

deben considerarse como líneas principales, y los que solamente tienen un interés de segundo orden. Los primeros recorriendo comarcas ricas y populosas, sirviendo un tráfico inmenso de mercancías y de viajeros, y realizando generalmente grandes beneficios, claro es que no se hallan establecidos en condiciones análogas á los segundos, cuya ejecucion responde unas veces á la necesidad de poblar regiones desiertas, ó al deseo de dar valor á terrenos incultos, y otras á conveniencias locales determinadas ó al aprovechamiento de riquezas naturales, y que por lo tanto, y merced á la no intervencion casi absoluta del estado en cuanto se refiere á vías férreas, se hallan generalmente construidas de un modo provisional y barato, y hasta aprovechando en ocasiones el material de deshecho de otras líneas principales, contando con mejorar sus condiciones á medida que sus rendimientos ó los de la Empresa generalmente ligada con su ejecucion lo permitan. Estas líneas, en las que generalmente se marcha á pequeña velocidad y adoptando precauciones que prevengan los accidentes, claro es que no deben servir de tipo para juzgar los ferro-carriles americanos.

No de otra manera, por supuesto, se comprende que los Estados-Unidos con una poblacion de 44.000.000 de habitantes, á pesar de su riqueza y movimiento, tenga hoy una red de ferro-carriles más extensa que la de toda Europa, por la que en 1874 se trasportaron mercancías por valor de diez mil millones de duros que pagaron á las Empresas por derecho de trasportes muy cerca de 9.600 millones de reales.

MANUEL LOPEZ BAYO.

(Se continuará.)

PROYECTO DE RECONSTRUCCION
DEL
PUENTE DE ISABEL II
EN BILBAO (1).

MEMORIA.

CAPITULO PRIMERO.

I.

1. En la madrugada del 11 de Abril de 1874, varios gabarrones de grandes dimensiones, y un vapor, arrastrados por las aguas crecidas del rio, se atravesaron en los dos tramos primeros de la már-

(1) La obra objeto de este proyecto se halla ya en curso de ejecucion.

gen derecha del puente de Isabel II, disminuyendo de este modo, casi en la mitad, el desagüe.

La corriente, al encontrar ese obstáculo, se dirigió hácia la orilla opuesta y atacó violentamente los cimientos de las dos últimas pilas, produciendo en ellas movimientos de consideracion, que ocasionaron la ruina del puente. La primera pila de la izquierda bajó casi verticalmente 1^m,50, y la segunda, girando por el medio de su base, se inclinó, aguas arriba, en 1^m,56, levantándose unos 44 centímetros aguas abajo.

Tal es la buena construccion de los macizos de estas pilas, que á pesar de esos movimientos extraordinarios y del tiempo transcurrido, ni una sola piedra se ha desagregado, ni una grieta se ha producido, conservándose aquéllas enteras é intactas en su nueva posicion.

Estas pilas se hallaban establecidas sobre pilotes, cuyos azúches llegaron á la roca que se encuentra á 3 y 5 metros debajo del nivel de bajamar. Es de suponer que atacado el terreno que recubre aquélla por la corriente furiosa del rio, quedaron aislados los pilotes y sin apoyo del terreno arrastrado, y que en esta situacion, no pudiendo sostener el peso que sobre ellos gravitaba, se inclinaron ó rompieron, produciendo el descenso de los macizos.

2. El puente de Isabel II habia sufrido ya varias averías y modificaciones. Construido en 1847, se resintió á los pocos años una de las pilas, de modo que en 1865 fué necesario suprimir el puente levadizo, que ademas no prestaba grandes servicios, y levantar los arcos de hierro que formaban los dos tramos últimos de la izquierda, reemplazándolos por construcciones de madera.

Cuando la construccion del ferro-carril de Bilbao á Tudela, á fin de dar paso á la vía por el muelle, se levantó tambien el arco correspondiente, colocando en su lugar un tramo recto é inclinado para dar la debida altura sobre los rails.

