

portafolio 19

ISSN 1317-2085
Depósito Legal p.p 200002zu823
vol 1 N° 19

Portafolio, revista arbitrada de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad del Zulia



Recibido: 16 de Junio 2008
Aceptado: 04 de Marzo 2009

RESUMEN

Carlos Raúl Villanueva (1900-1975) produjo una extensa obra en Venezuela. Su aporte a la arquitectura moderna ha sido reconocido por la UNESCO al incluir a la Ciudad Universitaria de Caracas dentro del Patrimonio Mundial de la Humanidad. De su obra nos interesan particularmente los aspectos tectónicos que ilustran tanto el uso de los materiales y los procesos constructivos, como las formas estructurales, todos ellos determinantes en el aspecto formal de las edificaciones. En primer lugar, se analiza la obra de Villanueva durante la década de 1930, cuando en Venezuela las edificaciones en mampostería prevalecían como opción constructiva. Luego se aborda la obra en la década de 1950, cuando el concreto armado alcanzó un rol estelar permitiendo formas estructurales que de manera eficiente y retadora respondieron a las propuestas de la modernidad. Por último, se estudia su producción durante la década de 1970, con particular énfasis en el potencial de los procesos constructivos asociados a la prefabricación.

Palabras clave: Carlos Raúl Villanueva, tectónica, formas estructurales, materiales de construcción, procesos constructivos.

ABSTRACT

Carlos Raul Villanueva (1900-1975) production in Venezuela was extensive. His contribution to modern architecture was recognized with the inclusion of the Ciudad Universitaria de Caracas in the UNESCO World Heritage List. From his work, we are particularly interested in the tectonic aspects that illustrate the use of materials and the building processes and the structural forms, which are, all of them, determinant in the formal aspect of buildings. First, Villanueva's work is analyzed during the 1930s, when the alternative of masonry as construction material prevailed in the country. Subsequently, the research assess the architect's production during the 1950s, when reinforced concrete reached a predominant role allowing structural forms that efficiently responded to the innovative proposals of modernity. Finally, his production during the 1970s is studied, mainly focusing on the potential of building processes associated to prefabrication.

Keywords: *Carlos Raul Villanueva, tectonics, structural forms, building materials, building processes.*

RIASSUNTO

Carlos Raúl Villanueva (1900-1975) ha prodotto una vasta opera in Venezuela. Il suo contributo all'architettura moderna è stato riconosciuto dall'UNESCO, quando la Ciudad Universitaria di Caracas è stata nominata come Patrimonio Mondiale dell'Umanità. Ciò che interessa dalla sua opera in particolare sono gli aspetti tettonici che spuntano tanto l'uso dei materiali ed i processi costruttivi quanto le forme strutturali. Tutti determinanti nell'aspetto formale degli edifici. Per primo, viene analizzata l'opera di Villanueva durante la decada del 1930, quando in Venezuela gli edifici fatti in muratura predominavano come opzione edilizia. Dopo, si analizza l'opera della decada del 1950, quando il cemento armato raggiunse un ruolo importante permettendo forme strutturali che in modo efficiente e sfidante risposero alle proposte della modernità. Per ultimo, si studia la sua produzione durante la decada del 1970, facendo enfasi nel potenziale dei processi costruttivi associati alla prefabbricazione.

Parole chiave: *Carlos Raúl Villanueva, tettonica, forme strutturali, materiali di costruzione, processi costruttivi.*

Introducción

El reconocimiento a la importancia de los aspectos tectónicos en la obra de Carlos Raúl Villanueva ha sido una constante en la mayoría de los estudios que refieren su obra. Por ello, en esta ocasión se profundiza en el análisis de dichos aspectos tectónicos y en el intercambio que se gestó entre el espacio contenido y el contenedor, en la obra producida por el Maestro.

Este ensayo deriva de una investigación de carácter histórico, específicamente formulada dentro del ámbito de la historia del desarrollo tecnológico, y está orientado hacia el análisis de la obra de Villanueva privilegiando la observación y el análisis de las formas estructurales, el uso de los materiales y, en última instancia, los procesos constructivos que permitieron concretar su producción edilicia.

El análisis se centra en el origen de las formas de los elementos portantes, que constituyen el sistema de soporte en las edificaciones de Villanueva. Dichas geometrías tienen como fundamento: a) el comportamiento estructural, b) las posibilidades resistentes y formales de los materiales utilizados en su construcción y c) las exigencias derivadas de los procesos constructivos, convirtiendo a estas tres variables en factores determinantes de la estética final de las edificaciones que se analizarán.

