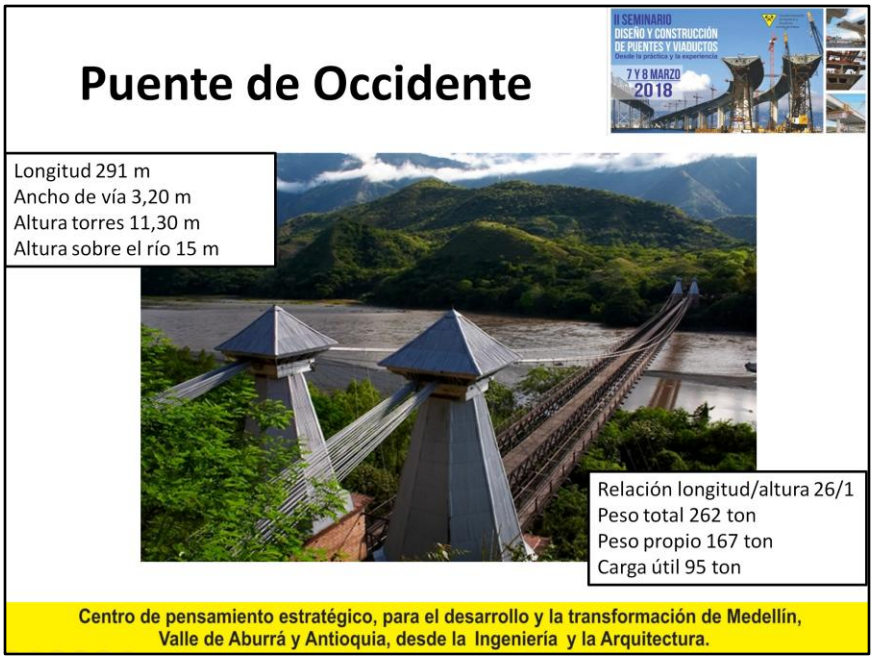


El propósito de esta charla es hacer una presentación de la historia de la construcción del puente de Occidente sobre el río Cauca, con énfasis en la ingeniería y la gestión empresarial que la obra requirió, y también en su correlación con el camino de Occidente, proyectado para unir Antioquia con Urabá.

Los métodos constructivos disponibles en Antioquia en la época eran precarios; los materiales que podían obtenerse en el medio, rudimentarios, y los materiales y herramientas importados del exterior enfrentaban enormes dificultades porque debían transportarse a lomo de mula a lo largo de unos 150 kilómetros de caminos de herradura, 60 kilómetros de carretera y apenas 55 kilómetros de ferrocarril. Si a esas limitaciones se agregan la inestabilidad política causada por las guerras y las precarias condiciones de las finanzas del Estado de Antioquia, contrarrestadas, sí y en mucho, por la mentalidad visionaria y la voluntad invencible de progreso que tenían los hombres de la época, es necesario enfatizar la enorme importancia que el puente de Occidente representa como hito y embrión de la ingeniería antioqueña y como dinamizador del desarrollo de Antioquia.



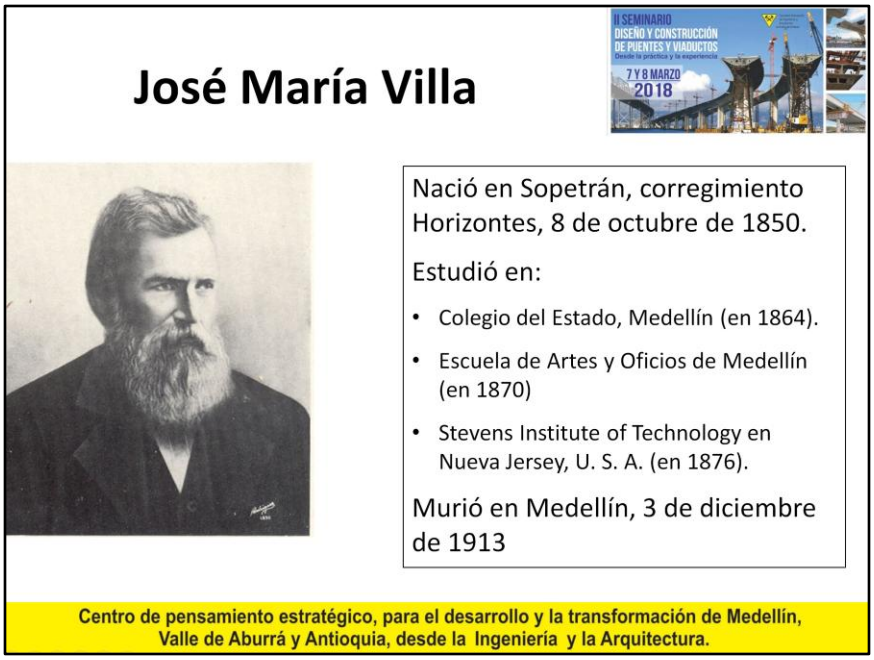
El puente de Occidente fue construido entre 1887 y 1895 por el ingeniero antioqueño José María Villa sobre el río Cauca en Antioquia entre los municipios de Sacaojal (hoy, Olaya) y Santa Fe de Antioquia, como parte del camino de Occidente ordenado por el gobernador Marceliano Vélez, con el fin de facilitar la colonización de la región de Urabá y la salida al mar.

Tiene una longitud medida entre los centros de las torres de 291 metros, y una luz libre de 286,50 m. El ancho total es de 8,63 m. La altura media sobre la superficie del río Cauca, 15 m. Altura de las torres sobre el tablero, 11,30 m.

Se diseñó para tres vías, una central, de 3,20 m de ancho, destinada al paso de la carga principal, y dos laterales, de 0,91 m, de ancho para los peatones. Villa sólo alcanzó a construir la primera.

Las vigas longitudinales descansan sobre 93 vigas transversales, de 8,63 m de longitud. Cada viga transversal cuelga de los cables principales mediante cuatro varillas o péndolas. Las dos péndolas externas son verticales, y las dos internas, inclinadas hacia adentro, por las razones que se explican más adelante.

La resistencia total del puente es igual a 262 toneladas, repartidas entre 167 toneladas de peso propio más 95 toneladas de carga viva máxima.



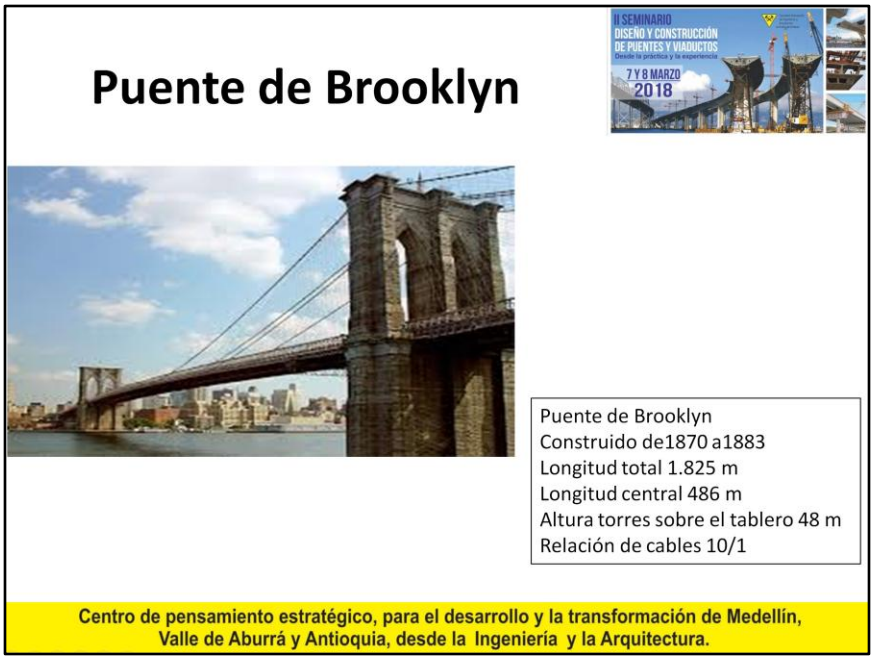
José María Villa Villa nació el 18 de octubre de 1850 en el corregimiento Horizontes de Sopetrán. Murió en Medellín el 3 de diciembre de 1913.

Era hijo del médico y abogado Sinforiano Villa Vergara y Antonina Villa Leal, propietarios de importantes extensiones de tierra en Sopetrán y Belmira.

Ingresó en 1864 al Colegio del Estado en Medellín, para hacer los estudios básicos primarios y secundarios. Después estudió en la Escuela de Artes y Oficios de Medellín, donde aprendió lo relacionado con diseño y operación de equipos mecánicos. Fue discípulo destacado del sabio francés Eugenio Lutz y también fue profesor de Aritmética, Geometría y Álgebra.

Después fue profesor en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, abierta en 1874 por Pedro Justo Berrío, en los cursos de Trigonometría y Agrimensura y de Geometría Descriptiva y sus aplicaciones. La guerra civil de 1876 obligó al cierre de la Universidad.

Viajó a Estados Unidos en 1876 y se matriculó en el Stevens Institute of Technology, en la ciudad de Hoboken, estado de Nueva Jersey para estudiar ingeniería mecánica. Se graduó en 1878. Su tesis se llamó *On the Mechanical Theory of Heat.*

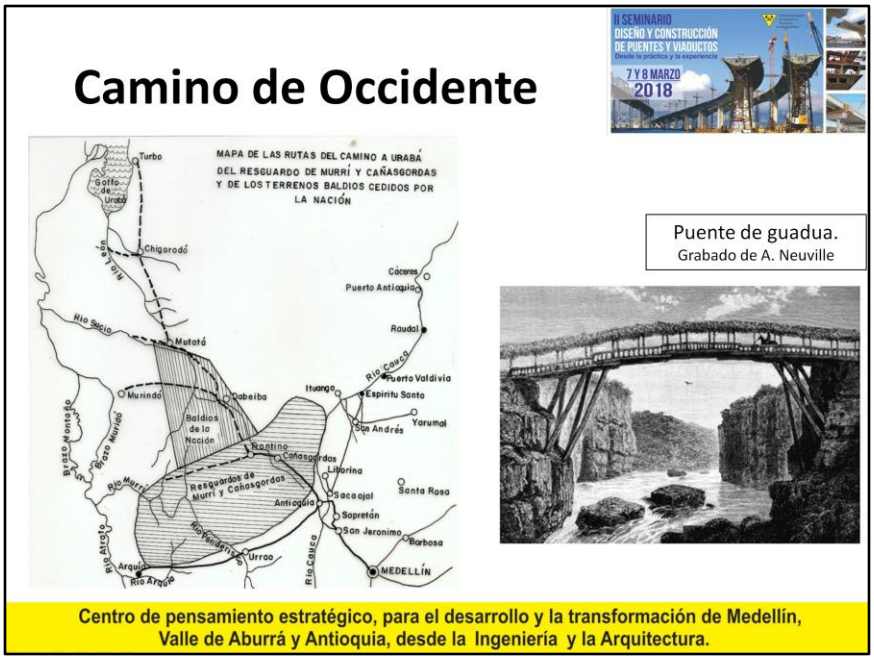


José María Villa se vinculó como ingeniero auxiliar para los diseños y la construcción del puente colgante de Brooklyn, en Nueva York, construido entre 1870 y 1883 sobre el río East. El sitio de obra queda a seis kilómetros de Hoboken, donde él vivía. Conoció de primera mano la teoría y la práctica de esta clase de obras, que aplicaría más tarde en Antioquia, y pudo también observar cómo, a medida que el trabajo avanzaba, se desarrollaban técnicas nuevas para su diseño y construcción, que permitían confirmar o descartar hipótesis y llenar vacíos en los conocimientos existentes.

En esa época, la ingeniería no tenía fundamento en disciplinas científicas como resistencia de materiales, mecánica de fluidos, meteorología, mecánica de suelos, geotecnia, como lo tiene hoy, sino que se apoyaba principalmente en las matemáticas puras y en la acumulación de conocimientos empíricos y prácticos.

No debe entenderse que el trabajo del puente de Brooklyn estuviese gobernado por el ensayo y el error. Por el contrario, esta obra se caracterizó por la calidad de los ingenieros que trabajaron en él, por el cuidado y precisión de los diseños, y por el rigor de la documentación de los procesos constructivos. Sin duda, esto también dejó su impronta en la mente y en la voluntad de José María Villa.

El puente colgante de Brooklyn, tiene una longitud total de 1.825 m, su tramo central tiene 486 m de longitud, la altura total de sus torres es de 89 m, y la altura de las mismas por encima del tablero del puente es de 48 m. El tramo central del puente de Brooklyn se apoya en dos torres construidas sobre el fondo del río. La relación entre la longitud del tramo central y la altura de las torres sobre el puente es de 10 / 1.



En 1886, Marceliano Vélez contrató al ingeniero Juan Henrique White para construir el camino de Occidente, desde la ciudad de Antioquia hasta el río Sucio o hasta el río León, según resultara más conveniente. Consiguió del Congreso de la República cien mil hectáreas de terrenos baldíos para estimular la colonización entre Frontino y la banda oriental del río Atrato.

Una dificultad para el camino era la existencia del resguardo indígena que cubría buena parte de los distritos de Cañasgordas, Frontino y Dabeiba. Había otro resguardo en el valle del río Murrí. Tenían una extensión total de 210.000 hectáreas.

En 1888 el camino llegaba a Pavarandocito, sobre el río Sucio. El gobierno suspendió los aportes económicos, y los colonos no respondían al llamado para desarrollar parcelas en la zona. Esto hizo que el ingeniero White le propusiera al gobernador suspender los trabajos y realizar sólo el mantenimiento del tramo construido.

En 1891 el gobernador Baltasar Botero Uribe reanudó las obras y contrató a Juan Henrique White para que levantara un plano con la ubicación de las cien mil hectáreas otorgadas por el gobierno Nacional, los trabajos se circunscribieron al mantenimiento y a la construcción de variantes en el camino existente. Al culminar este levantamiento, el ingeniero White reportó que había encontrado 34 colonos establecidos en los terrenos adjudicados.

El camino fue finalmente abandonado en 1895, con motivo de la guerra civil de ese año.



El gobernador Marceliano Vélez contrató a José María Villa para que estudiara la posibilidad de un puente que cruzara el Cauca para unir Medellín con Santa Fe de Antioquia.

El ingeniero Villa realizó el estudio de factibilidad y presentó su informe el 20 de mayo de 1886, mediante una extensa carta.

El informe de factibilidad, o de “practicabilidad” como lo llama su autor, se divide en tres partes: La primera, la selección del lugar para el puente; la segunda, el análisis de los materiales necesarios para la obra y su costo, y la tercera, el análisis de la rentabilidad del proyecto. Concluye diciendo que la obra es factible técnicamente y que para su factibilidad financiera se necesitará el subsidio del Estado.



En la primera parte hace una reseña de las exploraciones y mediciones que realizó para definir el lugar más apropiado para la localización del puente, con base en las condiciones del río y en los caminos necesarios para conectar el puente con los lugares de destino.

La peña del Gallinazo, límite superior de la zona estudiada, se encuentra cerca de la desembocadura del río Tonusco en el Cauca y del actual puente del Paso Real que comunica a Medellín con Santa Fe de Antioquia. En ese punto funcionaba desde 1855 la barca para el cruce del río, de don Enrique Hauesler. El caserío de Quebradaseca, límite inferior, queda tres kilómetros arriba de Sucre, corregimiento de Olaya.

El factor más determinante para el puente son rocas que permitan que el cauce del río Cauca sea estable. Villa encontró los afloramientos rocosos de Peñasblancas, Pangordito, La Cuchara, Cañasverdes y Quebradaseca.

También tuvo en cuenta la presencia de los ríos Aurra y Tonusco. El puente no debería quedar aguas arriba de la desembocadura del Tonusco y tampoco cerca de la del Aurra, porque el Tonusco forma una desembocadura poco profunda, amplia e inestable. Y el cauce final del Aurra se ha movido itinerantemente por la llanura de un antiguo meandro del Cauca.

También tuvo en cuenta que el puente favoreciera el desarrollo y la integración de toda la subregión.



Con base en todo el análisis anterior, José María Villa seleccionó el sitio Quebradaseca como el más recomendable para el puente, a dos leguas abajo de Sopetrán. Allí el río Cauca corre entre dos rocas que permiten un cauce estable y son lo suficientemente altas y sólidas para construir los estribos laterales. Además, los habitantes del sector le mencionaron que durante las épocas de bajo caudal allí se formaban playas de extensión considerable y que en ellas afloraba la roca del fondo. El ingeniero Villa no pudo comprobar esta última información, pues realizó su exploración en época de aguas altas, pero la consideró muy probable, dadas la presencia de rocas laterales y la configuración de las lomas vecinas. Las fotografías muestran estos detalles.

Si ello fuese cierto, podría pensarse en la construcción de torres intermedias que sirvieran de soporte al tramo principal del puente, reduciendo su longitud, aumentado su estabilidad y bajando el costo. Si no fuese posible, de todas formas sería viable construir el puente apoyado solamente en las orillas, pues la distancia máxima sería de apenas unos 265 metros, mucho menor que la longitud del puente de Brooklyn, que Villa había conocido.



La segunda parte del informe analiza los aspectos técnicos del puente de Occidente. Define que deberá ser colgante, apoyado bien sea desde las orillas o, si es posible, desde torres intermedias que puedan levantarse en terreno firme durante las estaciones secas del río. El informe no lo dice, pero es claro que si el puente no fuese colgante serían necesarios apoyos sucesivos construidos sobre el fondo del río, la mayoría de ellos subacuáticos, que no serían factibles para las técnicas constructivas disponibles en Antioquia en esa época. Las fotografías comparan un puente colgante con un puente de apoyos sucesivos.

Acerca de los materiales, afirma que en países donde se produce hierro o puede conseguirse barato, este material es el más indicado. Pero para Antioquia, donde no se procesaba y era necesario importarlo con altos costos, debidos principalmente a las malas vías de comunicación, Villa concluye: “Esto nos obliga a construir con madera y ladrillo lo que en otras partes se hace de hierro y acero”.

Sólo se usarían hierro y acero en piezas tales como herrajes, ganchos, tornillos, grapas y, evidentemente, cables. Las vigas, barrotes, tableros, cerchas, barandas y similares se fabricarían en madera. La región vecina era rica en maderas de muy buena calidad, particularmente el comino y el cedro.

Las torres, los apoyos y los estribos del puente se construirían en mampostería de ladrillo cocido pegado con argamasa, que es un mortero fabricado con cal, arena, agua y sangre de toro. Villa identificó caleras en explotación cerca del caserío de Sucre, media legua abajo del lugar seleccionado para la obra, de las cuales podría obtenerse toda la cal a buen precio.

Puente de Occidente
Factibilidad Financiera



- Costo Estimado: Entre $80.000 y $100.000
- Beneficios: $5.000 por año, repago en 20 años.
- Salario mensual de un obrero: $16
- Concesión por 99 años. Empresa mixta.
- Los privados aportan el capital.
- El Estado de Antioquia toma el 50 % de acciones. Abona $5.000 o $6.000 por año.
- Utilidades de la operación para los privados.
- El Estado entrega 10.000 ha de baldíos.

Centro de pensamiento estratégico, para el desarrollo y la transformación de Medellín, Valle de Aburrá y Antioquia, desde la Ingeniería y la Arquitectura.

José María Villa estimó el costo total del puente entre $80.000 y $100.000, dependiendo de que fuese o no posible construir las dos torres intermedias.

En la tercera parte de su informe analiza las condiciones de rentabilidad del puente. Empieza por suponer que el producto anual sería el mismo que el total de las dos barcas cautivas que funcionaban en los pasos del río Cauca en Sucre y Sacaojal, estimado en $5.000 anuales. Ello implicaría un tiempo cercano a veinte años para el repago de la inversión.

La empresa no podría llevarse a cabo sin una cooperación por parte del Gobierno, unida al contingente de particulares, más o menos interesados en la realización de la obra. Planteaba una concesión de exclusividad por 99 años.

El Gobierno tomaría el 50 % de las acciones del proyecto. Dadas las precarias condiciones de la finanzas del Estado, no podría aportar los $40.000 o $50.000 requeridos para ello. Los empresarios particulares aportarían el capital necesario, que sería amortizado con pagos anuales del gobierno por $5.000 o $6.000 más las utilidades de la operación del puente. El Gobierno entregaría a los accionistas particulares 10.000 hectáreas de tierras baldías



Para realizar la obra, se levantó un verdadero parque industrial. Se montó un tejar para fabricar ladrillos; varios aserríos para la madera, diseminados por la selva; una ensambladora para los cables; una forja; un taller de carpintería, y una mina de cal con una calera para procesar el mineral. Contrató en la región los artesanos más expertos y hábiles para cada labor: albañiles, fundidores, aserradores, ladrilleros y carpinteros. En momentos de máxima exigencia, la construcción alcanzó a tener 400 trabajadores simultáneos.

Fue de la mayor importancia el entrenamiento de los trabajadores en los métodos y procedimientos de ensamblaje de cables, péndolas, vigas y tableros, tareas que realizarían suspendidos en el aire y requerían habilidad, precisión y resistencia al vértigo.

La dirección de la obra incluía supervisar que los trabajos avanzaran correctamente, coordinar y vigilar la operación de los diferentes talleres, al igual que el transporte de materiales importados, y controlar la calidad de los materiales y partes que se utilizarían. También debía llevarse una contabilidad estricta de los gastos, para rendir informes a los accionistas.

Don José María eligió como su hombre de confianza a Heliodoro García, de Sopetrán, quien se convirtió en el coordinador y jefe inmediato de los trabajos.

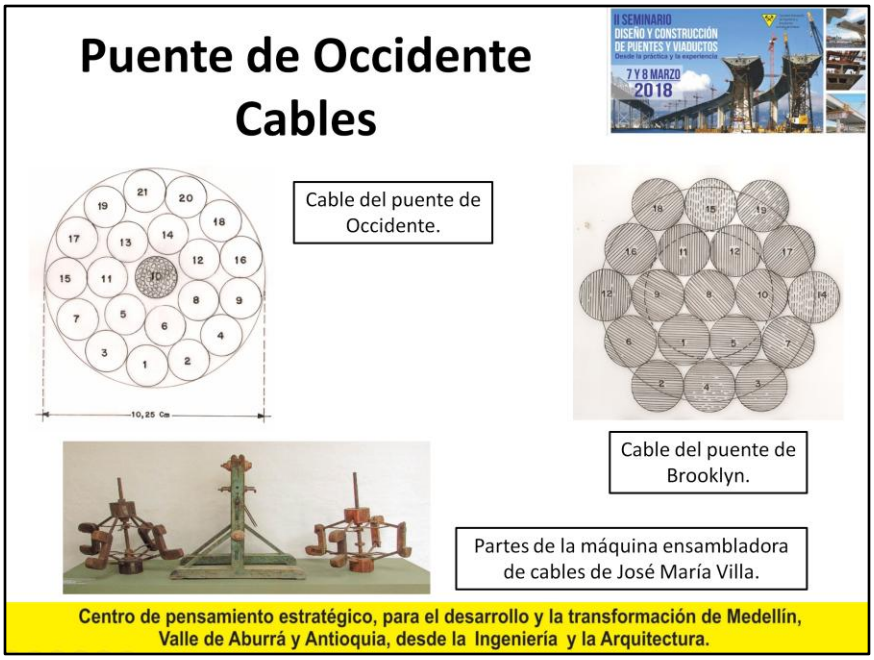


Los cables son el principal elemento de soporte de la estructura. Debían importarse, pues no se fabricaban en el país. Llegarían en barcos de vapor hasta Puerto Berrío y desde allí se transportarían a lomo de mula hasta la obra. No podían venir ensamblados, porque las mulas no serían capaces de cargar el peso. Se importaron en rollos de hilos, para ensamblarlos en el sitio de la obra.

El puente cuelga de cuatro cables, dos a cada lado, uno interno y otro externo. Cada uno de los cuatro cables del puente está conformado por 798 alambres. Cada cable está conformado por 21 manojos de alambres y cada manojo contiene 38 hilos paralelos. Cada haz se amarra mediante abrazaderas del mismo alambre, y cada conjunto de manojos está entorchado mediante un alambre enrollado a su alrededor. Cada cable principal tiene un diámetro final de diez centímetros.

La longitud de cada cable es de unos 356 m, medida de anclaje a anclaje, lo cual implica que se requirieron unos 1.136 kilómetros de hilo de alambre.

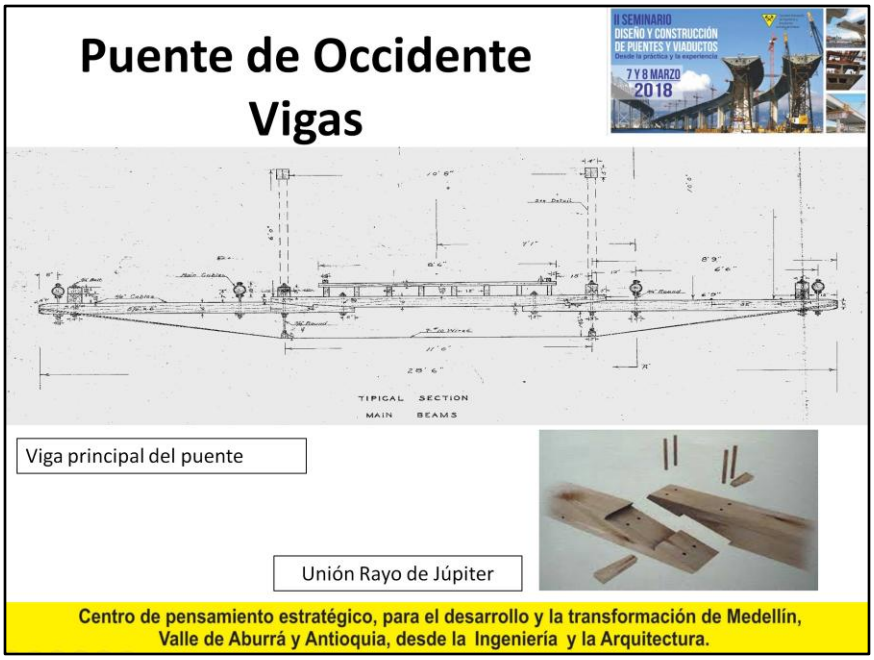
Para poner los cables de lado a lado del río, el ingeniero Villa tendió sobre el cauce un puente peatonal de treinta centímetros de ancho y un cable delgado sobre el cual se desplazaba una polea o roldana, de su invención, que halaba lentamente el cable controlado por un operario que se transportaba en una tarabita. Seleccionó y entrenó cuidadosamente los trabajadores que harían este delicado trabajo, no podían sufrir vértigo. La tracción se ejercía con mulas desde la orilla opuesta.



José María Villa organizó los veintiún manojos de alambres de cada cable poniendo un manojo central, luego una capa de siete manojos alrededor de éste, y, después, trece manojos más en una segunda capa externa. Este conjunto quedaba inscrito en una circunferencia, para conformar el cable final. Este arreglo obliga a comprimir los manojos para acomodarlos de la manera descrita.

Geométricamente se demuestra que el arreglo preciso consiste en diecinueve manojos, con un haz central, rodeado por dos capas de seis y doce manojos respectivamente. Este segundo arreglo es el que se usó en el puente de Brooklyn.

¿Por qué José María Villa utilizó 21 manojos, en lugar de diecinueve? No lo sabemos, pero me atrevo a plantear la hipótesis siguiente. Varios detalles del puente de Occidente, como por ejemplo el número de cables tensores contra el viento, revelan que José María Villa tenía predilección por el número siete. Quizás esto pueda tener relación con las siete notas de la escala musical natural, ya que él era amante de la música y buen violinista. Tal vez por ello prefirió usar veintiún haces, múltiplo de siete, en lugar de diecinueve, que es número primo. No tengo evidencia que compruebe esta hipótesis. De hecho, como se dirá más adelante, los cables tensores laterales y verticales que ayudan a la estabilidad del puente contra la fuerza de los vientos están organizados en grupos de a siete.



Las vigas transversales merecen considerarse detalladamente. Cada una mide 8,63 m, lo cual hace imposible que pudiera ser una sola pieza de madera. José María Villa las concibió como el conjunto de tres piezas acopladas mediante ensambles dentados (Rayo de Júpiter) y unidas por pernos y placas de hierro, reforzadas por debajo con un alambre templado en forma de trapecio, y asegurado en los extremos, como cable sin fin. Forman una especie de cercha. Si se hubieran usado vigas de una sola pieza que tuvieran la misma resistencia, hubieran pesado el triple que aquellas y hubiera sido muy costoso transportarlas. La figura en esta diapositiva muestra el detalle de estas vigas.

Ese tipo de viga es frágil, pues los puntos de unión de los tres elementos quedan sometidos a esfuerzos muy grandes, de tal forma que pueden fallar fácilmente ante una sobrecarga. La carga máxima total del puente sería de 262 toneladas, repartida en 167 toneladas de peso propio de la estructura más 95 toneladas de carga viva máxima. Esto significa que cada una de las 93 vigas sostendría un peso máximo total de 2,8 toneladas. De éste, 1,8 toneladas correspondían al peso propio del puente, lo cual le dejaba a cada viga transversal capacidad para una tonelada de carga viva.

El dibujo de la viga corresponde al plano levantado en 1926 por la compañía R. E. Hoberg para la construcción de la carretera al mar.

Puente de Occidente
Barandas







Las barandas del puente funcionan como vigas de rigidez contra las ondulaciones (viga Virendel)

Centro de pensamiento estratégico, para el desarrollo y la transformación de Medellín, Valle de Aburrá y Antioquia, desde la Ingeniería y la Arquitectura.

La vía central del puente quedó delimitada por barandas laterales de 1,83 m de altura. Estas barandas tenían la función de proteger a las personas y animales que cruzaran el puente. También, y muy importante, funcionaban como armaduras de rigidez, para ayudar a la estabilidad del tablero del piso contra movimientos ondulatorios.

A este tipo de estructura se le conoce como viga Virendel, en reconocimiento al ingeniero belga Jules Arthur Vierendeel (1852-1940), quien la inventó y la patentó. José María Villa no utiliza este término en su escrito



En cada orilla del río se levantan dos torres, apoyadas en roca firme. Villa descartó la posibilidad que contempló al principio de poner algunas de ellas en el lecho del río. La función de las torres es sostener los cables para permitirles la curvatura cóncava hacia arriba, de tal manera que funcionen a tracción. Las torres tienen una altura total de 11,30 m.

Cada torre está compuesta por dos cuerpos. El cuerpo inferior es de mampostería con planta rectangular y con una altura de 3,65 m. Sobre él se apoya el segundo cuerpo, una pirámide truncada de sección octogonal y 7,62 m de altura, construida en madera y hierro, con refuerzos diagonales internos. En el centro de cada torre se levanta una columna en madera, que ayuda al apoyo de los cables. Cada torre soporta en su parte superior un par de los cables principales del puente, apoyados en una silla.



Una de las críticas que recibió el proyecto de José María Villa era que la relación entre la longitud del Puente de Occidente y la altura de sus torres era muy grande, lo cual podría poner en riesgo la estabilidad de la obra, porque los cables trabajarían muy acostados y la tracción en ellos no sería eficiente. En el puente de Occidente la relación entre la longitud entre las torres y la altura de las torres es 291 m / 11,30 m = 26/1, mientras que, por ejemplo, en el puente de Brooklyn es 486 m / 48,5 m = 10/1.

El ingeniero Villa contestó este cuestionamiento diciendo que el valor normal de dicha relación es de 15/1, pero él tomó uno mayor por tres razones. En primer lugar, sus cálculos demostraban que el puente resistiría bien a pesar de esa relación aparentemente alta, en buena parte porque las cargas que debería resistir serían bastante menores que las del puente de Brooklyn, pues su tráfico sería inferior y porque en los inviernos aquel está sometido al peso de la nieve y del hielo, cosa que no sucede aquí. En segundo lugar, esta relación le permitiría ahorrar costos en la construcción de las torres y en la longitud de los cables. Y, finalmente, un puente más bajo resiste mejor el empuje de los fuertes vientos que soplan a lo largo del cañón del Cauca. Si el puente tuviera torres más altas correría un alto riesgo de sufrir fuertes oscilaciones en su plataforma, mientras que un puente con el diseño geométrico seleccionado resistiría mejor las cargas de los vientos.



En el lado oriental del puente, el anclaje de los cables al terreno está conformado por dos cuerpos de mampostería, a manera de contrapesos, construidos con ladrillos pegados con mortero y apoyados en la roca, como se ve en la primera fotografía.

La tracción que el cable ejerce sobre este anclaje tiende a levantarlo del suelo, deslizarlo sobre el terreno y volcarlo. La estructura resiste las acciones de alce y volcamiento gracias a su peso propio, que es de 400 toneladas aproximadamente, las cuales resultan de un volumen de unos 220 m^3 y una densidad de 1.800 kg por m^3. La resistencia al deslizamiento la ejerce el anclaje gracias a su empotramiento de 1,40 m de profundidad en la roca. Estos datos son aproximados, pues no pueden medirse con precisión.

Con base en esos estimados, puede decirse que el ingeniero Villa aplicó un factor de seguridad de tres en el cálculo del peso del anclaje, pues la carga efectiva que recibe es de 131 toneladas, la mitad de la carga total del puente de 262 toneladas.

Los cables atraviesan el anclaje a través de dos bóvedas inclinadas. Cada uno de los 21 manojos de un cable se anuda a un tornillo de tensión, como se ve en la segunda fotografía. El tornillo atraviesa el cuerpo del anclaje y se apoya por detrás en unas platinas en forma de planchas de ancla o costillas de una pulgada de espesor, recostadas en la mampostería, como se ve en la tercera fotografía. Un túnel en el interior del anclaje permite acceder al sitio de dichas platinas.



En el lado occidental los cables se anclan directamente en la roca natural, como muestra la primera fotografía, razón por la cual no existe el riesgo de que el anclaje se desplace por tracción, deslizamiento o volcamiento. Cada manojo de alambres se apoya en un gancho en U, de unos 6,30 m de longitud, que atraviesa el macizo rocoso, como se ve en la tercera fotografía. Un túnel excavado en forma de T da acceso al interior de la roca, para permitir anclar por detrás dichos ganchos mediante tuercas y arandelas.

Este afloramiento rocoso que el ingeniero Villa encontró en el lado occidental del puente constituyó una ventaja importante para la seguridad y el costo de la obra.

Al excavarlo se encontró que una parte de la roca estaba descompuesta y la excavación sufrió varios derrumbes. Para controlarlos, construyó un muro de contención en mampostería, recostado a la montaña. La forma arquitectónica del muro es muy bella, pues está conformado por nueve columnas unidas con arcos. La parte superior del muro está engalanada con una imagen de la Virgen.



De la máxima importancia es la resistencia de la estructura contra los fuertes vientos que soplan sobre el cauce del río. Don José María se ayudó de pequeños modelos a escala del puente que montó a la orilla del cauce para observar su comportamiento con el viento. Era indispensable conseguir que no oscilara como si fuera una hamaca y, menos aún, que sufriera giros sobre su eje horizontal.

Para controlar el efecto del viento recurrió a tres artificios, como él mismo los llamó. El primero, ya mencionado, fue seleccionar la menor relación posible entre la altura de las torres y la luz del puente, de tal manera que la oscilación de los cables fuese la menor posible. El segundo, también mencionado atrás, consistió en poner oblicuamente las péndolas interiores que soportan las vigas, para conseguir que el peso propio de los tableros del piso combinado con la fuerza de las péndolas contrarrestara el efecto del empuje del viento. Y el tercero consistió en un sistema de 56 tirantes, cortos y delgados, distribuidos simétricamente en ocho grupos de siete tirantes cada uno, en ambos extremos y a ambos lados del puente.

Cada una de las cuatro torres cuenta también con cuatro tirantes laterales que ayudan a su estabilidad.

La fotografía muestra los tirantes verticales del puente y los amarres laterales de la torre.



Paso a explicar los tirantes utilizados en el puente. La mitad de esos tirantes, se destina a contrarrestar los empujes laterales y la otra mitad, los empujes verticales del viento.

Los siete tirantes horizontales de cada extremo se anclan al terreno mediante bloques de mampostería y se extienden hasta las vigas números 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15, donde las péndolas son relativamente largas y por tanto más expuestas a la acción del viento. Los siete tirantes verticales de cada extremo sostienen estas mismas vigas y se apoyan por detrás de las torres respectivas en los anclajes principales del puente. Las fotografías muestran estos detalles.



El puente se entregó el 27 de diciembre de 1895, ocho años y 23 días después de iniciado.

Hasta el lugar llegaron gentes de Santa Fe de Antioquia, Sopetrán y Medellín, en alegres grupos. El día era una fiesta. En presencia de la concurrencia, encabezada por el gobernador de Antioquia y el obispo de Santa Fe de Antioquia. El ingeniero Villa hizo una exposición concisa en la cual explicó las características principales de la obra y una relación detallada de los elementos que aún faltaban para terminar la obra totalmente. Además, hizo un reconocimiento cálido a su hábil y leal colaborador don Heliodoro García..

El costo final de la obra fue de $136.026,40, un 36 % más alto que lo presupuestado. Ese costo total equivale a unas 8.500 veces el salario de un obrero de la época.

Cuando se liquidó la inversión, se encontró que el 77,5 % de las acciones correspondían al Departamento y el 22,5 % a los socios privados.

Reflexión final



- Puentes colgantes sobre el río Cauca, mojones del progreso e integradores de Antioquia.
- Conjunción de liderazgo y conocimientos.
- Nuevos conocimientos teóricos y prácticos.
- Combinación de teoría, práctica e inventiva.
- Artesanos hábiles en albañilería, herrería, aserrío, carpintería, caleras, alfarería.
- Obras de alto impacto para el progreso.
- Valores de José María Villa: trabajo, análisis, sentido práctico, perseverancia, honradez.
- Síntesis del espíritu antioqueño de antes, ¿y el de ahora?

Centro de pensamiento estratégico, para el desarrollo y la transformación de Medellín, Valle de Aburrá y Antioquia, desde la Ingeniería y la Arquitectura.

Los cuatro puentes colgantes sobre el río Cauca construidos por José María Villa constituyeron grandes hitos en el camino tanto del nacimiento de la verdadera ingeniería como del progreso económico y social de Antioquia.

En ellos se dio la conjunción perfecta de cuatro elementos claves: el liderazgo de un hombre excepcional como José María Villa, el apoyo de los gobernantes, la disponibilidad de artesanos experimentados y hábiles en tareas de albañilería, herrería, aserrío, carpintería, montaje de piezas, y la visión de los empresarios privados dispuestos a invertir en grandes proyectos de desarrollo regional.

Esta reseña que aquí se presenta es una aproximación al tema, pero amerita continuar profundizándose y no sólo sobre el puente de Occidente sino los cuatro puentes.

Todos ellos abrieron un camino sin precedentes para Antioquia, el de las grandes obras con alto impacto para el progreso.

Para la ingeniería local se abrió también un camino que permitió la combinación eficaz de teoría, práctica, creatividad e inventiva.

José María Villa es ejemplo de una vida entregada al trabajo, capacidad de análisis, sentido práctico, perseverancia y honradez a toda prueba, como individuo y como ingeniero. Entre otras cosas ¿qué es todo esto si no una síntesis del espíritu antioqueño? El de antes. ¿Podemos decir lo mismo del de ahora?