3. Cuando sucedió la última avería del puente, Bilbao se encontró sin más comunicacion con la orilla opuesta, que el antiguo puente de San Anton, pues las dos pasarelas colgadas habian sido destruidas por las bombas, y el nuevo puente de Achuri tenía sólo concluidos sus estribos y pila.

A fin de atender á las primeras necesidades, el excelentísimo Ayuntamiento construyó una de las pasarelas y estableció enfrente del convento de la Merced un puente provisional de madera de 3^m,5 de ancho.

Pero desde el momento que concluya la guerra que asola estas provincias, tan luego como vuelva á ponerse en movimiento el ferro-carril y reviva el comercio, serán del todo insuficientes las comunicaciones existentes y habrá necesariamente que establecer una nueva capaz de llenar todas las necesidades.

Comprendiéndolo así el excelentísimo Ayuntamiento, resolvió que se hiciera el estudio de un nuevo puente, y se dignó encomendarme la redacción del proyecto.

4. Dificil es el cumplir debidamente este encargo, pues tales son las circunstancias locales en que ha de construirse el nuevo puente y las condiciones desfavorables que imponen, que no hay posibilidad de edificar una verdadera *obra de arte* que reuna á bellas proporciones el aspecto monumental que requiere la importancia y riqueza de esta invicta villa y el punto céntrico en que se ha de establecer.

II.

LIGERA DESCRIPCION DEL RIO NERVION.

5. *Descripcion.*—El Nervion toma su nacimiento en la peña Nervina, en Orduña, en la cordillera cantábrica, recorriendo una extension de unos 71 kilómetros hasta Bilbao. El terreno que atraviesa es sumamente accidentado y forma numerosas curvas muy bruscas y violentas, hallándose encerrado su cauce, por lo general entre escarpadas rocas. La pendiente media en toda su longitud es de 0^m,0084; 0^m,0026 en los cuatro kilómetros que comprenden á Bilbao, y 0^m,002 desde ésta al mar. Los principales afluentes que recibe son, aguas arriba, el Durango, el Ceverio y el Orozco, y el Cadagua, aguas abajo. Ofrecen éstos la particularidad que tienen su origen en la cordillera principal, y el Durango y Cadagua son tan importantes, si no más, en longitud y caudal como el Nervion, de modo que cualquiera de ellos pudiera considerarse como el rio principal.

6. *Caudal.*—Siendo la provincia de Vizcaya una de las de la Península en que más llueve, pues el pluviómetro señala, en Bilbao, 1^m,22 de altura de agua caída en el año, parece á primera vista que sus rios debieran ser bastante caudalosos, ó por lo ménos, en vista de su pendiente, producir grandes y repetidas avenidas. Pero no sucede así; de las observaciones hechas en Bilbao del 65 al 68, resulta que hubo un solo día de avenida extraordinaria (Octubre, 1866) y tres ordinarias.

El minimum de caudal de agua es de tres metros cúbicos por 1" y de 650 el maximum. En las avenidas ordinarias varia el gasto de 200 á 370 metros cúbicos; en las aguas altas el gasto medio es de 65^m³, y en las medias de 15.

El módulo anual resulta en 10^m³,58. La velocidad media, en Bilbao, varia de 0^m,1 á 2^m,28. Esta aparente anomalía se explica fácilmente.

El terreno está muy quebrantado y trastornado, de modo que la mayor parte de las aguas llovedizas penetran por las innumerables grietas y fallas que contiene el terreno; desaparece en la profundidad de las tierras y es arrastrada al mar por conductos subterráneos.

La relacion del agua absorbida á la caída es de 0,77, de modo que $\frac{2}{10}$ partes del agua de lluvia son absorbidas y perdidas para las corrientes superficiales.