La metodología utilizada en la investigación original contempló tres caminos paralelos: el primero fue recorrer y observar muy detenidamente las obras a ser analizadas, el segundo revisar y analizar los planos de estructuras y memorias descriptivas, la mayoría de las veces desde las fuentes originales y en ocasiones desde fuentes secundarias y el tercero consistió en releer los escritos de Villanueva en relación con el tema objeto de la investigación, los cuales resultaron particularmente reveladores (Villanueva 1961, 1962, 1965, 1980a, 1980b). También fueron consultados los textos que sobre la obra de Carlos Raúl Villanueva se han publicado, tanto a nivel nacional como internacional.

En relación a la estructura del ensayo se consideran tres períodos que revelan los cambios tanto en lo referido al diseño estructural como en el uso de los materiales y de los diversos procesos constructivos, lo que permite, además, ilustrar la situación de la industria de la construcción en Venezuela para ese entonces.

El primer período considerado reúne un conjunto de obras realizadas durante la década de 1930, del siglo XX, donde la mampostería tradicional prevalece en la configuración del contenedor del espacio arquitectónico cediendo, cautelosamente, oportunidades al concreto armado; luego, se ha escogido algunas de las obras producidas por Villanueva en la década de 1950, todas dentro del contexto de la Ciudad Universitaria de Caracas, donde la hegemonía del hormigón reforzado será determinante en la definición del carácter tectónico de las edificaciones, así como fun-

damental para la transición hacia el tercer período. En la década de 1970 se concretan los proyectos comprometidos con el uso del concreto pretensado y postensado, ilustradas en este trabajo a partir del análisis de la ampliación de las salas de exposición del Museo de Bellas Artes de Caracas.

Una idea central rondará en torno a los ejemplos seleccionados en esta oportunidad. Es el hecho de que la eficiencia de las estructuras de soporte, en términos de la relación forma-material, evoluciona no sólo en términos de resistencia sino, además, sobre la base de satisfacer las aspiraciones del espacio contenido. Es así como, en los primeros ejemplos, se encuentran propuestas que podríamos calificar de complacientes, donde los elementos estructurales muestran geometrías no vinculadas necesariamente a las exigencias resistentes y en general con dimensiones mayores a las exigidas por los esfuerzos.

En el segundo período analizado prevalecen las formas estructurales que con mayor eficiencia responden a las exigencias portantes, alcanzando grados de sofisticación que permiten calificarlas como escultóricas y, por último, destacan las estructuras asociadas a las exigencias de racionalidad y comprometidas con los procesos de construcción industrializada.

De esta forma se transita por las transformaciones tectónicas de la obra de Carlos Raúl Villanueva, marcadas al inicio por su formación en la *École des Beaux Arts* y posteriormente orientadas hacia una contundente modernidad, acompañado siempre por una profunda convicción del potencial de los nuevos materiales, así como de las nuevas ideas sobre el diseño estructural.

1. La década de 1930 y la generosidad del ladrillo

En el año de 1929, cuando Villanueva llega a Venezuela, algunos arquitectos latinoamericanos ya se ocupaban de conciliar las nuevas tendencias funcionalistas con una expresión que involucrara las condiciones regionales, liberándose de las fórmulas academicistas nacionales y de las influencias de la Academia de Bellas Artes de París. En ese sentido, la visita de Le Corbusier a Latinoamérica, en 1929, se convertiría en un evento referencial y de solidaridad con las iniciativas vanguardistas y definitivamente modernas de este continente.

Sin embargo, en la Venezuela de entonces no existían las condiciones de índole socio-económica que justificaran el surgimiento de las tendencias funcionalistas. No habían surgido cambios en la estructura productiva porque no había ocurrido ningún fenómeno parecido a la Revolución Industrial.

Además, la recién inaugurada política económica petrolera, aun no generaba los ingresos suficientes que permitieran asumir los riesgos que suponían las nuevas tendencias arquitectónicas, ni de experimentos en el ámbito constructivo. Es así como, la transición a la modernidad en Venezuela, sucede, en ocasiones, por imitación de las sociedades que para entonces mostraban mayor grado de desarrollo y por la iniciativa de esos profesionales que, graduados en el exterior, decidieron ejercer profesionalmente y ejercitar, en estas latitudes tropicales, esa reflexión obligada hacia el desarrollo tecnológico.

