

COMENTARIOS Y REFLEXIONES ACERCA DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Arq. Oscar Bracho M.

Cada material tiene una personalidad específica distinta, y cada forma impone un diferente fenómeno tensional. La solución natural de un problema -arte sin artificio- óptimo frente al conjunto de impuestos previos que la originaron, impresiona con su mensaje, satisfaciendo al mismo tiempo, las exigencias del técnico y del artista. El nacimiento de un conjunto estructural, resultado de un proceso creador, fusión de técnica con arte, de ingenio con estudio, de imaginación con sensibilidad, escapa del puro dominio de la lógica para entrar en las secretas fronteras de la inspiración. Antes y por encima de todo cálculo está la idea, moldeadora del material en forma resistente, para cumplir su misión.

Eduardo Torroja

Para inventar una estructura y darle proporciones exactas, se debe seguir tanto el camino intuitivo como el matemático.

Las grandes obras del pasado, construidas en una época en donde no existían las teorías científicas, atestiguan la eficacia y poderío de la intuición.

En otras palabras, la teoría debe encontrar en la intuición una fuerza capaz de dar vida a las fórmulas, de tornarlas humanas y comprensivas, y de aminorar su impersonal fragilidad técnica. Por otra parte las fórmulas deben darnos los resultados exactos necesarios para obtener "lo mas con lo menos", pues tal es la meta última de todas las actividades humanas.

Pier Luigi Nervi

Lo que falta en la enseñanza de las estructuras son los estudios fenomenológicos que permiten sintetizar los conocimientos del comportamiento estructural para facilitar la exposición de los mecanismos de transmisión de fuerzas a través de las estructuras.

El desarrollo de la percepción de la naturaleza de las propiedades mecánicas y resistentes de las estructuras es la resultante de la observación directa o indirecta de cómo ellas reaccionan, y las conclusiones derivadas de dicha observación, conducen a la noción del flujo de fuerzas internas.

Una vez conocidos los principios de ese funcionamiento, se puede asumir una postura activa y manejar adecuadamente el recorrido del flujo de esas fuerzas internas mediante la manipulación de la geometría de la estructura y el material utilizado.

El diseño estructural es un proceso creativo orientado a la exploración y la búsqueda de las formas estructurales que cumplan de manera adecuada con los criterios básicos del proyecto y la más de las veces, la inmersión excesiva en el análisis puede afectar la claridad de dicho proceso.

Waclaw Zalewski

Mi interés fundamental como conocedor en profundidad de las técnicas de resistencia de materiales, es mostrar y demostrar la importancia del DISEÑO como el arte supremo para resolver los problemas técnicos y promover así, por esa vía, un verdadero desarrollo de la construcción.

Se trata entonces, de determinar en la estructura espacial el estado de tensiones y deformaciones deseables desde el punto de vista de la racionalidad y la economía, con el fin de generar un diseño cuyo producto final pueda cumplir a cabalidad con esos estados deseables. El cálculo, elaborado estáticamente en estado lineal, muy raro en plano y nunca en el espacio, solamente puede confirmar o no, la validez del diseño, siempre y cuando se utilicen métodos apropiados y esquemas estáticos para darle respuesta al mismo.

Es preferible eliminar la influencia negativa de aquellos factores que afectan - conjunta o separadamente - el comportamiento de las estructuras, (v.gr.: torsión, flexión, exceso de tensiones y deformaciones, etc.), mediante la conceptualización de un diseño inicial óptimo, que utilizar sofisticados métodos para calcularlos.

Josef Dragula

Existe una confusión más o menos generalizada entre la opinión pública, constructores e inclusive ingenieros y arquitectos, que el cálculo estructural, es la panacea para solucionar todo problema técnico referido a la estructura de una edificación, sin tomar en cuenta que sólo un diseño adecuado, basado sobre principios y conceptos del comportamiento estructural es lo que en definitiva trae como resultado el avance en el desarrollo del medio físico construido.