Algunas avenidas notables se recuerdan, sin embargo, como la del año 1801, en que se elevó el agua á la prodigiosa altura de 9^m,20 sobre bajamar. Pero se ha observado tambien que desde que se ejecutaron las obras de regularizacion y endigamiento del rio, han desaparecido esas pequeñas inundaciones, que se denominan en la localidad *aguaduchos*, y que apénas el agua se eleva sobre los muelles.

7. *Efectos de la marea.*—Por lo anteriormente dicho se ve que el Nervion no tiene condiciones de navegabilidad, y que la navegacion que se verifica hasta Bilbao es sólo debido á las mareas. La desnivelacion de éstas, segun se lee en la Memoria del ingeniero Orense, es, en el puente del Arenal, de 0^m,25 á 2^m,08 en las mareas muertas, y de 2^m,24 á 5^m,29 en las vivas, habiendo llegado á 5^m,70 en la extraordinaria de Setiembre de 1864. Sin embargo, las obras de endigamiento ejecutadas en esta villa estos últimos años han debido aumentar esa desnivelacion, pues en la última marea equinoccial hemos medido 5^m,90.

8. *Ancho del rio en Bilbao.*—El ancho del rio en el puente del Arenal es de 70 metros entre muelles y 68 entre los estribos. A unos 100 metros, aguas arriba, se reduce á 55, y á la misma distancia, aguas abajo, á 65 metros; de modo que en el emplazamiento del puente ofrece el rio un ensanche, no sólo inútil, sino perjudicial.

Por este motivo, en nuestro proyecto hemos reducido el ancho á 60 metros y descontando el espesor de las pilas á 55^m,50, ancho muy suficiente para el desagüe. Esta modificacion no sólo dá un

grande y necesario desahogo al muelle de la izquierda y al ferro-carril, sino que regulariza el río y pone esta parte en consonancia y armonía con las demás porciones endiguadas.

También pudiera regularizarse la parte aguas arriba de la margen derecha, que presenta un recodo, pero habiendo mucho movimiento en la rampa que existe frente al Teatro, hemos creído conveniente conservar ese pequeño fondeadero útil para las faenas comerciales y que en las crecidas sirve de abrigo á las gabarras y pequeñas embarcaciones.

9. *Lecho del río.* — El lecho del río es de roca, que se presenta á la simple vista en muchos puntos, particularmente en la orilla izquierda. Cuando se hincaron los pilotes que sostienen el puente provisional de la Merced, se encontró la roca á un metro debajo de bajamar, en la orilla izquierda, y á tres metros en la derecha. Los pilotes que forman el zameado de los estribos y pilas del puente de Isabel II, penetraron hasta la profundidad de 8 á 18 piés, y esto concuerda con el reconocimiento que hemos practicado últimamente, y del que resulta que la roca se encuentra á una profundidad variable de 5 metros á 5^m,95 debajo del nivel de bajamar de aguas vivas. Sobre la roca se extiende una capa de arcilla de poca consistencia, de uno á dos metros de altura, y sobre ésta el cascajo y arena movibles que arrastra el río.

III.

EMPLAZAMIENTO, DIRECCION Y PENDIENTE DEL PUENTE Y DE SUS AVENIDAS.

Anchos.

10. El puente actual se halla próximamente á continuacion de la calle de la Estacion, y normal, poco más ó menos, á los muelles. Desde el estribo de la derecha cambia de direccion hacia el Teatro, y se empalma á la ribera en la confrontacion de la calle de Bidebarrieta. La rasante del puente es horizontal. Desde el estribo de la derecha baja al Arenal al 5 por 100, y desde el de la izquierda principia la rampa con la misma pendiente.

A consecuencia de la construccion del ferro-carril se suprimió, como hemos dicho, el arco de hierro que existía sobre el muelle, reemplazándolo por un tramo recto, y á fin de dar la suficiente altura sobre los carriles se inclinó este tramo, que formaba un garrote brusco en la linea general. A pesar de todo, varios wagones no podian circular sobre la vía por falta de altura.

