

Si además m es divisible por v ,

$$\operatorname{sen} \frac{mk\pi}{2n} = 0 \quad \cos \frac{mk\pi}{2n} = \pm 1,$$

y si el valor de m se reduce á la mitad,

$$\operatorname{sen} \frac{mk\pi}{2n} = 0 \quad \text{y} \quad \cos \frac{mk\pi}{2n} = \pm 1.$$

En resumen, un gran número de términos tienen el factor 0 ó 1, ó, por lo menos, el seno y el coseno del mismo ángulo.

(Se continuará.)

Puerto de Huelva.

MONTAJE DEL MUELLE NORTE (1)

Descripción general del muelle.—Consta este muelle de una cabeza ó plataforma de 250 metros de longitud por 21 de ancho, paralela á la corriente de la ría y distante de la orilla 200 metros, cuya cabeza se une á tierra por un viaducto en curva de 180 metros de radio y un desarrollo de 325 metros.

El tablero está constituido por vigas de acero de 6,25 metros de luz, unidas por vignetas transversales de 3 metros y apoyadas sobre columnas de fundición calzadas con roscas Mitchell, formando palizadas de tres columnas en el viaducto y de ocho en la cabeza.

Cada columna está formada por seis tubos de 3 metros de longitud y 0,30 de ancho y las hélices son de acero, con un diámetro de 1,60, debiendo ser hincadas, por lo menos, 6 metros por debajo de un fondo de 12 metros de calado en pleamar.

El número total de columnas es de 502, compuestas de 2.844 tubos, y la longitud total de hinca asciende á 4.150 metros.

Lo expuesto da idea de la importancia de esta obra, que si como construcción metálica no tiene nada de extraordinario, es digna de atención por el considerable número de sus apoyos y por las grandes dimensiones de las hélices.

Dificultades que se presentaron en el montaje del antiguo muelle.—En el montaje de otro muelle del mismo sistema, que fué construido por la Junta de Obras en 1883-1885, se tocaron varias dificultades en la hinca que en el nuevo necesariamente habían de ampliarse, pues aquellas hélices tienen de diámetro 1,30 metros, mientras que las del nuevo tienen 1,60, resultando una superficie de apoyo de 6.833 centímetros cuadrados más que aquellas.

En dicho muelle, cuyas columnas fueron clavadas con cabrestantes movidos por tornos accionados á brazo, la operación llegaba á hacerse muy difícil, pues las hélices se entrapaban, apretándose entre sus alas las conchas y arenas, hasta el punto de constituir un cuerpo con aquéllas, que giraban sin penetrar.

Era necesario entonces recurrir á fuertes sobrecargas ayudadas con inyecciones de agua y aumentar considerablemente el esfuerzo de los tornos.

Como consecuencia de esto, la operación resultaba sumamente lenta, pues había que quitar y volver á poner la sobrecarga

cada vez que se empalmaba un tubo, ocurriendo, además, un accidente sumamente grave, pues por consecuencia de un gran esfuerzo hecho con los tornos, se rompieron los tornillos de la junta de una hélice con el tubo y fué necesario extraerla recurriendo á una excavación hecha por los buzos dentro de una ataguía.

Nuevo aparato de hinca.—Con estos antecedentes, era muy probable que las nuevas hélices no se hubieran podido hincar por el procedimiento antiguo, y nos propusimos estudiar otro más perfecto, resultando, como consecuencia, un proyecto de aparato de hinca, que antes de llevarlo á la práctica fuimos perfeccionando en sus detalles por medio de un modelo reducido al décimo, que hicimos construir.

En primer lugar, había que sustituir los tornos movidos á brazo por un motor mecánico, cuya acción es más rápida y puede medirse y limitarse.

Teniendo en cuenta la resistencia de los tornillos de unión de los tubos, que es la parte más débil de las columnas, así como el diámetro de los volantes de hinca del muelle antiguo que queríamos aprovechar, dedujimos que el esfuerzo tangencial en el volante, que podía producir la rotura, era de 10.582 kilogramos.

