

Paper - Comunicación

La estructura como escala de acción

Claro, Ana Julia.

anajuliacclaro@gmail.com

Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. CAI+D 2020: Escenas didácticas: ideas, insumos e instrumentos en la enseñanza de las disciplinas proyectuales. Santa Fe, Argentina.

Línea temática 1. Escalas, diagnósticos y representaciones

Palabras clave

Diseño, Estructuras, Tipologías, Procesos, Estrategias

Resumen

El proceso de diseño arquitectónico involucra instancias de determinaciones formales y funcionales en un vínculo continuo de intercambio y un dialogo constante con las instancias de diseño estructural. El objetivo de dicho proceso es arribar a una respuesta superadora e integradora de todos los aspectos implicados. En el abordaje de los aspectos tecnológicos habitualmente se siguen caminos rígidos donde las estrategias estructurales de sostén no forman parte de los cuestionamientos del proceso creativo o, en muchos casos entran en juego en una etapa posterior del proceso.

Las diferentes tipologías que constituyen el campo de las estructuras se clasifican a partir de sus exigencias resistentes y los mecanismos que cada sistema desarrolla para responder a las mismas. Las diversas temáticas arquitectónicas se vinculan de modo diferenciado: los edificios de gran escala, con destinos institucionales, industriales, entre otros se relacionan con estrategias distintas a los que se involucran en la resolución de edificios de escala media-baja destinados al habitar. Entonces, ¿Qué posibilidades se abren cuando las soluciones

tradicionalmente usadas para contener ciertas actividades pasan a resolver problemáticas estructurales de otra dimensión?

En este contexto, el presente trabajo pretende indagar en las oportunidades creativas que surgen de repensar estrategias de sostén en problemáticas escalares diversas, al modificar la percepción de un observador que ya no está envuelto por la estructura sino que la habita y la recorre por su interior.

Introducción: La estructura como escala de acción

El proceso de diseño arquitectónico involucra instancias de determinaciones formales y funcionales en un vínculo continuo de intercambio y un diálogo constante con las instancias de diseño estructural. El objetivo de dicho proceso es arribar a una respuesta superadora e integradora de todos los aspectos implicados en el diseño y la construcción. El conocimiento estructural es uno de esos aspectos.

En el desarrollo de procesos de diseño integrado la forma del edificio está directamente relacionada con la estructura que lo sostiene y el criterio estructural se concibe a la par que se diseña la geometría/forma arquitectónica (Luyten, 2012). Sin embargo, es habitual que los procesos se fraccionen y que el abordaje de los aspectos tecnológicos del proyecto siga caminos más rígidos. En estos casos, las estrategias estructurales de sostén no forman parte de los cuestionamientos del proceso de diseño/creativo o entran en juego en una etapa posterior del proceso. Cuando esto ocurre se aplican soluciones tipificadas de sostén a la geometría del anteproyecto que ya no admite grandes cambios.

Existe en la práctica la tendencia a mantener un esquema de resoluciones de sostén conocidas para las diferentes escalas arquitectónicas y los temas que se asocian a ellas. Es decir que, las diversas temáticas arquitectónicas se vinculan de modo diferenciado a las diversas tipologías estructurales: vinculando los edificios de gran escala y grandes luces, (generalmente destinos institucionales, comerciales, ó industriales, entre otros), con estrategias de sostén distintas a las que se involucran en la resolución de edificios de escala media-baja destinados al habitar cotidiano (vivienda, locales, oficinas, etc.). Del mismo modo se observa que el proceso de resolución estructural de grandes estructuras pone mayor énfasis en la búsqueda de soluciones sintéticas y optimizadas, que en las obras de escala media o baja.

Si bien, en palabras de Parodi Rebella, “la alteración de la escala opera muchas veces como un eficiente recurso para cuestionar el conjunto de variables y atributos propios del proyecto de arquitectura” (Parodi Rabella, 2011: p. 11); en procesos de diseño fraccionados, cuando el diseño y alteración escalar de la estructura se deja de lado, se limitan las posibilidades creativas del proceso.

Frente a lo expuesto, se pretende indagar en las oportunidades creativas que surgen de repensar estrategias de sostén en problemáticas escalares diversas, al modificar la percepción de un observador que ya no está envuelto por la estructura sino que la habita y la recorre por su interior. Para lo que se proponen dos recorridos.

En primera instancia, la reflexión sobre los marcos conceptuales y situacionales del trabajo interdisciplinario que permite el desarrollo de procesos de diseño integrados a los cuales la arquitectura debe volverse permeable, en contraposición a los procesos fragmentados propios de la práctica constructiva. Esta necesidad responde a la cantidad de aristas que los avances tecnológicos proponen en la actualidad, inabordables por una sola disciplina, que se vuelven inevitables para que los procesos integrados de diseño estructural puedan ocurrir.

