ponte sobre el lago Maracaibo

alcance y contenido del proyecto de ejecución

569 - 6

En el número 91 de Informes de la Construcción dimos cuenta del anteproyecto redactado por el notable ingeniero Ricardo Morandi. En números sucesivos, y dado el interés particular de la obra, daremos de ella tres trabajos: uno referente al paso de anteproyecto a proyecto de ejecución, otro dedicado a la disposición de elementos y un tercero que trata de su terminación.

Actualmente, el que se refiere al anteproyecto, después de pasar por una gestación de refinamiento y perfección pasó al rango de proyecto de ejecución, en el que han colaborado ilustres personalidades especializadas en este orden de obras y de este estado al de ejecución, es decir, realidad que se verá terminada en un corto período de tiempo.

Vista general del paso y estribo de Punta Piedras.

El tremendo esfuerzo económico y la propia importancia intrínseca de obras de esta envergadura ha puesto a contribución el genio y saber de no pocos especialistas del ámbito internacional. Recordemos, entre otros, aparte el autor del antedicho anteproyecto, a don Miguel González Jaimes, del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela, Precomprimido C. A., de Caracas, y los doctores ingenieros J. Otaola, O. Benedetti, E. Tundisi y al fallecido Renzo Cosci, así como a la empresa alemana Julius Berger A. G., de Wiesbaden, y doctores ingenieros Wilhelm Buchholz, Heinz Puell, autor de un estudio «in extenso», resumido en un notable Informe, de 153 páginas, profusamente ilustradas con cuadros, dibujos, diagramas y fotografías en la que se habla del puente desde su concepción, justificación, cálculo estático, necesidad y hasta explotación. Los doctores G. Hardiwich y H. Henneberg también han aportado su colaboración a la intención general y unánime de plasmar una obra que ha de perdurar y enorgullecer a cuantos han contribuido al gigantesco esfuerzo que la posteridad ha de premiar.

Para dar una idea de la importancia de la aportación de orden económico, basta decir que, sin ser una valoración exacta, la obra que se confía terminar este año costará unos 6.000 millones de pesetas, y sin olvidar que, por su naturaleza y posición, el esfuerzo se ha visto aun aumentado.

Merece particular mención, la esforzada y continua labor del meritorio ingeniero Luis Sbalzarini por su ininterrumpida dedicación y acrisolado empeño en ver cristalizado en realidad lo que hasta hace poco parecía un sueño.

situación general del puente

Al noroeste de Venezuela y en la costa ya del mar Caribe se halla el golfo de Maracaibo, ciudad que debe su prosperidad a los ricos yacimientos petrolíferos que en su término se explotan. Más al interior, y después de un angosto paso, se extiende un amplio brazo de mar que han dado en denominar Lago de Maracaibo.

En esta rica zona de fortunas naturales han aparecido rápidos progresos agrícolas, mineros e industriales. La gran extensión del lago y la separación en zonas cuyo intercambio en mano de obra y materiales hacía sentir una angustiosa necesidad de unión directa entre ambas márgenes por medio de una vía estable y permanente, creó un estado de cosas que terminó en una indeclinable decisión que debía traducirse en dar realidad a una apremiante necesidad que, sin duda alguna, ha de aportar una incontestable mejora local y prosperidad nacional.

La realización de esta obra ha de aportar tales mejoras económicas en los transportes y comunicaciones que justifican la enorme inversión de fondos que su construcción requiere. Dada la gran extensión del lago, los rodeos que actualmente han de cubrirse se tasan por una elevadísima tara de kilómetro-toneladas. Como las condiciones locales son inmejorables para su evolución hacia un futuro próspero, el puente precipitará un desarrollo industrial y agrícola ya iniciado incesantemente antes de proyectarlo.

gestación de la solución general

Ya en el año 1956 el gobierno de Venezuela solicitó, de la Empresa Campeon Bernard, de Venezuela, estudiase soluciones viables para salvar el lago con una vía permanente que asegurase la comunicación entre las márgenes opuestas.

Unos meses después de iniciarse el referido estudio, la Empresa encargada de él elevó un extenso informe, cuidadosamente preparado, en el que se analizaban varias soluciones, la repercusión económica de cada una de ellas, los reformados que debían experimentar las actuales vías de comunicación, tectónica y geología de las zonas estudiadas, sondeos, tipos de estructuras y, finalmente, un estudio comparativo de las distintas soluciones que el anteproyecto ofrecía.

Como es natural, se tomaron en consideración varios trazados, cuya tendencia fue dirigida desde un principio hacia un trazado de mínima longitud. De los distintos pasos estudiados los de mayor interés son:

- Trazado A. Capitán Chico-Altagracia.
- » B. La Ciega-Punta Leiva.
- » C. Punta Santa Lucía-Palmarejo.
- » D. Punta Piedras-Punta Iguana.
- » E. San Francisco-Punta Camacho.

De todos estos trazados el particularmente interesante, a juicio de dicha Empresa, fue el D. Cada uno de estos posibles pasos ha sido motivo de un análisis de sus características topográficas, longitud, influencia marítima y cuanto, directa e indirectamente, se relaciona con la ejecución y explotación de la obra.

Zonas de posibles ubicaciones

La solución óptima compensa ventajas y desventajas presentes y futuras, manifestándose decididamente mejor adaptada que las otras.

Para las soluciones se mostraron varios tipos de estructuras, muy variadas y de concepción francamente diferenciada. En todos estos tipos de estructuras se ha tenido en cuenta una plataforma para el paso de una vía férrea.

Uno de los tipos es de tramos múltiples; otro, también de tramos múltiples, prevé una parte levadiza en el tramo del canal para el paso de embarcaciones. Una de las estructuras presentadas como posible solución, salva el lago con un túnel que se apoya sobre el fondo del lago. También se exhibió un tipo de estructura mixta en la que el paso por carretera en la parte central se realiza en túnel, manteniendo el ferrocarril en superficie y dejando una parte central levadiza para el paso de barcos.

La solución en túnel se descartó por ser unas cinco veces más cara que la más barata de las demás. La Empresa encargada del primer estudio presentó, con la denominación de preferente, la solución de un puente de poca altura respecto al nivel de aguas, que utiliza parcialmente un túnel para los vehículos automóviles y tramos levadizos para la vía férrea.

estructuras posibles

soluciones estudiadas

Para justificar esta solución, la referida empresa alegó que el puente más económico es el que presenta menos altura respecto a la superficie del agua, con una altura libre de 5 a 6 m, constituido por tramos de hormigón pretensado con soportes apoyados sobre pilotes. Este tipo de obra es el que mejor se ofrece a los métodos constructivos ordinarios, no modifica el régimen actual de corrientes y, aunque se emplean métodos constructivos diferentes no constituyen, en sí, una particularidad, ya que, considerados aisladamente, cada uno de ellos está consagrado por la experiencia. Según la Empresa, esta solución era la más económica. En todos estos tipos de estructuras se ha contado con una vía férrea.

1. Solución exterior.—2. Solución mixta con tramo levadizo.—3. Solución en túnel.—4. Solución doble con túnel y tramo levadizo.—5. Variante número 1 de la solución anterior.—6. Variante número 2 de dicha solución.

concurso de proyecto

El primer concurso, del que se esperaba saliese elegido un proyecto de ejecución, se basaba en que el puente debía construirse siguiendo el trazado D de la solución de la Empresa Campeon Bernard y, además, que la calzada debía tener dos arroyos de dirección única, separados, cada uno, con dos bandas de circulación y una plataforma para una vía férrea. Las dos cabezas de puente serían: Punta Piedras y Punta Iguana.

Se presentaron al concurso dieciocho soluciones correspondientes a diez Empresas. De estos dieciocho proyectos, nueve contenían un tráfico discontinuo para el ferrocarril, pasos para el canal de navegación, consistentes en dos tramos de 90 m de luz, tramos laterales de 15 m y tablero muy bajo respecto al nivel de aguas, por lo que sólo podían pasar embarcaciones de pequeño desplazamiento. Estos nueve proyectos fueron excluidos de ulteriores consideraciones.

Eliminados tres de los nueve que quedaron, debido a las dificultades que presentaban para el tráfico marítimo, las dieciocho propuestas presentadas se redujeron, finalmente, a seis, cuyas características más importantes son las siguientes:

1 Bransa y Consorcio

Puente de dos tableros a distinto nivel, uno para carretera y otro para ferrocarril. La estructura metálica presentada tiene 11 tramos de 85 m de luz; 10 de 70; 22 de 55; 24 de 50 m, y dos terraplenes formando dique de 2.400 m. Todos estos tramos presentaban posibilidades para la navegación en el lago. El plazo previsto para la ejecución era de 34 meses. El coste fue de 319 millones.

2 Société des Grands Travaux de Marseille

Este proyecto consistía en un túnel de hormigón pretensado para carretera y ferrocarril y a un mismo nivel. La anchura abierta para la navegación era de 1.700 m. Los accesos contaban con 2.850 m de dique; el puente, 3.597 m, y el túnel, 2.273. El coste de esta obra era de 288 millones y el período de construcción de 22 meses.

3 Icosa y Consorcio

Puente de hormigón armado y pretensado en arco, con un túnel independiente para el ferrocarril. La estructura presentaba 2 tramos de 90 m de luz con suficiente altura para la navegación y 28 de luz variable de 20 a 80 m. La anchura dejada para la navegación era de 400 m; la longitud del puente, 6.450 m; 193, de terraplén, y 2.000 m, de dique. El túnel para el ferrocarril tenía 2.350 m de longitud. El coste era de 241 millones y el plazo de ejecución de 36 meses.

4 Precomprimido y Asociados

Este proyecto consistía en un puente de hormigón, en arco, con 2 tramos de 180 m de luz; 39, de 160 m; 4, de 140 m, y 6, de 120 m. Estos tramos permitían la navegación bajo ellos en toda la extensión del puente. El coste de esta obra se elevaba a 254 millones y un plazo de entrega de 38 meses.

5 Precomprimido y Asociados

Estructura mixta de hormigón y metálica para ferrocarril y carretera cuyos tramos, 1 de 180 m de luz, 2 de 90 m y 30 de 85 m, permitían la navegación bajo ellos. Los demás tramos tienen luces de menos de 22 m. El coste era de 293 millones y 39 meses para período de ejecución.

6 C. A. Grumbilf de Venezuela y Consorcio

Estructura metálica, elevada sobre el nivel de aguas, prevista para carretera y ferrocarril. La estructura tiene un tramo de 140 m de luz; 2, de 97 m, y 60, de 40 m; el resto de los tramos todos tienen menos de 22 m de luz. El coste previsto es de 264 millones y un plazo de 43 meses para su construcción.

estructuras presentadas

1. Bransa y Consorcio.—2. Société des Grands Travaux de Marseille.—3. Icausa y Consorcio.—4. Precomprimido y Asociados.—5. Precomprimido y Asociados.—6. C. A. Grumbilf de Venezuela y Consorcio.

La gran variedad en la concepción de cada uno de estos 6 últimos proyectos, y habida cuenta de las propias características que en un principio se habían fijado como mínimas necesidades compatibles con las demás, la labor previa de preparación para valorar en su justa medida el valor intrínseco indudable de cada una de ellas, que separadamente constituye un documento técnico de indiscutible merecimiento, no resultaba sencilla en modo alguno, pero permitió se estableciesen una serie de puntos básicos escalonados que habían de conducir a una selección justa.

Entre estos puntos básicos se cuentan la necesidad de lograr un tráfico continuo, tanto terrestre como marítimo, teniendo en cuenta para esta última el calado y desplazamiento. Este fue uno de los puntos más discutidos dada su considerable importancia. Para la línea férrea debían respetarse las rampas y pendientes establecidas por el Instituto Autónomo de Ferrocarriles. Se dio preferencia a las soluciones de superficie respecto a las mixtas que incluyen pasos subterráneos. La estructura debía poseer las características esenciales de las formas modernas, de fácil ejecución y línea arquitectónica agradable. Teniendo en cuenta que la estructura ha de hallarse expuesta en un medio oxidante y las condiciones actuales de tipo nacional, la estructura sería, preferentemente, de hormigón, solución que reduce los gastos de conservación respecto a las estructuras metálicas. La parte económica que afecta a los costes de materiales y ejecución fue también objeto determinante para decidirse por una de las 6 soluciones reservadas para el estudio y análisis final.

