

MADRID, 1.º DE JULIO DE 1874.

TOMO XIX.

NÚM. 13.

## PASO DEL CANAL DE LA MANCHA.

## VIA FÉRREA SUBMARINA.

(Continuacion.)

**Estabilidad del castillo. — Consideraciones generales.**

Examinadas las cuestiones relativas al pedraplen y á la accion de las corrientes sobre su masa, surgen naturalmente otros varios problemas, ya sobre la estabilidad del *castillo*, ya sobre su movimiento de una á otra costa.

La marcha de esta gran masa á través de las revueltas-aguas del Estrecho puede dar origen á que nazcan algunas dudas en el ánimo. Mas un estudio detenido, por una parte, de las condiciones mecánicas en que el aparato ha de hallarse, y por otra, de la marcha que ha seguido el arte de las construcciones en nuestros dias, esperamos que desvanezca tales dudas por completo, llevando al espíritu la tranquilidad y la confianza.

Cosa es sabida que la imaginacion, obrando bajo la influencia de la costumbre, y obediendo ciegamente á los sentidos, llega á forjar en cada clase de obras, tipos, por decirlo así, de ciertas y determinadas magnitudes, y todo aquello que por presentarse con carácter de novedad sale fuera de estos límites, produce en ella un efecto desagradable, y áun aparece como cosa quimérica. Así las grandes locomotoras que hoy recorren las redes de caminos de hierro, las gigantescas máquinas fijas en que entra el hierro por cientos de toneladas, los colosales buques que apenas encuentran en el Océano olas bastante grandes para sostener sus quillas, los diques flotantes, y tantas otras construcciones á que hoy la imaginacion está acostumbrada, y que mira ya, más que con asombro, con orgullo, hubieran parecido, pocos años há, proyectos insensatos y quiméricos, á que sólo con la fantasía, pero nunca con la realidad, podria llegarse. Mas vencido

un primer paso, y cuando la costumbre nos ha familiarizado con lo que al principio asombraba, la razon nos obliga á dar un paso más, diferenciando siempre, gracias á la ciencia, lo que es delirio de lo que es y debe ser realidad.

Las construcciones, en absoluto, no tienen más límites que el que á cada forma corresponde, segun la resistencia de los materiales; y dentro de este límite, sólo las proporciones entre los elementos hacen que el pensamiento sea ó no realizable. Donde esta armonía entra en el conjunto, y la de sus diferentes partes existe, el sentido práctico del constructor nada debe hallar que le choque.

Imaginése, para venir al caso que nos ocupa, una via férrea inundada por un rio que ha salido de madre. Fórgese la imaginacion una locomotora que apoyada sobre las barras-carriles, cruza las aguas de la llanura, abriendo surco en la corriente, y nada se hallará que choque en este sencillísimo fenómeno, porque se conoce la fuerza de la locomotora, una vez lanzada, y se sabe que, á pesar del nuevo obstáculo, marchará con el impulso dado por el vapor que se engendró en su seno. Pues bien; auméntese con el pensamiento la escala del cuadro, mírese al través de un cristal de aumento, y aunque la llanura inundada se convierta en extenso mar, aunque la locomotora crezca á la vista y tome proporciones gigantescas, aunque se sepa que va á buscar su punto de apoyo en el fondo del agua, y se vea cómo las olas azotan sus flancos, siempre con los ojos de la imaginacion se la verá marchar hácia adelante, porque se siente casi instintivamente que la escala de un fenómeno no altera su esencia, y que si la locomotora era fuerte para cruzar un rio desbordado, la gigantesca máquina que el cristal finge, es fuerte también para cruzar el nuevo mar.

**Flotadores.**

Dos elementos encontrados se hallan, desde

luégo, al estudiar la estabilidad del *castillo*. Por una parte conviene que su peso sea el menor posible, á fin de disminuir toda clase de resistencias pasivas, principalmente los rozamientos contra los carriles. Por otra, conviene no disminuir sino entre ciertos límites, y segun las circunstancias, este peso, á fin de que no peligre la estabilidad del mecanismo sobre su base, cuando las olas del Estrecho, azotando todo su frente de 120 metros de línea, tiendan á invertirlo. Fácil es, sin embargo, armonizar estos dos elementos, y basta para ello el empleo de varios flotadores que aligeren, segun convenga, la presión sobre los carriles, ó que dejen, por el contrario, cargar el mecanismo, con toda su masa, sobre la base que le sostiene.