En segunda instancia, un recorrido por obras, como ejercicios y procesos de diseño que plasman las posibilidades que el ajuste dimensional de la mirada abre, y permite delinear los caminos o bases para proponer ejercicios que impliquen transformaciones equivalentes en el proceso de enseñanza aprendizaje del diseño estructural integrado.

Diseño estructural integrado y diseño estructural fragmentado.

El contexto contemporáneo del diseño y la construcción está signado por la evolución tecnológica. Este avance permite un aumento significativo del conocimiento sobre el comportamiento de los materiales, su respuesta estructural y sus posibilidades técnicas, dando lugar, en las últimas décadas, a la demanda de espacialidades, y en consecuencia estructuras, cada vez más complejas e innovadoras, al igual que más eficientes (Fritzche, 2013).

En este marco, la computadora se sitúa como la herramienta central de la actividad de pre-figuración, maximizando las capacidades de representación, diseño, evaluación y control de lo prefigurado del diseño. En este sentido, propone y permite cada vez un aumento mayor en las posibilidades de cruce de las especialidades que intervienen en el proceso. Es decir, los roles específicos dentro de los equipos de trabajo que se abocan a las diferentes variables puestas en juego en el proyecto arquitectónico.

La indagación de la forma total de la arquitectura, (referida a aquella forma que contempla espacialidad y estructura en su desarrollo), constituye un proceso largo en las etapas iniciales cuando se buscan desarrollos de diseño integrados. En el debate por los procesos creativos e integradores, donde la estructura se presenta como partícipe de la instancia de concepción formal, es preciso reflexionar sobre el trabajo interdisciplinario que el abordaje propone y el rol de los especialistas en cada área.

En primer lugar, el profesional estructuralista debe 'correrse' de los bordes de la actividad proyectual, salirse de la estricta instancia del cálculo, para cobrar mayor protagonismo. Es decir, posicionándose en un papel activo en el proceso de desarrollo formal de los proyectos y poner en juego sus

capacidades creativas. Del mismo modo, el profesional proyectista debe situarse permeable al intercambio de ideas en dichas instancias del proceso (Bernabeu Larena, 2007).

Este cambio de roles requiere también una transformación en la conceptualización de los vínculos en los equipos de trabajo y en las instancias de reflexión de las distintas etapas del proceso. En los espacios de formación, estos roles no se dan de manera categórica, pueden expresarse o no en el equipo de pares según las aptitudes que cada cual haya desarrollado, o no, en el nivel de formación en que se encuentren. Pero debería proponerse desde la práctica formativa los lineamientos para que estos intercambios reflexivos aparezcan en el desarrollo de los ejercicios con similares relevancia. Tomando el profesor los diferentes roles en distintas instancias del proceso o propendiendo actividades transversales que generen la interacción con las otras áreas partícipes de la formación (áreas de Diseño, Social y Tecnología para el caso de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional del Litoral).

En el proceso específico de diseñar o concebir una estructura se distinguen tres etapas básicas que pueden a su vez vincularse con instancias determinadas del proyecto (y que sirve en las instancias de aprendizaje para detectar en qué momento la concepción estructural está poniéndose en juego):

- Búsqueda y elaboración de la forma estructural.→ Etapa de Ideación
- Pre-dimensionado: que constituye una aproximación cuantitativa dimensional rápida.→ Etapa de toma de partido.
- Cálculo: Que implica, finalmente, la determinación exacta de cargas y secciones de todas las piezas involucradas.→ Etapa de Anteproyecto.

En esa primera instancia de búsqueda y elaboración de la forma estructural, la cual no atañe solamente a la forma geométrica pura, se contempla, también, los aspectos referidos al comportamiento de la estructura. En este primer acercamiento, se consideran: la posición y características de los apoyos, el valor y la distribución de las cargas, al mismo tiempo que las características mecánicas y técnicas del material. (2021, Moisset de Espanés).

Al enfatizar en los aspectos estructurales que afectan al proceso creativo del proyecto, cabe mencionar aquellos que posicionan la definición estructural en su capacidad de aporte al diseño y su potencial creativo: lo indeterminado del problema estructural y el modo en que la estructura afecta al ordenamiento espacial una vez que queda definida.

En primer lugar, recordar que el problema estructural es Indeterminado implica el hecho de que, salvo contadas excepciones, las soluciones estructurales que existen frente a una situación determinada son múltiples y las mismas no pueden juzgarse como buenas o malas, sino por su nivel de adecuación a las condiciones del proyecto (criterios técnicos, económicos y constructivos, formales y conceptuales, entre las más relevantes). Por esto, la crítica de la propuesta estructural debe considerar cinco aspectos básicos para su evaluación que es importante tener presentes: el estático, el constructivo, el

económico, el funcional y el estético. Aunque, se debe señalar que dicho planteo no constituye una propuesta rígida sino que incorpora una perspectiva parcial al elegir alguna de las opciones que se presentan entre las diferentes posibilidades.