En el terraplén de la orilla, y próximo al arranque del viaducto, montamos una pequeña central eléctrica, compuesta de un motor de gas pobre de 14 HP. y dos dinamos acoplados en serie, que enviaban su corriente á un cabrestante eléctrico colocado á popa del andamio (1), el cual accionaba por medio de tres gruesos cables de cáñamo los tres volantes de hinca.

Medida al freno la potencia del cabrestante, cuya velocidad tangencial es de 0,10 metros por segundo, dedujimos que á 350 voltios una corriente de 15 amperios producía un esfuerzo en el volante de 3.000 kilogramos, límite del cual no se debía pasar para que los tornillos de las juntas no trabajaran más de lo precedente.

De este modo estábamos seguros de evitar el grave accidente que se produjo en el otro muelle y teníamos medios de medir exactamente la resistencia del terreno, para removerlo con una inyección de agua á presión cuando aquélla llegaba al límite antedicho.

Resuelta de este modo una de las dificultades del sistema antiguo, había que resolverla de la sobrecarga de las columnas, á fin de evitar la maniobra de tenerla que quitar cada vez que había que empalmar un tubo.

Esto se ha conseguido haciendo que el andamio obre por su peso como sobrecarga, á cuyo fin, en los tubos maestros de los antiguos aparatos de hinca (iguales á los descritos en la obra de Rivera titulada *Puentes de hierros económicos*), se labraron roscas del mismo paso (0,15 metros) de la hélice, y se construyeron unas grandes tuercas que se fijaron invariablemente al andamio. El tubo maestro, convertido en un gran husillo, lleva dos ranuras en dos generatrices opuestas (en el modelo no hay más que una) y en el cubo del volante van dos chavetas que deslizan por dichas ranuras.

Haciendo girar el volante por medio del cable sin fin del cabrestante eléctrico, gira también el husillo, y por consiguiente va introduciéndose en la tuerca unida al andamio, al mismo tiempo que la hélice se va clavando en el terreno.

Con lo expuesto y el modelo á la vista se comprende fácilmente la disposición de los aparatos de hinca, sin más que agregar que para dar la tensión conveniente al cabo de vuelta de los cables de transmisión se dispusieron unas poleas en la parte su-

(1) El desarrollo de estos trabajos se detalla en esta nota que hicimos para explicación de un modelo del andamio de hinca, que fué cedido por la Junta para el Museo de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, á petición del Ingeniero D. Ricardo Boguerín, Profesor de Construcción general.

(1) En el modelo se da movimiento al cabrestante con manubrio colocado en la parte posterior del andamio.

perior del andamio, por las cuales se pasaba el cable y se tesaba más ó menos; que estos cables se arrollaban á los volantes dando tres vueltas y se guiaban con rodillos convenientemente dispuestos; que los volantes descansaban sobre rodillos para facilitar su giro, y que cambiando el sentido de arrollamiento del cable en el cabrestante se hacía subir el husillo para empalmar un nuevo tubo.

El modelo está dispuesto tal como se empleó en el viaducto, llevando tres aparatos de hinca, de los cuales funcionaban siempre dos al mismo tiempo: uno, clavando, y otro, izando el husillo para empalmar nuevos tubos.

Andamio.—Los aparatos de hinca era necesario montarlos sobre un soporte ó andamio que había de tener las siguientes condiciones:

1.^a Peso limitado por la resistencia de las vigas del muelle y del terreno.

2.^a Solidez suficiente para soportar los esfuerzos que han de obrar en el caso más desfavorable.

3.^a Forma conveniente para facilitar el replanteo de la curva del viaducto y el montaje de los tramos del tablero; y, por último,

4.^a Facilidad para cambiarlo de emplazamiento á medida que el muelle iba avanzando.

Veamos cómo se satisface la primera condición:

El viaducto se compone de tramos de tres vigas longitudinales de 6,25 metros de luz, que se apoyan sobre columnas.

Teniendo en cuenta la resistencia del terreno y descontando el peso propio de columnas y tablero, podríamos cargar sobre cada una de aquéllas 24.102 kilogramos.

Las dos vigas laterales del tablero pueden someterse á una carga en su centro de 12.862 kilogramos y la central á 20.086, ó al doble si insisten en dos puntos separados la mitad de la luz, resultando en este caso que podíamos cargar sobre un tramo del tablero unas 91 toneladas, repartidas en seis puntos de aplicación.

Pero como no podemos disponer sobre cada columna más que de 24 toneladas, y como en el caso de estar los apoyos del andamio separados la mitad de la luz de un tramo podrían cargar sobre la columna central 30 toneladas, resulta de aquí que precisa separar más los puntos de apoyo.

Hecho el cálculo necesario obtenemos que para que la presión en la columna central no exceda de 24 toneladas debemos separar los apoyos del andamio 5 metros, y en esta forma podemos dar al artefacto un peso total de 90 toneladas, distribuidas á razón de 20 toneladas sobre cada uno de los apoyos centrales, y 12,5 toneladas sobre cada uno de los cuatro apoyos laterales.

El andamio está constituido esencialmente por dos vigas laterales armadas, de 5,6 metros de altura, unidas por sus cabezas superiores é inferiores por medio de fuertes riostras triangulares.

La altura de las vigas está motivada por la necesidad de fijar en ellas puntos de guía de las columnas lo más separados posible y proporcionar apoyo á los aparejos de maniobrar los tubos, con la altura suficiente para poder hacer la faena á pleamar.

Precisa que el andamio, apoyándose en los tramos ya construidos, avance hasta alcanzar la palizada siguiente que dista 6,25 metros; y si agregamos 0,50 metros para que el apoyo no quede en el mismo extremo del tramo, más 5 metros de separación entre apoyos y 2,10 que son necesarios para sostener los aparatos de hinca, tendremos 13,85 metros, á los que hay que agregar el brazo de palanca del contrapeso que, para que no resulte éste muy grande, hemos fijado en 9,15 metros, resultando una longitud total para las vigas principales de 23 metros.

Estas vigas se han calculado para resistir á su peso propio y

á una carga en el extremo volado de 18,1 toneladas, representada por el peso de los aparatos de hinca y piezas que los sostienen, resultando para la madera un trabajo de 0,425 kilogramos por milímetro cuadrado, que no hemos querido forzar para tener en cuenta las desfavorables condiciones en que se realiza.

El peso total del andamio, con sus aparatos y contrapeso, resulta ser de unas 80 toneladas.

Para facilitar el montaje de los tramos metálicos, toda la parte volada del andamio va libre de riostras por la parte inferior, y de este modo cada tramo compuesto de tres vigas y diez viguetas, armado y remachado en tierra, se llevaba con una balsa, que era colocada entre las columnas, izándolo después por medio de una gran polea colgada de la parte alta del andamio, cuya cuerda era arrollada al cabrestante, logrando de este modo con gran facilidad colocar el tramo completo sobre las columnas ya clavadas y provistas de sus capiteles.

Una vez colocado el nuevo tramo en su sitio y unido con pernos al anterior, había necesidad de correr el andamio hasta hacerlo insistir sobre él.

A este fin lo hemos provisto de seis rodillos, colocados en dos pares de vigas paralelas, distantes de centro á centro cinco metros.

Para que el peso sobre los puntos de apoyo centrales insistiera en la medida necesaria, que ya dijimos antes, van aquéllos provistos de muelles, cuya flecha habíamos medido previamente con la carga que debían tener.

Los rodillos de apoyo tienen la longitud necesaria para pasar de las vigas de un tramo á las del siguiente, que hacen entre sí el ángulo correspondiente al polígono inscrito en la curva que sigue al viaducto, y van provistos de fuertes pestañas que los guían sobre las cabezas de las vigas laterales, sobre las cuales directamente ruedan, ó sobre dos carriles adosados á la viga central, pues teniendo ésta remaches en sus tablas no presenta una superficie conveniente para la rodadura.

Valiéndonos de dos aparejos, afianzados de un lado al extremo de la viga central del tramo recientemente colocado y del otro á la viga transversal de los rodillos delanteros, y llevando sus cabos al cabrestante eléctrico, se conseguía transportar todo el andamio con una velocidad de 0,017 metros por segundo y un consumo de corriente de 7 amperios.