La obra de Villanueva durante la década de 1930 puede ser vista como una época de investigaciones estilísticas cuyo carácter ha merecido el calificativo de ecléctico, término igualmente aplicable a las características tectónicas de estas edificaciones (Dembo 2006, p. 31). Así, para satisfacer las exigencias constructivas del afrancesado Hotel Jardín (1929), el estilo morisco de la plaza de toros de Maracay (1931) y el estilo neoclásico de los museos de la Plaza Morelos (1936), el arquitecto recurre a las bondades de una mampostería en conjunto con las posibilidades de un concreto armado de baja resistencia, pero moldeable al antojo del diseñador. Villanueva intentó así encontrar en los materiales tradicionales una referencia para entender el medio y una lectura original hacia los objetivos de las tendencias funcionalistas en boga.

En estas primeras experiencias, la masa persiste como valor estético y las ventajas racionalistas, en términos de menores secciones de los elementos estructurales, pasan desapercibidas. Más aún, los elementos de concreto y las paredes de mampostería generaron una sumatoria de las estructuras de soporte, circunstancia bastante común en las construcciones de la época en Venezuela.

1.1. El Hotel Jardín

El Hotel Jardín, proyectado por Villanueva para la ciudad de Maracay, es una edificación con una intencional orientación clásica. Su planta exhibe

un eje axial que pasa por el centro del acceso, a partir del cual se organizan en forma simétrica los espacios más íntimos de las habitaciones, las áreas sociales y los jardines.

La estructura ha sido diseñada tomando en consideración las aspiraciones formales por sobre las exigencias reales de soporte. Es así como se observan dobles y triples columnas sin capiteles en forma de cilindros truncados, en el pasillo del patio que bordea al salón de baile, utilizadas aquí como un simple recurso formal, donde el concreto armado y la mampostería de arcilla se conforma con satisfacer cómodamente las exigencias estéticas (figura 1).

Aun cuando las reseñas de la época tildan al edificio de “moderno”, lejos estaría de estarlo, al menos en lo que concierne a su arquitectura y a su estructura. Lo moderno, en esta oportunidad, estuvo representado por las instalaciones: lavandería, secaderos a vapor, cavas de refrigeración y una cocina dotada de un equipo que permitía lograr un completo aprovechamiento del combustible a diferentes temperaturas, además de maquinaria para hacer helados, para repostería y para café en grandes cantidades. La modernidad se concretó en el confort, mientras el espacio moderno y su lenguaje tectónico debieron esperar una década.



Figura 1. Hotel Jardín (1929).

Fuente: Archivo personal de Nancy Dembo.

1.2. La Maestranza de Maracay

La Maestranza está definida a partir de un volumen cilíndrico, soportado sobre un sistema de columnas en concreto armado conectadas en sentido radial por vigas del mismo material y, transversalmente, por vigas de concreto y perfiles metálicos que conforman el esqueleto de albergue de las gradas. El anillo exterior contiene las columnas que enmarcan los arcos ojivales moriscos, que otorgan el aire andaluz que exhibe la fachada.

Al abandonar el plano de la fachada y adentrarse en el área de la gradería, dichas columnas son considerablemente menores (0,64m de ancho comparado con el 1,70m de la fachada), primer gesto vinculado al reconocimiento de la capacidad de soporte del concreto armado (figura 2).



Figura 2. Plaza de toros Maestranza. Estructura de la gradería (1931). Fuente: Archivo personal de Mónica Silva.

Sin embargo, no sólo resulta innovadora la incorporación del concreto armado a esta construcción, también lo es la integración de perfiles de acero a la gradería y al techo del aro exterior de la misma.

En el caso de la grada, propiamente dicha, ésta se conforma con dos perfiles de acero que se complementan con la loseta de concreto que sirve de asiento al espectador. Cubiertos con una masilla, estos perfiles no son evidentes y se manifiestan como viguetas de concreto. Sin embargo, esta solución es sorprendentemente racional, tanto desde el punto de vista estructural como constructivo y, sin duda, constituye un aporte en el lenguaje tectónico de Villanueva.

1.3. Los Museos de Bellas Artes y Ciencias Naturales

La construcción en Caracas de los museos de Bellas Artes y Ciencias Naturales se identifica aun con la “etapa ecléctica” y es un claro ejemplo de la timidez con la que, todavía para esa fecha,

Villanueva manejaba el concepto estructural y la técnica del concreto vaciado en sitio.

Los elementos de soporte del patio central, resumidos en los pilares de inspiración dórica y los dinteles curvos o rectos, aun no pueden ser asociados a la referencia moderna de los sistemas de pórticos.

Las ventajas del monolitismo ofrecido por el concreto quedan ocultas a costa de diferenciar el elemento vertical del horizontal, recurriendo para ello al collarín de sección cuadrada, interpretación que hubiese sido inadmisibles ante los ojos de Françoise Hennebique quien, ya en 1892, concluía en la conveniencia de la junta monolítica de hormigón armado (figura 3).