En segundo lugar, corresponde recordar que, una vez definida, la estructura afecta con un orden preciso al espacio en cual se ubica. Esta organización conlleva un potencial compositivo y formal (geométrico). La potencia compositiva de este ordenamiento se desconoce en los procesos fragmentados que postergan su incorporación y resolución estructural, relegando a la mera verificación numérica de las secciones de la pieza estructural en su función de sostén. Y puede incorporarse, positivamente, en proceso de diseño estructural integradores, al proponer esquemas de trabajo que investiguen de manera integral el planteo general y desplieguen su potencial compositivo en la instancia de ideación y búsqueda formal. (Bernabeu Larena, 2007).

Entonces, la concepción estructural integrada se entiende como un componente activo de la definición del proyecto, cuando las exigencias estructurales no son interpretadas como limitantes que deben cumplirse sin afectar el planteo morfológico y espacial, sino que pasan a ser valoradas como puntos de partida para concebir la forma, la composición y el ordenamiento espacial.

Antes de revisar cómo puede la noción de escala abrir el horizonte creativo del proyecto, se considera importante reflexionar sobre el vínculo de las clasificaciones tipológicas con las estrategias de diseño estructural en relación a las diferentes escalas arquitectónicas.

La clasificación tipológica.

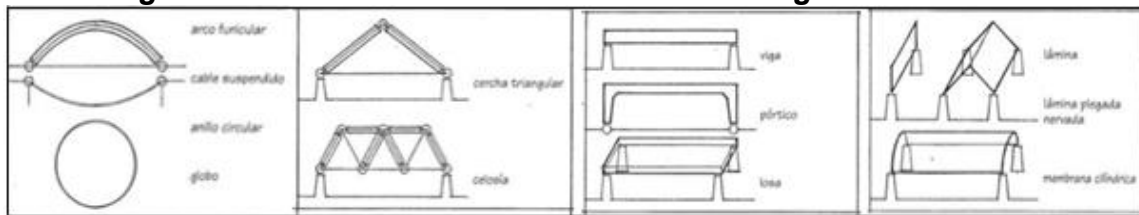
Las diferentes tipologías que constituyen el campo de las estructuras se clasifican desde diversas perspectivas. En mayor medida aparecen en las bibliografías específicas (normativas y manuales de cálculos) los conceptos cerrados del elemento estructural, sea viga, columna, pórtico, arco etc., que pueden ser asociados a la materialidad de resolución (hormigón, madera, acero, etc), así como con la característica de la sección, si es maciza o calada. En menor medida se encuentran las clasificaciones que consideran los esfuerzos a los que se enfrenta el elemento estructural, compresión, flexión, flexo- compresión, etc.

Por lo que, es destacable, la interpretación tipológica a partir de las exigencias resistentes y los mecanismos que cada sistema estructural desarrolla para responder a dichas exigencias que propone Hengel (2006); ya que resulta sintética y aporta gran libertad a las etapas iniciales del diseño. Dentro de este criterio distingue cuatro categorías de sistemas estructurales:

1. Forma activa: La adaptación a las fuerzas (acción de forma)
2. Vector activo la subdivisión de las fuerzas (acción vectorial)
3. Sección Activa el confinamiento de las fuerzas (acción de la sección transversal)

4. Superficies activa: La dispersión de las fuerzas, acción de las superficies).

Figura1. “mecanismos de transmisión de cargas”



Engel, H. (2006). Sistemas de estructuras

El presente trabajo, observa que hay un uso tradicional constructivo que hace la práctica de arquitectura en relación a conceptos tipológicos cerrados, donde determinados mecánicos de respuesta se identifican con determinados elementos estructurales predefinidos. Entonces frente a nociones tipológicas de Pórtico, Viga o Arco, entre otros; surgen prefiguraciones formales inmediatas que restringen el potencial creativo de la concepción estructural en la etapa de Ideación. Del mismo modo, estas prefiguraciones se asocian a escalas edilicias y problemáticas arquitectónicas determinadas.

Por ejemplo, la vivienda de escala media, ya sean en construcción húmeda o seca tiende a resolverse con sistemas de vigas y columnas de sección maciza en la obra húmeda y reticulada en la obra seca. La estrategia de resolución se mantiene cuando las luces libres rondan los 3 a 6 metros, y pueden resultar en pórticos si superan estas dimensiones (aplica para la obra húmeda o seca en cualquier caso). Según la clasificación presentada se identificaría con mecanismos de sección activa a las construcciones de la obra húmeda y con mecanismos de vector activo a las construcciones de obra seca.