La rasante del puente se halla á 8^m,50 sobre el nivel de bajamar de aguas vivas (extraordinarias de Marzo último y que sirven de plano de comparacion en nuestro proyecto); 5^m,80 sobre el muelle de la derecha, y 4^m,10 sobre el de la izquierda.

11. *Emplazamiento del nuevo puente.* — En cuanto al emplazamiento del puente que proyectamos, no hay más remedio que adoptar el actual, y no existe otro mejor. No hay posibilidad de llevarlo más abajo, pues quedarían inutilizados gran parte de los muelles y el fondeadero del Arenal, á ménos de establecer un tramo levadizo ó giratorio, servidumbre siempre incómoda y penosa para el movimiento de los buques. Además el puente se alejaría de la estacion del ferro-carril, y esta nueva incomodidad se haría muy sensible al comercio.

Aguas arriba no puede tampoco elegirse emplazamiento, pues no hay latitud suficiente en la ribera para el desarrollo de la avenida de Bilbao y la subida á la Estacion, en la margen opuesta, resultaría difícil y costosa.

Por consiguiente, el nuevo puente habrá forzosamente de situarse en el mismo emplazamiento que ocupa el actual. Sólo se varía un poco su direccion, de modo que resulte en la misma alineacion que la calle de la Estacion.

12. *Avenidas.* — En donde hemos hecho una variacion bastante importante, y que mejora notablemente lo actual, es en la bajada á Bilbao.

La alineacion del puente se prolonga en unos 50 metros, y desde este punto parten dos curvas. La una se empalma con la calle del Arenal, en la confrontacion de la del Correo, y la otra, dirigida en sentido opuesto, va á unirse con la ribera, enfrente de la calle de Bidebarrieta. De este modo los vehiculos que vengan de las calles del Correo, de los Fueros, etc., de la Aduana, subirán directamente al puente. Los que se dirijan por la parte opuesta, tendrán su vía especial sin rodeo de ninguna especie. Es cierto que con esta disposicion se inutiliza un trozo del paseo del Arenal, pero en cambio se ensancha la plazuela frente al Teatro, en la actualidad siempre obstruida por carros y fardos, y entre las dos curvas queda disponible un espacioso y bien situado local que puede aprovecharse y adornarse convenientemente.

13. *Rasante.* — Para determinar la rasante del puente, hemos partido de la altura que tiene actualmente aquélla sobre el muelle de la derecha, con el propósito de no aumentar absolutamente en nada la elevacion del terraplen ni la pendiente de

la bajada al Arenal, y en el ferro-carril hemos fijado sobre los rails la altura de 4^m,22 debajo del intrados.

A estos dos puntos, y al nivel á que se elevan las avenidas extraordinarias, hemos sujetado todas las dimensiones de los arcos, su luz, flecha y espesor en la clave.

14. *Ancho.* — La latitud total del puente entre paramentos es de 15^m,20, dividida del modo siguiente: 8 metros de firme, 0^m,40 de cunetas, 4 metros de andene y 0^m,80 para el antepecho. En las avenidas se disminuye esta última dimensión y se reduce á lo necesario para sostener la balaustrada de hierro.

Esta latitud es muy suficiente en nuestro concepto. En primer lugar, la calzada tiene el mismo ancho que en la calle de la Estacion, y si bien en ésta los paseos y andenes tienen 2^m,80 más, hay que considerar que en una calle existe un movimiento propio debido á la entrada y salida de las gentes en las casas y tiendas, que no se verifica en un puente. En segundo lugar, cualquiera que sea el aumento de poblacion que experimente Bilbao, el ensanche será en Albia, y el movimiento principal se verificará siempre hácia el puerto, de modo que el ancho del puente, sobrado en la actualidad, será siempre suficiente en el porvenir.

Y hemos debido tener en cuenta esos dos ó tres metros, pues ese exceso de latitud hubiera producido un aumento de gastos considerable por causa de las fundaciones.

IV.

SOLUCIONES QUE PUEDEN ADOPTARSE.

