambios de nivel *es sólo dentro de los límites marcados en las condiciones del concurso.* Para mantener posible la función del elevador con todas las condiciones prácticas que allí (en el canal) se requieren para las distintas diferencias de nivel, es preciso ante todo que la disposición del conjunto esté en condiciones para prevenir *mayores diferencias de nivel que las indicadas* (2).

La disposición de *esclusas exteriores* y aun de *bombas* (3) para la regulación especial del nivel, contribuye á mejorar las condiciones que requiere la superficie de nivel para un semejante elevador.

---

(1) Este mismo esfuerzo, que es tremendo, en el eje de las grandes palancas, no está contrarrestado. Por esto, más adelante el Jurado impone á esta desatinada disposición *la adopción de muros* en vez de palancas, con lo cual el movimiento por engranaje tiene forzosamente que ser sustituído por cables, y así, de modificación en modificación, queda al final reducido hasta en sus detalles, según demostraré, á un proyecto *idéntico* al «Arbeit».

(2) En el proyecto «Arbeit», en vez de los $0^m,20$ se llega al $1^m,50$, y puede hacerse aún mayor.

(3) Ambas disposiciones figuran también en el proyecto «Arbeit».

Mediante tales bombas podrán venir igualadas también aun las oscilaciones del nivel superior, y aun en la esclusa superior, y de este modo eliminadas todas las fuerzas laterales que se desarrollan á consecuencia de los cambios de nivel.

Fuerzas laterales se desarrollan también á consecuencia de las variaciones de nivel en el canal superior, por presión lateral sobre el cilindro y por sobrecarga de agua en las esclusas. En todos estos casos, dichas fuerzas influyen poco en los aparatos para el movimiento del cilindro y en pequeñas inmersiones del mismo.

Las fuerzas laterales más desfavorables, tendrán lugar, si durante el giro, cerca de la mitad del viaje se vacía una esclusa. Para este caso, el aparato motor del elevador está calculado con una potencia cuatro veces mayor de la necesaria.

El cilindro elevador puede á consecuencia de las expresadas disposiciones que evitan los fuertes cambios del nivel inferior, seguir lentamente dichos pequeños cambios. Los desplazamientos en altura y circulares están previstos en el proyecto; en sentido lateral es imposible el movimiento por impedirlo las palancas y el apoyo del eje en sus cojinetes. El cierre hermético que se obtiene por medio de *bandas de goma* y cuñas y la igualdad de nivel de las esclusas con los canales, permite pequeños movimientos longitudinales y de giro.

Al propio tiempo que se hace la elevación ó descenso de las esclusas, se obtiene en éstas la igualdad de nivel con el canal correspondiente. El inevitable escape de agua por los aparatos de cierre hermético y los desplazamientos del conjunto se han tomado en consideración de modo aceptable en el proyecto. La compresión de las bandas (ó cierre hermético) contra las esclusas, está en relación con la altura de agua, ó sea para una columna de agua de 5 metros.

El cilindro puede moyerse y efectúa el giro con fuerzas correspondientes. Todas las fuerzas laterales mencionadas incluso el caso desfavorable de vaciarse una esclusa solicitan solamente determinadas partes del aparato elevador. Ondas de agua, ó bien calma momentánea, no tienen influencia digna de mención, porque estas fuerzas son pequeñas y se contraponen á ellas como á las oscilaciones los aparatos de guía y la gran resistencia de la masa.

El cilindro elevador debe venir equilibrado después de la instalación de la construcción metálica, pues al principio no se puede obtener exacta como se expone en el proyecto; así, pues, flota con el eje recto, y esta posición mantendrá el cilindro durante el giro entre los límites que permitan los aparatos de guía. Los aparatos motores y los engranajes están calculados exuberantemente, aun para las cargas mayores.

Por medio de los aparatos de guía, el elevador puede venir dominado completamente, y en las posiciones finales no es todavía del todo inmóvil; después del cierre en la parte superior y abiertas las compuertas, es cuando se obtiene el mismo nivel entre las esclusas y los canales. Esta entrada ó salida de agua en las esclusas origina también pequeños movimientos de ascenso ó descenso en el cilindro. Asimismo es una inevitable y desventajosa propiedad, el que al vaciarse una de las esclusas se cambia la posición de altura en el cilindro, si bien esto influye poco en la operación de entrada ó salida de barcos, pues para esto no es preciso que el cilindro esté completamente quieto. Cada fuerza extraordinaria, como por ejemplo el viento, encuentra su correspondiente contraria en la guía de los demás aparatos y en la gran masa y peso del cilindro.

El proyecto es notable por las siguientes ventajas especialmente:

1.ª Pequeñísima resistencia al movimiento, puesto que durante el giro sólo hay que vencer la constante resistencia de la adherencia del agua (1) y la pequeña resistencia del aparato.

El motor de 70 caballos propuesto para este proyecto está suficientemente calculado (2).

La aplicación de estos motores está bien entendida en todo el conjunto.

2.ª Evita la mucha carga sobre las cimentaciones, puesto que el cilindro motor se apoya (flota) sobre el agua, y, por lo tanto, independiente de la cimentación (3). El único contacto *con el muro de cabeza* del canal superior está en el cierre hermético de la esclusa, durante la maniobra de entrada y salida de barcos.

---

(1) ¿Y la cohesión que es mucho mayor?

(2) Es también dependiente del tiempo que se emplee en una operación.

(3) Esto es erróneo á todas luces; sólo es cierto que la presión que soporta el terreno es pequeña.

Á este proyecto se le introdujeron las siguientes mejoras:

1.ª La absoluta seguridad del nivel de agua, especialmente del canal inferior, con la adopción de una cámara de esclusas y la adición de un sistema de bombas para regular el nivel con el dique.

2.ª El transporte longitudinal del eje se evita introduciendo especiales construcciones de hierro ó muros.

3.ª Ejecuciones especiales en los detalles de la unión de las esclusas que puedan permitir diferencias de nivel mucho mayores que las exigidas en el concurso.

4.ª Completo resguardo de los engranajes y de las máquinas, y de la formación del hielo en las esclusas.

5.ª Aumento de la profundidad de agua en las esclusas, y mejora en el procedimiento de sujetar los barcos durante el giro. *La disposición de flotadores como está dispuesto en el proyecto no es bastante segura para un práctico funcionamiento.*

6.ª Facilitar en las esclusas la expulsión del humo de los vapores que eventualmente puedan aprovechar el elevador.

7.ª La adición de pernos auxiliares (tornillos frenos) y cojinetes, para que vengan limitadas las oscilaciones y los movimientos del elevador, á consecuencia de variaciones en la fuerza lateral del viento ú otras fuerzas exteriores.

Estos pernos auxiliares podrían situarse de modo que se opongan también á los pequeños movimientos originados por los cambios de nivel, originados por la entrada y salida de barcos. La disposición más apropiada para los cojinetes auxiliares sería tal, que solamente las fuerzas de abajo para arriba viniesen contrarrestadas por estos cojinetes, así el cilindro podrá sumergirse libremente, más no elevarse (1).

La profundidad de inmersión deberá elegirse de manera que aun en el caso más desfavorable resultase un pequeño empuje contra el cojinete para asegurar una posición invariable del cilindro. En el caso de extraordinaria disminución de nivel, el cilindro se apoyará, como

---

(1) Esto me parece un desatino, y dichos aparatos subsistirán hasta que haya un descuido en el canal superior, ó que sobrevenga una inundación, inevitable la mayor parte de las veces.

está previsto en el proyecto, en el asiento ó fondo del dique (1).

8.ª La construcción de una cubierta para suprimir la acción del viento sobre el aparato. Á causa de esta cubierta se disminuirán los gastos de entretenimiento y se facilitarán las reparaciones.

Entre las grandes diferencias de los dos proyectos premiados, la cuantía del premio no dependió, ni del respectivo valor, ni del coste total; además, tampoco existe gran diferencia entre el valor de los dos premios asignados.

Sigue el informe estableciendo una comparación (paralelo) entre los proyectos «Universell» y «Habsburg», y continúa como sigue.

El proyecto favorecido con el segundo premio, que está por las condiciones del lugar en segundo término y aun en condiciones generales menos aplicable, se distingue por la gran sencillez de su parte mecánica, por la pequeñísima resistencia y la independencia de la cimentación (de los asientos, etc.), y resuelve el problema de la elevación mecánica con un gasto de fuerza extraordinariamente pequeño.

También los proyectos no premiados contenían ideas de mucho valor y nuevas para la resolución del problema, las cuales se han examinado en el protocolo (Beilage) núm. 4.

Además, el Jurado ha acordado, en sesión del 29 de Octubre, la compra de los proyectos núm. 91 «Industria austriaca», núm. 143 «Securitas», núm. 193 «Renaisance». Si bien no se pueden considerar como proyectos completos según las condiciones del concurso. Se debe hacer notar que de este concurso se rindió un gran servicio, tanto al progreso,

---

(1) El que haya tenido paciencia bastante para leer la Memoria del proyecto «Arbeit» no creo abrigará duda de que el trabajo ha sido examinado por el Jurado, ó al menos por el que ha redactado este informe. Todas las condiciones impuestas por el Jurado al proyecto «Habsburg», excepción hecha de la 8.ª y última, están satisfechas hasta la saciedad en el proyecto «Arbeit», y algunas como la 1.ª, 2.ª-3.ª, 5.ª y 6.ª, parecen párrafos enteros calcados de la Memoria. Y, sin embargo, los jurados austriacos hanme afirmado, á presencia del Cónsul de España en Viena, y en documento escrito que conservo, que no lo han visto, pues correspondió su estudio á los jurados extranjeros De Bovet, Harcourt y Ridler. No hago comentarios, siento sólo afirmaciones. Es digno de notar que á los jurados, señores de indiscutible saber y experiencia hidráulica, se les haya ocurrido imponer al proyecto «Habsburg» *precisamente* aquellas mejoras que están contenidas *todas* en mi proyecto y no alguna más. Sea por coincidencia, sea porque los vieron, creo debieran haber hecho mención de ello en el informe.

como á la solución práctica del tema de navegación técnica fluvial de la época presente.=Por el Jurado, *El Ponente general*, DÖERFEL.=*El Presidente*, RIDLER.

Mención de los particulares dignos de notar en los diferentes proyectos.—*Alegato (Bailage) núm. IV.*

91. *Industria austriaca.*—El Jurado menciona las excelentes disposiciones de las construcciones hidráulicas y de la parte técnica del movimiento de los barcos, especialmente la buena disposición y abundante anchura de la esclusa anterior, la junta ó unión de los muros de separación de entrada para la disminución de la barra de agua delante de los barcos y el cuidadoso trabajo de la parte de madera.

El proyecto tiene valor especialmente para el estudio comparativo, y su adquisición es recomendable especialmente por el profundo trabajo en la parte del proyecto relativa á electricidad.

En la votación fué aceptada la proposición de la compra por 14 votos contra 1.

115. *Ohne maschine.*—El Jurado menciona el admirable trabajo de construcción del proyecto (1).

133. *Magnetkraft.*—El Jurado hace mención del valor de adoptar el electro-magnetismo para regular la superficie de resbalamiento que soportan las cargas, y por otra parte, para la disposición de sujetar los carretones á la esclusa. (Traduciendo más libremente que la idea de este proyecto, da lugar á nuevas aplicaciones de la electricidad) (2).

143. *Securitas.*—El Jurado menciona que este proyecto se ocupa para obtener con medios especiales una posición sólida de los barcos y precisamente de modo que éstos entren en el carretón de esclusa con muy

(1) Este proyecto consta de cinco pequeñas láminas con 16 figuras en total. La Memoria es también insignificante. La solución que propone es dividir el salto en otros tres de 12 metros, y emplea la esclusa ordinaria. Se ha suprimido del informe en obsequio á la brevedad lo que opina el Jurado respecto á las esclusas, que rechaza por unanimidad para este caso.

(2) Microscópico plano inclinado. Tiene, no obstante, más originalidad que el proyecto «Universell». Por su aspecto y tamaño, si se presenta en idioma extranjero, lo rechazan la primera sesión que juzgaron de golpe 90 proyectos.

poca agua, de manera que la misma descansa en una masa elástica. Para esta disposición se han adoptado tubos de cautchut inflados y revestidos con cubierta de hoja de lata. La proposición de la compra fué aceptada por 8 votos contra 7 (1).