En esta temática se encuentra como novedad el uso de estructuras en seco, ya sea en madera o acero, que reproducen las estrategias estructurales de la construcción húmeda, incorporando estrategias de panelizado (sección activa o superficies activas), dejando pendiente la exploración de caminos que propongan una perspectiva innovadora de la forma o de la estrategia estructural.

Entendiendo que las categorías y clasificaciones tienden a fijar respuestas definitivas en lugar de generar preguntas abiertas necesarias para el desarrollo creativo de un proceso proyectual integrado, se busca recuperar aquellas que disparan o acompañan recorridos más flexibles e indeterminados en una primera etapa. Y vincularlas con estrategias de diseño que permiten incorporar otras maneras de conceptualizar la interpretación estructural.

Estrategias estructurales como caminos para abrir el proceso.

Entonces, cuando se hace referencia a las estrategias estructurales en el proyecto arquitectónico, pueden identificarse dos direcciones: uno limitado por la prefiguración de la interpretación tipológica de la estrategia de sostén y otro

que indaga en la forma de aplicación de dichas estrategia en el proceso de diseño. La primera busca, como se ha mencionado, la aplicación de tipologías estructurales que puedan adaptarse a la propuesta arquitectónica, en una instancia posterior a la de ideación, a partir de la forma ya desarrollada. La segunda concibe la estrategia a la par que la forma, en esta última dirección se multiplican las posibilidades y las combinatorias tipológicas-

Bernabeu Larena (2007) identifica una serie de recursos que organiza en cuatro estrategias de diseño estructural (alteración de la estructura, optimización de la estructura, identificación de estructura y cerramiento, y definición algorítmica de la estructura). Estos recursos se dan como consecuencia de dos procesos que ocurren de manera paralela e interrelacionados, el paso de la organización a la arbitrariedad en la ordenación de la estructura, debido a las infinitas posibilidades técnicas mencionadas, y a una tendencia a la localización de la estructura en la fachada promoviendo la identificación de la estructura con la envolvente exterior:

En las estructuras alteradas el potencial creativo de la estrategia se desarrolla mediante la alteración del orden tradicional de la estructura y de los sistemas preconcebidos. De esta manera la nueva configuración resulta innovadora y adquiere protagonismo generando espacios y sistemas poco frecuentes. Al distorsionarse la estructura deja de ser un elemento neutro o mudo del proyecto, y adquiere relevancia en la definición del espacio. Desde esta perspectiva se puede leer el Centro Georges Pompidou en París (1971-1977), edificio representativo del High tech, que presenta entre sus aspectos principales la intención de proponer un lenguaje tecnológico a partir de dejar expuesta la estructura. Esta intención se ve fortalecida por la presencia de nuevas tecnologías que hacen posible el abordaje de la estructura en todos sus detalles y sofisticación, y permiten generar una estructura adecuada, no solo en su respuesta estética, sino también en las eficientes resoluciones técnicas.

Las *estructuras optimizadas* encuentran en el funcionamiento de la estructura y en la naturaleza de sus esfuerzos la justificación para la modificación de la forma del proyecto y/o de su configuración. Así, el interés de esta estrategia radica en investigar posibles desarrollos formales basados en la aplicación concreta de sistemas de eficiencia estructural. No se busca establecer una tipología que resuelva de manera óptima y general un problema determinado, sino de explorar las posibilidades formales que la optimización de una determinada configuración puede ofrecer a un proyecto concreto. El uso de esta lógica se deja ver en las exploraciones de Gaudí y posteriormente Frei Otto, en la resolución y análisis de estructuras que luego se transmiten a las obras o se estudian en sus posibilidades edilicias.

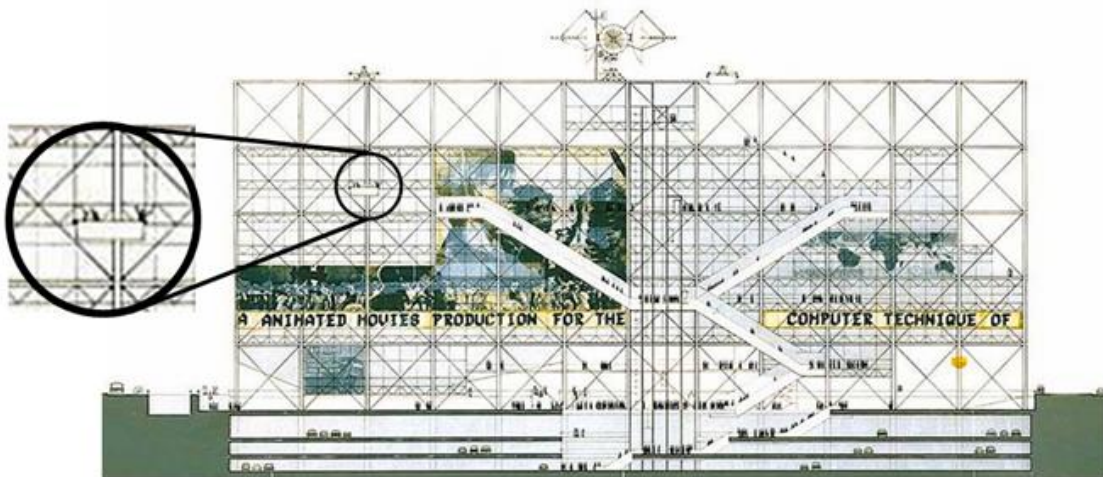
Las *estructuras contenedoras* se constituyen como pieles estructurales y ofrecen una relación inequívoca entre forma y estructura, de manera que no existe desvinculación posible entre el espacio interior y el volumen exterior, sino que ambos están definidos por una misma geometría y una única piel. En lo afecta al proyecto espacial, esta estrategia promueve el desarrollo de plantas libres, con divisiones interiores flexibles que no reciben cargas. Constituyen así, modelos arquitectónicos donde la estructura como un