#### Disposicion en claraboya.

Basta, por otra parte, para que con el menor peso se obtenga la máxima estabilidad, disponer todas las piezas del castillo en claraboya, de tal suerte, que las olas pasen por todos los huecos del enrejado, sin encontrar grandes superficies resistentes, que reciban su empuje y lo transmitan á toda la masa del castillo.

#### Peso de la máquina para la estabilidad.

Veamos, pues, cuál deberá ser el peso límite de la máquina, para que durante su marcha por la parte más profunda del Canal, conserve la estabilidad que se juzgue necesario darla.

#### Lámina 2.<sup>a</sup>—Figura 1.<sup>a</sup>

Sea A B C D la seccion transversal del castillo, y A E el espesor de la capa agitada de la superficie, que podremos suponer igual á diez metros, pues si bien es cierto que podrá ser á veces mayor que esta cifra, como en tales casos la fuerza del agua en la parte superior, y sobre todo en la inferior de dicha capa, será menor que en el centro, podremos reconcentrar todo el efecto en esta zona de 10 metros de altura, suponiendo, en cambio, una presión uniforme é igual á la máxima.

La mayor profundidad de la seccion es de 49 metros en aguas bajas, y admitiendo una altura de 10 metros para la marea, y 5 para la elevación de las olas sobre la superficie media, ob-

tendremos para la altura A C un valor igual á 64 metros, con lo cuál nos colocaremos en las circunstancias más desventajosas para la estabilidad del castillo.

Segun los datos que presenta Mr. Minard en su notable obra sobre construcciones hidráulicas en los puertos de mar, la presión máxima de las olas sobre un metro cuadrado de superficie puede suponerse igual á 5.000 kilogramos, y es de notar que tal cifra se ha obtenido, deduciéndola de los efectos producidos por las olas en los diques de Cherburgo y Argel durante las mayores tempestades.

Toda la zona A E no presentará una faja continua, puesto que segun veremos al dar después una descripción completa del castillo, éste estará formado por tres altas pilas muy aligeradas; de manera que, suponiendo que la superficie expuesta á la acción de las olas será la décima parte de la superficie total del aparato, no nos alejaremos de la verdad, ni áun en los casos más desfavorables.

La estabilidad del castillo exige:

1.° Que el producto de su peso P por el brazo de palanca (20 metros) con relación al eje de giro D, sea, cuando ménos, igual al momento de la presión de la capa agitada con relación á dicho eje de giro.

2.° Que el rozamiento sobre los carriles sea superior al empuje de dicha capa.

#### Estabilidad por rotacion.

Representando por P el peso del mecanismo, después de descontar la pérdida que experimenta por su inmersión en el agua, tendremos para calcular P la ecuación

$$P \times 20 = 120 \times 5.000 \times Ca$$

y substituyendo por Ca su valor, que es próximamente igual á 58 metros, resultará

$$P = 1.740 \text{ toneladas.}$$

#### Estabilidad por deslizamiento.

Fácilmente puede impedirse que las ruedas resbalen transversalmente sobre los carriles, haciendo que éstos lleven en toda su longitud un fuerte reborde ó pestaña exterior, y uniéndolos

ademas sólidamente al basamento general de la via, segun se explicará más adelante.

**Resultado.**

Dedúcese de lo expuesto que podemos tomar como peso efectivo de la máquina la cifra de 2.000 toneladas, con lo cual quedará asegurada su estabilidad.

Mas no se crea que presentamos el resultado anterior como siendo completamente exacto. Tan léjos estamos de creer en su exactitud, que tenemos, por el contrario, seguridad completa de su exageracion.

La presion de las olas valuada, en 5.000 kilogramos por metro cuadrado, es un límite al cual racionalmente no debe llegarse, y que sólo podrá ser cierto en localidades determinadas y en tempestades excepcionales.

Por otra parte, la accion de las olas será, en general, oblicua con respecto al frente del castillo, y no se empleará, por lo tanto, sino una componente de su efecto total. Nótese, ademas de esto, que las olas no actuarán de concierto, por decirlo así, y con esa uniformidad opuesta á la estabilidad del castillo, en toda la longitud de 120 metros, sino que, por el contrario, tendrán direcciones oblicuas unas respecto á otras, tendiendo en parte á contrabalancearse.