145. *Ziehet Ziehet Hebt.*—El Jurado menciona la parte técnica expuesta magistralmente, especialmente en lo que respecta á la cimentatación, y la proposición de la introducción de los muros de esclusa (2).

193. *Renaissance.*—El Jurado cita este proyecto de esclusa, por la disposición de especiales depósitos laterales, con el objeto de disminuir el fuerte movimiento de agua (gran gasto).

Asimismo se hace mención de la disposición del cemento armado, en donde las partes que soportan el peso y las que contienen el agua, están construídas de modo especial.

La compra se decidió por todos los votos menos dos (3).

---

(1) Este original proyecto consta de 23 figuras en otras tantas láminas, y es un plano inclinado longitudinal con dos vías á diferente nivel. Cada vía tiene doble carril, y lo que llama la atención de éste como de todos los proyectos austriacos es el derroche de electricidad, pues parece que todos se han puesto de acuerdo para copiar el cuadro de la central de los tranvías, que, como es sabido, son de lo mejor organizados del mundo.

(2) Este proyecto consta de 26 figuras y presenta una gran esclusa con edificaciones á los costados para el aprovechamiento del agua. Estas construcciones son de cemento armado, y una de las soluciones tiene (consta) de 18 pisos de á 2 metros de altura, comprendidos los espesores. Cada uno de estos pisos dividido en cuatro partes ó cámaras tiene 15 metros de anchura, de modo que el número total de cámaras será $2 \times 18 \times 4 = 144$, cada una de $4 \times 15 \times 2$. El desagüe de todas y comunicación con la esclusa se hace por la parte inferior. La esclusa total tiene $18^m \times 9^m,40 \times 68$. Fácilmente se comprende que cada barco que sube ó baja gastará en la esclusada 2 metros de altura de agua (enorme), pues ésta en puridad sustituye á 18 esclusas de á 2 metros, escalonadas, sólo que dará un rendimiento menor que éstas.

(3) ¿Creerán ustedes que éste exiguo proyecto de esclusa es francés al juzgar por el lema? Pues no señor; este como los dos premiados y los otros dos indicados para ser comprados no podía por menos que ser austriaco, no obstante la detestable opinión del Jurado respecto á las esclusas en este caso.

Con efecto, los autores de este proyecto son:
Ingenieur Josef Anton Spitzer, de Viena.
Ingenieur Anton Schnell, de Viena.
Ingenieur Adolf Schuster, de Viena.
Ingenieur August Nowak, de Viena.
Maschinenfabrik F. X. Komarek, de Viena.

201. *Pourquoi vouloir faire aller les bateaux sur des rails?*—Se distingue en este proyecto, la disposición de la esclusa, destinada á elevar á 18 metros los barcos. Se emplean altas pilastras, entre las cuales están construídos depósitos de reserva de gran superficie, para aprovechar el agua. La construcción es de cemento armado (1).

Terminado el alegato (beilage) núm. 4, adjuntamos á continuación los números 1, 2 y 3, recortados de un informe, porque no necesita traducción.

Pensaba también adjuntar una descripción algo más detallada de los proyectos premiados «Universell» y «Habsburg». Pero la falta de espacio por un lado, y el haberlo hecho el *Génie Civil*, me evitan ese trabajo. Me remito, pues, á dicha publicación y números correspondietes al 7 y 14 de Febrero de 1905, donde se podrá ver la semejanza, casi identidad, de los proyectos «Habsburg» y «Arbeit», hasta el punto de encajar ambos en una misma patente; pero éste y otros particulares requieren capítulo aparte.

Número y lema de los proyectos presentados, por su orden de numeración. *(Beilage I.)*

1. Graphisches Motto. (Doppelter Zweizack.)
2. «X. Y. Z.»
3. «Die Haupteigenschaft der Wahrheit ist ihre Einfachheit.»
4. «Avalon.»
5. (Zu 47 gehörig) «Height and Weight.»
6. «Zukunft.»
7. «Kein Motto.»
8. «Adam.»
9. «Suun cuique.»
10. «H. S.» (im Kreis.)

---

(1). Este proyecto, sin duda el de menos presencia de cuantos se ha presentado al concurso, consta de 13 figuras en 5 minúsculas láminas, que todas juntas caben en $1^{m2},50$. Esto no quiere decir que carezca de mérito; pero como los señores del Jurado han procedido muy á la ligera (y no podía ser de otra manera), apreciaban más bien por el aspecto; esto unido á la escasa ó ninguna originalidad del proyecto, por cuanto divide el salto de 36 metros en otros dos de 18, y existen ya en Francia esclusas que salvan una altura de 12, me inclino á creer había entrado por mucho la satisfacción á Mr. Armand de Bovet, único miembro francés del Jurado y personaje de indiscutible sabiduría y respetabilidad. Pero tampoco han asignado premio á este proyecto ni á ninguno extranjero..... todo menos eso.

11. (Zu 17 gehörig) Kein Motto.
12. «Unfehlbar.»
13. «Stahlband.»
14. «Fontes-Aquarum.»
15. «Donauwellen.»
16. «Victoria.»
17. (Zu 11 gehörig) Kein Motto.
18. «Unübertrefflich.»
19. «Waage.»
20. «Avenir.»
21. «Pro bono publico.»
22. «Der Wiedertäufer.»
23. (Zu 73 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»
24. «Prüfet alles, das Beste behaltet! Nur das Gute bricht sich Bahn!»
25. (Zu 88 gehörig) «Einfach und sparsam.»
26. «Nil mortalibus arduum.»
27. «Relator.»
28. «En avant.»
29. «Beneficiorum memor.»
30. «Speranza.»
31. «Steigende Schiffe.»
32. «Die Tecnik kann es leisten.»
33. «Zwei Brüder.»
34. «Norna.»
35. «Roma.»
36. (Zu 131 gahörig) «Rita.»
37. «Kein Motto.»
38. «Canal Competition.»
39. «Aplanos.»
40. «Neuen Zielen, Neue Sielen.»
41. «Hub im Lot» (in Umrahmung.)
42. «Siehe Henrichenburg.»
43. Graphisches Motto. (Griechisches Kreuz.)
44. «Sub judice lis est.»
45. «Viribus unitis.»
46. «Kein Motto.»
47. (Zu 5 gehörig) «Height and Weight.»
48. (Zu 183 gehörig) «Gröbere Baukosten, kleinste Betriebskosten.»
49. «Mens agitat molem.»
50. «Eine ungeübte Hand.»
51. «Schacht.»
52. «La paix et le travail font le bonheur des peuples.»
53. «Dies ist nicht das, was andre haben.—Und andern mangeln diese Gaben. Aus dieser Verschiedenheit.--Entspringt die Vollkommenheit.»
54. «Mil novi.»
55. (Zu 78 und 89 gehörig) «Vincit omnia labor.»
56. «Unmöglices kann man von Niemand verlangen.»
57. «Errando discitur.»
58. «Balance et Gravitation.»
59. «Per aspera ad astra.»
60. Graphisches Motto. (Zwei sich schneidende Kreise.)
61. «Taucherschnellbetrieb.»
62. «Kein Motto.»
63. «Duo.»
64. «Labor omnia vincit.»
65. «Sicherheit.»
66. «Archimedes 287.»
67. «S. P.» «Semper paratus.»
68. (Zu 216 und 225 gehörig) «Excelsior.»
69. «Tu vaincras par ce signe.»
70. Graphisches Motto. (Zwei U-Formen im Kreis.)
71. «O! Altitudo!»
72. «Balanzier mit Kurbel» (in ovaler Umrahmung.)
73. (Zu 23 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»
74. «Excelsior.»
75. «Schiffshebeeinrichtun.»
76. «Kein Motto.»
77. «Excelsior.»
78. (Zu 55 und 89 gehörig) «Vincit omnia labor.»
79. (Zu 129 und 178 gehörig) «Bertil.»
80. (Zu 167 und 206 gehörig) «Simple et pratique.»
81. «Kein Motto.»
82. «Kraft.»
83. (Zu 224 gehörig) «Das Wasser

tut es freilich nicht, aber das Gefälle.»
84. «Sweating.»
85. «Habsburg.»
86. «Majestät Austria.»
87. «Wasserschlob.»
88. (Zu 25 gehörig) «Einfach und sparsam.»
89. (Zu 55 und 78 gehörig) «Vincit omnia labor.»
90. «Glück auf!»
91. «Industria austriaca.»
92. «Est nobis voluisse satis.»
93. «So heben wir.»
94. «Arbeit.»
95. «Securitas.»
96. «Immer vorwärts.»
97. «Nr. $\frac{764.209\ D}{157}$.»
98. (Zu 203 gehörig) «Stehauf.»
99. «Zwilling.»
100. «Kein Motto.»
101. «Kein Motto.»
102. «Kea Ora.»
103. «Opus.» (auch graphisches Motto.)
104. «Vae inventoribus.»
105. «Mens agitat molem.»
106. «Vetera nobis augere.»
107. «Vom Schwarzen Meere zur Nord-und Ostsee.» R & R. (in ovaler Umrahmung.)
108. «Omnia in pondere et mensura.
109. «Im Simplicitate Securitas. Eva.»
110. «Ευρηκα (Archimede).»
111. «Trommel auf Rollen.» (auch graphisches Motto.)
112. (Zu 166 gehörig) «Rechtwinklig.»
113. «Rolldock mit Drehscheibe.» (auch graphisches Motto.)
114. «Universell.»
115. «Ohne Maschine.»
116. «Ad astra.»
117. «Simplex?» (auch graphisches Motto.)
118. (Zu 173 gehörig) «Gisela.»
119. «Das Wasser war der erste Spiegel auf der Erde.»
120. «Osterreich.» (auch graphisches Motto.)
121. «Wagebalken.»
122. «Tutor.»
123. «Gleitbahn.» (im Rechteck.)
124. «Mobile in Mobilis» (im Rechteck.)
125. «96 Förderungen in 24 Stunden.»
126. «Hamburg.»
127. «Fahr' wohl!»
128. «Glück auf!»
129. (Zu 79 und 178 gehörig) «Bertil.»
130. «Doppeladler.»
131. (Zu 36 gehörig) «Rita.»
132. 1. «Mi nekem te zordon Karpatoknak Fenyvesekkel vadregényes tája (Petöfi-Az alföld.)»
2. «Qui ut deus.»
133. «Magnetkraft.»
134. (Zu 156 gehörig) «Leges naturae immutabilis sunt.»
135. «Experience.»
136. «Metacentrum.»
137. (Zu 148 gehörig) «Poging.»
138. «Ut speculum tritum lucis fragmenta sub pulvere in umbra reflectit.»
139. «Hebefähre.»
130. «Kinematische Kette.»
141. (Zu 150 gehörig) «Mit komprimierter Luft.»
142. (Zu 221 gehörig) Graphisches Motto: «Z» (im Kreis.)
143. «Securitas.»
144. Graphisches Motto. (Schiff in geflügeltem Rad.)
145. «Ziehet, Ziehet, Hebt!»
146. «Ebbe.»
147. «Praktischer Sinn und Einfachheit, bringt mit sich Kraft und Sparsamkeit.»
148. (Zu 137 gehörig) «Poging.»
149. «Federwagen mit Gelenken.»