contenedor es capaz de albergar cualquier actividad. Esta estrategia se aplica con frecuencia en edificios en altura, donde busca generar una piel estructural de cerramiento y un núcleo rígido interior, promoviendo la flexibilidad de la planta.

Finalmente *las estructuras algorítmicas*, parten de algoritmos geométricos o matemáticos para definir la configuración formal de los proyectos, se presentan como una estrategia de gran potencial con la que afrontar el desarrollo de formas libres o azarosas que aporta una serie de leyes y reglas para determinar la forma total (espacio y estructura), de una pieza de gran irregularidad, sin perder el control de las propiedades y los parámetros que las ordenan aumentando el dominio sobre las mismas y la capacidad de explorar sus posibilidades.

Frente a este marco de estrategias, la *alteración escalar de la estructura* se propone como otra acción posible, que abre un camino valioso para el abordaje creativo en la concepción formal y estructural, que puede vincular incluso las líneas estratégicas antes planteadas. Intuitivamente se percibe en obras de gran envergadura las posibilidades espaciales y tecnológicas que la transformación dimensional de la estructura puede aportar a otras propuestas.

Figura 2.



Elaboración propia. Fuente de imagen: Archdaily

La escala/ la alteración escalar.

“Modificar sensiblemente la escala con la cual es percibida una entidad volumétrica-espacial, equivale a cambiar por completo la relación con su entorno y el rol que en él desempeñaba y en una u otra medida su significado. La consistencia original se pone así en tela de juicio y a través de su reafirmación o cuestionamiento permitimos que las ideas involucradas evolucionen y se desarrollen. En este contexto, la alteración de la escala

funciona como mecanismo de creación e hipótesis operativa de evolución del proceso de diseño". (Parodi Rebella, 2011: p. 17)

Proponer una manipulación de la escala permite ver aspectos claves de la composición donde las posibles modificaciones al poner en crisis las ideas preestablecidas abre caminos que le otorgan nueva fuerza, valor y contundencia a la propuesta.

Si de manera general el problema de la escala afecta a las nociones de proporción, tamaño, dimensión y graduación, resulta necesario esclarecer cómo afecta la escala a la composición estructural específicamente y cuáles son los parámetros iniciales para entender el abordaje escalar en la problemática estructural.

Las geometrías estructurales se ven determinadas, en su interpretación básica y abstracta, por la ubicación de los apoyos, que determinan las luces libres que una estructura debe cubrir y la altura de las secciones, resulten estas habitables o no. Estos tres factores primarios están relacionados entre sí, ya que la luz libre condiciona directamente la sección de la pieza para cada material.

A esto debe sumarse que la disposición de los apoyos define la ubicación de los esfuerzos internos que se producirán en la pieza. De igual modo el programa de actividades al que responde el sistema condiciona la magnitud de las cargas a las que el sistema se ve requerido (almacenamiento, tránsito, vivienda etc.). Disciplinalmente estas características del sistema definen si se trata de estructuras escala de media o grande.

Paralelamente, no debe dejarse de lado, que los temas de la arquitectura también responden a una noción de escala en relación a sus requerimientos dimensionales, complejidad programática y su capital simbólico.

Por lo que, *la alteración escalar* como estrategia se entiende como la aplicación de una tipología estructural a problemáticas dimensionales y/o programas arquitectónico poco convencionales en la práctica. Puede hacerse maximizando o reduciendo sus secciones, así como probando soluciones típicamente usadas en ciertos programas arquitectónicos en otros. Cabe aclarar que en un diseño estructural, las tipologías no trabajan de forma aislada o se consideran totales, sino que la concepción estructural funciona como un sistema asociado de distintos tipos estructurales, desatancándose algunos componentes por su relevancia en la factibilidad y/o en la geometría total del conjunto. Por lo que cuando se habla de una tipología, se puede estar haciendo referencia a un componentes aislado o al conjunto de componentes que conforman el sistema.