**Resistencias pasivas.**

Fijado ya el peso del aparato para su estabilidad, veamos ahora cuál deberá ser la fuerza motriz que ha de aplicarse para que marche con la velocidad de tres metros por segundo.

Las resistencias que debemos tener en cuenta, principalmente, son:

- 1.º Resistencia del agua en sentido opuesto al movimiento.
- 2.º Rozamientos sobre los carriles y en los ejes de las ruedas.
- 3.º Resistencia debida á la componente de la gravedad.

Las demas resistencias que puedan presentarse serán siempre muy pequeñas, comparadas con las tres que acabamos de señalar.

**Resistencia del agua.**

La fórmula del trabajo resistente que opone

una masa de agua á un cuerpo en movimiento es

$$k \frac{A V^2}{2g} \times 1.000 \text{ kilogrametros.}$$

k es un coeficiente que varia con la forma del cuerpo desde 1,10 hasta 0,05.

V la velocidad;

A la seccion del cuerpo perpendicularmente al eje del movimiento;

g la gravedad.

Supondrémos, para la aplicacion de esta fórmula:

1.º Que todas las piezas del mecanismo tengan por seccion paralela á la corriente la que corresponde á la menor resistencia; es decir, que estén terminadas por una popa y una proa en sentido del movimiento, con lo cual podremos dar á k, exagerando, un valor igual á 0,15.

2.º Que las partes llenas, sólo formen la quinta parte de la superficie total.

En estas hipótesis resultará:

$$k = 0,15$$

$$A = \frac{64 \times 37}{5} = 474$$

siendo 64 metros la altura del castillo y 37 metros su ancho medio

$$V = 3 \text{ metros}$$

$$g = 9,8$$

Sustituyendo en la fórmula precedente, tendrédemos

$$0,15 \frac{474 \times 27}{2 \times 9,8} \times 1.000 = 97.500 \text{ kilogrametros}$$

próximamente, que, reducidos á caballos de vapor, dan 1.300.

**Rozamientos.**

La expresion que dá los rozamientos sobre los carriles y sobre los ejes es:

$$R = F P' \frac{d}{D} \times 0,001 P;$$

en la que

F es un coeficiente igual á 0,05;

P' representa el peso que carga sobre el eje;

P el peso total;

$\frac{d}{D}$  la relacion de los diámetros del eje y de la rueda.

Suponiendo

$$P = P' = 2.000.000 \text{ kilogramos}$$

y

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{5}$$

resultará

$$R = 22.000 \text{ kilogramos;}$$

y multiplicando por la velocidad  $V'$  igual á 3 metros, resultará para el trabajo resistente debido al rozamiento

$$66.000 \text{ kilográmetros,}$$

ó sean

$$880 \text{ caballos de vapor.}$$

#### Resistencia debida á la gravedad.

La pendiente máxima del perfil longitudinal es de tres por mil; así, pues, la componente paralela á la rampa será

$$0,003 \times 2.000.000$$

ó sean,

$$6.000 \text{ kilogramos}$$

y su trabajo resistente tendrá por valor

$$6.000 \times 3 = 18.000 \text{ kilográmetros;}$$

esto es,

$$240 \text{ caballos de vapor.}$$

#### Resistencia total.

La suma de las tres resistencias que acabamos de calcular es igual á

$$2.420 \text{ caballos de vapor.}$$

Esta cifra es, sin duda alguna, inferior á la que representará la verdadera resistencia. Por una parte, las presiones oblicuas del castillo sobre la via, debidas á la accion lateral del mar; por otra, las pequeñas pendientes que en el carril encontrará el mecanismo, procedentes de asientos desiguales; la incertidumbre que existe sobre el valor de los coeficientes prácticos que hemos empleado; el aumento de peso efectivo, y

por lo tanto, de rozamientos, que resultará cuando el aparato se aproxime á las orillas y salga en parte fuera del agua; los rozamientos laterales contra el agua del mar, y la resistencia del viento sobre la parte superior, son causas todas, que aunque en pequeña escala cada una, tienden á aumentar la cifra anteriormente obtenida. Mas, á pesar de todo, puede servir de punto de partida dicha cifra, pues que ella comprende los efectos de las principales resistencias, y que áun cuando se duplicase ó triplicase, siempre llegaríamos á un resultado comprendido dentro de los límites prácticos á que el arte de la propulsion ha llegado en nuestros dias.