150. (Zu 141 gehörig) «Mit komprimierter Luft.»
151. «Kein Motto.»
152. «Verax.» (im Kreis.)
153. (Zu 222 gehörig) Kein Motto.
154. «Victoria.»
155. «Ekonomist.»
156. (Zu 134 gehörig) «Leges naturae immutabiles sunt.»
157. «Hig.»
158. (Zu 163 gehörig) «Kahnwage.»
159. «Sicherheit, Billigkeit, Raschheit.»
160. «Argonauten.»
161. «Hoffnung.»
162. (Zu 231 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»
163. (Zu 158 gehörig) «Kahnwage.»
164. «Kein Motto.»
165. (Zu 211 gehörig) «Simplicitas.»
166. (Zu 112 gehörig) «Rechtwinklig.»
167. (Zu 80 und 206 gehörig) «Simple et pratique.»
168. (Zu 212 gehörig) «Arrastaria.»
169. «A. V. 71.»
170. «Time is money.»
171. «Wien.»
172. (Zu 200 gehörig) «Multa paucis.»
173. (Zu 118 gehörig) «Gisela.»
174. «Kein Motto.»
175. «Druckluft.» (im Kreis.)
176. (Zu 213 gehörig) «Solo.»
177. «Wasserschichten.»
178. (Zu 79 und 129 gehörig) «Bertil.»
179. «Nautilus.»
180. «Rinallinne.»
181. «Ohne.»
182. «Zur Rechten der Kraft.»
183. «Habsburg.»
184. «Idro pneumatico.»
185. «Einfach, Schnell, Betriebssicher.»
186. «Die Trommel schlug zum Streite.»
187. «Beachtenswert.»
188. (Zu 48 gehörig) «Gröbere Baukosten, kleinste Betriebskosten.»
189. Graphisches Motto. «C» (in geflügeltem Rad.)
190. (Zu 228 gehörig) «Am Wasser bin i z'Haus.»
191. «Glück auf.» (auf Schriftband.)
192. «Triton.»
193. «Renaissance.»
194. (Zu 229 und 230 gehörig) «Colla propria energia avanti.»
195. «Wassertunnel.»
196. Graphisches Motto. (Vier konzentrische Kreise.)
197. «Nach Neuem strebt! Verlabt die altem Pfade!»
198. «Riesenrad und Riesenwelle.»
199. «Durch Wasser zum Wasser.»
200. (Zu 172 gehörig) «Multa paucis.»
201. «Pourquoi vouloir faire aller les bateaux sur des rails?»
202. «Oceanos.»
203. (Zu 98 gehörig) «Stehauf.»
204. «Archimedes.»
205. «Kein Motto.»
206. (Zu 80 und 167 gehörig) «Simple et pratique.»
207. «Kein Motto.»
208. «Unsere Zukunft..... »
209. «Donau-Oder.»
210. (Zu 223 gehörig) «Kette.»
211. (Zu 165 gehörig) «Simplicitas.»
212. (Zu 168 gehörig) «Arrastaria»
213. (Zu 176 gehörig) «Solo.»
214. «Alles zugänglich.»
215. «Von Weitem.»
216. (Zu 68 und 225 gehörig) «Excelsior.»
217. «Zwei Details.»
218. «Fina.»
219. «Hoffnung.»

220. «Neptun.»
221. (Zu 142 gehörig) Graphisches Motto. «Z» (im Kreis.)
222. (Zu 153 gehörig) Kein Motto.
223. (Zu 210 gehörig) «Kette.»
224. (Zu 83 gehörig) «Das Wasser tut es freilich nicht, aber das Gefälle.»
225. (Zu 68 und 216 gehörig) «Excelsior.»
226. «Utile Dulci etc.»
227. «Alfa.»
228. (Zu 190 gehörig) «Am Wasser bin i z'Haus.»
229. (Zu 194 und 230 gehörig) «Colla propria energia avanti.»
230. (Zu 194 und 229 gehörig) «Colla propria energia avanti.»
231. (Zu 162 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»

Número y lema de aquellos proyectos rechazados en la sesión primera celebrada en 23 de Abril de 1904, por defectos salientes en un primer examen. *(Bailage II.)*

1. Graphisches Motto. (Doppelter Zweizack.)
2. «X. Y. Z.»
3. «Die Haupteigenschaft der Wahrheit ist ihre Einfachheit.»
4. «Avalon.»
5. (Zu 47 gehörlg) «Height and Weight.»
6. «Zukunft.»
7. «Kein Motto.»
8. «Adam.»
9. «Suum cuique.»
11. (Zu 17 gehörig) Kein Motto.
12. «Unfehlbar.«
14. «Fontes-Aquarum.»
15. «Donauwellen.»
16. «Victoria.»
17. (Zu 11 gehörig) Kein Motto.
18. «Unübertrefflich.»
19. «Waage.»
21. «Pro bono publico.»
23. (Zu 73 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»
24. «Prüfet alles, das Beste behaltet! Nur das Gute bricht sich Bahn!»
25. (Zu 88 gehörig) «Einfach und sparsam.»
30. «Speranza.»
32. «Die Technik kann es leisten»
34. «Norna.»
35. «Roma.»
37. «Kein Motto.»
38. «Canal Competition.»
41. «Hub im Lot» (in Umrahmung).
42. «Siehe Henrichenburg.»
43. Graphisches Motto. (Griechisches Kreuz.)
46. «Kein Motto.»
47. (Zu 5 gehörig) «Height and Weight.»
50. «Eine ungeübte Hand.»
52. «La paix et le travail font le bonheur des peuples.»
53. «Dies ist nicht das, was andere haben — Und andern mangeln diese Gaben. Aus dieser Verschiedenheit — Entspringt die Vollkommenheit.»
58. «Balance et Gravitation.»
60. Graphisches Motto. (Zwei sich schneidende Kreise.)
62. «Kein Motto».
69. «Tu vaincras par ce signe.»
73. (Zu 23 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»
75. «Schiffshebeeinrichtung.»

76. «Kein Motto.»
81. «Kein Motto.»
86. «Majestät Austria.»
88. (Zu 25 gehörig) «Einfach und sparsam.»
90. «Glück auf!»
97. «Nr. $\frac{764.209\ D}{157}$.»
98. (Zu 203 gehörig) «Stehauf.»
99. «Zwilling.»
100. «Kein Motto.»
101. «Kein Motto.»
102. «Kea Ora.»
104. «Vae inventoribus.»
105. «Mens agitat molem.»
107. «Vom Schwarzen Meere zur Nord- und Ostsee.» R. & R. (in ovaler Umrahmung.)
117 «Simplex?» (auch graphisches Motto).
119. «Das Wasserwar der erste Spiegel auf der Erde.»
136. «Metacentrum.»
151. «Kein Motto.»
152. «Verax.» (im Kreis.)
153. (Zu 222 gehörig) Kein Motto.
155. «Ekonomist.»
158. (Zu 162 gehörig) «Kahnwage»
159. «Sicherheit, Billigkeit, Raschheit.»
161. «Hoffnung.»
163. (Zu 158 gehörig) «Kahnwage«
164. «Kein Motto.»
165. (Zu 211 gehörig) «Simplicitas.»
168. (Zu 212 gehörig) «Arrastaria»
169. «A. V. 71.»
170. «Time is money.»
171. «Wien.»
174. «Kein Motto.»
180. «Rinallinne.»
181. «Ohne.»
183. «Habsburg.»
187. «Beachtenswert.»
197. «Nach Neuem strebt! Verlabt die alten Pfade!»
202. «Oceanos.»
203. (Zu 98 gehörig) «Stehauf.»
205. «Kein Motto.»
207. «Kein Motto.»
208. «Unsere Zukunft.....»
211. (Zu 165 gehörig) «Simplicitas.»
212. (Zu 168 gehörig) «Arrastaria»
214. «Alles zugänglich.»
219. «Hoffnung.»
222. (Zu 153 gehörig) Kein Motto.
226. «Utile Dulci etc.»
227. «Alfa.»

Número y lema de los proyectos (no admitidos) rechazados en las sesiones de 27 y 30 de Abril, 26 de Mayo y 3 y 11 de Junio, por ligeros defectos de construcción ó detalles mecánicos é hidráulicos.

(Bailage III.)

10. «H. S.» (im Kreis.)
13. «Stahlband.»
20. «Avenir.»
22. «Der Wiedertäufer.»
26. «Nil mortalibus arduum.»
27. «Pelator.»
28. «En avant.»
29. «Beneficiorum menor.»
31. «Steigende Schiff.»
33. «Zwei Brüder.»
36. (Zu 131 gehörig) «Rita.»
39. «Aplanos.»
40. «Neuen Zielen, Neue Sielen.»
44. «Sub judice lis est.»
45. «Viribus unitis.»
48. (Zu 188 gehörig) «Gröbere Baukosten, kleinste Betrieskosten.»
49. «Mens agitat molem.«
51. «Schacht.»

54. «Nil novi.»
55. (Zu 78 und 89 gehörig) «Vincit omnia labor.»
56. «Unmögliches kann man von Niemand verlangen.»
57. «Errando discitur.«
59. «Per aspera ad astra.»
61. «Taucherschnellbetrieb.»
63. «Duo.»
64. «Labor omnia vincit.»
65. «Sicherheit.»
66. «Archimedes 287.»
67. «S. P.» «Semper paratus.» (in ovaler Umrahmung.)
68. (Zu 216 und 225 gehörig) «Excelsior.»
70. Graphisches Motto. (Zwei U-Formen im Kreis.)
71. «O! Altitudo!»
72. «Balanzier mit Kurbel.» (in ovaler Umrahmung.)
74. «Excelsior.»
77. «Excelsior.»
78. (Zu 55 und 89 gehörig) «Vincit omnia labor.»
79. (Zu 129 und 178 gehörig) «Bertil.»
80. (Zu 167 und 206 gehörig) «Simple et pratique.»
82. «Kraft.»
83. (Zu 224 gehörig) «Das Wasser tut es freilich nicht, abe das Gefälle.»
84. «Sweating.»
87. «Wasserschlob.»
89. (Zu 55 und 78 gehörig) «Vincit omnia labor.»
92. «Est nobis voluisse satis.»
93. «So heben wir.»
94. «Arbeit.»
95*. «Securitas.» (7 Stimmen für, 2 Stimmen gegen Ablehnung.)
96. «Immer vorwärts.»
103. «Opus.» (auch graphisches Motto.)
106. «Vetera nobis augere.»
108. «Omnia in pondere et mensura.»
109. «In Simplicitate Securitas. Eva.»
110. «Ἐυρηκα (Archimede).»
111. «Trommel auf Rollen.» (auch graphisches Motto.)
112. (Zu 166 gehörig) «Rechtwinklig.»
113. «Rolldock mit Drehscheibe.» (auch graphisches Motto.)
115. «Ohne Maschine.»
116. «Ad astra.»
118. (Zu 173 gehörig) «Gisela.»
120. «Osterreich.» (auch graphisches Motto.)
121. «Wagebalken.»
122. «Tutor.»
123. «Gleitbahn.» (im Rechteck.)
124. «Mobile in Mobilis.» (im Rechteck.)
125. «96 Förderungen in 24 Stunden.»
126. «Hamburg.»
127. «Fahr wohl.»
128. «Glück auf!»
129. (Zu 79 und 178 gehörig) «Bertil.»
130. «Doppeladler.»
131. (Zu 36 gehörig) «Rita.»
132. 1. «Mit nekem te zordon Karpatoknak . Fenyvesekkel vadregényes tája! (Petöfi — Az alföld.)»
2. «Quis ut deus.»
133. «Magnetkraft.»
134. (Zu 156 gehörig) «Leges naturae immutabiles sunt.»
135*. «Experience.» (8 Stimmen für, 1 Stmme gegen Ablehnung.)
137. (Zu 148 gehörig) «Poging.»
138. «Ut speculum tritum lucis fragmenta sub pulvere in umbra reflectit.»
139. «Hebefähre.«
140. «Kinematische Kette.»
141. (Zu 150 gehörig) «Mit komprimierter Luft.»
142. (Zu 221 gehörig) Graphisches Motto: «Z» (im Kreis.)

