

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

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 Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

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

LOS EMBARCADEROS CANTILEVER DE LA COSTA CANTÁBRICA

POR ALFONSO DORY

Ingeniero, Director de minas en Bilbao.

La estadística del año de 1899 consigna las producciones de mineral de hierro siguientes:

En Vizcaya.....	6.146.542 toneladas.
En Guipúzcoa.....	26.100 idem.
En Santanderr.....	1.285.444 idem.

La exportación marítima ha sido:

En Vizcaya	5.558.932 toneladas.
En Guipúzcoa.....	33.438 idem.
En Santander.....	1.338.440 idem.

Las dos últimas cifras de exportación indican que una parte de la producción del año anterior se ha transportado en 1899, ó bien que se han exportado por los puertos de las dos últimas provincias minerales procedentes de otras provincias limítrofes.

La enumeración precedente, no tiene más objeto que demostrar la importancia de las exportaciones que comprenden la mayor parte del mineral explotado.

El trabajo en los yacimientos se hace casi siempre á cielo abierto. El mineral baja por planos inclinados ó transportes aéreos hasta las vías principales que lo transportan á los puntos de embarque situados en los puertos de Bilbao, Santander, etc.

Se han hecho importantes sacrificios para asegurar en todo

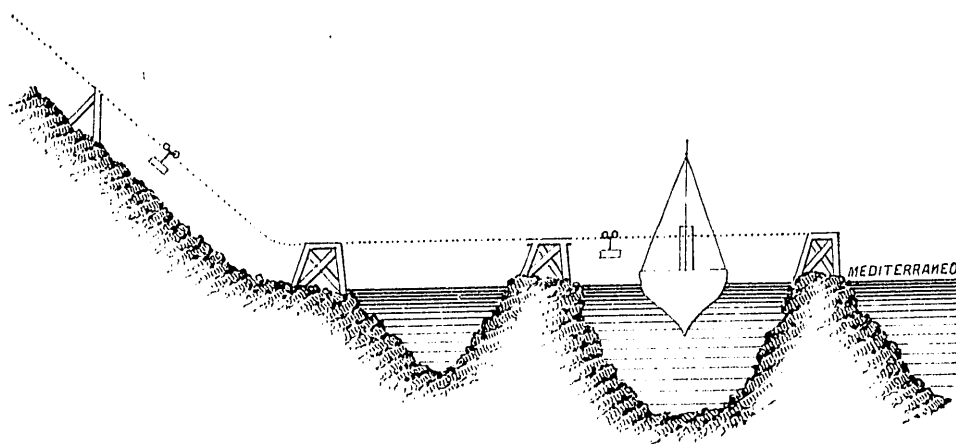
tiempo en la ría de Bilbao el embarque de minerales en barcos de gran tonelaje; la descripción de estos trabajos la hemos hecho ya en los *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand*.—«Le port de Bilbao».—T. XII, 4^{ème} livraison, T. XXI 2^{ème} et 4^{ème} livraisons.

Se encontrará todo lo relativo al trabajo de las minas, transportes, industrias, etc., en nuestra memoria sobre la excursión de los Ingenieros ingleses á España en Septiembre de 1896: *L'Institut du fer et de l'acier en Espagne; publications des Ingénieurs du Hainaut*, T. VI, 1^{er} fascicule.—*Revue Universelle des Mines*, T. XXXVIII, 3^{ème} serie.

El embarque está asegurado para los minerales que pueden transportarse á los grandes puertos, donde los barcos, al abrigo de los golpes de mar, pueden atracar á las instalaciones para el embarque. Pero no ocurre lo mismo para algunas minas próximas al litoral, pero lejos de las vías férreas que conducen á los puertos.

Sabido es que la costa cantábrica ofrece grandes peligros para la navegación en ciertas épocas del año, y no podía intentarse la instalación de un sistema de carga como el intentado en Garrucha, cerca de Almería, y realizado en Bonassola (Italia) en el Mediterráneo de aguas tranquilas, es decir, el de transportes aéreos.

El siguiente esquema indica la instalación de Bonassola para el transporte de mineral de manganeso explotado por la Sociedad anónima Tramura y Bonassola. La longitud de la línea es de 1.196 metros, y la diferencia de nivel 360 m, transporta 80.000 kg diarios á la velocidad de 1,50 m por segundo por medio de una máquina de 10 caballos.



La economía que resulta de poder emplear en el transporte de mineral barcos del mayor tonelaje posible, ha conducido á adoptar un sistema de embarcaderos volados, de una altura y de un alcance tales, que se pueda descargar el mineral en las mismas escotillas de los barcos, y elevados más ó menos sobre el nivel del mar según la amplitud de la marea, y según el calado ó sea según la inclinación del terreno que forma el fondo del mar.

Estos embarcaderos deben tener, pues, la forma de puente-

grúa, disposición conocida con el nombre de cantilever, son de hierro, están terminados por correderas del mismo metal, de modo que puedan alargarse ó acortarse según la altura y el tonelaje de los barcos, y llevan las vías necesarias para la maniobra de vagones cargados y vacíos, para activar en lo posible la operación de cargar.

Algunos embarcaderos tienen un freno y un volquete ó tipping para la maniobra de los vagones que descargan de costado; los

que tienen vías destinadas á la circulación de vagones que se abren por el fondo, están desprovistos de estos accesorios.

La maniobra de la canal ó corredera telescópica se hace por medio de tornos situados en la parte anterior del cantilever y encima de las disposiciones que sirven para verter en los barcos el mineral.

En las figuras numeradas con cifras romanas damos los esquemas de las instalaciones de la costa cantábrica; todas ellas están comprendidas en la provincia de Santander y al Este de la capital.

Fig. V. *El embarcadero de Setares* fué el primero construido por la casa Auguste Lecocq de Halle, y ha servido de modelo á las demás instalaciones análogas que han salido casi todas de los talleres de Miravalles (Vizcaya), en donde han tenido la bondad de facilitarnos los diferentes elementos de los cálculos que forman parte de la presente nota.

Este embarcadero tiene la forma de un bastidor trapezoidal arriostrado vertical y diagonalmente. La longitud del embarcadero es de 61,90 m, la de la parte volada 28,90 m, la altura de la canal sobre el nivel del mar en aguas vivas, es de 11 m; el peso total de la instalación es 174 ton.

La mina de Setares, que exporta sus productos por este embarcadero, está situada á una altitud de 260 m, y la distancia desde el yacimiento hasta el mar es de 1.780 m. El mineral, propiamente dicho, está incluido en una masa terrosa, de la cual se le desembaraza por medio del lavado. De los lavaderos, el mineral cargado circula por una vía horizontal, baja en seguida por un plano inclinado y después es conducido al depósito próximo al embarcadero por una balanza que baja en cada viaje 1.680 kg.

El embarcadero tiene en la entrada 3 vías paralelas, y cerca del punto de descarga 2 solamente; de este modo se puede traer mineral al mismo tiempo del depósito y del montacargas; el servicio de vagones vacíos utiliza sólo una vía.

Se han cargado en este embarcadero 2.200 ton en siete horas, y se podrían embarcar 3.000 ton por jornada. En 1895 este embarcadero ha vertido 255.500 ton en barcos de gran capacidad.

Fig. II. *El embarcadero de Dícido* ha sido construido igualmente por M. Lecocq y C.^{ta} de Halle, según el proyecto de M. Seyrig, de París; ha reemplazado á una instalación montada sobre pilotes de rosca, que fué destruida por un violento temporal que se desencadenó en el Cantábrico el 30 de Diciembre de 1894. Las dimensiones principales de este embarcadero son: longitud total, 94 m; longitud de la parte volada, 45 m; altura sobre las mayores marcas, 14 m. Puede cargar 200 ton por hora y pesa 300 ton.

El accidente ocurrido en el primer embarcadero de Dícido es una demostración palpable de la intensidad de las olas en el Cantábrico y de la conveniencia de emplear el sistema de puente-grúa con preferencia á las instalaciones sobre pilotes de rosca, que están expuestos á ser volcados y que se deterioran á la larga y necesitan ser renovados.

Igualmente se le debe dar la preferencia sobre las instalaciones donde se emplean macizos importantes de fábrica, porque ésta es muy cara, como todas las obras hidráulicas, y no están tampoco al abrigo de la destrucción cuando los macizos están expuestos á repetidos golpes de mar y no están convenientemente enlazados con terreno firme.

Fig. I. *El embarcadero de Ontón*, próximo á los dos precedentes, es el más importante como dimensiones.

Ha sido construido en los talleres de Miravalles, pesa 400 ton, tiene una longitud de 100 m y un voladizo de 65 m; su altura sobre el mar es de 17 m.

La sección transversal del puente grúa, en lugar de ser rectangular como en los otros, tiene la forma de trapecio.

El punto de apoyo, que divide el embarcadero en dos partes, la parte del mar y la de tierra, está formado, como en los otros sistemas, por rótulas que permiten cierto movimiento del conjunto, que está unido al terreno por medio de fuertes pasadores

que le sujetan al contrapeso natural del terreno de la costa, ó á contrapesos artificiales de buena mampostería.

Conviene, en efecto, dejar á la instalación cierto juego, teniendo en cuenta las trepidaciones que producen la maniobra y la descarga de los vagones.

Fig. III. *El embarcadero de Sonavia*, el más próximo al puerto de Santander, es el que tiene dimensiones más reducidas. Tiene una longitud de 30 m y un voladizo de 18 m, y á pesar de su pequeño alcance tiene, gracias á la favorable disposición del terreno donde está instalado, una altura de 11 m sobre las más altas pleamares.

Fig. IV. *El embarcadero de Castro-Alén*, como los dos siguientes, se encuentra en la bahía próxima á Castro (Santander), y sirve como ellos para el embarque de los minerales de la nueva región minera de Sopuerta, á Poniente de la conocida é importante zona de Somorrostro.

La orilla en este punto tiene muy poca pendiente, lo cual hace que con un voladizo de 36 m sólo se obtenga una altura de 7 m sobre el nivel del mar. La longitud del puente-grúa es de 64 m.

Fig. VI. *El embarcadero de Castro-Urdiales núm. 1*, está, gracias á un importante macizo de fábrica convenientemente apoyado en las rocas del litoral, en buenas condiciones para la carga en barcos de gran tonelaje, por tener una altura de 15,50 m sobre el nivel del mar, para un voladizo de 28 m solamente. La longitud del puente cantilever es de 48 m. En lugar de un macizo de fábrica, se han instalado torrecillas de hierro para soportar los rodillos. La profundidad del mar bajo el embarcadero, es mayor que en todas las instalaciones análogas, si se exceptúa la inmediata que es:

Fig. VII. *El embarcadero de Castro-Urdiales núm. 2*. Este tiene la forma inversa de los demás perfiles adoptados. Se ha llegado de este modo á suprimir completamente los macizos de mampostería, excepto el que sirve de contrapeso á la instalación.

El favorable lugar escogido para ésta, permite atracar á las embarcaciones de gran calado. Tiene el embarcadero una altura de 15,50 m sobre las más altas pleas; la longitud del voladizo es de 36 m y la total de 56 m.

Este embarcadero está montándose actualmente.

El montaje de estos embarcaderos se hace generalmente en voladizo; pero cuando el terreno es favorable y las diagonales tienen secciones suficientes para resistir á la compresión, se hace el montaje por corrimiento. Generalmente se adopta para las piezas una sección en forma de cajón que facilita la composición del puente, debiendo resistir á la compresión las diagonales.

Conviene, para las operaciones de corrimiento, comprobar las flexiones parciales que se originan en las piezas inferiores que reposan sobre los rodillos de lanzamiento y tomar las disposiciones necesarias para evitar los accidentes.

Los detalles de construcción de los cantilever son los mismos que los de los puentes ordinarios, sólo que las piezas de la parte volada tienen la longitud de una malla para facilitar el montaje, mientras que las de la parte de tierra comprenden, á veces, dos mallas.

Finalmente, un embarcadero, que en la actualidad está en estudio, es el que se va á instalar en Capuchinos, junto á Pasajes (Guipúzcoa), que servirá para embarcar los minerales procedentes de los yacimientos de Oyarzun, explotados por los señores Chavarri y C.^{ta} y pertenecientes á la Real Compañía Asturiana de Minas.

Damos los cálculos detallados de esta nueva instalación para completar de este modo nuestro estudio sobre los puentes-grúas ó embarcaderos cantilever.

El embarcadero de los Capuchinos, como puede verse en la fig. 1.^a, tendrá un voladizo de 28 m, una longitud total de 47 m y una altura de 9 m sobre las más altas mareas. Las rótulas se colocarán en pilares metálicos.

Calculamos los diversos elementos de esta instalación determinando los esfuerzos en las diversas barras por los procedi-

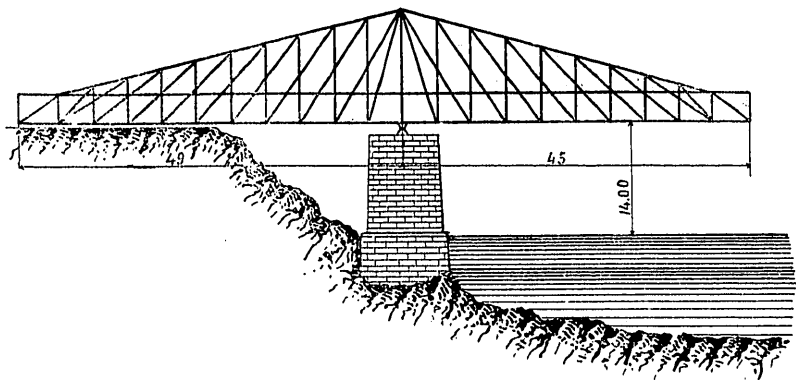
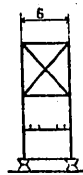


Fig. II.

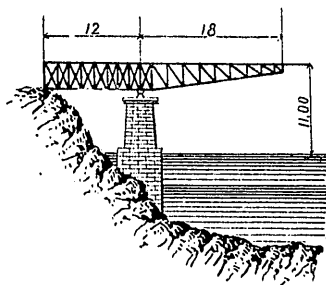


Fig. III.

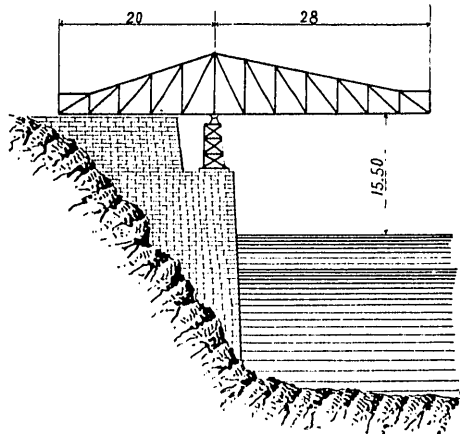
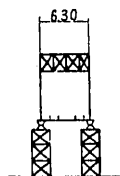


Fig. VI.

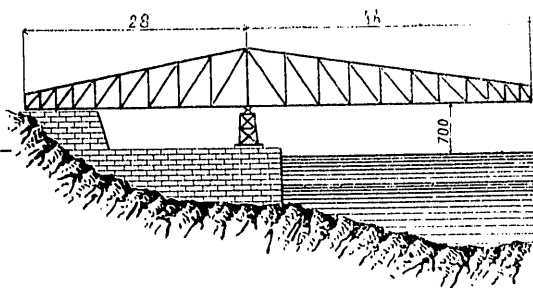
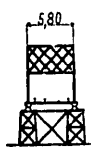


Fig. IV.

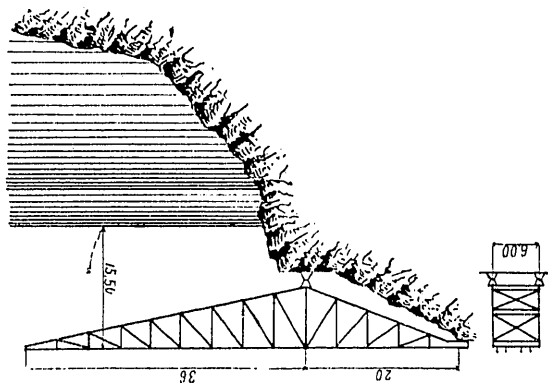


Fig. VII.

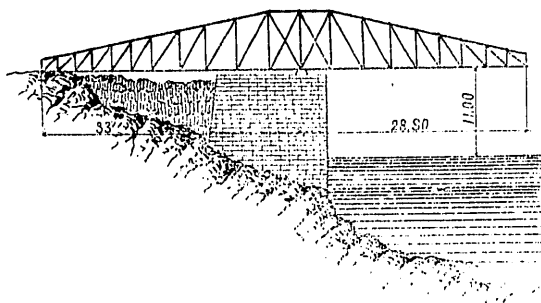
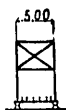


Fig. V.

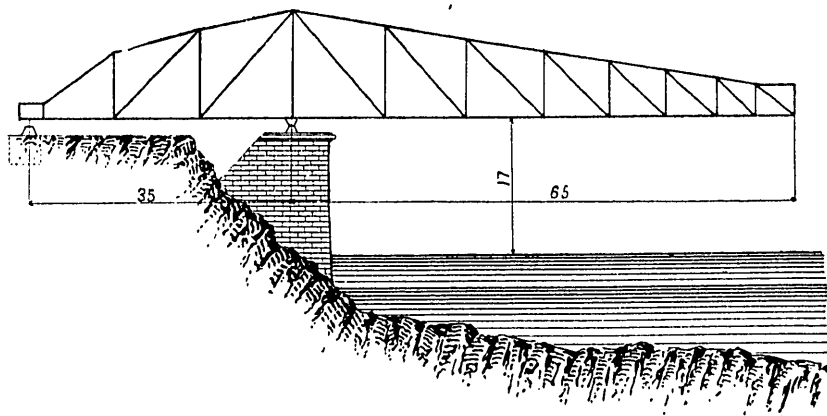
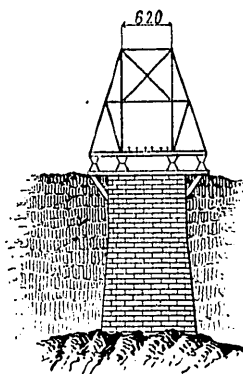


Fig. I.

Fig. 4. 2º caso

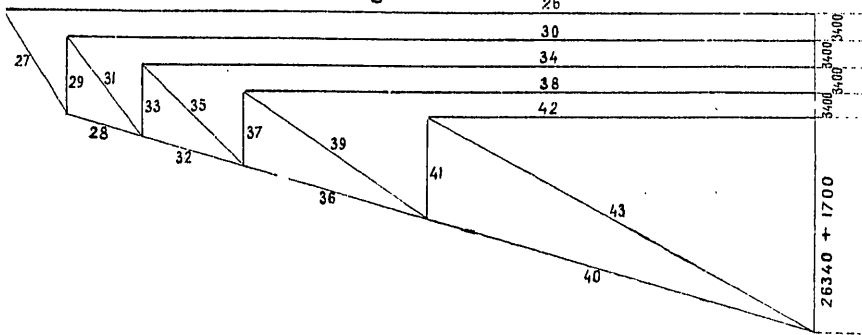


Fig. 5

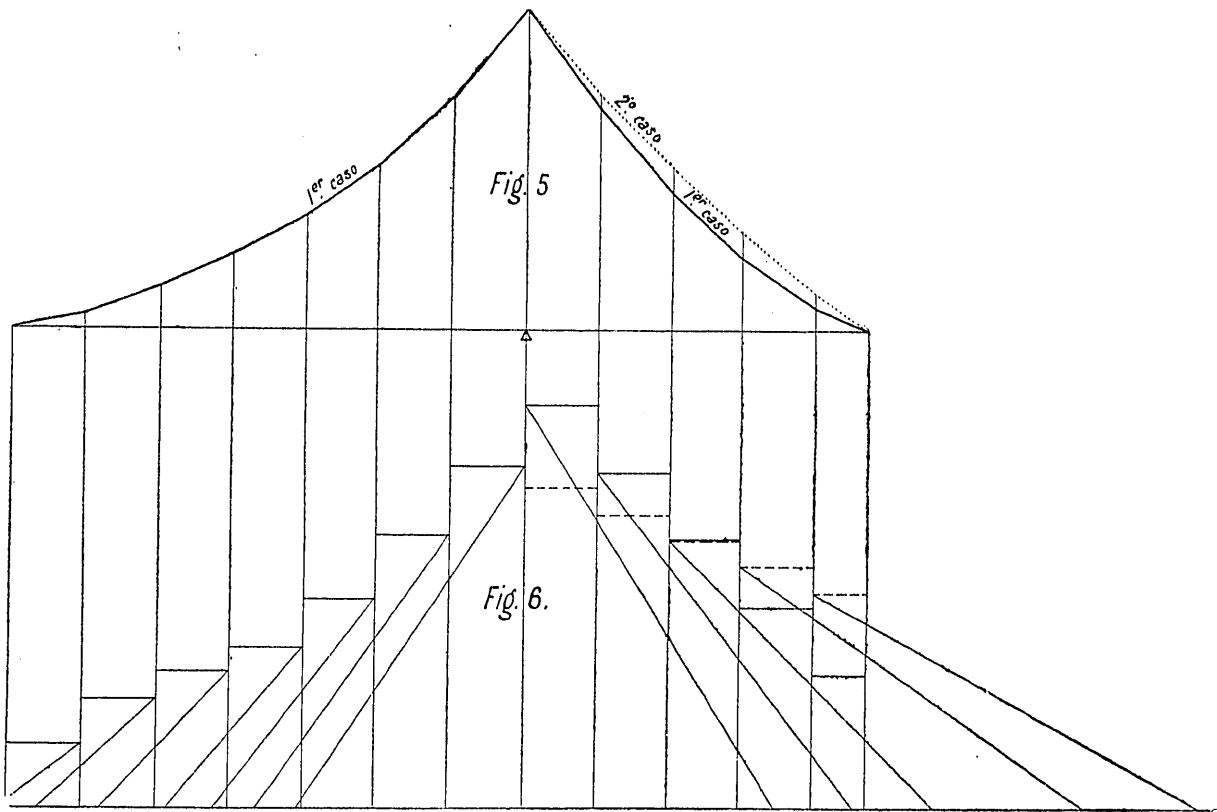


Fig. 8

Fig. 9

270 kg para el embarcadero descargado y 170 kg cuando el cantilever está cargado.

El perfil trapezoidal del embarcadero de Ontón es favorable por ofrecer más resistencia contra el empuje del viento que la sección rectangular de las otras instalaciones.

Datos para la instalación del embarcadero de la bahía de los Capuchinos:

Parte del mar, longitud.....	28 m.
Parte de tierra.....	19 m.
Altura entre las fibras medias.....	6 m.
Distancia de las vigas de eje á eje.....	6 m.

Cargas permanentes.—Teniendo en cuenta y tomando como punto de partida los pesos de las vigas y del piso de otro puente construido, obtenemos una carga de 80.000 kg sin la grúa, la corredera y el puente de maniobra, los amarres, los asientos.

El peso por metro lineal es $\frac{80.000}{47} = 1.700$ kg para el puente; $\frac{1.700}{2} = 850$ para cada viga y $850 \times 4 = 3.400$ kg por nudo ó montante.

Sobrecargas.—El tablero llevará dos vías desde el amarre del embarcadero hasta 12 metros más allá del apoyo del voladizo.

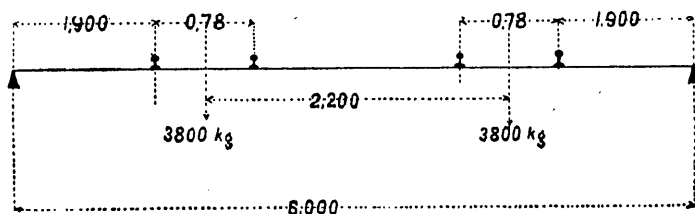
Peso de un vagón cargado.....	3.800 kg.
Idem id. vacío.....	1.350 »
Distancia entre topes de los vagones.....	2,25 m.
Idem entre ejes de las ruedas.....	0,78 »

Las reacciones producidas sobre una traviesa por la carga de un vagón vacío y de un vagón cargado son

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

Esta reacción por metro lineal de viga es

$$\frac{3.024}{2,25} = 1.344 \text{ kg.}$$



El peso total de la canal, de la grúa, del piso de maniobra, etc., es próximamente de 7.000 kg, ó sea $\frac{7.000}{2} = 3.500 \text{ kg}$ para cada viga. Este peso obra en la extremidad del voladizo.

En resumen, hemos admitido que la sobrecarga por montante es de $1.344 \times 4 = 5.376 \text{ kg}$, ó sea 5.400 kg en números redondos, para la parte con doble vía, 1.700 kg como peso del embarcadero por metro lineal, 3.500 kg peso de la grúa, etc., que obra en el extremo del voladizo.

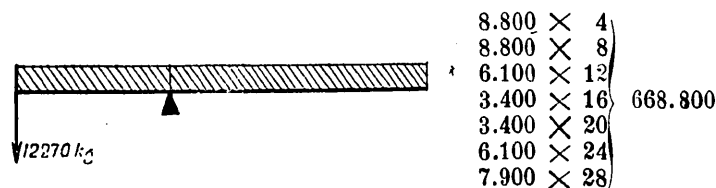
Cálculo de las vigas principales.—Conociendo las fuerzas exteriores que actúan sobre una viga de forma dada, se pueden hallar rápidamente los esfuerzos sobre cada elemento por el método de Cremona.

Hemos adoptado el esquema de la viga, é inscribimos las fuerzas exteriores debidas á las cargas y á las sobrecargas conocidas concentrándolas en los nudos (figuras 2, 3 y 4). La incógnita es la reacción en el amarre que hay que determinar. Para llegar á esta determinación admitimos que el momento de las fuerzas verticales, que obran sobre el voladizo, con relación al apoyo, es igual al momento de las fuerzas verticales de la parte de tierra con relación al mismo punto.

Según la posición de la sobrecarga, hay tres casos que considerar:

- 1.º Momentos de las cargas verticales, con sobrecarga en ambos lados.
- 2.º Momentos de las cargas verticales con sobrecarga en el voladizo sólo.
- 3.º Momentos de las cargas verticales con sobrecarga en la parte de tierra sólo.
- 4.º Momentos de las cargas verticales sin sobrecargas. (Este caso no tiene ningún interés.)

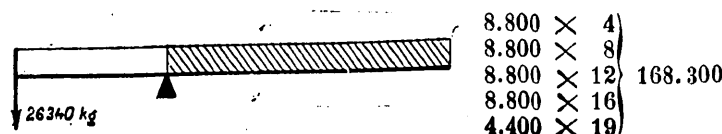
Primer caso. Momentos de las cargas verticales con sobrecargas en el voladizo y en la parte de tierra.



$$x \times 69 + 435.600 = 668.800$$

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

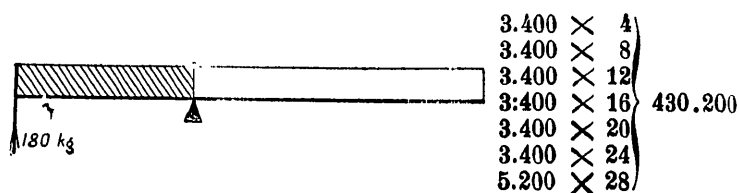
Segundo caso. Momento de las cargas verticales con sobrecarga en el voladizo sólo.



$$x \times 19 + 168.300 = 668.800$$

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

Tercer caso. Momentos de las cargas verticales con sobrecarga sólo en la parte de tierra.



$$x \times 19 + 435.600 = 430.200$$

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

Conociendo las fuerzas exteriores podemos fácilmente trazar el polígono de las fuerzas que nos dará el valor de los esfuerzos en cada elemento de las vigas.

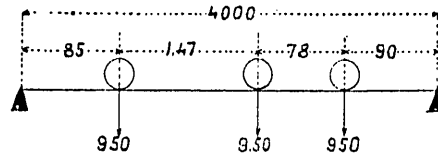
El esfuerzo máximo en los elementos del voladizo se producirá cuando éste esté cargado; la figura 2 da los esfuerzos para todos los elementos del voladizo en este caso; la figura 3 da los esfuerzos para los elementos de la parte de tierra cuando no hay sobrecargas.

Todos los esfuerzos máximos sacados del dibujo están inscriptos en el cuadro.

Arriostramientos.—Se calculan los arriostramientos por el método ordinario teniendo en cuenta las reacciones debidas al empuje del viento á cada lado de los apoyos.

Largueros.—El peso soportado por cada rueda es de

$$\frac{3.800}{4} = 950 \text{ kg.}$$



$$R = \frac{950 \times 3,15 + 950 \times 1,68 + 950 \times 0,90}{4} = 1.490.$$

$$M_1 = 1.490 \times 1,68 - 950 \times 0,78 = 1.762 \text{ kg}$$

ó sea 1.800 kg en números redondos.

El peso propio de un larguero de hierro añadiendo el de un larguero de madera es á lo más de 120 kg.

El momento flector es:

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

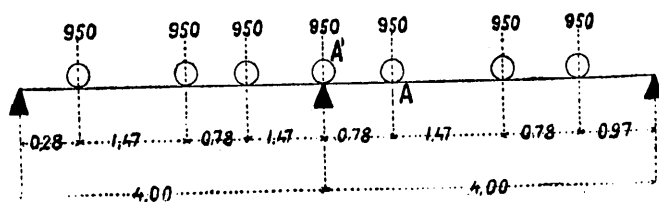
$$M = 1.800 + 240 = 2.040$$

ó sea 2.000 kg

$$R = \frac{2.000}{280} = 7 \text{ kg próximamente}$$

$$20 \times 98 = \frac{I}{V} = 280.$$

Traviesas.—Determinamos las cargas transmitidas á la traviesa A por los largueros que soportan los vagones cargados y los largueros que soportan los vagones vacíos.



Largueros que aguantan vagones cargados.

La reacción en A' es

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

La carga en A' transmitida por los largueros, que aguantan vagones vacíos, estará con la precedente en la relación de

$$\frac{1.350}{3.800}, \text{ ó sea; } \frac{3.444 \times 1,35}{3,8} = 1.224 \text{ kg.}$$

Además de estas cargas, los largueros tienen su peso propio, del cual no hay que prescindir, ó sea

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

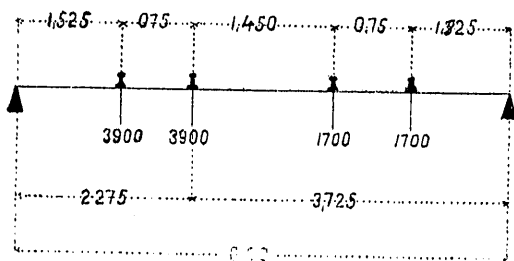
Las cargas concentradas sobre la traviesa en los puntos de unión serán, pues:

$$3.444 + 480 = 3.924, \text{ ó en números redondos } 3.900.$$

$$1.224 + 480 = 1.704, \text{ idem id. id. } 1.700.$$

La reacción en el punto B es:

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



El momento flector se produce en d y es igual á

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

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

El peso propio por metro lineal de traviesa es..... 12 kg.

El del tablero $4,00 \times 1,00 \times 0,076 \times 800$ 240

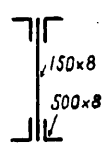
O sea un total por metro lineal de 360 kg.

El momento debido al peso propio en el punto d es:

$$M_2 = 1.555.$$

El momento flector total es:

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



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

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

Amarres.—Hemos visto que la reacción máxima del amarre se produciría en el segundo caso de sobrecargas. Esta reacción es igual á

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

La carga soportada por cada uno de los cuatro pasadores adoptados es

$$\frac{52.680}{4} = 13.170 \text{ kg.}$$

Estando soldados los pasadores y siendo de importancia capital para la estabilidad de la obra, conviene que no trabajen á más de 5 kg por mm cuadrado.

La sección mínima del pasador será la de un hierro redondo de 58 mm de diámetro ó sean 2.630 mm^2 .

$$\frac{13.170}{5} = 2.630 \text{ mm}^2.$$

La carga uniformemente repartida sobre cada viga de amarre a , a es de

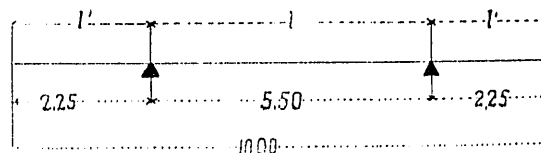
$$\frac{52.680}{2} = 26.340 \text{ kg}$$

y por metro lineal de

$$\frac{26.340}{10} = 2.634 \text{ kg.}$$

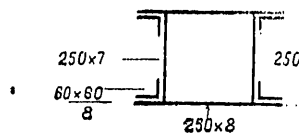
El momento negativo sobre los apoyos es:

$$M_1 = \frac{pl'^2}{2} = \frac{2.634 \times 5}{2} = 6.585$$



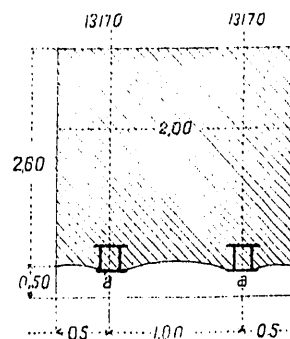
El momento positivo en la mitad de la viga será:

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



$$\frac{l}{V} = 800; R = \frac{6.585}{800} = 8,2 \text{ kg próximamente.}$$

Contrapeso.—El contrapeso estará formado por un macizo de mampostería cuyo peso es de 2.000 kg próximamente el metro cúbico.



Tomando un coeficiente de seguridad igual á 2, el contrapeso será de $52.680 \times 2 = 105.360 \text{ kg}$, y su volumen $\frac{105.360}{2.000} = 52 \text{ m}^3$ ó sea $10,00 \times 2,00 \times 2,60 = 52 \text{ m}^3$.

REVISTA EXTRANJERA

Los filtros mecánicos (1)

El método ordinario de la filtración por arena, en depósitos cubiertos ó descubiertos, ofrece una serie de inconvenientes de importancia variable según las localidades y las circunstancias.

(1) *La Technologie Sanitaire.*