#### Resúmen del capítulo.

En resúmen, dedúcese de lo puesto :

1.º Que la base de escollera ó basamiento de la via tiene condiciones absolutas de estabilidad.

2.º Que el castillo, ó parte móvil, puede por su propio peso resistir á los empujes de las más fuertes olas, sin que su masa, para ello, tenga que adquirir proporciones exageradas.

3.º Que su propulsion no exige un esfuerzo superior á aquellos de que la industria moderna puede disponer.

La obra está, pues, en la esfera de lo real. Podrá ser más ó ménos perfecta; podrán encontrarse, quizá, dificultades cuando á los detalles de construccion se descienda; mas es cierto que todos los obstáculos deberán, al fin, ser vencidos, toda vez que no son bastante poderosos para presentarse en primer término é influir en alguno de los grandes problemas en que estriba la posibilidad de la obra.

### CAPÍTULO III.

#### PREPARACION DEL FONDO DEL CANAL PARA EL PASO DEL CASTILLO.

#### Perfil longitudinal.

Hemos dicho en los capitulos anteriores que la preparacion del fondo en la mayor parte de la longitud consiste únicamente en una fuerte escollera, sobre cuya cresta se establecerá, como

más adelante diremos, la vía férrea para el paso del castillo.

El perfil longitudinal de esta parte de la obra se compone de una serie de rasantes, que se ciñen á las inflexiones del suelo de tal suerte, que dan un volumen mínimo para el pedraplen, sin alterar, por lo tanto, sensiblemente la sección del Estrecho.

Las dos rasantes extremas se prolongan en desmonte, cuatro kilómetros de la parte de Francia, y 1.250 metros la que corresponde á la costa de Inglaterra. Los últimos 500 metros de estas dos rasantes forman una línea horizontal.

La máxima profundidad del mar en aguas bajas es de 49 metros, y esta cota sube próximamente hasta 59 en las altas mareas, sin contar la altura de las olas sobre la superficie media.

La pendiente mayor de todo el perfil no pasa de 3 por 1.000, si bien ésta es la de las dos mayores rasantes de la línea, que forman en su conjunto una longitud de 21 kilómetros. La unión de cada dos alineaciones deberá hacerse por un arco de círculo, ó bien por una serie de pequeñas rasantes, que sean otras tantas cuerdas de dicho círculo.

**Unión de las rasantes.**

Sean  $mn$  y  $np$  dos rasantes contiguas, y supongamos que el castillo se apoya por un extremo A en la rasante  $mn$ , y por el opuesto B en la  $np$ , correspondiendo el punto medio C de la base al vértice del ángulo.

**Lámina 2.<sup>a</sup> — Figura 2.<sup>a</sup>**

Es evidente que, al llegar el castillo á esta posición, se deformará en parte, descendiendo el punto medio C hasta que sus ruedas se apoyen en una de las dos rasantes, y comprimiendo, por lo tanto, las fibras ó piezas de la parte superior.

**Lámina 2.<sup>a</sup> — Figura 3.<sup>a</sup>**

Una cosa análoga sucedería si el vértice C del ángulo ocupase una posición inversa de la precedente, con la diferencia que las piezas superiores A' B' del castillo estarían sujetas á tensión. Estas deformaciones son teóricamente inevitables; pero pueden en la práctica hacerse

casi nulas, uniendo cada dos rasantes por un arco de círculo, cuyo radio se determinará, como más adelante veremos.

**Lámina 2.<sup>a</sup> — Figura 4.<sup>a</sup>**

Que esta precaución es indispensable, puede probarse con suma facilidad.

En efecto, considerando la unión de la rasante horizontal con la de 3 por 1.000, el castillo pasaría, al llegar al vértice O, de su forma natural A B C D, á la nueva forma B A  $mn$  C' D; de manera que las piezas superiores se alargarían en la longitud  $mn$ , cuyo valor se determina por la comparación de los dos sectores O  $mn$  O M N; resulta, pues,

$$1.000 : 3 :: Om : mn$$

ó bien

$$1.000 : 3 :: 64 : mn$$

de donde

$$mn = 0,192$$

ó sean próximamente dos decímetros; deformación inadmisibles para la buena conservación del aparato, tanto más cuanto que no se repartiría probablemente sobre toda la longitud A C, acumulándose, por el contrario, en una pequeña extensión.

Fácil es ahora determinar el radio del círculo de unión de tal suerte, que la compresión ó estiramiento total de las fibras sea una cantidad tan pequeña como se crea conveniente fijar de antemano.

**Lámina 2.<sup>a</sup> — Figura 5.<sup>a</sup>**

Sea  $ab$  dicho círculo,  $abef$  la posición primera del castillo, y  $abe'f'$  su nueva forma después de haberse comprimido la parte superior, sobre la cual, para simplificar los cálculos, supondremos que se acumula toda la deformación.

Admitamos como límite de la cantidad  $ee'$  el valor 0,0025.

Comparando las figuras  $bcd$  y  $bee'$ , que son próximamente sectores semejantes, tendremos

$$be : ee' :: bc : cd$$

ó bien

$$64 : 0,0025 :: 60 : cd$$

de donde

$$cd = 0,00235$$

y representando por R el radio del círculo, podremos establecer la ecuación

$$bc^2 = cd(2R - cd)$$

ó bien

$$60^2 = 0,00235(2R - 0,00235)$$

y despejando R

$$R = 766.000 \text{ metros.}$$

#### Lámina 2.<sup>a</sup>—Figura 6.<sup>a</sup>

Si las dos rasantes que se han de unir por medio de este círculo son aquellas que están respectivamente á 1,3 y 0,67 por 1.000, ó sea próximamente á 2 por 1.000 una con relación á otra, comparando los dos sectores OAB y DCE obtendremos

$$2 : 1.000 :: AB : 766.000$$

ó bien

$$AB = 1.532 \text{ metros}$$

y

$$CD = 766 \text{ metros;}$$

así, pues, deberían principiar las pequeñas rasantes de unión á 800 metros por cada lado del vértice C.

Fácil sería, por último, calcular el aumento de altura del terraplen correspondiente al punto C, cuyo valor es próximamente de

$$60 \text{ centímetros.}$$

#### Perfiles transversales.

El perfil transversal, en toda la parte del pedraplen, se compondrá de una línea horizontal, que servirá de apoyo á la vía, y de dos taludes á 45 grados. La longitud de la parte horizontal será de 50 metros, y la altura máxima del centro sobre el terreno natural no pasará de 7 metros. El perfil en la parte del desmonte se compondrá de una línea horizontal de 50 metros en el fondo y dos paredes verticales ó ligeramente inclinadas. La máxima altura de los desmontes será de 12 metros, pero sólo se llegará á esta cifra en una pequeña extensión, siendo insignificante en el resto de la línea.

#### Desmontes y terraplenes.

El volúmen total del pedraplen es de

$$5.841.000 \text{ metros}$$

y el del desmonte de

$$1.109.000 \text{ metros,}$$

según resulta de las cotas y rasantes que aparecen en el perfil.

#### Lámina 1.<sup>a</sup>—Figura única.

#### Material para la formación del pedraplen

Deberá formarse el pedraplen de gruesos bloques de piedra, para cuya extracción podrán establecerse á lo largo de las costas de Francia y de Inglaterra numerosos puntos de ataque. Afortunadamente, la naturaleza ofrece una extensa faja de canteras, inmediatas todas, por una y otra costa, al eje del pedraplen.

#### Sistema de vía.

Sobre el macizo de escollera, y después de rellenar ligeramente los huecos de su parte superior en las dos zonas que corresponden á los carriles, se asentará la vía por los procedimientos que más adelante describirémos.

Limitémonos ahora únicamente á la descripción.

La vía, propiamente dicha, se compondrá de dos partes, á saber: 1.<sup>a</sup>, dos fajas de hormigón hidráulico; 2.<sup>a</sup>, dos líneas de carriles.

#### Zócalo de hormigón.

Las dos fajas ó cintas de hormigón hidráulico tendrán dos metros, por término medio, de altura. De este espesor, un metro y 60 centímetros morderán, por decirlo así, en los picos superiores de la gran escollera, y en los de la escollera de relleno, quedando unos y otros de esta suerte enclavados en el macizo de hormigón, asegurando, por lo tanto, de una manera absoluta su estabilidad. Los 30 centímetros restantes quedarán por encima de las puntas más altas de la escollera, y formarán el asiento, propiamente dicho, de la vía.

#### Lámina 2.<sup>a</sup>—Figura 7.<sup>a</sup>

A'' B'' representa la línea general en que comienza la ligera capa de relleno, compuesta de

pedras de dimensiones menores que las de la esollera que constituye el cuerpo del macizo.

A' B' indica la línea en que termina dicho relleno y comienza la capa de hormigon hidráulico, y A B A' B' representa el macizo de hormigon, que se apoya en la superficie A' B' y muerde las puntas de los grandes bloques.

Claro es que en la realizacion de la obra no será A' B' A'' B'' líneas rectas, que sin presentarán, por el contrario grandes ondulaciones, segun los accidentes del pedraplen; pero siempre se verificará que los grandes bloques quedarán enclavados en el grueso zócalo de hormigon, formando otros tantos puntos fijos é inquebrantables.

#### Forma, dimensiones y material de los carriles.

Sobre estas dos fajas de hormigon cuya inclinacion en la parte superior deberá ser la que corresponda á cada una de las rasantes del perfil longitudinal, se apoyarán dos gruesas fajas de hierro cuya seccion trasversal tendrá la forma que indica la figura.

#### Lámina 2.<sup>a</sup>—Figura 8.<sup>a</sup>

$a b$  representa el ancho del carril, y  $a c$  es un fuerte reborde, que tiene por objeto impedir los movimientos laterales del castillo. Las ruedas de éste marcharán, pues, sobre el plano  $a a$ , y estarán guiadas en su camino por dicho reborde.

El ancho del carril debe calcularse de tal modo, que la presion por centímetro cuadrado sea inferior al límite en el que comienza á alterarse la elasticidad del material.

Supongamos que sean 2.000 toneladas el peso efectivo del castillo; pues aún cuando su peso real fuera del agua fuese mucho mayor, todo el exceso sobre esta cifra podria sostenerse por medio de flotadores, dejando que cargue sobre los carriles tan sólo la parte puramente precisa para la estabilidad.

Admitamos, asimismo, que se apoye el castillo sobre 22 ejes, ó sean 44 ruedas. Es evidente que sobre cada rueda cargará un peso igual á 45.450 kilogramos. Fijando como límite de presiones 6 kilogramos por milímetro cuadrado, resulta que la superficie de contacto entre la

rueda y el carril debe ser, cuando ménos, igual á  $\frac{45.450}{6} = 7.575$  milímetros cuadrados, ó sean 76 centímetros.

Si la rueda fuese matemáticamente circular, y el carril una línea recta, el contacto sólo se verificaria en un punto y sería imposible satisfacer á la condicion anterior.

Mas en la práctica, en virtud de la compresibilidad de los materiales, tanto la rueda como el carril se deforman ligeramente, y el contacto se verifica á lo largo de la faceta  $b c$ , repartiéndose la presion sobre toda la superficie  $b' c'$  en contacto con dicha faceta  $b c$ , aún cuando no de una manera uniforme.

#### Lámina 2.<sup>a</sup>—Figura 9.<sup>a</sup>

Es, no obstante, condicion indispensable, que la cantidad  $a d$  que la rueda se comprime, no exceda ciertos límites determinados por la elasticidad del material.

Suponiendo que el radio de dicha rueda sea de dos metros y medio, y admitiendo una compresion de 0,00025, podremos escribir la ecuacion

$$d c^{-2} = 0,00025 (5 - 0,00025)$$

de donde resulta,

$$d c = 0,033.$$

La faceta de contacto  $b c$  tendrá, pues, una longitud de seis centímetros y medio, y bastará, por consiguiente, que el ancho del carril sea de doce centímetros para que la presion máxima no exceda del límite fijado. Pero como dicha presion se repartirá uniformemente, y como, por otra parte, al aproximarse el castillo á las costas saldrá fuera del agua su parte superior, y aumentará, por lo tanto, la carga, supondremos, á fin de evitar toda contingencia, y de tener en cuenta las circunstancias anteriores, que el ancho del carril es de medio metro.

En cuanto á su espesor, será el que corresponda á la más gruesa hoja de palastro que al efecto pueda construirse, ó bien el que resulte de la union de dos ó más hojas por medio de tornillos, si de las experiencias que al tiempo de la construccion se efectuasen resultára ser insuficiente una sola placa.