143. «Securitas.»
144. Graphisches Motto. (Schiff in geflügeltem Rad.)
145. «Ziehet, Ziehet, Hebt.»
146. «Ebbe.»
147. «Praktischer Sinn und Einfachheit, bringt mit sich Kraft und Sparsamkeit.»
148. (Zu 137 gehörig) «Poging.»
149. «Federwagen mit Gelenken.»
150. (Zu 141 gehörig) «Mit komprimierter Luft.»
154. «Victoria.»
156. (Zu 134 gehörig) «Leges naturae inmutabiles sunt.»
157. «Hig.»
160. «Argonauten.»
162. (Zu 231 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»
166. (Zu 112 gehörig) «Rechtwinklig.»
167. (Zu 80 und 206 gehörig) «Simple et pratique.»
172. (Zu 200 gehörig) «Multa paucis.»
173. (Zu 118 gehörig) «Gisela.»
175. «Druckluft.» (im Kreis.)
176. (Zu 213 gehörig) «Solo.»
177. «Wasserschichten.»
178. (Zu 79 und 129 gehörig) «Bertil.»
179. «Nautilus.»
182. «Zur Rechten der Kraft.»
184. «Idro pneumatico.»
185. «Einfach, Schnell, Betriebssicher.»
186. «Die Trommel schlug sum Streite.»
188. (Zu 48 gehörig) «Gröbere Baukosten, kleinste Betriebskosten.»
189. Graphisches Motto. («C» in geflügeltem Rad.)
190. (Zu 228 gehörig) «Am Wasser bin i z'Haus.»
191. «Glückauf» (auf Schriftband.)
192. «Triton.»
193. «Renaissance.»
194. (Zu 229 und 230 gehörig) «Colla propria energia avanti.»
195. «Wassertunnel.»
196. Graphisches Motto. (Vier konzentrische Kreise.)
198. «Riesenrad und Riesenwelle»
199. «Durch Wasser zum Wasser»
200. (Zu 172 gehörig) «Multa paucis.»
201. «Pourquoi vouloir faire aller les bateaux sur des rails?»
204. «Archimedes.»
206. (Zu 80 und 167 gehörig) «Simple et pratique.»
209. «Donau-Oder.»
210. (Zu 223 gehörig) «Kette.»
213. (Zu 176 gehörig) «Solo.»
215. «Von Weitem.»
216. (Zu 68 und 225 gehörig) «Excelsior.»
217. «Zwei Details.»
218. «Fina.»
220. «Neptun.»
221. (Zu 142 gehörig) Graphisches Motto. («Z» im Kreis.)
223. (Zu 210 gehörig) «Kette.»
224. (Zu 83 gehörig) «Das Wasser tut es freilich nicht, aber das Gefälle.»
225. (Zu 68 und 216 gehörig) «Excelsior.»
228. (Zu 190 gehörig) «Am Wasser bin i z'Haus.»
229. (Zu 194 und 230 gehörig) «Colla propria energia avanti.»
230. (Zu 194 und 229 gehörig) «Colla propria energia avanti.»
231. (Zu 162 gehörig) «Labor improbus omnia vincit.»

VII.

APUNTE HISTORICO

CÓMO SE HACE UN CONCURSO

VII.

APUNTE HISTÓRICO

Constitución del jurado. — Terminado el plazo de admisión de proyectos en 31 de Marzo de 1904, fueron designados por el Ministerio de Comercio los siguientes señores, para constituir el Jurado internacional que había de realizar tan delicada como extensa labor:

Presidente: Profesor Doctor Alvis Ridler, miembro de la Cámara de los señores de Prusia, y Profesor de la Politécnica de *Berlín* (1).

Vocales: Herr. Guillermo Ast, Director de construcciones y Consejero del Gobierno de *Austria.*

Armand de Bovet, Vicepresidente de la Sociedad francesa de navegación y de construcciones navales de *París.*

Rodolfo Döerfel, Consejero de la Corte de Austria, de *Praga* (Austria).

Leveson Francis Vernon Harcourt, Profesor de la asignatura de Ingeniería en el Colegio universal de Londres, de *Londres.*

Alejandro Hermann, Ingeniero superior y Director del canal Dortmund-al Ems, de *Austria.*

Carlos Hohenegg, Ingeniero, de *Austria.*

S. Taussig, Consejero, de *Austria.*

A. Bellik, Profesor de la Escuela técnica de Praga, *Austria.*

Suplentes: Carlos Haberkalty, Ingeniero, de *Viena.*

Alfredo Musik, Ingeniero Profesor de la Escuela técnica de Brun, de *Austria.*

Adolfo Pruesmanny, Consejero del Gobierno de Prusia.

Juan Sahulka, Profesor Doctor de la Escuela técnica de Viena, *Austria.*

Anton Schromm, Consejero de la Corte austriaca, de *Austria.*

Carlos Skibinski, Ingeniero, de *Austria.*

---

(1) Oriundo austriaco.

Los señores designados como suplentes ejercieron desde el primer día como tales Vocales, ó sea con voz y voto, como comprueba el informe del Jurado al tomar decisiones por 14 votos contra uno, 13 contra dos, etc., en las Juntas generales.

Puede, pues, juzgarse á simple vista lo que tendría de *internacional* el Jurado, pues si bien los tres miembros extranjeros (que podemos casi reducir á dos) podían por su indiscutible valor sustituir con ventaja á todos los restantes, es cierto también que llegado el momento de las decisiones, el voto aislado de cada uno tiene igual valor, y, por lo tanto, estaban en insignificante minoría.

Comisiones auxiliares.—Con objeto de auxiliar á los sabios y venerables jurados en su ímproba tarea, pues habían de examinar 231 proyectos, se nombraron numerosas comisiones auxiliares, constituídas en totalidad por austriacos, en su inmensa mayoría gente joven y avispada. Dicho se está que el peso de todo el trabajo lo llevaron estas comisiones, quedando al Jurado propiamente dicho el papel de sancionar en sus limitadísimas sesiones que cita el informe, cuanto habían hecho estas comisiones.

Aparece, pues, en primer término una falta de formalidad innegable, anunciando á los cuatro vientos en el pliego de condiciones que el Jurado será internacional, vuoldire, imparcial, y luego que 231, ó más bien 229 infelices han mordido el cebo, nos encontramos con esa mayoría aplastante de austriacos y con el temor consiguiente al exclusivismo.

Si ha sido así ó no, no puedo afirmarlo, pues para los concurrentes todo se llevaba en el mayor secreto; pero es digno de llamar la atención que de 231 trabajos de todas las partes del mundo, sólo los austriacos han dado en el clavo.

Para comprobarlo, aun incurriendo en repeticiones, pondremos á continuación los proyectos premiados ó comprados y sus autores...., ó que figuran como tales.

PRIMER PREMIO

Proyecto núm. 114, «Universell.»

AUTORES

1 Primera fábrica de máquinas de Moravia y Bohemia en Praga. . . . . *Austria.*

2 Sociedad de accionistas para la construcción de máquinas, antes Breitfeld, Danek y Compañía, en Praga. . *Austria.*
3 Sociedad de accionistas para la construcción de máquinas en Praga, antes Ruston y Compañía. . . . . *Austria.*
4 F. Ringhoffer. . . . . *Schmihow.*
5 Fábricas de Skoda, Sociedad de accionistas en. . . . . *Pilsen.*
6 Fábricas austriacas de Siemes-Schucker de. . . . . *Viena.*

SEGUNDO PREMIO

Proyecto núm. 85, «Habsburg.»

AUTORES

1 *Augusto Unlauf*, ingeniero.. . . . . *Viena.*
2 Luis, Caballero de Stocker, ingeniero. . . . . *Viena.*
3 En representación de *C. Offerman* (1), firmado Rippel.. *Viena.*
4 Guillermo, Caballero de Dodever. . . . . *Viena.*
5 Fábricas austriacas de Siemens-Schucker. . . . . *Viena.*
(Esta también colaboró en el «Universell».)
6 Fábrica de máquinas Audritz, *Sociedad de accionistas.*
7 Fábrica de máquinas de Aubsburgo y Sociedad de máquinas de Nuremberg reunidas en una *Sociedad de accionistas.*

RECOMENDADOS PARA LA COMPRA

Proyecto núm. 91, «Industria austriaca.»

AUTORES

1 Sociedad de minas y fundiciones de hierro de Wikowitz. *Wikowitz.*
2 Primera Sociedad de construcción de máquinas y vagones en. . . . . *Brunn.*
3 Fábrica de máquinas de Brunn (Moravia) y Kœnigsfeld y Sociedad para la construcción de vagones de Semmering. . . . . *Austria.*

(1) De Buenos Aires.

4 Sociedad de accionistas, Ph. Wagner, de. . . . . *Viena.*
5 Sociedad austriaca de electricidad «Union», de. . . . . *Viena.*
6 Herr. Crield, ingeniero. . . . . *Viena.*
7 José Pauker é hijo. . . . . *Viena.*
8 A. Freisler. . . . . *Viena.*
9 Ernesto Krackhart (Moravia). . . . . *Brunn.*
10 Sociedad de accionistas para la construcción de máquinas, antes Brand y Lhuiller (Moravia). . . . . *Brunn.*

Proyecto 143, «Securitas.»

AUTORES

1 Sociedad francesa de construcciones mecánicas, antiguo establecimiento Caèn. . . . . *París.*
2 Redlich y Berger. . . . . *Viena.*
3 Fábrica de máquinas Audritz (accionistas, colaboradora también del «Habsburg»).
4 Dirección de las minas del Archiduque Federico, en. . . *Techen.*

Proyecto núm. 193, «Renaissance.»

AUTORES

1 José Antonio Spitzer, ingeniero. . . . . *Viena.*
2 Anton Schnel, ingeniero. . . . . *Viena.*
3 Adolfo Schuster, ingeniero. . . . . *Viena.*
4 Augusto Nowak, ingeniero. . . . . *Viena.*
5 Fábrica de máquinas, X. Komarek. . . . . *Viena.*

Como se ve, me limito á sentar hechos concretos, innegables: ahora el paciente lector haga las deducciones consiguientes; pero no es esto sólo.

Sesiones del jurado. — Para juzgar tan gran número de proyectos, la comisión se reunió sólo nueve veces en las fechas siguientes:

Primera. 23 de Abril (en esta sola rechazaron 90 proyectos).
Segunda. 27 de ídem.
Tercera. 30 de ídem.
Cuarta. 26 de Mayo.
Quinta y sexta. 3 y 11 de Junio.

Séptima. 30 de ídem.

Octava y novena. 2 y 6 de Julio.

Era, pues, evidente que la misión del Jurado propiamente dicho fuera puramente la de sancionar cuanto proponían las comisiones, dirigidas por el Ponente general y por el joven Subsecretario del Ministerio del Comercio, Barón Sochor.

Además desde el 6 de Julio hasta el 29 de Octubre que volvieron los jueces para una sola y única sesión de adjudicación de premios, ó sea durante tres meses y veintitrés días, estuvieron los señores de la comisión en sus respectivos destinos. Los proyectos estaban moral y materialmente juzgados y adjudicados los premios, desde dicha fecha 6 de Julio. ¿Qué razones hubo para aplazar hasta el 29 de Octubre la adjudicación de premios, si ésta debía hacerla el Jurado internacional? ¿Qué se hizo de los 231 proyectos entregados á la buena fe del Ministerio del Comercio austriaco, por cuyo solo hecho se tenía derecho á la patente correspondiente desde la fecha de la presentación según las leyes de aquel Estado? ¿Es esto lícito?

Si bien no podemos comprobarlo porque es imposible, ¿no nos cabe el derecho de pensar que durante ese largo período de tiempo, determinados ya los proyectos que iban á ser premiados ó comprados, las comisiones auxiliares se han dedicado á examinar los proyectos *similares* á los agraciados, para aportar á éstos en el informe las mejoras que encontrasen?

¿Quién podrá convencerme á mí de que las siete modificaciones (todas menos la octava y última) impuestas en el informe al proyecto premiado «Habsburg» son hijas de la mente de los jurados y no tomadas de mi modesto trabajo que las satisface todas, y puesto que tenían la obligación, el deber ineludible de leerlo también?

En una forma ó en otra debió hacerse notar esa circunstancia. Este es un atropello del derecho de propiedad intelectual, que no podemos probar; pero que tampoco pueden demostrar no lo han ejecutado; antes al contrario, la razón natural dice que se ha hecho á mansalva, por lo menos se ha procedido con una ligereza é informalidad disculpable en un individuo; pero sin justificación, inexplicable por una entidad asesorada por tan sabios y prudentes consejeros.

