

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente ...	Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores,.....	Los sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros. D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos. D. Manuel M. Irujo, Ingeniero del mismo Cuerpo, <i>Secretario</i> .
Colaboradores,.....	Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

La longitud de la parte volada (que llamaremos consola mar),



También hemos buscado los esfuerzos en las diferentes barras, empleando: 1.º, el sistema Cremona (figuras 3 y 4); 2.º, el sistema por los momentos (figuras 5 y 6), y 3.º, el sistema de Ritter (figuras 7, 8 y 9). Llamamos la atención de nuestros lectores sobre la tabla de los resultados de los tres sistemas, por

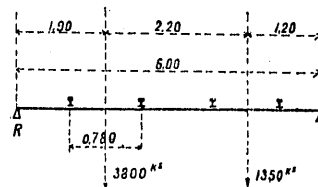
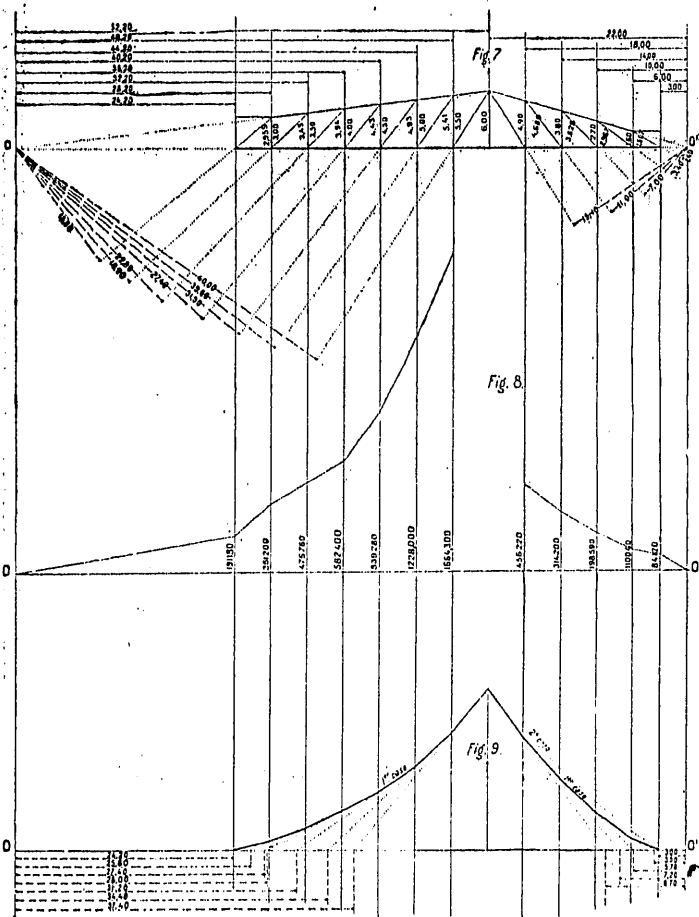
TABLA

indicando los resultados de los diferentes métodos de calcular los esfuerzos en las barras.

NÚMERO de las barras.	MÉTODO de Cremona.	MÉTODO de Ritter.	MÉTODO por los momentos.	NÚMERO de las barras.	MÉTODO de Cremona.	MÉTODO de Ritter.	MÉTODO por los momentos.
1	18.200	18.150	14.000	23	24.300	24.700	35.500
2	10.600	10.660	10.660	24	90.000	90.370	90.370
3	6.600	6.700	7.900	25	39.900	40.600	54.000
4	10.700	10.810	10.810	26	111.300	112.000	112.000
5	19.300	19.110	21.500	27	31.200	31.210	63.000
6	25.050	25.140	25.140	28	106.200	105.700	105.700
7	10.800	11.200	14.000	29	17.200	17.300	51.870
8	25.350	25.500	25.500	30	102.600	101.200	101.200
9	20.700	20.900	25.000	31	28.500	28.560	56.500
10	39.600	40.000	40.000	32	95.400	95.200	95.200
11	12.250	12.500	17.500	33	13.200	13.500	43.070
12	39.700	40.600	40.600	34	92.100	90.520	90.520
13	21.300	21.250	28.000	35	27.000	27.600	50.500
14	53.400	53.300	53.300	36	81.300	82.000	82.000
15	14.250	14.460	20.500	37	9.900	10.100	34.270
16	54.000	54.170	54.170	38	78.300	78.500	78.500
17	25.800	25.700	35.000	39	30.000	30.800	52.000
18	69.600	68.800	68.800	40	55.500	56.000	56.000
19	18.000	18.500	27.000	41	13.200	13.400	31.440
20	70.200	69.770	69.770	42	53.700	52.500	52.500
21	33.300	33.800	44.000	43	60.600	60.000	61.000
22	89.100	88.720	88.720	44	105.200	105.200	105.200

la cual verán que los esfuerzos obtenidos por el sistema de los momentos son mucho mayores para las diagonales y montantes

Reacción producida sobre una traviesa por las cargas de un vagón cargado y uno vacío.



$$R = \frac{3.800 \times 4,10 + 1.350 \times 1,90}{6,00} = 3.024 \text{ kg.}$$

y por metro lineal de viga $\frac{3.024}{2,25} = 1.344 \text{ kg.}$

El peso de la vertedera, grúa y piso de maniobra lo evaluamos en 7.000 kg., ó sea por viga $\frac{7.000}{2} = 3.500 \text{ kg.}$ que gravitan sobre el extremo de la consola mar.

La sobrecarga por montante es de $1.344 \times 4 = 5.376$, ó sea 5.400 kg. en números redondos para la parte de dos vías.

Resumen de las cargas.

Peso propio.....	3.400 kilogramos.
Sobrecarga.....	5.400 idem.
Grúa, vertedera y piso superior	3.500 idem.

Cálculo de las vigas principales.

Conociendo las fuerzas exteriores que gravitan sobre una viga de una forma conocida, se pueden encontrar los esfuerzos en cada uno de sus elementos por el método de Cremona.

Daremos el esquema de la viga (fig. 1.^a). Las fuerzas exteriores producidas por las cargas permanentes y sobrecargas son también conocidas y las hemos escrito en la fig. 2.^a en cada nudo ó montante.

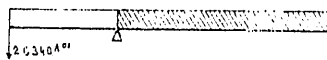
La incógnita es la reacción del anclaje; podemos determinarla con mucha facilidad, puesto que el momento de las fuerzas verticales de la consola mar, desde el apoyo, es igual al momento de las fuerzas verticales de la consola tierra desde el mismo punto.

Los casos que se deben considerar son tres, según la posición de la sobrecarga

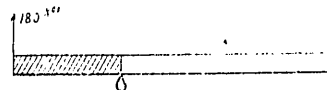
Primer caso:



Segundo caso:



Tercer caso:



Momentos de las cargas verticales de la consola mar (con sobrecargas):

$$\left. \begin{array}{l} 8400 \times 4 \\ 8800 \times 8 \\ 6100 \times 12 \\ 3400 \times 16 \\ 3400 \times 20 \\ 6100 \times 24 \\ 7900 \times 28 \end{array} \right\} = 668.800$$

que en los otros dos sistemas, resultado debido á la inclinación de las almas superiores; para más detalles de esa teoría pueden consultar nuestros lectores los tratados de M. Koechlin, Levy, Résal, etc. Es un error muy grande calcular un puente de este sistema por los momentos, que, desgraciadamente, emplean muchos Ingenieros y constructores, en lugar de emplear, sea el sistema Cremona, y mejor el Ritter ó el Culmann.

Los resultados de la tabla debieran ser *exactamente* iguales para los sistemas Cremona y Ritter; pero debido á la escala reducida con que hemos operado, resultan pequeñas diferencias.

Descripción.

Consola mar, longitud.....	28 metros.
Idem tierra, idem.....	19 idem.
Altura entre fibras neutrales sobre pila.....	6 idem.
Distancia de eje á eje de las vigas.....	6 idem.

Cargas permanentes.—Estimaremos *a priori* el peso de las vigas y del tablero, comparándolo con otros puentes de este sistema.

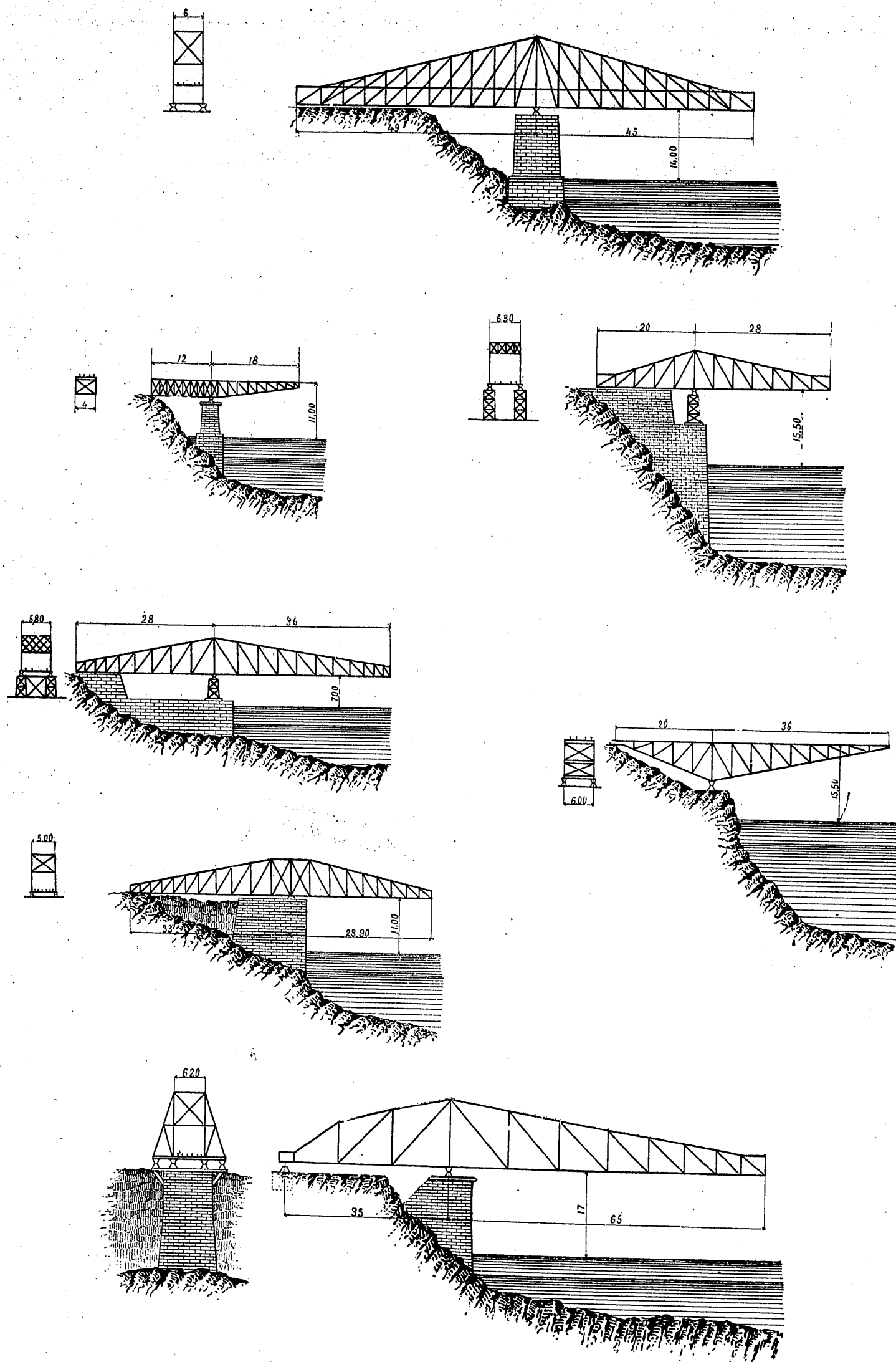
El peso es próximamente de 80.000 kg., sin la grúa, vertedera, piso superior de maniobra, anclaje y asientos.

El peso por metro lineal, es, pues, de $\frac{80.000}{47} = 1.700 \text{ kg.,}$

próximamente; por metro lineal de viga de 850 kg., y por cada montante $850 \times 4 \text{ metros} = 3.400 \text{ kg.}$

Sobrecargas.—El tablero llevará dos vías, desde el anclaje hasta 12 metros sobre la consola mar.

Peso de un vagón cargado.....	3.800 kilogramos.
Idem id. id. vacío.....	1.350 idem.
Distancia entre los topes de los vagones..	2,25 metros.
Idem de eje á eje de las ruedas.....	0,78 idem.



Momentos de las cargas verticales de la consola mar (sin sobrecarga):

$$\left. \begin{array}{l} 3400 \times 4 \\ 3400 \times 8 \\ 3400 \times 12 \\ 3400 \times 16 \\ 3400 \times 20 \\ 3400 \times 24 \\ 5200 \times 28 \end{array} \right\} = 430.200$$

Momentos de las cargas verticales de la consola tierra (con sobrecarga):

$$\left. \begin{array}{l} 8800 \times 4 \\ 8800 \times 8 \\ 8800 \times 12 \\ 8800 \times 16 \\ 4400 \times 19 \end{array} \right\} = 435.600$$

Momentos de las cargas de la consola tierra (sin sobrecarga):

$$\left. \begin{array}{l} 3400 \times 4 \\ 3400 \times 8 \\ 3400 \times 12 \\ 3400 \times 16 \\ 1700 \times 19 \end{array} \right\} = 168.300$$

Estos resultados se obtienen también rápidamente por los diagramas de los momentos de la consola mar y tierra (véanse las figuras); buscando la diferencia de éstos, y dividiéndola por el largo de la consola tierra se obtiene el peso del contrapeso.

Primer caso: $x \times 19 + 435.600 = 668.800$

$$x = \frac{668.800 - 435.600}{19} = + 12.270 \text{ kg.}$$

Segundo caso: $x \times 19 + 168.300 = 668.800$

$$x = \frac{668.800 - 168.300}{19} = + 26.340 \text{ kg.}$$

Tercer caso: $x \times 19 + 430.200 = 430.200$

$$x = \frac{430.200 - 435.600}{19} = - 180 \text{ kg.}$$

Todas las fuerzas exteriores ya están conocidas, y podemos trazar el polígono de las fuerzas, que nos dará el valor de los esfuerzos en cada elemento de la viga.

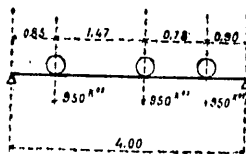
Los esfuerzos máximos en los elementos de la consola mar se producen cuando esta consola está cargada.

La fig. 3 indica los esfuerzos en todos los elementos de la viga cuando el puente está cargado del todo.

La fig. 4 indica los esfuerzos en los elementos de la consola tierra cuando ésta no lleva sobrecarga.

Todos los esfuerzos máximos tomados sobre el diagrama están escritos en la tabla.

Largueros.



Peso que soporta cada rueda $\frac{3830}{4} = 950 \text{ kg.}$

$$R = \frac{950 \times 3,15 + 950 \times 1,68 + 950 \times 0,90}{4} = 1490$$

$$M_1 = 1490 \times 1,68 - 950 \times 0,78 = 1762 \text{ ó sea } 1800.$$

El peso propio de un larguero de hierro y de uno de madera es de 120 kg. p. m.; el momento de flexión es de:

$$M_2 = \frac{120 \times 4 \times 4}{8} = 240$$

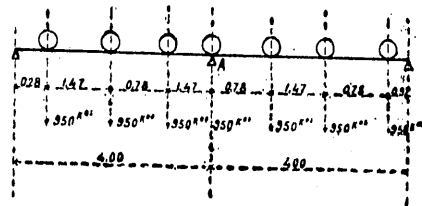
$$M = 1800 + 240 = 2040 \text{ ó sea } 2000.$$

$$R = \frac{2000}{280} = 7 \text{ kg.}$$

I viga de 220×98 , $\frac{I}{V} = 280$.

Traviesas.

Debemos primero buscar las cargas que tiene que soportar la traviesa A, debidas a los largueros que soportan vagones cargados y de los largueros que soportan vagones vacíos.



La reacción A debida a los largueros, soportando vagones cargados es de

$$R = 950 + \frac{950(3,22 + 1,75 + 0,97 + 2,53 + 1,75 + 0,28)}{4} = 3444 \text{ kg.}$$

La carga en A debida a los largueros soportando vagones vacíos será a la precedente en la proporción de

$$\frac{1350}{3800} \text{ ó sea } \frac{3444 \times 1,35}{3,8} = 1224 \text{ kg.}$$

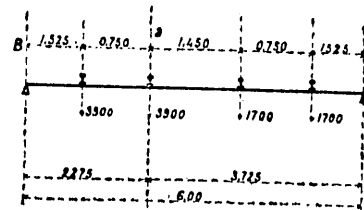
Además de estas cargas los largueros transmiten su propio peso y el de los largueros de madera.

$$\text{ó sea } 4 \times 120 = 480 \text{ kg.}$$

Las cargas concentradas sobre la traviesa en los puntos de unión con los largueros serán de

$$3.444 + 480 = 3.924 \text{ ó sea } 3.900.$$

$$1.224 + 480 = 1.704 \text{ ó sea } 1.700.$$



La reacción en B es:

$$R = \frac{3.900(4,475 + 3,725) + 1.700(2,275 + 1,525)}{6,00} = 6.406.$$

El momento máximo de flexión se produce en a, y es igual a

$$M_1 = 6.406 \times 2,275 - 3.900 \times 0,75 = 11.648.$$

La traviesa soporta además una carga uniformemente repartida compuesta de su peso propio y del peso del piso.

El peso propio por metro lineal es de:

Traviesa..... 120
Piso $4,00 \times 1,00 \times 0,076 \times 800 \text{ kg.} = 240$

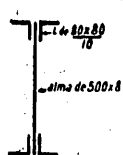
Total..... 360 kg.

El momento debido al peso propio y del piso en el punto *a*, es:

$$M_2 = \frac{360 \times 2,40 \times 3,60}{2} = 1.555.$$

El momento de flexión total es:

$$M = 11.648 + 1.555 = 13.203.$$



$$\frac{I}{V} = 1.500.$$

$$R = \frac{13.203}{1.500} = 8,8 \text{ kg.}$$

Debemos advertir que los momentos de flexión máxima de las traviesas y largueros, pueden estar calculados también por la estática.

Roblonado.

Recomendamos mucho a los Ingenieros y constructores de puentes y armaduras que, al calcular el número de remaches que necesita cada unión, tengan en cuenta los remaches que han de ponerse en el montaje, y aumenten el número de éstos que da el cálculo en la proporción de 10 a 20 por 100, según la dificultad y peligro que presente el montaje para remachar, puesto que por lo general los obreros no pueden colocar los remaches tan bien sobre andamios como en tierra firme.

Anclaje.

Hemos visto que la reacción máxima del anclaje se produce en el segundo caso de sobrecarga; esta reacción es igual a

$$26.340 \text{ kg.} \times 2 = 52.680 \text{ kg.}$$

El número de tornillos de anclaje son cuatro; por consiguiente, corresponderá un esfuerzo de $\frac{52.680}{4} = 13.170 \text{ kg.}$ para cada tornillo.

Estos tornillos, teniendo mucha influencia en la estabilidad del anclaje, los haremos trabajar sólo a 5 kg. por milímetro cuadrado.

La sección mínima del tornillo será

$$\frac{13.170}{5} = 2.630 \text{ mm. ó sea } 58 \text{ mm. de diámetro.}$$

La carga uniformemente repartida sobre cada viga de anclaje *a a*, es de

$$\frac{52.680}{2} = 26.340 \text{ kg.,}$$

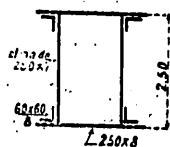
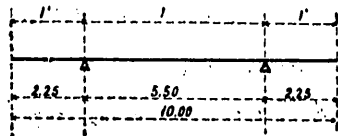
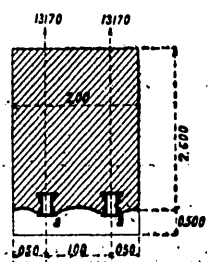
y por metro lineal $\frac{26.340}{10} = 2.634 \text{ kg.}$

El momento negativo sobre los apoyos es igual a

$$M_1 = \frac{p l^2}{2} = \frac{2.634 \times 5}{2} = 6.585.$$

El momento positivo en el medio de la viga es igual a

$$M_2 = \frac{p l^2}{8} - \frac{p l^2}{2} = \frac{2.634 \times 30}{8} - \frac{2.634 \times 5}{2} = 3.292$$



momento de resistencia de la sección de la viga $\frac{I}{V} = 800$

$$R = \frac{6.585}{800} = 8,2 \text{ kg.}$$

Contrapeso.

El contrapeso estará hecho de mampostería cuyo peso es próximamente de 2.000 kg. por m³.

Tomaremos un coeficiente de seguridad igual a 2; por consiguiente, el peso total del contrapeso será de $52.680 \times 2 = 105.360$

kilogramos; el volumen será de $\frac{105.360}{2.000} = 52 \text{ m}^3$,

ó sea $10,00 \text{ m.} \times 2,00 \text{ m.} \times 2,60 \text{ m.} = 52 \text{ m}^3$.

Baracaldo 20 de Abril de 1900.

F. MASSILLÓN.

Ingeniero en los altos hornos de Bilbao.

PUERTO DE BILBAO

I.—Rompeolas ó dique del Oeste del puerto exterior.

El proyecto de esta obra fué aprobado por Real orden de 29 de Junio de 1888, y la subasta correspondiente se adjudicó en 25 de Octubre del mismo año.

Su longitud es de 1.450 metros próximamente, y se halla emplazada, en su mayor parte, en profundidades de 14 metros á bajamar equinoccial que casi corresponden á 15 metros en bajamares ordinarias.

Su primera alineación, que tiene cerca de 950 metros de longitud, es perpendicular á la dirección NO., y se halla, por lo tanto, directamente expuesta á los fuertes temporales que recaen por ese rumbo, estando casi en iguales condiciones la segunda alineación, de 500 metros de longitud, toda vez que forma con la anterior un ángulo de 165 grados.

El perfil que se adoptó primeramente consistía, en un basamento de escollera hasta el nivel de 6 metros por debajo de bajamar equinoccial; otro segundo cuerpo formado con bloques artificiales de 30 y 50 metros cúbicos, arrojados también á modo de escollera y enrasados al nivel de bajamar, y, por último, una superestructura de obra concertada defendida exteriormente con una banqueta. No dejábamos de comprender la conveniencia de asentar la superestructura á una profundidad que fuese, cuando menos, de 6 metros debajo de bajamar equinoccial, para alejar el temor de socavaciones, pero como el número de días en que durante el año puede trabajarse con buzos es muy corto, temíamos que no pudiera construirse la obra en un plazo razonable, con tanto mayor motivo cuanto que había ejemplos de superestructura fundadas á 5 y aun 6 metros debajo de bajamar, que habían sido socavadas y arruinadas, caso que se ha repetido posteriormente (1). Así, pues, propusimos aquel sistema de construcción, que permitía ejecutar con rapidez, y que con regular éxito se había empleado en algunos puertos del Océano.

En pocos años se construyó la mayor parte del basamento y se emprendió la construcción de la superestructura á medida que, con el transcurso de dos inviernos, parecía que había tomado su posición de equilibrio el trozo de basamento sobre el que se iba á construir; pero á pesar de esta circunstancia y de haber empleado en la construcción del cuerpo superior del basamento un tamaño de bloques artificiales mucho mayor que los empleados en otras obras análogas, se observó, conforme se construía la superestructura, que los golpes de mar que en los temporales chocaban en el paramento y se elevaban á enorme altura, removían, en su descenso, los bloques de la banqueta ó berma exterior, lo que

(1) El rompeolas N. del puerto construido en la embocadura del Tyne, que se hallaba fundado con grandes bloques artificiales perfectamente concertados, y asentados á profundidades que llegaban hasta 27 pies ingleses, ó sean 8m,23 debajo de bajamar equinoccial, quedó arruinado en su mayor parte, en el mes de Enero de 1897, sufriendo también grandes socavaciones el rompeolas S. construido de igual modo.