A continuación se van a revisar tres casos en los que puede interpretarse cierta aplicación de estrategias de alteración de la escala en el sentido que se quiere resaltar como posible camino proyectual y un ejercicio de diseño estructural. Se analizarán brevemente, estrategias estructurales para proyectos de gran escala aplicados exitosamente a problemáticas arquitectónicas de diferentes dimensiones.

El edificio puente. (Puentes habitables)

El puente como problema constructivo resuelve la unión de dos puntos separados en el espacio ya sea horizontal o verticalmente. Son construcciones civiles, que dan continuidad a las carreteras uniendo caminos separados por profundos desniveles, atraviesan cursos de agua o viaductos. Se prioriza en estas construcciones su funcionalidad, seguridad y economía. (Gutierrez, 2015). Las tipologías asociadas por tradición son los arcos, los reticulados y las plataformas colgantes; léase tipologías de forma activa y de vector activo, y para el sostén de las plataformas de cruce sistemas estructurales de sección activa. Sus condiciones dimensionales y estáticas son de gran magnitud y arquitectónicamente afectan a la escala urbana territorial.

La lógica del puente aparece como estrategia escalar alterada en edificios aportando soluciones de gran valor creativo como pueden visualizarse en temáticas dispares como la vivienda y el laboratorio (uno de baja escala y el otro de escala media). Por tomar tres casos locales se menciona la casa del puente o casa del Arroyo del arquitecto Amancio Williams (1943-1945 Mar del Plata) y el Acuario del Río en Rosario, desarrollada por la Unidad Provincial Ejecutora Proyectos Especiales (U.P.E.P.E.), inaugurado en febrero del 2018 y la ampliación del Museo Caraffa en Córdoba.

La utilización de tipologías estructurales de arcos, vinculados a sistemas aporricados de hormigón se desarrollan a inicios del S.XX, destacándose el trabajo de Robert Maillart por el abordaje de los conceptos de continuidad y por descubrir que las formas de hormigón armado no tienen que trabajar independientemente frente a las solicitaciones, sino que las secciones activas pueden adaptar sus formas a los requerimientos de las solicitaciones físicas (Fontana Cabezas, 2012).

Maillart aplicó sus teorías estructurales en sus proyectos de puentes con rigor, dentro de los que se destacan el Tavanasa de 1906 y en 1930 Salginatobel, donde la plataforma de cruce apoyada sobre el arco transmite sus cargas mediante tabiques verticales. Esta tipología alcanza gran popularidad en la época y constituye un antecedente evidente del abordaje estructural desarrollado por Amancio Williams en la casa Puente. (Rey Rey, 2013). La misma se repite en varios puentes hasta la actualidad; uno de ellos el Puente Argentobel, de 1986m, que cubre 230 metros de largo, con una altura de 56 metros sobre el arroyo en Alemania

En la casa puente, proyectada en 1943 y construida íntegramente en hormigón, se aprecia la aplicación de esta resolución estructural como una alteración escalar. La construcción, que busca el mínimo contacto con el terreno, atraviesa un arroyo, con un arco articulado en sus extremos de 18.30 metros de luz y 2.44mts de flecha y sostiene un volumen de 9 metros de ancho y 6 metros de altura. La directriz parabólica del arco responde teóricamente a la curva anti-funicular de las cargas uniformemente repartida.

Figura 3

Fuente imágenes: alamy.es, lofarquitectura.com.ar, infobae.com, archdaily.cl, impulsonegocios.com

Los puentes de armadura ó cantiléver se caracterizan por cubrir grandes tramos continuos, y mayormente se construyen en acero. Tipológicamente se constituyen como cerchas trianguladas de gran altura, de vector activo. Los siguientes casos a mencionar sirven para presentar el uso estructural de cerchas de gran sección para resolver la geometría y el espacio habitacional del programa arquitectónico, así como salvar grandes luces.

El Acuario del Rio en Rosario, se plantea como un puente entre dos desniveles topográficos como estrategia para generar el ingreso al edificio. La lógica del

puede hacer referencia al número de apoyos para salvar la característica del terreno. La síntesis de vínculos, 3 apoyos en casi 100 metros de longitud constituye una alteración del orden estructural típico para este tipo de construcciones.

La estructura se compone por dos vigas de hormigón, una reticulada hacia el río de 7.5 metros de altura aproximada, que permite visuales y luminosidad hacia ese sector y una viga de alma llena hacia la avenida. Las vigas distribuyen sus cargas hacia los tres apoyos equidistantes, con sectores en voladizos en sus extremos.