Para desarrollar el lenguaje neoclásico que define la fachada del Museo y con el que se alcanza el ritmo entre el interior y el exterior de sus salas, el Maestro recurre a voluminosas columnas de concreto armado como recurso formal, asociadas a las paredes de mampostería, todas ellas cuidadosamente recubiertas de morteros de impecable blancura, descartando todo gesto de reconocimiento a las bondades resistentes del concreto armado o a su textura.

Del análisis de estos tres ejemplos se podría resumir algunas de las características tectónicas del primer periodo de Villanueva en la presencia de una doble estructura de soporte vertical (paredes de mampostería + pórtico de concreto armado), la moldeabilidad del concreto al servicio de la definición de la volumetría formal, la capacidad resistente del concreto armado y los perfiles de acero utilizados tímidamente en la solución estructural de los elementos horizontales de vigas y losas y, por último, el uso de las técnicas tradicionales de construcción.

2. La década de 1950 y el desafío del concreto armado

En contraste con la obra de la década de 1930, la producción de Villanueva a partir de 1950 muestra una convincente predisposición a incorporar la forma edificada como instrumento de expresión que revela el valor tectónico de la edificación en su totalidad, y cuyo mayor acierto es la manera en que dicha forma dialoga con las variables fundamentales del quehacer arquitectónico vinculadas a las relaciones espaciales, las circunstancias del sitio, las condiciones del clima, el tratamiento de la luz y del soporte.



Figura 3. Museo de Bellas Artes (1936).
Fuente: Archivo personal de Samuel Dembo.

Es por ello que el vocabulario propio del concreto reforzado será esencial en la obra de este período y abarcará desde el tema de la forma, es decir, la capacidad de este material para reproducir las geometrías de máxima eficiencia estructural, hasta la textura, el color y la desnudez con la que revela su proceso de concreción a través de los vestigios dejados por los encofrados.

2.1. El Gimnasio Olímpico de la Ciudad Universitaria de Caracas

En 1949, veinte años después de que el joven Villanueva participara en el proyecto del Hotel Jardín, el arquitecto se dedicaba a proyectar el gimnasio olímpico de la Ciudad Universitaria de Caracas. Sin duda, su tránsito del academicismo a la modernidad se había cumplido y, sin titubeos, este profesional iniciaba un período de profunda investigación en el campo de la arquitectura.

La geometría en forma de “C” que muestra la planta del edificio tiene gran capacidad para soportar momentos, pues la posición de los brazos aporta el equilibrio requerido para oponerse a las cargas. Las

secciones resistentes de las costillas que conforman la cubierta se ajustan a los momentos resistentes producto de las solicitaciones (figura 4).

El ejercicio estructural se traduce en un conjunto de costillas o vigas que se integran mediante una loseta que cubre el espacio entre dichas vigas. La distancia entre las costillas es de 5m y la carga es la mínima prevista para las superficies de techo, lo que explica sus escasos 6cm de espesor. La loseta se apoya en las costillas, permitiendo que éstas se revelen hacia el exterior y a su vez sirvan de apoyo a la superficie interna que se manifiesta así como una piel continua.

2.2. Recorridos techados de la Ciudad Universitaria de Caracas

Otro de los ejemplos que muestra la interpretación de las posibilidades de la forma derivada del potencial técnico es, sin duda, la solución dada a los pasillos cubiertos. Estos recorridos, que conceden protección al caminante, han recibido máxima atención en su diseño.

El pasillo de acceso a la Ciudad Universitaria de Caracas muestra una geometría que, en un principio, aparece como respuesta funcional al problema del recorrido curvo (figura 5). Sin embargo, su solución involucra claros criterios de racionalidad estructural. La curvatura de la losa suple al elemento estructural de la rigidez necesaria para que esta superficie sea capaz de salvar la luz entre los nervios de apoyo. Estos nervios, colocados por encima de la losa laminar, cubren un pasillo de 3,65m de ancho y apoyan en una viga transversal de sección pentagonal, hueca, sometida a grandes exigencias tanto de flexión (derivados de la luz de 15m entre apoyos), así como, de importantes esfuerzos de torsión (ocasionados por el apoyo asimétrico de los nervios), que pueden ser absorbidos gracias al sistema de pretensado.



Figura 4. Estadio olímpico. Ciudad Universitaria de Caracas (1952).
Fuente: Archivo personal de Iván González Viso.

Las columnas de apoyo de la viga pretensada dan continuidad a la curvatura de la superficie del techo y su considerable sección es producto de los momentos flectores que en ellas se producen. En paralelo a todas estas acrobacias estructurales la geometría final del conjunto debe satisfacer las necesidades de cobijo y de interacción con el contexto a las que se aspira en el recorrido, sin las cuales, las piruetas del soporte dejarían de tener sentido.