15. *Tramo recto.* — La solucion más fácil y económica que á primera vista se presenta es la de un tramo recto de hierro, de paredes llenas ó de celosías. Pero esa enorme masa de hierro, con paredes inclinadas de 5 á 6 metros de altura, con una rasante tan baja, daría á la obra un aspecto tan pesado y privado de elegancia y buen gusto, que hemos desechado desde luego esta idea. La economía es una condicion principal y que debe tenerse muy en cuenta, pero en algunos casos dados como en el actual, y cuando la obra ha de situarse en el centro de una poblacion tan importante como Bilbao, debe sacrificarse algo á ciertas condiciones artísticas y de ornato.

16. *Arco de hierro.* — Un arco de hierro que se lanzase elegantemente de una márgen á la otra, hu-

biera satisfecho á esas condiciones, y es el proyectado á que nos hubiéramos inclinado con preferencia; pero no existe suficiente altura. Su máxima disponible hubiera sido de ocho metros sobre bajar desde el intrados del vértice; de modo, que aun rebajando aquél á $\frac{1}{13}$, los arranques se hallarían á 5^m,40 sobre el indicado nivel, es decir, sumergidos en el agua en varias pleamares y expuestos los arcos, en bastante longitud, á las avenidas ordinarias y á los choques de los cuerpos que éstas arrastrarán.

17. *Puente de varios tramos.* — No queda, por lo tanto, más solucion que establecer varios tramos sobre el rio, sean de sillería, sean de hierro, y hemos estudiado, en consecuencia, dos proyectos: el uno de tres arcos de sillería, y el segundo de dos de hierro, pues para emplear este material en igualdad de circunstancias, sólo se comprende que sea en el caso de disminuir el número de los apoyos.

CAPITULO II.

Primer proyecto:

I.

ARCOS DE SILLERÍA.

18. — *Número de arcos.* — El puente sobre el rio se compone de tres arcos, pues un mayor número hubiera ofrecido inconvenientes para el desagüe y para las fundaciones costosísimas que exige el lecho del rio; al mismo tiempo hubieran ofrecido un aspecto raquítico y algo miserable. Como el espacio disponible entre el nivel de las avenidas extraordinarias y la rasante es pequeño, los arcos tendrán que ser muy rebajados y el espesor en la clave muy reducido. En medio del primer arco de la derecha hemos fijado, para la rasante, 8^m,96 sobre bajar de aguas vivas, y si bien resulta sobre el muelle una altura algo mayor que la que actualmente existe, como la bajada hácia el Arenal tiene mayor desarrollo que la del puente viejo no pasará la pendiente de 0^m,05.

Para dar paso á la circulacion de carros y nartas que se verifica por el muelle hácia la rampa del Teatro, y que es bastante activa, se han proyectado dos arcos muy rebajados también, pues la altura de la rasante sobre el muelle es igualmente muy pequeña. En el primer arco sólo hay disponible en su punto medio 1^m,60, y en el segundo 1^m,40 desde los arranques que hemos fijado á dos metros sobre el piso.

En la orilla izquierda un ramal del ferro-carril de Tudela á Bilbao baja de la Estacion á los muelles, en donde verifica las faenas de carga y descarga, pasando por debajo de la vía. Hemos dado á la altura sobre los rails desde el intrados 4^m,22, á fin de que todos los wagones de la Compañía puedan circular; de este modo desde los arranques á la rasante queda sólo 1^m,80. A fin de que no se pierda absolutamente nada de altura y pueda aprovecharse convenientemente toda la superficie, hemos dado á este arco una pequeña oblicuidad, de modo que los paramentos de los estribos sean paralelos á las vías.

19.—*Luz y flecha de los diferentes arcos.*—Desde la mitad del primer arco de la derecha á la del tercero tenemos que ganar la altura de 0^m,40, á fin de obtener la suficiente sobre los carriles de la vía férrea.