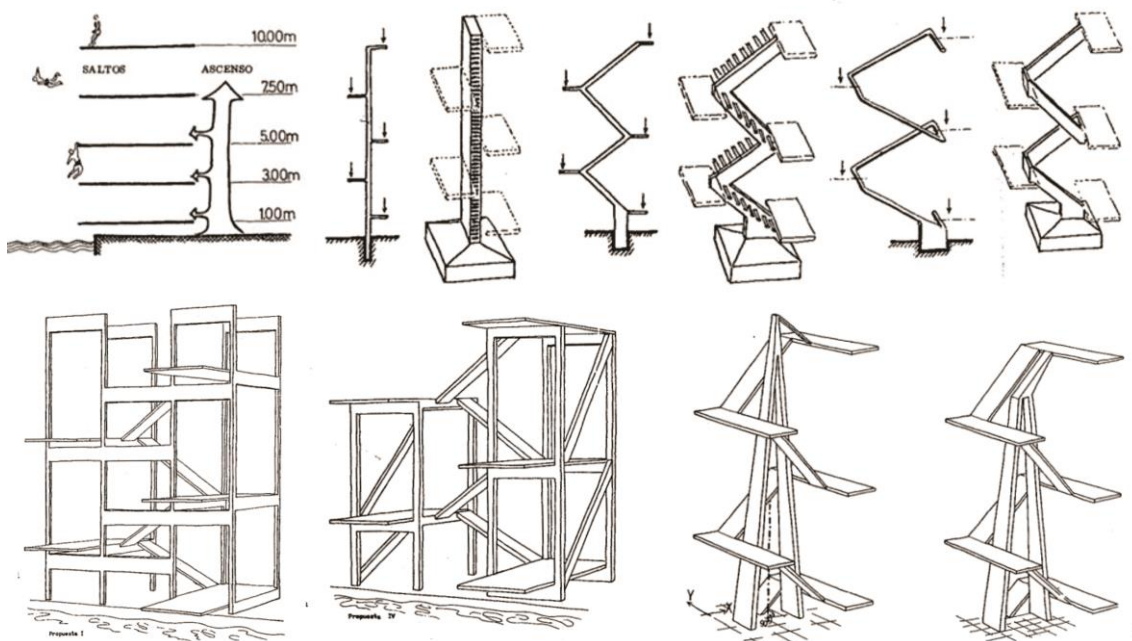
Un concepto similar se aplica en la ampliación del Museo Provincial de Bellas Artes Emilio Caraffa en la ciudad de Córdoba en 2006 realizada por estudio GGMPU Arquitectos y el arquitecto Lucio Moroni. Se implementa la estrategia estructural recuperando también la idea de unir puntos ó integrar espacios distantes, salvando una gran luz libre, para la escala edilicia.

Esta obra tenía como objetivo integrar edificios de diferentes épocas y extendidos en el terreno, con distintos niveles que dificultaban la accesibilidad, entre otros aspectos. Para resolver este problema se desarrolla un edificio-conector, que atraviesa el espacio uniendo las construcciones preexistentes. Para cubrir las distancias se plantea entonces una estructura reticulada metálica que se expresa en la piel a través de una superficie vidriada de transparencias y opacidades diversas.

En estos tres simples casos se expresan mecanismos donde la alteración de una lógica escalar sirve para resolver de forma novedosa un problema arquitectónico diferente, no solo en la acción estricta del diseño estructural sino en la interpretación programática del planteo.

Para terminar se presenta un ejercicio desarrollado como apunte de cátedra para la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de Córdoba, donde el arquitecto Daniel Moisset de Espanes (1972) plantea el desglose de un ejercicio de diseño estructural partiendo de un programa mínimo, una plataforma para clavados olímpicos de natación.

Debido a lo reducido del problema la solución estructural pasa a ser uno de los mayores requerimientos, lo que le permite analizar las características del diseño estructural en su etapa inicial. Se proponen diferentes propuestas de solución que en primera instancia evidencian la indeterminación del problema estructural y la multiplicidad de soluciones que admite. Las propuestas siguen dos caminos, los tres primeros que integran forma y estructura (propuestas A, B, C) o que fragmentan el requerimiento formal espacial del sistema de sostén (propuestas D y E). Se analizan las exigencias estructurales para cada caso y se proponen los criterios para evaluarlas.

Figura 4 Ejercicio de Diseño Estructural. Propuestas

Fuente: Moisset de Espanés, D. (1972).

Al seguir la elaboración de estos procedimientos y las reflexiones sobre la estructura, surgen estímulos al imaginar una transformación en la dimensión del problema y de las piezas componentes.

¿Qué ocurre cuando las diferentes respuestas estructurales a un problema nos remiten a otros temas de la arquitectura y posibilitan pensar nuevas soluciones para estos? Por ejemplo, si alteramos la escala del problema inicial y en vez de una torre de saltos, pensamos en un edificio de vivienda. ¿Qué procedimientos pueden desarrollarse para evaluar un sistema que al variar su programa modificara su solicitaciones (Cargas)? ¿Cómo estos ejercicios promueven procesos creativos o nutren de nuevas perspectivas a la práctica proyectual?