Afianzando los aparejos de traslación más ó menos cerca del centro de la viga transversal, se conseguía hacer avanzar un poco más un lado del andamio que el otro, ganando así el ángulo que forman los dos lados contiguos del polígono y llegar con los rodillos delanteros á su posición definitiva, que era á 0,50 metros del extremo de las vigas.

Cuando el andamio llegaba á ocupar esta posición, su eje de figura quedaba sensiblemente coincidiendo con el del tramo colocado, y como la línea de los husillos de hinca está dispuesta de modo que forme con el eje del andamio el ángulo correspondiente al radio del polígono, resultaba, desde luego, replanteada la palizada siguiente.

Una vez en su posición el andamio, no había más que apretar los tornillos de presión sobre las vigas para evitar todo movimiento y calzar la parte posterior para que la caja del lastre no quedase al aire y tuviera más estabilidad, procediendo en seguida á clavar las columnas, empezando por la central, para que la reacción sobre el andamio se repartiera por igual entre ambas vigas, procediendo después á la hinca simultánea de las dos laterales.

De este modo se hizo todo el montaje del viaducto, y para proceder al de la plataforma ó cabeza, que, como se ha dicho, se compone de palizadas de ocho columnas, se empezó por hacer una ampliación en el frente del andamio para poder hincar cua-

tro columnas de una vez, y después de colocar dos de éstas provisionales al lado del último tramo del viaducto, se corrió transversalmente el andamio por medio de gatos, hasta hacer coincidir su eje con el de la mitad de la plataforma del lado de tierra.

Conseguido esto se hizo el montaje de la mitad de la plataforma como se había hecho el del viaducto, transportando después hacia atrás el andamio hasta el origen de la plataforma y trasladándole transversalmente hasta enfilarlo con la otra mitad de la plataforma, que se ejecutó de la misma manera.

Por el procedimiento ligeramente descrito en estos apuntes se ha conseguido montar las 4.600 toneladas que pesa el material de este muelle con notable economía, y, sobre todo, que es lo más importante, sin que se haya registrado, en todo el curso de la obra, ni un incidente digno de mención ni una desgracia personal.

Habiendo sido introducidas durante la construcción algunas variaciones en el tablero de la plataforma, fué necesario hacer un presupuesto reformado para que fueran sancionadas por la Superioridad dichas variaciones.

En este proyecto incluimos la construcción de la casa-oficina, montada sobre la plataforma del muelle, cuya valoración de 29.384,45 pesetas, incluida en el presupuesto reformado, no producian sobre el aprobado más que un adicional de 98,28 pesetas, demostrando esto el buen resultado obtenido en el montaje de la obra. Habiendo sido aprobado este proyecto por Real orden de 11 de Junio de 1908, el Ingeniero Jefe de Obras públicas, autorizado expresamente, procedió en 26 del mismo mes á practicar las pruebas de resistencia necesarias, dando por recibida la obra en vista de su buen resultado, levantándose, al efecto, el acta correspondiente, que fué aprobada por orden de la Dirección general de Obras públicas, fecha 5 de Agosto siguiente.

De dicha acta copiamos á continuación el párrafo relativo á la carga de las columnas, por ser lo más interesante á causa de la poca resistencia á la compresión del fondo de esta ría:

«Se hicieron pruebas de resistencia colocando encima de uno de los pilotes de la explanada 24 toneladas de sobrecarga, en cuatro cajas de hierro rellenas de lingotes, las que unidas al peso del tablero que insiste sobre la columna y al peso propio de ésta, dan una carga total sobre la hélice de unas 31 toneladas, en vez de las 23,5 á que se refiere el pliego de condiciones del primitivo proyecto de este muelle, aprobado por Real orden de 15 de Julio de 1901, como sobrecarga que aumentada al peso propio del tablero y pilotaje hacen en total 30 y media toneladas que insisten sobre la hélice, sin que á pesar de este exceso de carga se apreciara descenso alguno en el pilote objeto de la experiencia, resultado que pudo preverse dado el sistema de hinca adoptado y el enorme peso del andamio volante que se utilizó con dicho objeto, y que avanzaba sobre los pilotes á medida que éstos se iban incando.»

La inauguración de la explotación de este muelle fué hecha por el Ilmo. Sr. Subdirector general de Obras públicas, en representación del Sr. Ministro de Fomento, el día 18 de Julio de 1908.

Terminaremos insertando la relación de los gastos ocasionados en esta construcción:

Distribución de los gastos del tramo Norte.

OBRAS — Pesetas.	MADERAS — Pesetas.	Instalación de máquinas. Pesetas.	Material metálico. — Pesetas.	Imprevistos y accidentes. Pesetas.	Caseta oficina. — Pesetas.	TOTAL — Pesetas.
435.364,36	147.697,52	39.672,57	1.284.299,22	23.739,89	20.821,29	1.961.594,85

FRANCISCO MONTENEGRO,
Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva.

Instrucciones prácticas sobre motores

DE TRANVÍAS (1)

La presión de los extremos de los carretes en los segmentos del combinador se efectúan convenientemente por medio de un colocador de acero, que debe ser de un tamaño correspondiente á la ranura en el segmento.

Esta herramienta debe ajustar bien en la ranura para que no produzcan virutas á los lados del segmento que puedan ocasionar una comunicación de los extremos de los carretes ó de las láminas entre sí. Los bordes finales de la misma se redondean fácilmente, y tanto éstos como la cara inferior se alisan muy bien. Al colocar los extremos de los carretes el alambre se deja suavemente sobre el suelo de la ranura; si se fija demasiado fuerte, el alambre de cobre se aplana y se vuelve, por lo tanto, duro, siendo así fácil una rotura del mismo junto al segmento. El fijador se debe mantener verticalmente al suelo de la ranura; sin embargo, y aun esto es mejor, se puede inclinar un poco hacia adelante, esto es, hacia la punta del alambre del carrete, pues si el fijador se inclinara en sentido opuesto, ejercería presión el alambre del carrete sobre el borde del suelo de la ranura, dando lugar á una disminución del corte transversal, y siendo, además, inevitable de esta suerte la rotura de este alambre durante el servicio.

Debe mencionarse aquí que el inducido, cuyos carretes conducen hasta el segmento del combinador, de alambre duro, hace precisa mucha atención hacia todas las incidencias que pudieran favorecer una rotura del carrete poco antes de la soldadura en el segmento. Si la presentación de interrupciones del carrete forma ya en general un inconveniente en los inducidos, esto se debe decir especialmente respecto de inducidos, con alambre de carretes duro. La práctica ha enseñado proveer á los carretes del inducido en los extremos de conmutación, en parte, de alambre trenzado blando; pero, por una parte, la producción de tales carretes resulta considerablemente cara, y por otra, no ofrecen una absoluta seguridad contra una posible rotura. Aquí se ha de tener ante todo la previsión de procurar que el núcleo del inducido y el combinador no se puedan soltar del eje.

Como el motor para tranvías ha de trabajar hacia adelante y hacia atrás, el alojamiento de las masas rotatorias, si su fijación no se verifica cuidadosa y convenientemente, viene á ser característico, como es natural. Las bridas del inducido, por tanto, se confeccionarán preferentemente en acero colado y se prensarán con un diámetro de eje aproximado de 70 milímetros y un cubo de unos 60 milímetros, mediante una presión de 6.000 á 7.000 kilogramos por lo menos. Además, el combinador también deberá sujetarse á una presión aproximadamente igual (5.000 á 6.000 kilogramos), si no ha y tuéca de sujeción para asegurarlo sobre el eje. Si hay tuerca, entonces basta con que el cuerpo del combinador corresponda bien á la misma, pues así podrá ser ajustado suficientemente mediante ella. Cuando se dispusiera de una caja del núcleo, sobre la cual se aseguren las chapas, se prensará sobre el eje con la presión mencionada más arriba. Este procedimiento es caro al confeccionar los inducidos, pero para el servicio de tranvías es muy de recomendar. No es conveniente emplear como tuercas los anillos inyectoros.

Mediante el arranque del inducido en ambas direcciones, que tiene lugar siempre con bastante impulso, á pesar de la resistencia reductora, y á causa además de los frenajes y contracorrien-

(1) Véase el núm. 2022 de esta Revista.