Visita á las oficinas.—El mismo día de la adjudicación de premios tuve ocasión de hablar con Herr. Anton Schromm, cuyo señor, no teniendo ya obligación de ocultar el resultado, me manifestó, á la ligera, en qué consistían los dos proyectos premiados, y al saber, con el asombro que pueden ustedes figurarse, que el proyecto «Habsburg» representaba un gran cilindro flotante, del mismo diámetro que el «Arbeit» (0^{m},10 de diferencia para no mentir), de la misma longitud que éste, con dos esclusas circulares también iguales á las de mi proyecto, todo con los mismos espesores, etc., etc., en medio de la natural satisfacción por ver aceptada y premiada mi idea, comprobándose al propio tiempo que no era tan descabellada, sentí también profundísimo deseo de ver el proyecto «Habsburg», y..... ¿por qué no decirlo?, de comprobar si se había respetado mi derecho, mi propiedad.

Solicité, pues, una audiencia del Excmo. Sr. Embajador de España, por cuya mediación, no sólo obtuve la debida autorización, si que ordenó al Cónsul de España en Viena, Sr. Cortijo, me acompañase en dicha visita.

Ésta tuvo lugar al siguiente día, y lo primero que llamó mi atención en aquellos espaciosos salones fué el gran número de mesas con los correspondientes enseros de dibujo.

Comprendo que las mesas eran necesarias, indispensables para extender los planos y examinar los proyectos; pero lo que no encuentro tan racional ni aun tan delicado es la presencia de los demás efectos de dibujo, en un local donde durante siete meses han estado depositados, confiados á la buena fe del Estado austriaco la labor de 231 proyectos, que representan muchos desvelos y vigilias, y muy especialmente me remito á los cuatro meses, durante los cuales no sabemos qué se hizo de dichos proyectos, estando moralmente disuelta la Comisión internacional.

En una de dichas mesas estaba un joven imberbe, casi un niño, Herr. Deinlein, quien supuse sería algún dibujante y á quien luego vi en la Exposición figurando en el grupo de los jurados.

Dicho señor Deinlein terminaba de lavar el corte transversal de una esclusa con los flotadores, dibujo exacto aunque ampliado al de mi proyecto, y aquí debo recordar que esto se refiere á una de las siete modificaciones ó mejoras que el Jurado el día anterior, en el informe, impuso

al proyecto «Habsburg»..... El dibujo representaba labor de meses por su esmero.

Examinado el proyecto «Habsburg», rogué á los jurados presentes me manifestasen si los autores habían aportado la patente correspondiente. Dijeron que no; pero que seguramente la tendrían.

Patente del proyecto «Habsburg».—Sin pérdida de momento fuí á la oficina de patentes y examiné cuantas existían desde tiempo inmemorial, relativas á elevadores hidráulicos para barcos, sin encontrar nada que se pareciese al proyecto «Habsburg».

Pedí asimismo cuantas tuviesen todos y cada uno de los autores del proyecto en cuestión, y obtuve las cuatro de Herr. August Umlauf, cuyas figuras se publican, y que, justo es confesarlo, demuestran que el Sr. Umlauf sabía lo del concurso desde un año antes de su publicación, y que desde dicha fecha le andaba dando vueltas al asunto, fijo en la idea de los cilindros flotantes, sin dar con la verdadera solución.

Dicho sabio ingeniero figura como primer autor del proyecto premiado, y basta observar las figuras para comprender que le faltaba tiempo para sacar patente de cuantas ideas se le ocurrían por extrañas que fuesen. ¿Es admisible en sana lógica que el señor que ha patentado el desatino que representa el documento núm. 13.177 ó la patente número 11.095, no habría sacado patente de la idea que representa su proyecto de concurso?

Hice esta misma gestión, por medio de la agencia del ingeniero Ettore Fenderl en Berlín, y al propio tiempo como comprobación por medio del Cónsul de España en Viena y Berlín. El resultado, que fué el mismo, no se hizo esperar; un telegrama del Cónsul de España Sr. Landau, á la propia autoridad en Viena, decía textualmente:

«Spanischer Konsul Wien. — Patente núm. 155.207, inscrita 12 Septiembre de 1904 en nombre maschinenfabrik, Augsburg Nuernber.— Landau.»

Dicha patente núm. 155.207, cuyo dibujo publicamos, para terminar, comprende lo mismo al proyecto «Habsburg» que al «Arbeit».

Como se ve, dicha patente la obtuvieron dichos señores mes y medio antes de la sesión de adjudicación en 29 de Octubre, y dos meses y medio después de la última reunión de los jurados; luego sabían que les

hacía falta, que era necesario adquirirla, porque desde el 6 de Julio tenían despejada la incógnita.

Como esto no les ponía á cubierto, por cuanto la patente de mi proyecto se inició en España en 19 de Marzo de 1904, y lo menos que podía obtener era la anulación de la anterior por efecto de la prioridad, fué necesario empezar de nuevo las investigaciones, y á todo esto por telégrafo, pues terminaba la última próroga á la comisión que me había sido concedida, resultando que el Sr. Offermann, que figura como autor de la patente y, por lo tanto, coautor del proyecto, reside en Buenos Aires, que patentó su idea en Berlín en 4 de Marzo de 1902, y vendió la patente á las entidades autoras Aubsburg Nurenberg en Septiembre de 1904, sin que hasta la fecha de la adjudicación de premios, 29 Octubre 1904, se hubiese hecho la tirada impresa de dicha patente ni, por lo tanto, autorizada su publicación ni venta al público, siendo necesaria la intervención del Cónsul de España (en Berlín) de una parte, y de otra el expediente de la Agencia Feuderl (documentos que conservo, fechados en 29 de Noviembre de 1904), para que en las oficinas de patentes en Berlín autorizasen la copia que adquirí en lápiz y que íntegra remito al MEMORIAL.

Un respetable compañero hame manifestado, ó mejor aconsejado, la pertinencia de descender á estos detalles, ante la posibilidad de que hubiese quien creyera he sido yo, el que provisto de esas patentes, he tratado de modificar la idea y traducirla en forma de proyecto.

El consejo me ha parecido muy en su punto, y como digo, la patente número 155.207, en fin del año 1904 aun no se podía adquirir, y por lo que respecta á las del Sr. Umlauf, hice la gestión y fuí á comprarlas al siguiente día de la adjudicación de premios, acompañado del Secretario del Excmo. Sr. Embajador de España en Viena, D. Diego Lastras, presbítero, aparte de que éstas de nada podían haberme servido, porque su idea dista mucho de la del proyecto, y porque si bien iniciada en Octubre de 1902, no se imprimieron, ni por lo tanto, no se expusieron al público hasta mediados de Septiembre de 1903, según indican las mismas patentes. Mas aun desde Logroño, ni aun lo del concurso habría sabido si no lo publica *Heraldo de Madrid* y demás periódicos de gran circulación.

No pongo en duda la rectitud de la oficina de patentes en Berlín; pero preciso es confesar que es raro y anómalo cuanto me ha ocurrido en el asendereado asunto del proyecto. Un Sr. Offermann, que no piensa ciertamente presentar un proyecto de éxito dudoso, tiene la idea y sabe lo del concurso, un año antes de publicarse éste, y año y medio antes de que supiéramos en España una palabra (aquí lo supimos cuatro ó cinco meses antes de expirar el plazo). Se le ocurre la idea, repito, en Buenos Aires y manda patentarla en Berlín, casi en los antípodas y no precisamente en Viena, donde había de tener lugar el concurso, ni tampoco en París, Londres, Madrid, etc.

La gestión hecha por la Agencia Fenderln sirvióme además de saludable aviso para no iniciar un proceso en aquel país; pues la redacción de su factura, deja tamañita la de las cuentas famosas de nuestro glorioso Gran Capitán.

Dos palabras para terminar.

Observación final. — El proyecto que remito para que me honre el Memorial publicándolo, es el mismo, el auténtico, el que presenté al concurso; sellado en todos sus documentos y planos y hasta en las cubiertas por el Ministerio de Comercio, y sin modificaciones ni enmiendas que ya no sería honrado introducir. Se publica, pues, con todos sus errores que no dudo tendrá.

Del apunte histórico y de cuantas notas y afirmaciones siento en la traducción del informe del Jurado, tengo pruebas escritas innegables, basadas en documentos ó en periódicos oficiales como *Wiener Abentpost*, la *Gaceta de Viena*, *La Nueva Prensa Libre* y otros.

Si lo hablado y oído pudiera transcribirlo aquí para comprobarlo en todo momento y responder de ello, como hago con lo expuesto, aún subirían de punto, las razones ya contundentes que llevo relatadas y completarían el cuadro, de cómo se debe organizar un concurso. Así me ha ocurrido en el *único* país del mundo, que ha negado á Marconi la prioridad del conocimiento de la telegrafía sin conductor.

Indicaciones relativas á las patentes Umlauf.

PATENTE UMLAUF NÚM. 11.095, *10 de marzo de 1903.*—Consiste en dos grandes anillos *A* (toros) de sección rectangular, visto uno de frente en la figura 1, los dos en corte transversal en la 2, y ambos en vista de costado en la 3.

Cada uno de dichos anillos (flotantes), soporta dos grandes cilindros huecos *B*, con una gran ventana circular, según indica la figura 1, y en corte longitudinal en la 2. Cada uno de estos cilindros *B*, lleva una cantidad fija de agua (igual en todos ellos, que á su vez son iguales entre sí), y en la cual hay los flotantes de la rara forma 1, 2, 3 y 4. (fig. 1).

La exclusa *C* propiamente dicha, de sección rectangular, se apoya en dos de estos flotantes, desde un anillo *A* al otro, ambos arriostrados en la forma que indican las figuras, por medio de una serie de varillas, dispuestas según las generatrices de diez conos rectos.

Por último, la esclusa propiamente dicha *C*, lleva una cierta cantidad de agua, en la cual han de flotar los barcos destinados á la navegación.

PATENTE UMLAUF NÚM. 13.175, *10 de septiembre de 1903.*—Disposición análoga á la anterior, substituyendo los dos grandes anillos *A A* de aquélla, por dos grandes cilindros (tambores) flotadores, iguales, montados en un mismo eje, que es el general del aparato. Cada uno de estos tambores flota en un depósito fijo.

PATENTE UMLAUF NÚM. 13.176, *10 de septiembre de 1903.*—Es una simplificación de la patente núm. 11.095, ya descripta (figs. 1 y 2), y de la 13.175 (figs. 3 y 4).

Las figuras 1 y 2 representan dos grandes anillos flotantes *A A*, arriostrados como ya hemos indicado, los cuales soportan dos esclusas circulares. El agua en éstas, queda (en los momentos de entrada y salida de barcos) al mismo nivel que la de los canales. El nivel en el dique, en que flotan los grandes anillos huecos *A A*, es muy inferior al del canal de agua abajo, con el cual está incomunicado. Esto es un serio inconveniente, pues fácilmente se comprende lo que ocurriría con el más leve

descuido en la maniobra de compuertas de cualquier canal; ó con una inundación, que casi siempre es inevitable.

Las figuras 3 y 4 representan la misma simplificación por lo que respecta á la patente núm. 13.175.

PATENTE UMLAUF NÚM. 13.177, *10 de septiembre de 1903.*—Digna de respeto como todas las ideas, no merece por lo demás descripción particular, pues basta con observar la figura.

FIN

ÍNDICE DE MATERIAS

Páginas

CAPITULO I.

Traducción del pliego de condiciones para el concurso.

CAPÍTULO II.

Exposición del proyecto.

CAPÍTULO III.

Principio en que se funda el aparato y descripción general.

CAPÍTULO IV.

Constantes generales del aparato y cálculo de los motores.

CAPÍTULO V.

Funcionamiento y maniobra.

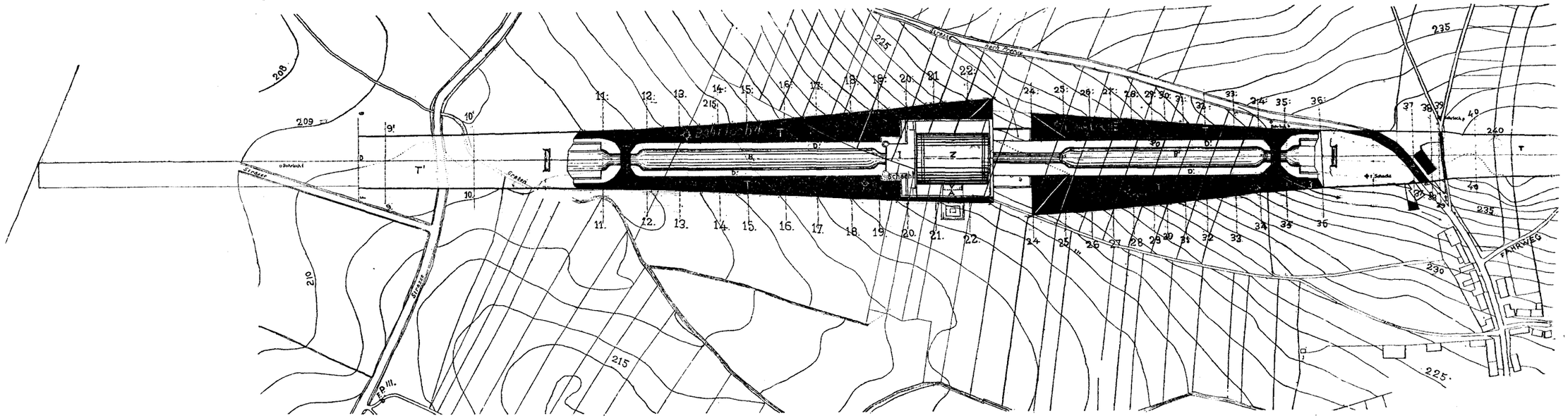
CAPÍTULO VI.

Traducción del informe del Jurado.

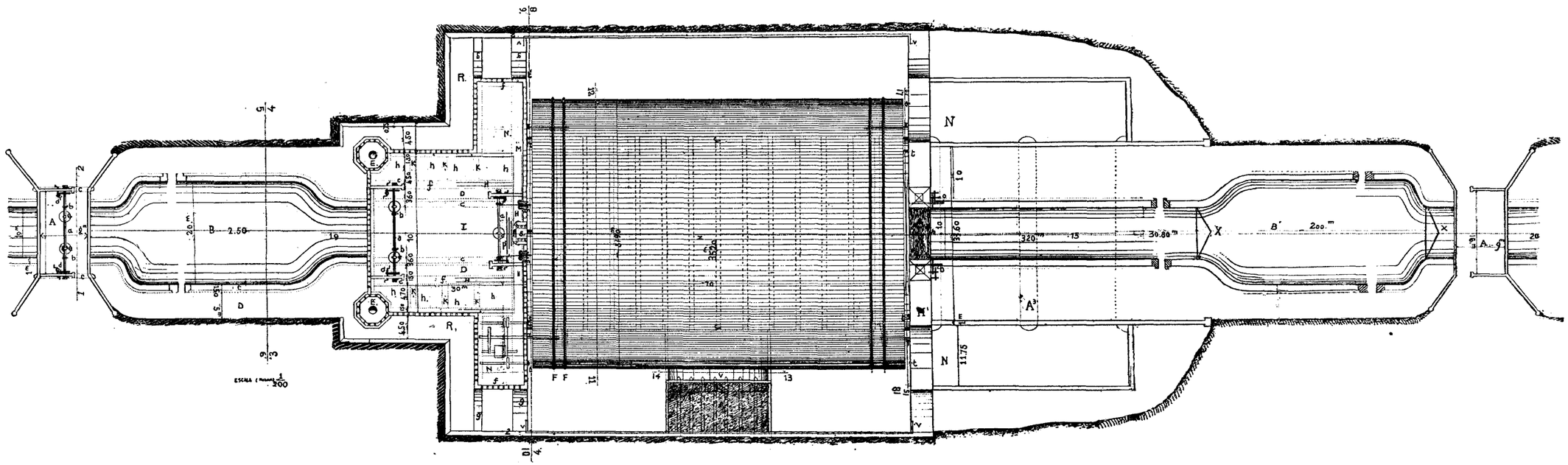
CAPÍTULO VII.

Apunte histórico.—Cómo se hace un concurso.

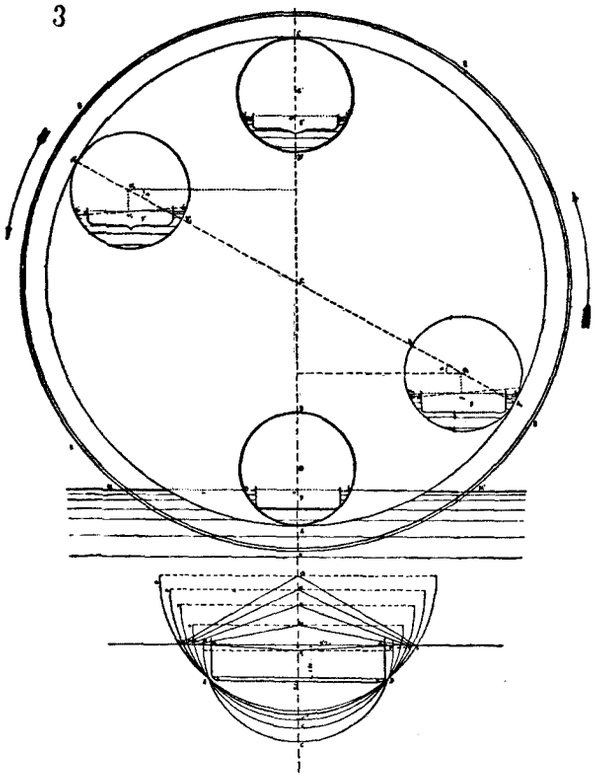
1


Schacht
Schacht
FAHRWEG
Strasse
Graben
Strasse
Graben
Strasse
F.P. III.
235
240
230
225
215
210
209
208

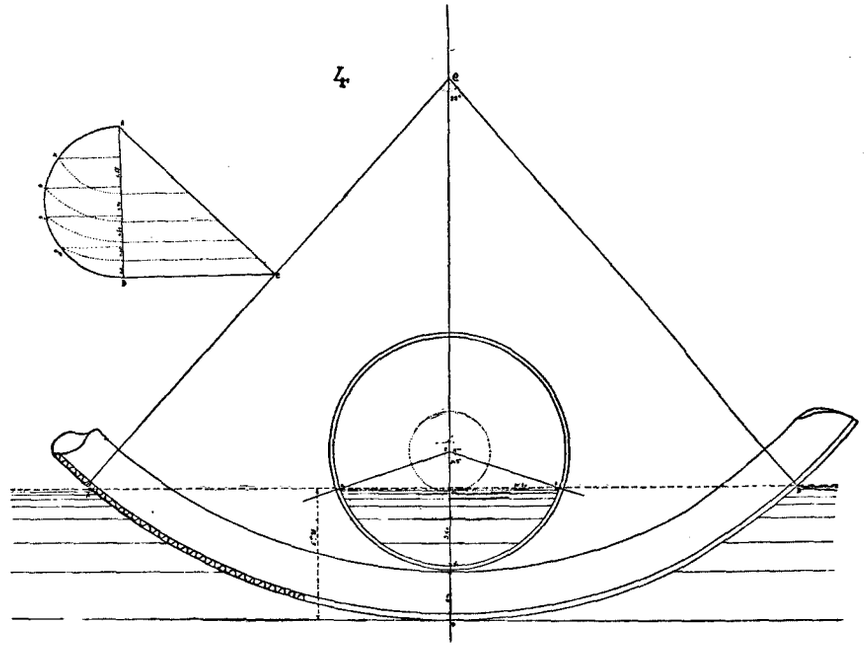
2


B 2.50
A
D
R.
R,
N
N
N
F F
X
X
B' 200.m
A'
A'
30.60 m
320.m
11.75
ESCALA (Maßstab) 1/300