Para salvar esta diferencia de nivel se puede aumentar gradualmente la luz ó la flecha de los arcos, conservando en la misma horizontal sus arranques. Pero una condicion precisa es que la diferencia de la luz ó flecha no sea muy notable y perceptible á la simple vista. Por este motivo hemos aumentado á la vez la luz y la flecha, teniendo tambien presente que la diferencia de empujes de los arcos que se apoyan sobre cada pila no fuera bastante para influir en su estabilidad ó para exigir en ella mayores dimensiones que las establecidas.

Despues de estudiadas muchas combinaciones, hemos dado á los arcos 18^m, 18^m,5 y 19^m, de luz, con 1^m,50, 1^m,72 y 1^m,90 de flecha. En la bajada del Arenal, los dos arcos tienen tambien sus arranques en la misma horizontal; 7 y 6 metros de luz con 0^m,80, y 0^m,50 de flecha.

En fin, el arco sobre el ferro-carril tiene 9 metros de luz con 0^m,75 de flecha.

Vemos, pues, que el primer arco de la derecha sobre el rio, el segundo del Arenal y el situado sobre el ferro-carril están rebajados á $\frac{1}{12}$. Este rebajamiento sale de las condiciones generalmente aceptadas, y pudiera parecer excesivo é imprudente, pero la experiencia que se ha verificado en Paris hace pocos años, ha probado de un modo evidente que con buenos materiales y una esmerada ejecucion se pueden rebajar extraordinariamente los arcos y pasar del limite que habia fijado la práctica.

ADOLFO DE IBARRETA.

(Se continuará.)

PUERTO DE BARCELONA.

MEMORIA

SOBRE EL PROGRESO Y ADELANTO DE LAS OBRAS DEL PUERTO DE BARCELONA DURANTE EL AÑO ECONÓMICO DE 1875 Á 1876.

(Continuacion.)

En el mes de Enero ocurrió el temporal de los dias 13, 14 y 15, perdiéndose á la vista del puerto sobre la playa de *Antunex* la polacra goleta francesa *Felicie Martignes* y tres hombres de su tripulacion. Este suceso, que en los primeros momentos hizo fijar la atencion en el trazado del puerto, apartándose asi las miradas de las verdaderas causas de aquel siniestro, ha servido afortunadamente para fijar más la consideracion de la generalidad y de ilustrados y celosos marinos en las buenas condiciones de la boca; pues á pesar de las circunstancias de aquel temporal, que por otra parte no fué tan intenso como otros acaecidos recientemente en años anteriores, se vieron entrar en el mismo dia 14 con viento N. E., rachas violentas del E. N. E. y mar gruesa de Levante que saltaba sobre la coronacion del dique del Este, la balandra española *San José*, la polacra goleta *Divine Marie* y la polacra goleta *Cherf*; y sólo cuando motivos bien ajenos á la boca del puerto y determinados y comprobados de una manera evidente, vinieron á producir el que los bergantines *Giam Batista* y *Mathieu*, fondeando en la misma boca, quedaran atravesados en ella tapándola completamente, fué imposible que los tres buques que les seguian y que llegaban de arribada forzosa pudieran materialmente entrar, y hubieron de quedar fondeados fuera de la boca, sufriendo los embates de las olas, con la desgracia para uno de ellos, el *Felicie Martignes*, que llegando con averías y haciendo agua le garrearon las anclas, y fué á estrellarse contra la playa de Casa-Antunex, sin haber logrado conseguir el auxilio que demandaba.

Si por los sucesos de aquellos dias hay algo que censurar, ciertamente que las quejas y las censuras no pueden referirse á las obras, ni á la disposicion del puerto, que, para las circunstancias que se reunieron, probaron otra vez y de una manera inconcusa sus buenas condiciones.

Pocos dias despues, el 23 de Enero, acaeció otro temporal con las mismas circunstancias pero más intenso que el dia 14; en ese dia, con viento duro frescachon del N. E. y del E. N. E. y mar gruesa