El pasillo que comunica las Facultades de Ingeniería y Humanidades consiste, en un soporte en cantiliver, en forma de “L” invertida capaz de resistir la cubierta que viene apoyada cada 16m. Para que dicha cubierta fuese un elemento liviano, fue necesario dotarla de cierta inercia a través del manejo de la forma, por lo que Villanueva optó por una geometría ondulada (figura 6).



Figura 5. Pasillo de acceso a la CUC (1953).
Fuente: Archivo personal de Iván González Viso.



Figura 6. Pasillo Ingeniería-Humanidades CUC (1953).
Fuente: Archivo personal de Iván González Viso.

El volado del soporte en L, de 6,5m, generaba importantes momentos flectores por lo que se optó por pre-comprimir el tramo horizontal como alternativa para reducir su sección. El trazado de los cables se ubica a lo largo de la cara superior de dicho volado, siendo que allí se desarrollan los máximos esfuerzos de tracción.

Con el fin de no transmitir estos momentos a la columna y poder contar con un elemento esbelto, se colocó un tensor en la parte posterior de la viga que equilibra el momento de vuelco, concentrando entonces, en el elemento en cantiliver, la mayor responsabilidad del conjunto. Esto permitió reducir considerablemente las dimensiones del soporte vertical.

2.3. El Aula Magna

De todas las edificaciones que conforman el conjunto de la Ciudad Universitaria no hay duda de que el Aula Magna es la pieza estelar (figura 7). Las formas estructurales adoptadas para resolver los elementos portantes son determinantes en la consolidación del discurso que se inaugura en estos espacios. Lo afirman los riegos asumidos en la solución de las grandes luces, expresando con claridad los planos escogidos para el trayecto de las fuerzas, y lo reafirma la decisión de dejar a la vista gran parte de los elementos de soporte, privilegiando los aspectos constructivos en concordancia con el tratamiento “brutalista” que recibe el concreto armado.

El sistema estructural de este edificio de usos múltiples se puede descomponer en subsistemas más sencillos y estáticamente determinados, con el fin de simplificar su análisis. Así se aprecia, desde el exterior, el gran pórtico central, la cubierta del espacio de grandes luces, la marquesina, el soporte exigido por el escenario y las salas de ensayo y los pórticos rigidizadores del conjunto. En el interior, protagonizan el gran volado que conforma el balcón y la estructura del plafón que permite el mágico efecto de las nubes de Alexander Calder.

El imponente pórtico que abraza el cuerpo del edificio es una viga Vierendeel, donde las piezas que la conforman trabajan a flexión y están totalmente resueltas en concreto armado.

La altura de la viga del macro-pórtico del Aula Magna es de 5,5m y mantiene su sección a todo lo largo del tramo horizontal. Dicho pórtico, de 49,2m de

ancho total y 38,2m de luz libre, sirve de apoyo a las vigas de la cubierta de la sala y a las vigas del escenario, transformándose en la columna vertebral del conjunto. Las vigas que conforman el abanico son de sección variable y están colocadas, parcialmente, por encima de la loseta.

Como extensión de la cubierta en abanico se desarrolla la marquesina que, sin constituir una fachada principal del edificio, cubre las zonas de acceso al Aula Magna. El ambicioso volado de 14m de luz, que exhibe cada una de las vigas de dicha marquesina, exige de un apoyo intermedio que, en este caso, ha sido resuelto a partir de un tensor que emerge de las vigas y se ancla en las costillas del abanico.

Las vigas que cubren el espacio de la escena tienen una luz máxima de 12m, es decir la tercera parte de aquellas que conforman la cubierta del espacio central. Ubicadas por debajo de la losa generan esa cubierta plana que no compite con las vigas que cubren la gran sala. Las caras laterales del volumen sirven de envoltorio al espacio de las salas y fueron aprovechadas como estructuras rigidizadoras del conjunto. Concebidas como pórticos, sus elementos se organizan en función a una retícula de 3,90m x 3,80m que se acopla a los bordes de la superficie.

En el espacio interior del Aula Magna sólo destaca un gesto estructural: es el imponente balcón que se mimetiza ante las nubes de Calder. Su geometría se manifiesta a través de la curva que recorre la sala de extremo a extremo y con la que remata este volumen, sin apoyos aparentes. En realidad, el balcón está soportado por una serie de columnas que definen el acceso a la sala y que han sido ubicadas en forma tal que parece que el balcón estuviese flotando, emulando el efecto que producen las nubes de Calder. La estructura se resume en un sistema de balancín donde el plano inclinado está constituido por las gradas de asientos, el plano vertical, por la hilada de pilares de soporte y el plano horizontal conforma el pasillo de acceso al balcón (figura 8).