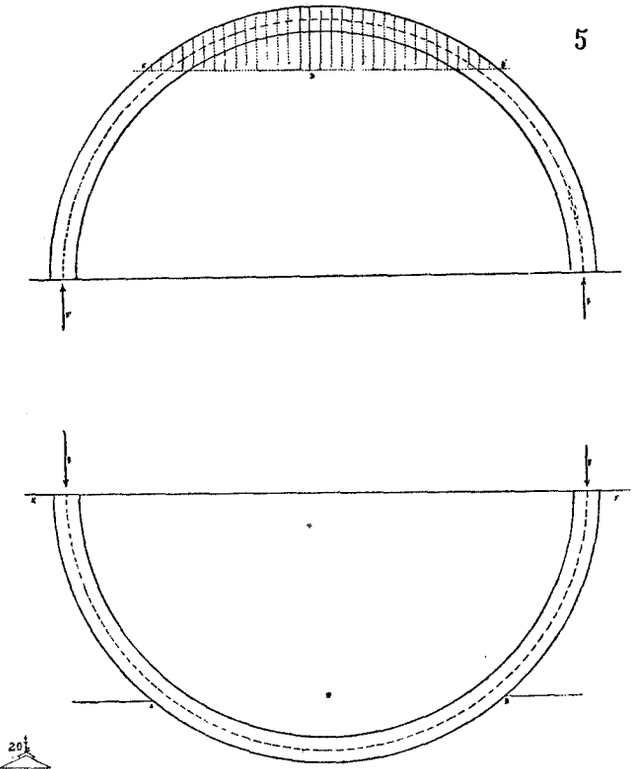
3



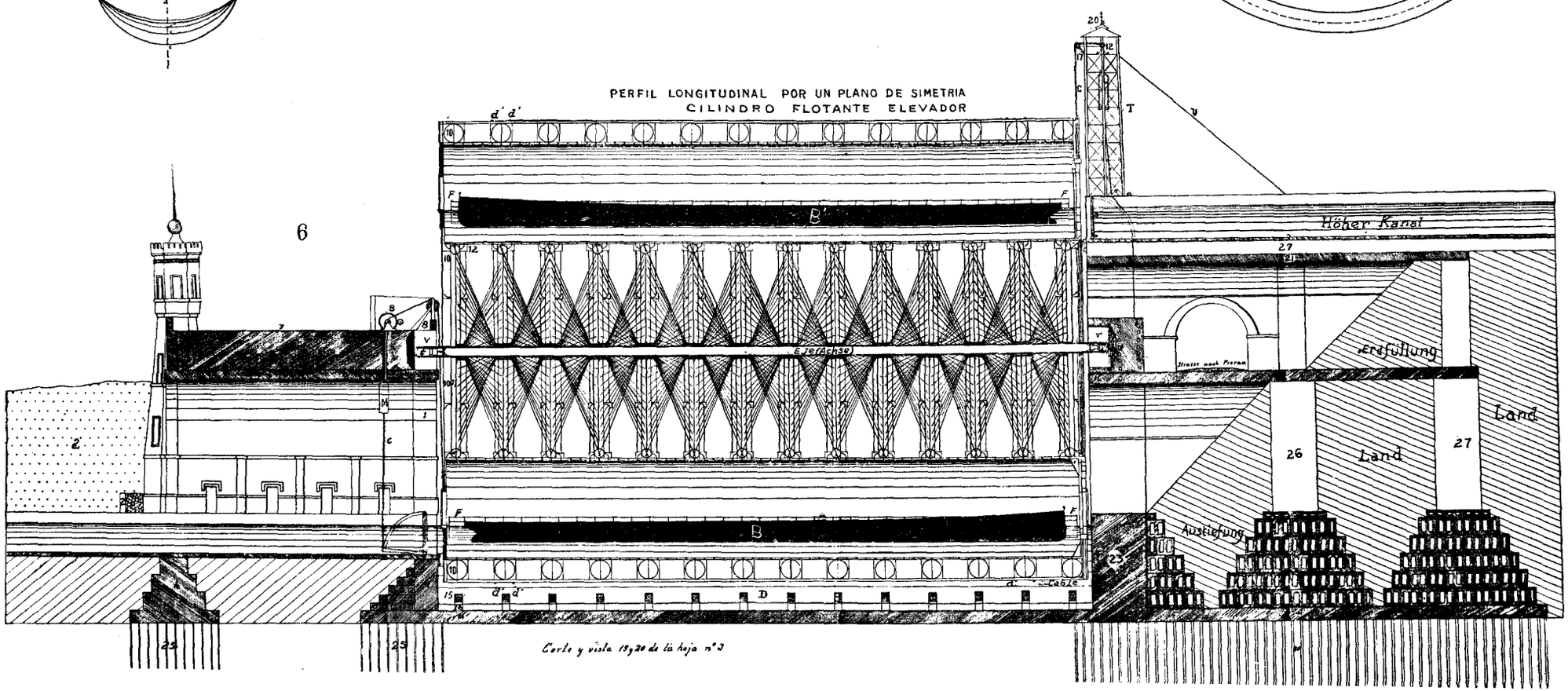
4



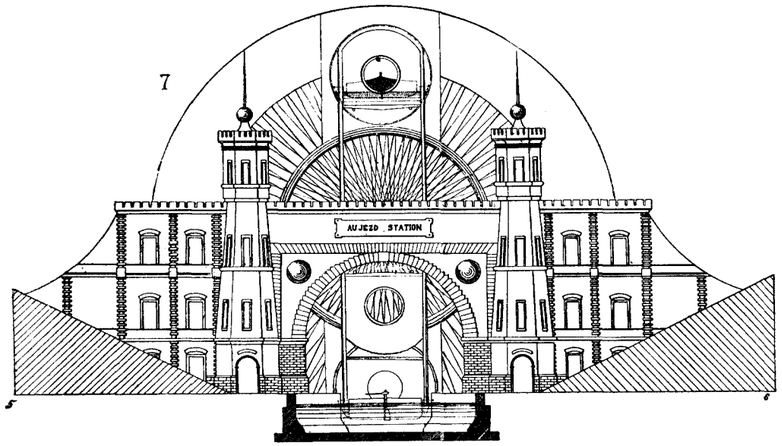
5



6

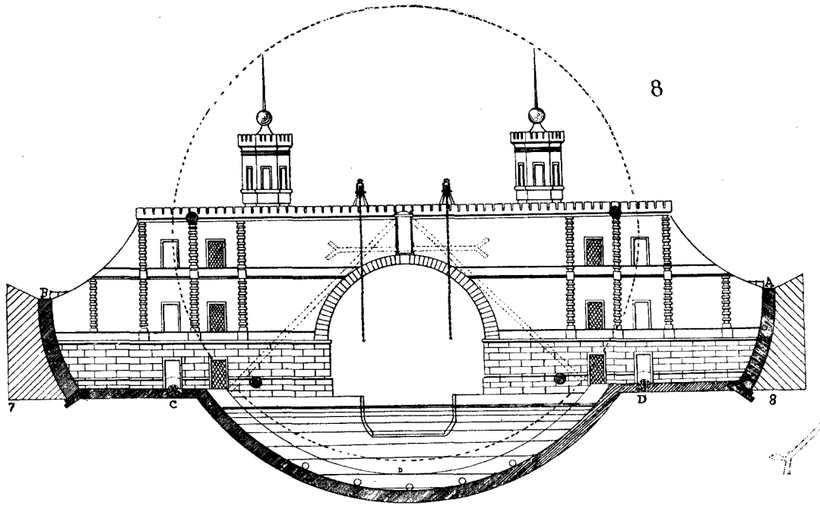

PERFIL LONGITUDINAL POR UN PLANO DE SIMETRIA
CILINDRO FLOTANTE ELEVADOR
Höher Kanal
Erdfüllung
Land
Land
Austiefung
Eisenachse
Cable
Corte y vista 19 y 20 de la hoja nº 3

7



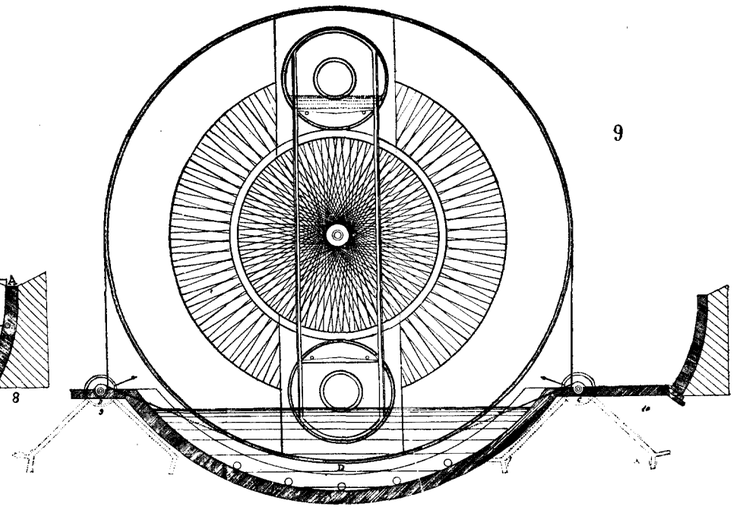
Corte y vista 5 y 6 de la hoja nº 3

8



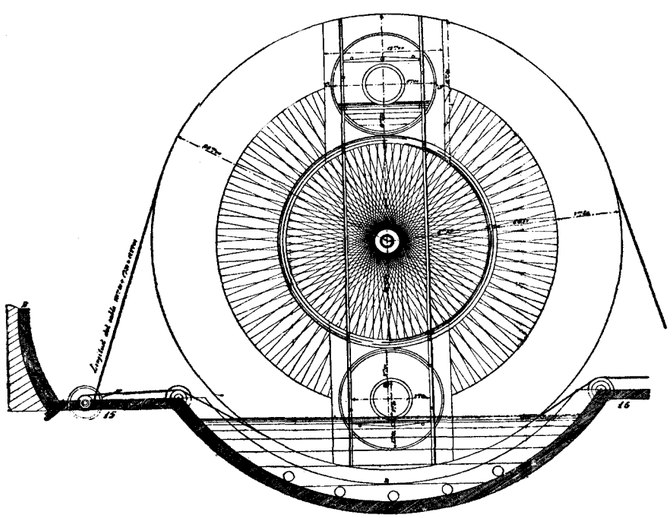
Corte y vista 7 y 8 de la hoja nº 3

9



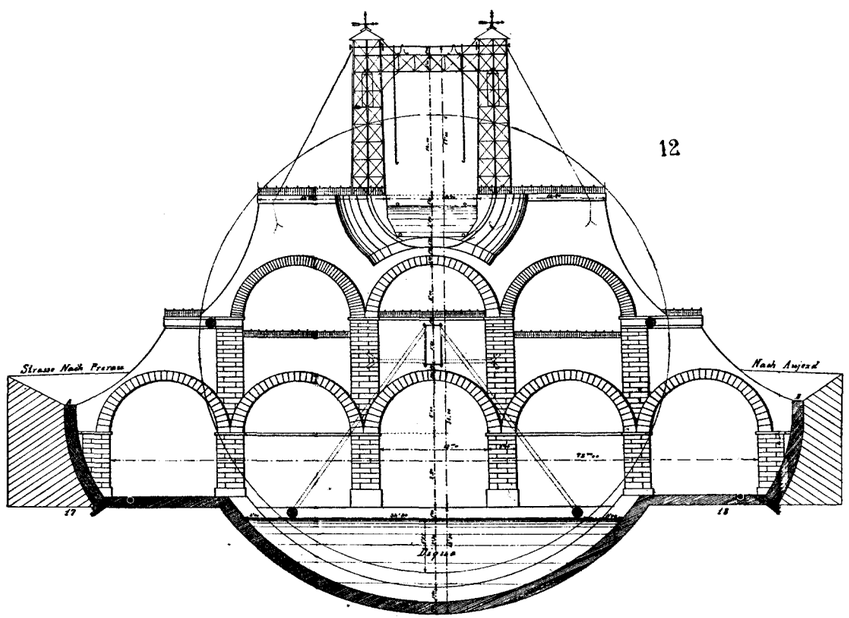
Corte y vista 9 y 10 de la hoja nº 3

11



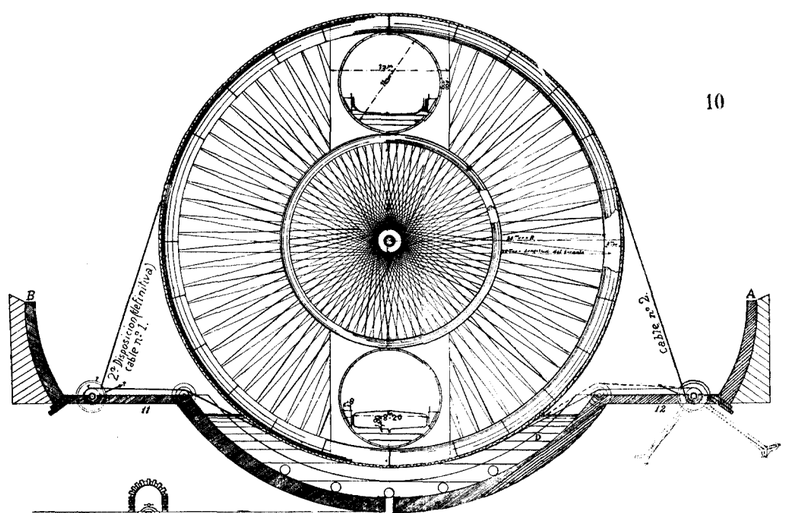
Corte y vista 15 y 16 de la hoja nº 3 Compuertas y cara de aguas-arriba (ament)

12

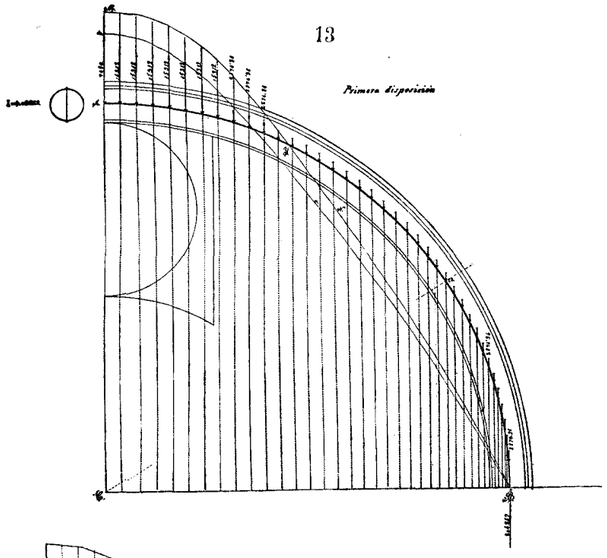


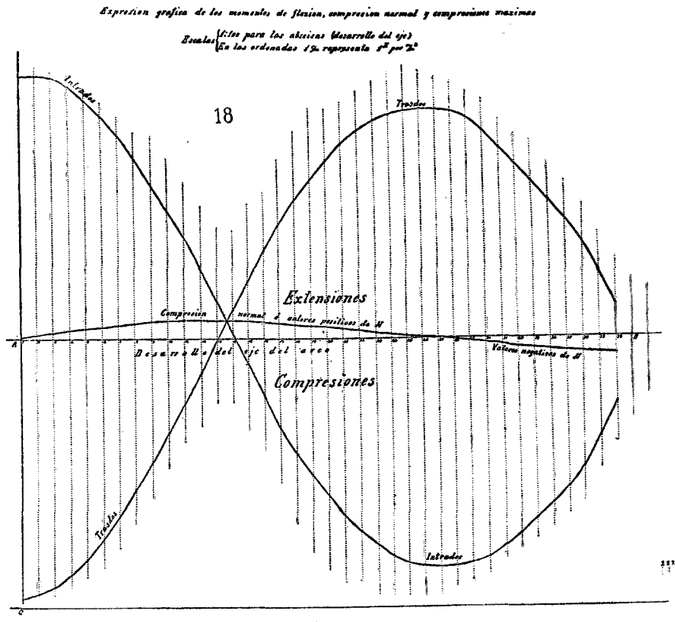
Corte y vista 17 y 18 de la hoja nº 3 Estribo y canal superior (ament)

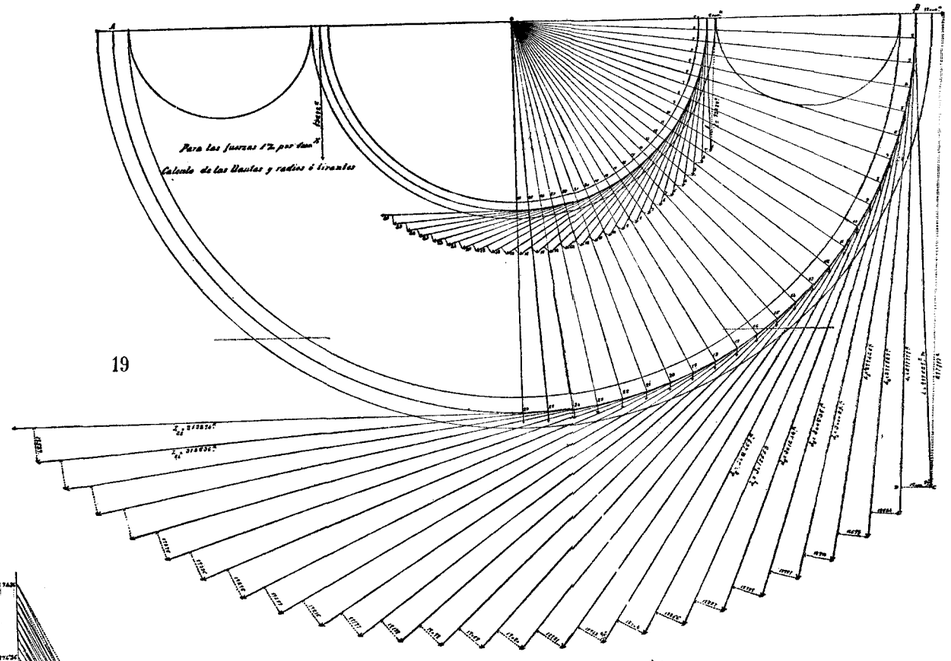
10

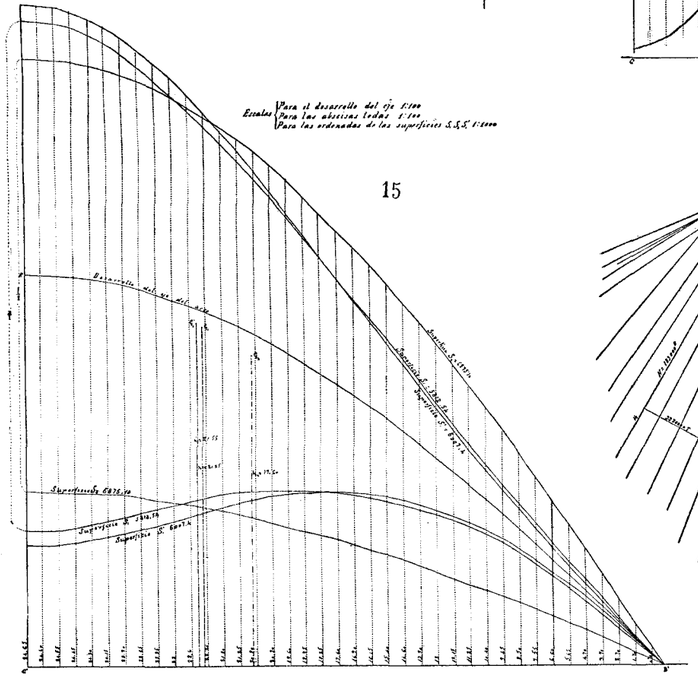


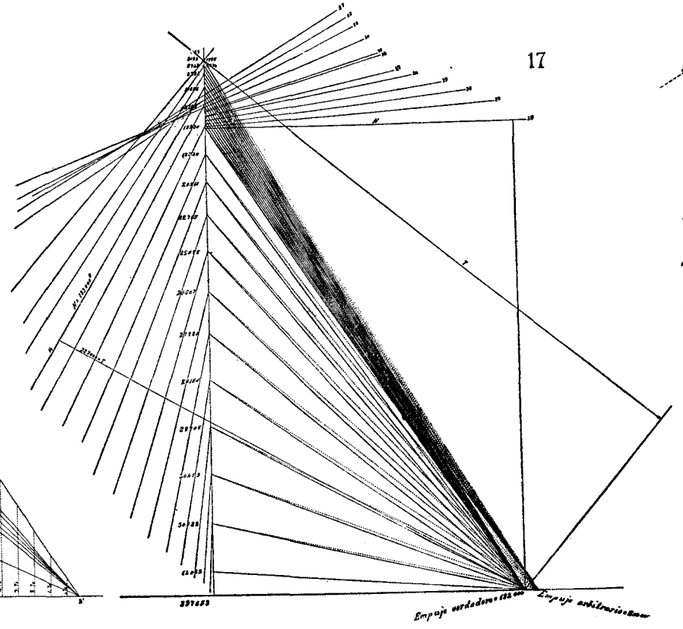
Corte y vista 11 y 12 de la hoja nº 3 (Una de las 12 armaduras intermedias)

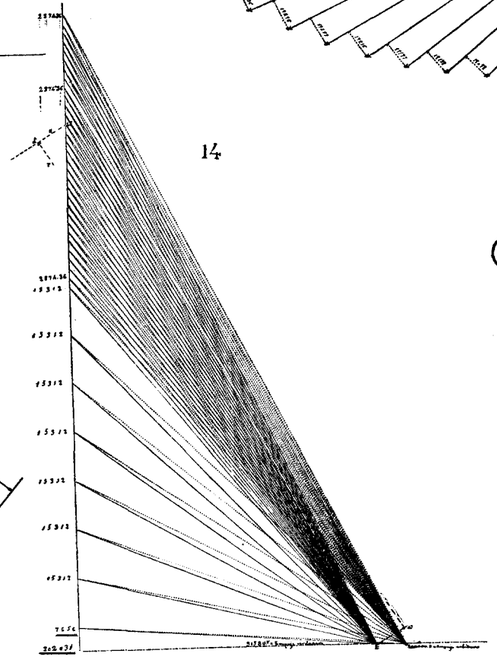

13
Primera disposición

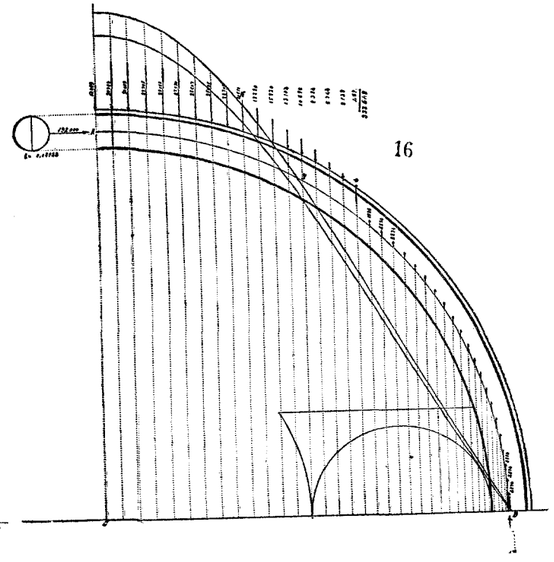

Expresion grafica de los momentos de flexion, compresion normal y compresiones maximas
18
Intrados
Trasdos
Extensiones
Compresion normal á ambas posiciones de M
Desarrollo del eje del arco
Valores negativos de M
Compresiones
Trasdos
Intrados

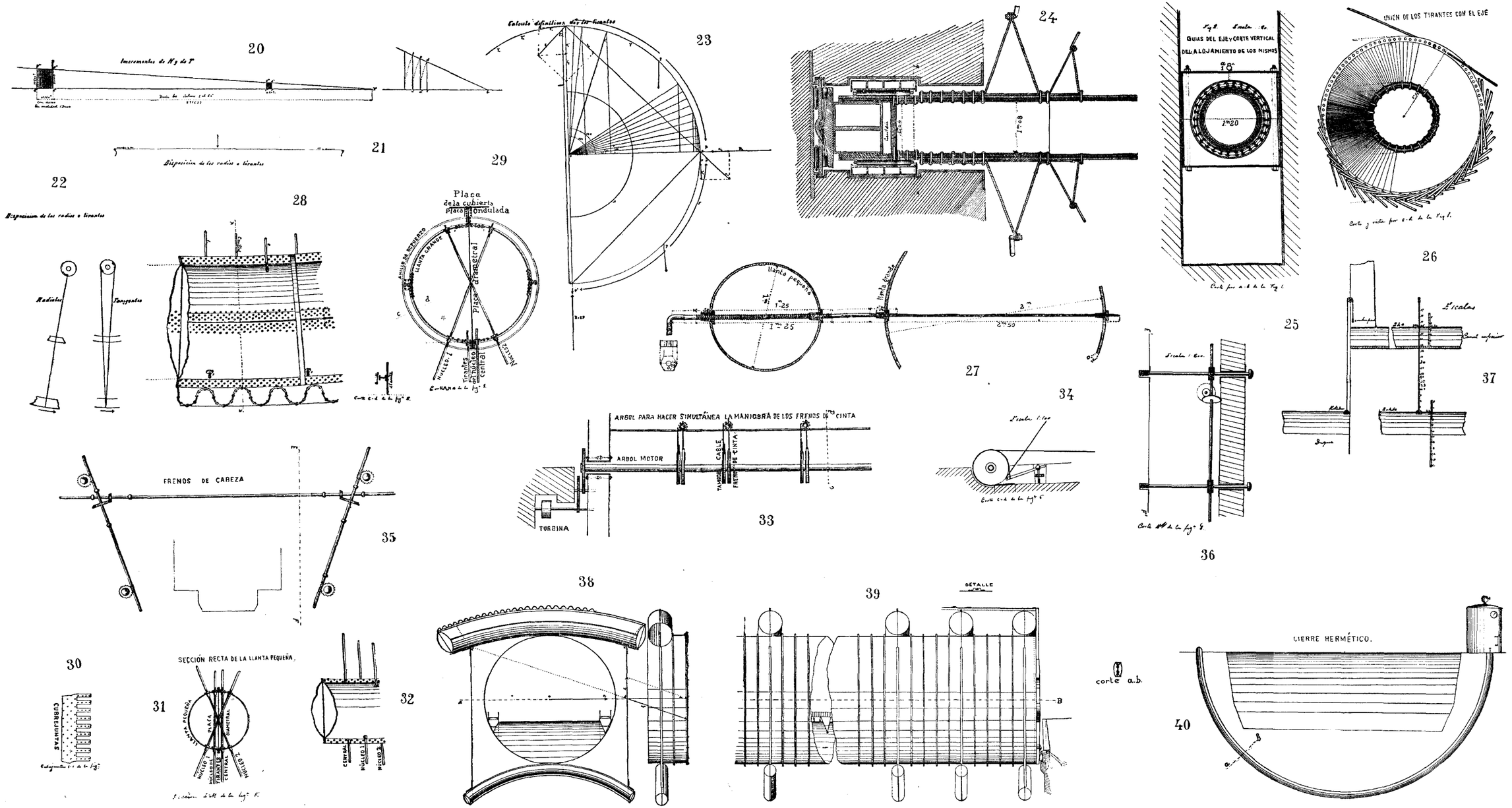

Para las fuerzas 1T. por dm²
Calculo de las llantas y radios ó tirantes
19
Segunda disposición


Escalas
Para el desarrollo del eje 1:100
Para las abscisas trazas 1:100
Para las ordenadas de las superficies S.S.S' 1:1000
15
Desarrollo del eje del arco
Superficies S' 1394.76
Superficies S' 1394.76
Superficies S' 6076.10
Superficies S' 6076.10


17
Empuje verdadero
Empuje aproximado


14


16


20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
Radiales
Tangentes
Placa de la cubierta
Placa ondulada
Placa diametral
Llanta grande
Llanta pequeña
Llanta chica
Núcleo 1
Núcleo 2
Tirante central
Quias del eje y corte vertical del alojamiento de los mismos
Unión de los tirantes con el eje
Escalas
Frenos de cabeza
Arbol para hacer simultánea la maniobra de los frenos de cinta
Arbol motor
Cable
Tambor
Freno de cinta
Turbina
Sección recta de la llanta pequeña
Cubrejuntas
Detalle
Corte a.b.
Cierre hermético

MALDONADO