La Comisión encargada de proponer la solución más ventajosa desde todo punto de vista, nacional y técnico, propuso, como solución aventajada, la correspondiente a Precomprimido y Asociados, constituida por un puente en arco, de hormigón armado, para salvar el lago Maracaibo. A esta solución, la marina mercante y las compañías petroleras presentaron una observación respecto a los tramos centrales y sus luces libres mínimas que juzgaban debían tener no menos de 153 m y 45 m de altura libre en el tramo central y de 40 para los dos tramos centrales laterales.

Entre las recomendaciones de la Comisión se hallaban, la de la necesidad de contraer rápidamente un compromiso con la Empresa constructora para evitar posibles especulaciones en los precios de los transportes marítimos debido a supuestos impedimentos de paso bajo el puente.

También se recomendó que durante la redacción del proyecto definitivo de ejecución se realizasen hincas de pilotes que se someterían a las cargas asignadas, aumentadas con un cierto coeficiente de seguridad. El proyecto definitivo debería someterse a una revisión general de su estructura por instituciones especializadas de reconocida solvencia internacional, dado el posible aumento de luces. Se recomendó que los cimientos fueran capaces de absorber los empujes horizontales correspondientes considerando aisladamente cada uno de los tramos y, de no ser posible tal exigencia, se fijaran una serie de pilas-estribo en los lugares que se juzgasen más apropiados. Para fijar los precios de la obra, la estimación se haría siguiendo una serie de precios unitarios que se procuraría mantener, haciendo excepción de este modo de operar en los pilotes. El plazo más viable teniendo en cuenta el volumen de la obra sería de 36 meses, y, para terminar con estas recomendaciones, también se señaló como necesario la habilitación de fondos en especie que permitieran hacer frente a los pagos que las certificaciones exigirían. Para mejor provecho y ventaja se recomendó la creación de una institución, la cual se ocuparía de administrar esta parte económica y de gran importancia en obras de la consideración del puente de Maracaibo.

Segundo concurso

Vistas y consideradas las observaciones de la Comisión, el Ministerio de Obras Públicas llegó a la resolución de descartar las soluciones presentadas e invitar a cuantas Empresas concurrieron a elevar nuevas proposiciones para el proyecto del referido puente. En este segundo concurso se introdujeron nuevas condiciones en cuanto respecta el gálibo para la navegación marítima bajo el puente.

En este concurso se fijaron las luces de los tramos principales en 400 m para un tramo central, que debía tener 45 m de altura libre sobre el nivel de aguas y 10 tramos laterales, cinco a cada lado, de 150×45 m. El puente debía emerger a gran altura sobre toda su longitud, y se fijó un plazo de 36 meses para su construcción.

A este nuevo concurso concurrieron ocho Empresas, las cuales presentaron un total de doce soluciones. Estos proyectos tenían muchas características similares.

anteproyectos

anteproyectos

En su examen, además de las nuevas condiciones generales del Pliego, en el que se reflejaba la influencia e intención del Ministerio, se procedió a un minucioso estudio de cada una de ellas.

De un primer intento se aceptaron las siguientes:

	Bolívares
1. Técnica Constructora y Consorcio. Solución B	284.000.000
2. Precomprimido C. A. en Consorcio con Julius Berger (Solución Morandi)	329.580.000
3. Icusa, en representación de Hotchief	334.832.000
4. Precomprimido C. A. y Julius Berger A. G. (Solución combinada)	360.625.000
5. Bransa, en Consorcio con empresas y comp.: Franco Venezolana de Empresas. (Solución a)	361.992.000
6. Grűen & Bilfinger, A. G.	359.986.000
7. Precomprimido C. A. y Julius Berger A. G. (Solución cero).	396.792.000
8. Vía en consorcio con Dychehoff y Widimair K. G.	398.803.000
9. Campenon Bernard, de Venezuela	399.940.000
10. Riego y Consorcio	760.000.000

Después de un detenido análisis de todas estas proposiciones se eligieron, como más ventajosas, las soluciones presentadas por Técnica Constructora (solución B) y la correspondiente a Precomprimido C. A. en Consorcio con Julius Berger A. G., pero, llevado el análisis a un grado más depurado quedó, como única y óptima, la solución en hormigón armado y pretensado presentada por el conjunto Precomprimido C. A. y Julius Berger A. G. (solución Morandi).

Las razones que indujeron a esta determinación han sido distintas, entre las que se cuentan:

1.^a Para valorar una obra de este tipo ha de ser motivo de consideración, tanto el coste inicial como el que se deriva de la conservación y explotación del puente. La solución en estructura metálica presenta un aumento en gastos de conservación respecto a la de hormigón del orden de dos millones de bolívares anuales.

2.^a De acuerdo con las condiciones del concurso el precio sería global y fijo, pero dejando siempre la posibilidad de que el Ministerio acepte como obra complementaria la que se efectuase en cimientos si las condiciones del terreno fueran diferentes a las previstas durante la licitación.

La oferta de Técnica Constructora dedica 80 millones para cimientos, mientras que la de Precomprimido C. A. y Julius Berger A. G. dedica 134 millones a estas mismas atenciones, lo que constituye una garantía para el precio global y aleja las posibilidades de un aumento.

3.^a El contenido estático de la obra tiene una importancia básica y, en este sentido, la solución presentada por Precomprimido A. C. y Julius Berger es muy aventajada respecto de las demás soluciones.

4.^a La solución en hormigón armado se presta fácilmente a un mejor aprovechamiento de los recursos nacionales, pues podrían emplearse ampliamente materiales y mano de obra nacionales, favoreciendo así, simultáneamente, a la industria anexa al ramo de la construcción. De todo esto se desprende, como consecuencia natural, un menor esfuerzo nacional para la adquisición de divisas extranjeras.

5.^a La ejecución de la obra se confiaba que daría lugar a una mejora de las actividades nacionales en lo que concierne a nuevas técnicas, perfeccionamiento profesional de los ingenieros venezolanos preferentemente en lo que respecta al hormigón pretensado en un campo de aplicaciones considerablemente aumentado y aun en pleno período evolutivo. Todo esto en lo que se refiere a cuadros superiores, pero también se abren amplios horizontes de perfeccionamiento y mejora a las distintas profesiones de artes y oficios que en la realización han de contribuir.

Por cuanto queda apuntado el Ministerio de Obras Públicas de Venezuela aceptó, como mejor y más favorable solución para sus fines, la presentada por Precomprimido C. A. en Consorcio con Julius Berger, cuyo proyecto es el mismo que redactó el Profesor Morandi.

La solución elegida dispone de una calzada de dos direcciones, y cada una de éstas de dos bandas de circulación de 3,60 m de anchura, una vía férrea de 1.435 m de trocha y dos andenes de 0,75 m cada uno. Esta calzada experimentó posteriormente una modificación en el sentido de suprimir la vía férrea e introducir ciertas correcciones en los tramos que más afectan a la navegación marítima.

La supresión de la vía férrea se introdujo como consecuencia de una consulta con la Dirección de ferrocarriles, autoridad que de momento no tenía prevista expansión alguna de la red nacional en aquella zona y en consideración al enorme esfuerzo que dicha expansión supondría.

El estudio de la expansión y en caso favorable su realización en esta región supondría un plazo de tiempo no inferior a unos 10 años.

La supresión de la vía férrea introduce una rebaja de 80 millones en el coste total de la obra; y con el plazo de tiempo previsto, sólo los intereses podrían afrontar la posibilidad de la construcción de un nuevo puente o paso para el ferrocarril. Dar cabida a una línea férrea a lo largo de un lado de una banda de circulación en la que los vehículos alcanzan grandes velocidades producen un efecto fisiológico en los conductores no muy favorable para la seguridad de la circulación.

En otros trabajos daremos detalles descriptivos de la estructura, ejecución y terminación de la obra, hoy en estado avanzado de terminación.

Información amablemente facilitada
por el ingeniero colaborador L. SBALZARINI