Para lograr esa pureza de las superficies lisas y blancas que envuelven el imponente espacio interior fue necesario recurrir a una piel de yeso o plafón que apacigua la avasallante estructura exterior y sirven de telón de fondo a las nubes, que satisfacen la acústica del lugar.

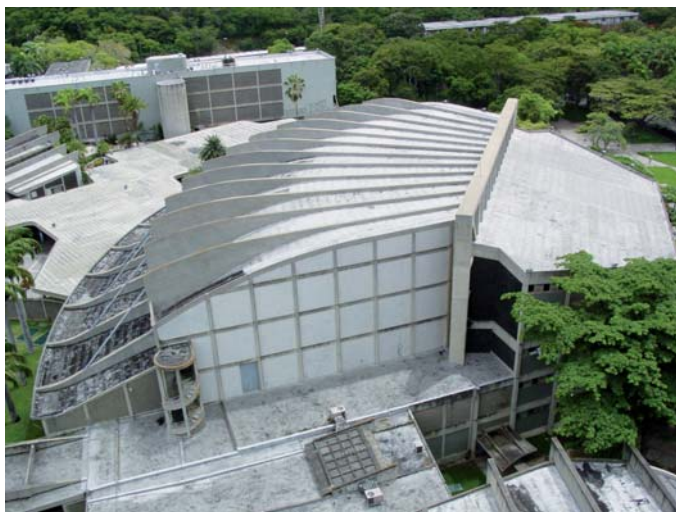


Figura 7. Aula Magna. Ciudad Universitaria de Caracas (1953).
Fuente: Archivo personal de Iván González Viso.

El edificio está totalmente construido en concreto armado dejado a la vista. Para alcanzar las texturas y acabados exigidos por la obra limpia se establecieron un conjunto de especificaciones que convirtieron al proceso constructivo en un verdadero acto de heroísmo. El soporte de dicho esfuerzo se debe en gran parte a la mano de obra que allí laboró y donde se incorporó una importante inmigración proveniente, fundamentalmente, de España, Italia y Portugal, que incluiría excelentes artesanos, entrenados, entre otras áreas, en el campo de la construcción.

El uso del concreto armado permitió a Villanueva, a partir de la década de 1950, experimentar con el libre desarrollo de la forma permitiendo que las concesiones entre la estructura y el espacio contenido resultaran fluidas y amables.

De esta forma las características tectónicas más importantes de esta década pueden resumirse en: las formas estructurales reflejan las exigencias portantes (racionalidad estructural), el concreto armado y el concreto pretensado permiten alcanzar el libre desarrollo de la forma (moldeabilidad y mayor capacidad portante), las racionales propuestas estructurales se concretan con el uso de la tecnología tradicional del vaciado en sitio.

3. La década de 1970 y los procesos de industrialización

Villanueva había insistido durante años en la industrialización como el futuro inevitable de los procesos de construcción. Sin embargo, las circunstancias no le habían permitido incursionar en ese campo, por lo que el tema de la prefabricación sólo había estado presente en su discurso.

Mientras en la construcción de obras de infraestructura -como puentes y túneles- en Venezuela se había logrado incorporar



Figura 8. Aula Magna. Vista interior. CUC (1953).
Fuente: Archivo personal de Anabella Nahon.

los adelantos básicos alcanzados en otros países, la experiencia en torno a la industrialización de los componentes estructurales -en el ámbito de las edificaciones- era escasa.

3.1. Ampliación de las Salas de Exposición del Museo de Bellas Artes de Caracas

El proyecto y construcción de la ampliación del Museo de Bellas Artes, que él mismo había diseñado 35 años antes, le permitió, en 1971, incursionar en estas técnicas constructivas para resolver el tema de las grandes luces en el bloque que reúne las salas de exposición. La participación de un equipo interdisciplinario que incluía a los Ing. Waclaw Zalewski y el Ing. José A. Peña, ambos con una amplia experiencia en prefabricación, y el hecho de que el uso de sistemas industrializados para la construcción permitiera conseguir competir en precio con las opciones asociadas a la construcción tradicional, hicieron posible esta experiencia innovadora desde el punto de vista estructural y constructivo.

Los espacios destinados a las exhibiciones son plantas libres, sin apoyos intermedios, con luces de 21m en las dos direcciones orto-

gonales y con voladizos de hasta 4,5m, en tres de sus lados. La altura de estos ambientes es de 4m (Villanueva y Carmona 1970).

Las losas del piso se apoyan en los muros perimetrales y están armadas en ambas direcciones sobre la base de una retícula de 3m x 3m (figura 9). Las losas están compuestas de tres elementos prefabricados de concreto armado, especialmente diseñados, que son: el marco, la cruz y la loseta y fueron producidos en un patio especialmente acondicionado, adyacente a la construcción de la ampliación del museo, previendo una pista de producción para cada elemento.

Los marcos, que conforman el plano inferior de la losa, tienen una dimensión nominal en planta de 3m x 3m y una altura de 18cm. La resistencia del concreto utilizado en estos componentes es de 400kg/cm² y responde a las exigencias de los esfuerzos que se desarrollan en el plano inferior

de la losa. Dichos esfuerzos deben ser soportados de manera conjunta por los marcos y el juego de cables, en las dos direcciones ortogonales, trazado entre los marcos y cuya resistencia está en el orden de los $16.000\text{kg}/\text{cm}^2$. Cada uno de los marcos pesa 1300Kg .

Las cruces, que sirven de elementos conectivos entre el plano inferior y el plano superior de la losa, tienen una dimensión en planta de $3\text{m} \times 3\text{m}$, una altura de 120cm y pesan 2.000kg , cada una.

Siendo su geometría algo compleja se diseñaron plantillas y guías de montaje para la ejecución de las estas piezas. En la base de las mismas se previeron los ductos para el paso de los cables que se trazan en dos direcciones entre los marcos.

La loseta, cuya dimensión nominal en planta es de $3\text{m} \times 3\text{m}$, es una losa nervada en dos direcciones y con nervios perimetrales de una altura máxima de 25cm . El peso total de la losa es de 1.700 kg (figura 10).

La fabricación de estas piezas se realizó en juegos de moldes metálicos diseñados en forma tal de poder colocar los casetones que permitían configurar la geometría de la losa nervada. La prefabricación se inició aun antes de iniciadas las fundaciones, con el fin de permitir el envejecimiento conveniente de las piezas.

El proceso constructivo de las salas de exposición comenzaba con el vaciado de los muros perimetrales y el montaje de la cimbra compuesta por torres tubulares normalizadas ubicadas cada 3m y por una plataforma metálica horizontal, especialmente diseñada, que serviría de soporte a los elementos prefabricados: marcos y cruces. La tolerancia horizontal exigida en la colocación de las piezas era de 5mm . La tolerancia en la nivelación vertical fue de 1mm y los ajustes se realizaban a partir de tornillos telescópicos ubicados en las torres tubulares.

La colocación de las piezas prefabricadas comenzaba con los marcos distanciados, en forma tal, que quedara el espacio para las cruces. Dichas cruces debían coincidir con la intersección de los ejes de los cables. La parte inferior de las cruces se alojaba en el espacio previsto en las cuatro esquinas adyacentes de los marcos. Entre las caras de los marcos y las cruces se colocaba un mortero epóxico que aseguraba la transmisión de las fuerzas de pre-compresión de los marcos a través de la parte inferior de las cruces. Luego se procedía al trazado de los cables



Figura 9. Salas de exposición. Ampliación del Museo de Bellas Artes de Caracas (1971).

Fuente: Archivo personal de José A. Peña.

en ambas direcciones. Se realizaba el primer tensado de los cables con una fuerza igual al 33% de la fuerza total.

Simultáneamente al trazado de los cables se colocaban las losas pre-fabricadas. La altura total alcanzada por la estructura espacial es de 140cm , pero sólo el 33% del volumen total era lleno.

Se procedía a realizar el vaciado de concreto sobre toda la superficie de la estructura espacial. Tres días después de vaciado el concreto se procedía a realizar la segunda etapa del tensado de los cables con una fuerza adicional del 67% de la fuerza total. Así se concluía el proceso constructivo de un piso de las salas de exposición, el cual se realizaba en el lapso de un mes.

Para el momento en que se construyó el Museo no existían en Venezuela empresas que produjeran cables de alta resistencia por lo que fue necesario importarlos. Entre las dos opciones: el sistema VSL, de origen Suizo y el sistema *Freyssinet*, (utilizado en la construcción del viaducto Caracas-La Guaira), se seleccionó el primero, por conveniencias de carácter más administrativo que tecnológico, es decir, la primera ofrecía ventajas contractuales para la constructora.

El proceso de tensado en dos direcciones ortogonales fue sin duda la parte más compleja en la producción de las losas de entepiso de las salas de exposición del museo. Como obra de ingeniería civil, esta estructura fue una experiencia absolutamente innovadora pues, si bien es cierto que la prefabricación y el pos-tensado habían sido utilizados ya en varias de las construcciones con las que se contaba en Venezuela, no así, su aplicación en una losa de entepiso, con cargas de diseño de $500\text{kg}/\text{m}^2$, tensada en dos direcciones y con luces libres de 21m .

Quizás, el mayor mérito de esta obra, más allá de ser la experiencia donde Villanueva asumió un claro compromiso tecnológico, fue la agudeza y claridad espacial con las que el maestro conjugó las formas estructurales y el lenguaje constructivo.



Figura 10. Construcción del Museo de Bellas Artes (1971).
Fuente: Archivo personal de José A. Peña.

Podríamos resumir entonces algunas de las características tectónicas de esta década en las formas estructurales en concordancia con las exigencias portantes y los procesos de industrialización, el mantenimiento de la preferencia por el uso del concreto armado y el concreto pretensado sin descartar el uso de estructuras metálicas y la incorporación de tecnologías industrializadas a los procesos constructivos.

Aunque Villanueva sufría de quebrantos de salud para la época en que se construyó la ampliación del museo de Bellas Artes de Caracas, su lucidez permitió que pudiese constatar que sus reflexiones sobre el futuro de la arquitectura vinculada al conocimiento tecnológico podían ser una realidad.

4. Conclusiones

Es innegable el carácter fundamental que tienen, tanto el conjunto de los elementos estructurales como la interpretación de los materiales en las obras de Villanueva, así como, la incidencia de ambos en la definición formal de la totalidad del edificio construido.

La consolidación del diseño estructural, como disciplina aliada al campo del diseño arquitectónico, es un fenómeno que definirá la producción edilicia de los años de 1950 en el país. La obra de Villanueva correspondiente a este período es particularmente convincente en ese sentido y, sin duda, el ejemplo más contundente por los riesgos asumidos en el campo estructural, por la diversidad de expresiones que generó el diálogo entre los sistemas portantes y el espacio arquitectónico, verdadero laboratorio de experiencias tectónicas, y por la coherencia conceptual hacia un racionalismo estructural que, lejos de subordinar la libertad formal, la potenció en arriesgadas soluciones como el caso de los estadios y el Aula Magna de la Ciudad Universitaria de Caracas. Villanueva no sacrifica la lógica interna por la plástica exterior, sino que establece el diálogo necesario para que ambas mantengan su legitimidad.

Con relación al uso del hormigón armado, como material protagónico de toda su producción, es importante hacer notar que el expresionismo estructural hubiese podido lograrse con cualquier material; sin embargo, el vocabulario propio del concreto reforzado o pretensado es esencial en la obra de Villanueva y abarca, desde el tema de la forma, es decir, su capacidad para reproducir las geometrías de máxima eficiencia estructural, hasta la textura, el color y la desnudez con la que revela su proceso de concreción, a través de los vestigios dejados por los encofrados. Sin embargo, lo esencial de la aproximación de Villanueva a los aspectos tectónicos fue la manera en que los integró sin perder de vista que el objetivo final seguiría siendo la arquitectura.

El análisis de la obra de Villanueva, desde la perspectiva propuesta, permite reconocer cómo se fue formulando el desarrollo tecnológico en la producción de edificaciones en nuestro país. Desde las obras de la década de 1930, donde la noble mampostería compite con un concreto armado de baja resistencia, hacia la década de 1950, con un manejo excepcional del concreto armado que permite formular las imponentes estructuras y los impecables acabados hasta la 1970, con los riesgos asumidos frente al surgimiento de nuevas tecnologías.

Referencias

- Dembo, N. 2006, *La tectónica en la obra de Carlos Raúl Villanueva. Aproximación en tres tiempos*, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Villanueva, C. R. 1961, "Influencias del concreto y del progreso técnico científico en la arquitectura de hoy y de mañana", *Revista Punto*, N° 4, s/n.
- Villanueva, C. R. 1962, "Reflexiones Personales", *Revista Punto*, N° 7, s/n.
- Villanueva, C. R. 1965, "Luminosa Trayectoria", *Revista Punto*, N° 25, p. 7.
- Villanueva, C. R. 1980a, "La arquitectura, sus razones de ser, las líneas de su desarrollo", en *Textos escogidos*, Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 37-44.
- Villanueva, C. R. 1980b, "Tendencias actuales de la arquitectura", en *Textos escogidos*, Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 45-54.
- Villanueva, C. R. y Carmona, O. 1970, "Anteproyecto ampliación del Museo de Bellas Artes de Caracas", *Revista Punto*, N° 40-41, pp. 109-110.