Conclusión.

Delinear las diferencias entre el tipo de diseño estructural integrado y el diseño estructural fragmentado permite entender no sólo los roles de las personas involucradas en el proceso, sino una manera muy diferente del hacer proyectual y el modo en que se suele enseñar el proyecto, específicamente en las asignaturas que abordan el estudio de los sistemas estructurales.

En ese contexto, se consideró la clasificación tipológica como favorable y necesaria para las instancias iniciales del proceso de diseño estructural y de aprendizaje disciplinar, sin perder de vista que, como todo pensamiento categorial, puede cristalizar los procesos creativos.

A la luz de esa doble valencia de las categorías tipológicas, la revisión de la serie de estrategias estructurales propuestas por Bernabeu permite identificar nociones y acciones proyectuales integradoras que son fundamentales y pensar la alteración de la escala como otra posibilidad de diseño integrador.

Sobre este entramado de roles profesionales, modalidades de diseño estructurales, clasificaciones tipológicas y *la alteración escalar* como noción/acción clave, repensar tres casos locales de estructuras puentes habitables sustenta las reflexiones desarrolladas. Y rescatar una ejercitación de diseño estructural permite seguir pensando en la inclusión de la manipulación escalar en el proceso creativo.

Como caminos para seguir indagando vinculado a esta temática, se considera que resulta cada vez más frecuente el uso de estructuras de vector activo, como las cerchas, ya sea en hormigón o en acero en temáticas diferentes a las industriales o de infraestructura. Sin embargo, todavía no se ha explotado su aplicación a obras de pequeña escala como los contenedores habitacionales de manera integrada donde la forma total integre geometría espacial y estructural.

Bibliografía

Bernabeu Larena, A. (2007). Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea El trabajo de Cecil Balmond. [Tesis Doctoral. Madrid. Departamento de Estructuras de Edificación. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid].

Duque, K. (2010). Clásicos de Arquitectura: Centre Georges Pompidou / Renzo Piano + Richard Rogers. Archdaily. Recuperado 30/08/2023.
<https://www.archdaily.cl/cl/02-54879/clasicos-de-arquitectura-centre-georges-pompidou-renzo-piano-richard-rogers>.

Condal, L. González, M. (2010) ACUARIO DEL RÍO PARANÁ. Iofarquitectura Recuperado 30/08/2023.
<http://www.iofachitectura.com.ar/projects/acuario-del-rio-parana>

Fritzsche, J. C. (2013). Gridshell efficiency optimization. Optimizing efficiency form- & grid-configuration through iterative approximation and minimization strain energy. [Tesis de Maestría. Architecture, Building and Planning Innovative Structural Design Eindhoven University of Technology. Eindhoven].

Engel, H. (2006). Sistemas de estructuras. Barcelona. 1ª edición, 4ª tirada. Editorial Gustavo Gili S.L.

Fontana Cabezas, J.J. (2012) El diseño estructural en las formas complejas de la arquitectura reciente.[Tesis Doctoral Universitat d' Alacant. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía].

Gutierrez,A.S. (2015) Manual para el análisis y diseño de puentes para una vía terciaria. Colombia. Universidad Libre Seccional Pereira. Facultad de Ingenierías Ingeniería Civil Pereira Risaralda.

Luyten, L. (2012) Structurally Informed Architectural Design Proposals for a Creative Collaboration between Architect and Structural Engineer [Tesis Doctoral Departamento de Arquitectura de Chalmers Universitu of Tecnology].

Moisset de Espanés, D. Holagado, P. Siegel, C. (1972). Ejercicios de Diseño Estructural. Editado por el departamento de Publicaciones de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba.
Olabarrieta, C. P. (2018). El puente de Salginatobel vuela sobre el barranco de Salgina. JotDown. Recuperado 3/08/2023). <https://www.jotdown.es/2018/07/el-puente-de-salginatobel-vuela-sobre-el-barranco-de-salgina>

Parodi Rabella, A. (2011). Escalas Alteradas. La manipulación de la escala como detonante del proceso de diseño.Tomo 01: Manipulación de la escala.[Tesis Doctoral, Universidad de la República, Uruguay].

Parodi Rabella, A. (2011). Escalas Alteradas. La manipulación de la escala como detonante del proceso de diseño. Tomo 02: Escalas personales.[Tesis Doctoral, Universidad de la República, Uruguay].

Rey Rey, J., Merro Johnston, D. (2013) La Estructura de la casa sobre el arroyo.Madrid. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Simonetti, I. Fabre, R. (2021). Estructuras y Arquitecturas. Córdoba: Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba.