

# puente sobre el lago Maracaibo

CARLOS FERNANDEZ CASADO, ingeniero de caminos





El puente terminado.

562 - 70

Esta importante obra, tanto por su significado técnico-arquitectónico como por su propio carácter económico, fue iniciada el 29 de abril de 1959, ya bajo el Gobierno constitucional del Presidente Bantancourt, y terminada recientemente. Su inauguración oficial ha sido el 24 de agosto de 1962.

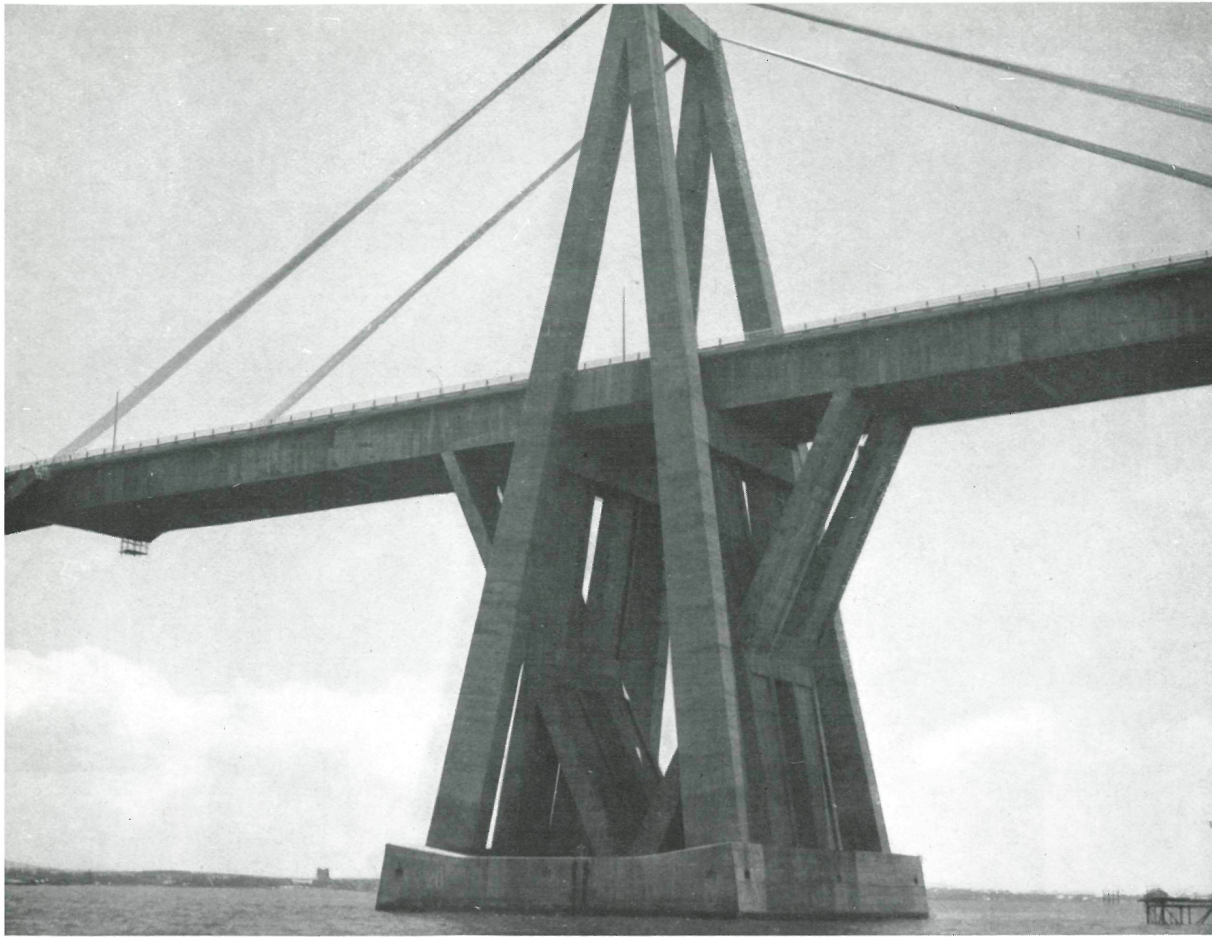
El puente de Maracaibo, con sus 235 m de luz teórica, ostenta el récord de vano salvado por tramos rectos de fábrica. El inmediato en tablero pretensado es el del río Tocantins, en Brasil, con vano central de 140 m, aunque está en construcción el de Bendorf, sobre el Rin, con vano de 208 m. Pasando a los arcos de hormigón armado existen en servicio el de Sandö, en Suecia, con 264 m; próximo a terminarse el de La Arrábida, en Oporto, con 270 m, y en construcción uno de 1.000 pies (304,8 m), en Sidney. Saltando a los puentes de acero, tenemos las luces máximas de 504 m en el arco de Kill van Kull, en Nueva York; 540 m en el puente cantilever, de Quebec, y 1.280 m en el colgado de Golden Gate, en San Francisco, que es la luz máxima salvada de un modo permanente en la actualidad.

Sus características más importantes se pueden resumir en unas cifras que, por sí solas, lo clasifican entre las obras más notables actualmente existentes en este género de ingeniería y construcción.

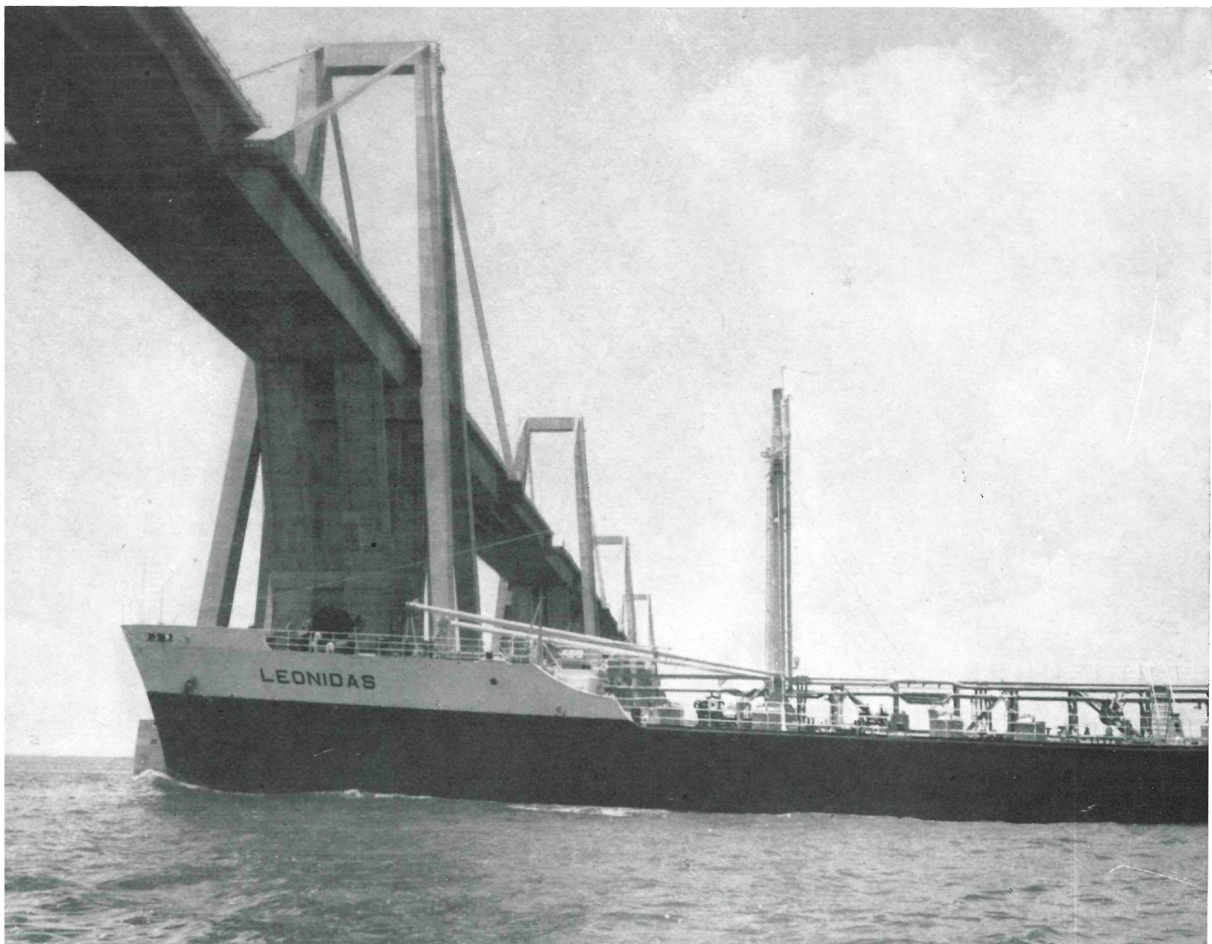


Vista próxima de una pila.





Torre de un tramo principal.



Paso de un tanque petrolero bajo el puente.



La longitud total es de 8.700 m, aproximadamente; los tramos centrales, que salvan el canal de navegación, tienen 235 m de luz cada uno; el punto más alto de la estructura se eleva a 92,50 m sobre el nivel del mar; la altura libre para la navegación es de 45 m, lo que permite el paso de embarcaciones hasta 60.000 toneladas; la anchura total del puente es de 17,40 m; lleva dos calzadas separadas por un macizo central, cada una de ellas de 7,20 m, subdividida, a su vez, en dos bandas de circulación. Su coste total se eleva a la fabulosa suma de 310,5 millones de bolívares.

En el proyecto y realización de la obra han intervenido un gran número de ingenieros de varios países. En primer término, un grupo de ingenieros italianos del profesor Morandi, a quien corresponde el desarrollo desde las ideas iniciales del primer concurso. Las comprobaciones de cálculo se llevaron a cabo por los profesores del Politécnico de Zurich: Lardy, Stussi y Schnitzer. El profesor Kerisel fue el ingeniero consultor para las cimentaciones. Los ingenieros Otaola y Benedetti, de la Empresa constructora venezolana, pusieron a punto el programa de ejecución y detalles constructivos de la obra. La inspección de las obras por parte del Ministerio de Obras Públicas se llevó a cabo por el Ingeniero Jefe González Jaime y adjunto González Bogen. Se hicieron ensayos, en modelo reducido, en el Instituto Nacional de Ingeniería Civil de Lisboa y en el Instituto ISMES de Bérgamo.

En términos generales, salvo los apoyos, que han requerido alguna modificación, la obra se ha realizado siguiendo las directrices técnicas que desde un principio se habían señalado en el proyecto. Entre los inconvenientes de ejecución no cabe hablar de serias dificultades, ya que las que han aparecido se han ido venciendo a medida que se las afrontaba.

### **superestructura**

La gran importancia de esta obra desde el punto de vista ingenieril se debe a su gran longitud: 8,678 km, uniendo las orillas del lago en su parte más estrecha, y la gran altura sobre el agua: 45 m sobre el nivel medio superficial, permitiendo el paso de barcos de toda clase, por los cinco vanos centrales, que, en condiciones de concurso, debían dejar luces libres de 150 m con dicha altura. Las dificultades para la cimentación han sido extraordinarias, ya que se tienen calados de hasta 16 m y un fondo de limo arenoso muy flojo, que no tiene consistencia hasta profundidades que varían desde 10 a 37 m. En cambio, la posibilidad de transportar todas las piezas de infraestructura y superestructura mediante flotación ha simplificado la ejecución, permitiendo emplear la prefabricación de un modo intensivo.

La superestructura está integrada de dos viaductos con rasante inclinada desde ambos márgenes y luces variando desde 22,60 a 160 m hasta conseguir los 45 m de altura libre, manteniéndose entonces la rasante horizontal en los cinco vanos de 235 m, correspondiente a la zona navegable. Los sucesivos vanos en incremento de luces desde ambos márgenes se consiguen mediante combinación de las pilas de forma variable construidas "in situ" y los dinteles de luces fijas: 22,60, 36,60 y 46,60 m, que se prefabricaron por pares de vigas. Los apoyos empiezan siendo palizadas de cuatro elementos verticales, pasando desde una cierta altura a elementos V que van abriéndose con el aumento de cotas, hasta que la V se prolonga por abajo, desprendiéndose del cimientto para formar una X o mejor una H, que siempre conserva mayor abertura en coronación que en pies.

Las coronaciones de estos apoyos soportan unas vigas de 39 m que vuelan 9,50 m a cada lado, para dejar vanos de 46,60 m que se rellenan con vigas de serie, consiguiendo así hasta 85 m, que es la luz más repetida (26 vanos) en ambos accesos.

Las luces de 235 m sustituyen a luz única de 420 m del proyecto inicial, adoptándose la misma solución estructural concebida para aquélla. Desde cada una de las pilas se consiguen ménsulas simétricas de 94,525 m, dejando vanos centrales de 46,60 m que se cierran con las vigas de serie de esta luz. Estos grandes voladizos, que son los únicos trozos del tablero construidos "in situ", se han obtenido combinando en armonía los dos sistemas de sustentación de un dintel: apoyos intermedios sobre una V con vértice en el cimientto cuyas puntas se abren 44,39 m, y colgando los

extremos mediante cables en ramas simétricas que tienen su silla de apoyo sobre otra V invertida cuyo vértice está a 92,50 m sobre el plano de coronación de cimientos. Los cables se autotensan por asiento de las extremidades del dintel y le dan al mismo tiempo un pretensado longitudinal muy eficaz.

Para la ejecución de todos los elementos prefabricados se dispuso una planta a la orilla del lago, junto al acceso lado Maracaibo, con todos los talleres para montaje de armaduras, fabricación de hormigón, parques de espera, dársena de carga, etc., en una superficie de unos 10.000 m<sup>2</sup>. Se hicieron los pilotes y vigas del tablero y también se montaron los encofrados metálicos para el hormigonado "in situ" de las vigas-mesa, sobre los soportes en H. Varias grúas móviles servían a la instalación, y un pórtico-grúa de 52 m de luz, con capacidad de carga desde 25 a 95 toneladas, llevaba directamente las piezas hasta las gabarras que las transportaban al tajo. El sistema de pretensado ha sido el Morandi con unidades de tres alambres de 7 milímetros.

## **infraestructura**

La infraestructura se ha ejecutado mediante pilotaje prefabricado con elementos cilíndricos huecos en su mayor parte, y con pilotes cuadrados (50 × 50) en una pequeña zona del acceso de punta Iguana. Se ensayaron previamente pilotes de tipo Benoto, Raymond, Boussiron y Heerema aislados y en grupo, estudiando su capacidad de carga según las condiciones del terreno, adoptándose, en definitiva, un pilote especial cuya capacidad de carga variaba desde 500 a 700 toneladas. Las investigaciones llevadas a cabo para poner a punto este sistema de pilotaje han sido de un interés extraordinario dentro de la serie de las realizadas en toda la obra. Fue preciso un estudio geotécnico completo del subsuelo, muy variable de unas zonas a otras; se idearon procedimientos para medir penetraciones directas en las distintas capas; se hicieron perfiles previos de las distintas profundidades a que debían llegar los pilotes; se probaron directamente un gran número de pilotes definitivamente hincados, y se llegó hasta medir, mediante cápsulas mecánicas colocadas en el vértice del pilote, la carga de punta resistida por el terreno.

Los pilotes son tubos cilíndricos de 1,35 m de diámetro y unos 18 cm de espesor, ejecutados en el parque de prefabricación por longitudes de 10 m con hormigón tratado al vacío, y empalmados después mediante pretensado hasta formar la unidad completa, que llegó a ser de 60 m. Estos tubos se depositaban en una oquedad previamente perforada y entubada en el terreno con 1,50 m de diámetro; se sacaba la entubación inyectando lateralmente el pilote en la zona que correspondía a terreno resistente, con objeto de asegurar la transmisión lateral y después se inyectaba en la punta, cerrando el cilindro y asegurando también la transmisión por punta.

Para la perforación del pozo y colocación de los tubos se dispusieron equipos verdaderamente extraordinarios. Entre ellos la plataforma denominada Elefante, que se transportaba por flotación, pero alargaba cuatro patas que se hincaban en el fondo, provista de torre de 65 m de altura, machina de 20 toneladas y grúa para 250 toneladas.

Si bien se pueden tildar de inexistentes las dificultades constructivas, dada la alta precisión con que se han previsto las distintas fases de la ejecución, no cabe decir lo mismo de otras dificultades que han exigido el esfuerzo de todos para vencerlas. Así, pues, la habilitación de fondos para hacer frente a enormes certificaciones de obra ha requerido un gran sacrificio nacional, tanto en cuanto al erario público se refiere como a las contribuciones de carácter privado. La disposición libre de fondos de tal volumen, invertidos en una obra que, aun teniendo por apoyo el derecho de peaje, sólo cabe posibilidad de amortización en tiempo lejano, ha presentado fases de difícil equilibrio y serios esfuerzos.

Otro inconveniente para la realización de un proyecto de tan inusitada envergadura lo ha constituido el empeño y tesón de la Dirección y Ministerio de Obras Públicas de Venezuela, en dar a la obra un carácter acusadamente nacional. Por todo ello, se ha tenido que hacer frente a la formación de cuadros de especialistas de toda clase, utilizando cuantos materiales nacionales y mano de obra ha sido posible.





Una de las dos calzadas del puente.

Siempre que la oportunidad se prestaba, parte de la obra se daba a destajo a empresas constructoras venezolanas.

El material auxiliar de construcción también ha presentado serios problemas, ya que este tipo de construcciones requiere maquinaria muy específica y pesada. Las grúas, excavadoras, pontones y remolcadores constituyen la parte más importante de la maquinaria auxiliar de construcción, y entre estas máquinas hay algunas, de tipo superpesado, de enorme valor en metálico y no de fácil adquisición. Su compra, transporte, montaje y puesta en servicio requiere un largo período de tiempo y un personal responsable para conducirlos y conservarlas. Los talleres generales de reparación y conservación de maquinaria adquieren, en este caso, una importancia considerable, a la que hay que

añadir la que deriva de los talleres de prefabricación. Como la obra se ha proyectado de forma tal que el número de piezas repetidas fuera el mayor posible, la prefabricación tuvo que hacer frente a una producción forzada en la que las operaciones debían seguir un ritmo ordenado y sincronizado, con objeto de sacar el mayor rendimiento posible de la instalación. A tal fin se previeron una serie de grúas-puente, móviles, montadas sobre vías y de gran capacidad, ya que muchas de las piezas prefabricadas eran del tipo pesado.

El transporte de estas piezas pesadas al lugar previsto, también necesitó de un material móvil auxiliar flotante y capaz de admitir lastre para jugar con él en las maniobras de colocación, ya que en ellas se requieren niveles precisos que sólo se logran actuando con el lastre de la barcaza o pontón.

Los andamios y estructuras auxiliares para el hormigonado en obra han exigido especial cuidado en su diseño, porque, no sólo debían soportar los encofrados con el hormigón fresco en ellos colocado, sino que, además, no tenían que presentar estorbos para la maniobra de las grúas que elevaban el hormigón de las hormigoneras móviles, montadas sobre pontones, hasta su colocación en los encofrados.

Todo este numeroso y pesado material auxiliar se debe poder utilizar para otros fines, con objeto de atenuar, en la medida de lo posible, el enorme sacrificio económico que su adquisición ha motivado.



Tramos principales del puente.

Como las dos márgenes opuestas del lago que salva el puente carecían de una serie de caminos convergentes hacia los accesos del puente, y teniendo en cuenta el enorme incremento del tráfico rodado que el puente ha de impulsar, ha sido necesario introducir una serie de reformas de carreteras, así como la construcción de otras nuevas, pasos superiores, puentes y distribuidores de tráfico.

La entrada en servicio del puente abre camino a toda una serie de mejoras y posibilidades de la red nacional de carreteras, pues el lago ha frenado mucho hasta ahora este impulso que hoy se siente en la ampliación y mejora de las grandes vías de comunicación terrestre y marítima.

El puente sobre el lago Maracaibo tiene una enorme trascendencia en el futuro desarrollo minero, agrícola e industrial de Venezuela, puesto que con las facilidades de transporte y acceso de una a otra margen del río, evitados los grandes rodeos, todo parece se presenta favorablemente a una sana, profunda y mejorada actividad local que ha de dejarse sentir a lo largo del tiempo en las nuevas venturas que a este país ofrece el futuro.