**Presion sobre la capa de hormigon.**

Veamos ahora si la presion que el carril trasmite al macizo de hormigon, es ó no inferior al límite de aplastamiento.

La carga de 2.000,000 de kilogramos se reparte en dos fajas de 120 metros de longitud cada una y de 0<sup>m</sup>,60 de ancho, ó sea sobre una superficie de 1.440'000 centímetros. Resulta, pues, 1'4 kilogramos de presion por cada centímetro cuadrado, límite muy inferior al de aplastamiento del mortero eminentemente hidráulico, que se eleva á 144 kilogramos por centímetro cuadrado.

Por otra parte, si bien es cierto que los carriles tenderán á ceder bajo la presion de las ruedas, y que dicha presion se reconcentrará de preferencia en los cuarenta y cuatro puntos de contacto, de todas maneras sería preciso que fuera cien veces mayor que la calculada para que pudiera temerse por la resistencia del material.

**Union de los carriles al macizo de hormigon.**

La union del carril al zócalo de [hormigon, debe llevarse á cabo cumpliendo con dos condiciones esenciales, á saber:

- 1.º Que el enlace sea sólido y resistente;
- 2.º Que se preste con facilidad á la renovacion de los carriles.

Con ambas cumple, á nuestro modo de ver, el siguiente sistema.

En el macizo de hormigon se deberán empotrar, al tiempo de construirlo, gruesos cubos de hierro, cuyo objeto sea servir de cojinetes para la via, y que lleven en su parte inferior varios brazos ó ramas de hierro erizadas de dientes, las cuales quedarán fuertemente aprisionadas en el macizo de hormigon.

En el espesor de estas piezas de hierro se habrán practicado de antemano anchas tuercas y fácil será unir los carriles á estos cojinetes por medio de tornillos.

**Muelles y parachoques.**

En los extremos de la via férrea sub-marina, correspondientes á los últimos 500 metros de una y otra costa, se construirán dos muelles, en

cuya descripcion es inútil que entremos, por ser obras perfectamente conocidas. Basta para nuestro propósito indicar que la plataforma superior del castillo deberá enrasar con el piso de los muelles de tal suerte, que pueda efectuarse con toda comodidad, tanto el paso de los viajeros, como el de los wagones de mercancías.

Por último, nada diremos respecto á las amarras para choques y otros accesorios del proyecto, porque luégo se comprende que son detalles sin importancia ante el pensamiento capital de la obra, y á él en un todo subordinados.

*Se continuará.)*

**DIVISIONES HIDROLÓGICAS.**

Acaba de imprimirse y se está ya repartiendo la *Memoria de Obras públicas*, relativa al trienio de 1867 á 1869, comprensiva de todos los trabajos hechos en los puertos y faros, así como los de aprovechamiento de aguas. En ella aparecen, aunque muy en resumen, y sin embargo ocupando una gran parte de la obra, el progreso de los estudios de las cuencas de nuestros rios, y para que nuestros lectores formen idea del estado en que se encuentran, y de los resultados obtenidos, nos ha parecido oportuno darlos á conocer, siquiera sea ligeramente, en nuestro periódico, teniendo á la vista, al describirlos, no sólo el tomo citado, sino además el respectivo anterior de 1864 á 1866.

Las divisiones hidrológicas que existian en fin de 1869 eran 10, á saber: las de Córdoba, Guadiana ó Ciudad Real, Málaga, Orense, Sevilla, Tajo, Valencia, Duero (region superior), Duero (region inferior) y Zaragoza.—Nos ocuparemos de ellas por el orden en que se enuncian.

*Division hidrológica de Córdoba.*—Comprende la cuenca del Guadalquivir en su region superior, ó sea hasta su confluencia con el Genil, que es donde empieza la de Sevilla.

En Junio de 1861 se nombró la primera comision facultativa para su estudio, y se emprendieron los trabajos, que se continuaron despues por la Division hidrológica que nos ocupa, creada en 1865. Hasta fin de 1869 se habia estudiado desde el nacimiento del rio hasta su confluencia con el Guadiana menor, ó sea una longitud de próximamente 133 kilómetros. De esta parte hay ya plano, perfil longitudinal y