En la literatura técnica de la construcción se encuentran cientos de obras, de carácter teórico, sobre el cálculo de sus estructuras; muy pocas sobre condiciones generales de los diferentes tipos, sobre las razones fundamentales que las determinan, sobre las bases que han de orientar el problema de elección apropiada para cada caso y las ideas rectoras que guían al proyectista en su trabajo inicial, siguiendo principios que, poco a poco, ha ido asimilando su mente, pero en los que rara vez se detiene a reflexionar.

Las teorías rara vez dan más de una comprobación de la bondad o del desacierto de las fórmulas y proporciones que se imaginan para la obra. Estas han de surgir primero de un fondo intuitivo de los fenómenos, que ha quedado como un pozo íntimo de estudios y experiencias a lo largo de la vida profesional.

El cálculo entonces, no es más que una herramienta para prever si las formas y dimensiones de una construcción, simplemente imaginada o ya realizada, son aptas para soportar las cargas a las que está sometida. No es más que la técnica operatoria que permite el paso de unas concepciones abstractas de los fenómenos resistentes a los resultados numéricos y concretos de cada caso o grupo especial de ello. El asombroso avance, que en las teorías mecánicas de las estructuras o elementos sustentantes de las construcciones han producido los siglos XIX y XX y en lo va del XXI, hace menospreciar excesivamente el estudio ontológico de la morfología resistente.

Todo proyectista que descuide el conocimiento de sus principios, está expuesto a graves fracasos; y es el caso que en las escuelas hay tanto que aprender que rara vez hay tiempo para pensar..

Para acertar en la concepción y diseño de las estructuras, y aún de las construcciones en general, es necesario meditar y conocer bien las causas profundas, la razón de ser, de su mayor o menor aptitud resistente; y se trata de enfocar cada situación, prescindiendo de todo lo accesorio y, en especial, de todo lo que representa un proceso o un valor numérico; se trata de considerar el problema desde puntos de vista más generales y cualitativos. Porque es absurdo descender a la concreción cuantitativa sin la seguridad de tener encajado el conjunto en sus acertados dominios. Es un error demasiado corriente empezar a calcular la viga número 1, sin haber antes meditado si la construcción debe llevar vigas o no.

Por eso, el proyectar, aún cuando solo sean estructuras, si bien tiene mucho de ciencia y de técnica, tiene mucho más de arte, de sentido común, de afición, de aptitud, de delectación en el oficio de imaginar el diseño oportuno, a la que el cálculo solo añadirá los últimos toques con el espaldarazo de su garantía estático - resistente.

No basta entonces haber estudiado las teorías resistentes y los procesos de desarrollo de sus cálculos; es necesario haber meditado y experimentado sobre todo ello como algo propio y natural, sus fenómenos de tensión y deformación, para intuir de golpe cómo va a trabajar la estructura y su forma de rotura.

No es ni con mucho el complejo y abstruso desarrollo matemático el que puede inducir el espíritu a imaginar la estructura, ni guiar la mano al diseñarla, sino el íntimo sentimiento de sus formas de trabajo, de forma tal, que llegue a parecer que es la propia persona la que trabaja con aquella y con cada uno de sus elementos como algo vivo y sensitivo.

Dicho en lenguaje más conciso y académico: La heurística de la estructura requiere el conocimiento intuitivo de su etopeya resistente y la de los materiales que la constituyen..

De lo contrario solo tendremos respuestas convencionales para calcular estructuras simples, recetas de como analizar un determinado sistema estructural, pero no se estaría estimulando la facultad de concebir y desarrollar nuevos sistemas. El resultado de este método será un ingeniero aficionado, inseguro de sí mismo en materia de proyectos estructurales y con una actitud sobre el tema, mezcla del recelo y de la aversión que acompaña siempre a la ignorancia.

Es importante enfatizar entonces que el proyecto estructural no es solamente un método para obligar a las fuerzas a cambiar de dirección, sino también un arte.

El proyecto estructural es estrategia, es planificación intelectual de un sistema dinámico para dominar un conjunto de fuerzas.

La magnitud de las tensiones depende en alto grado de la clase de estrategia empleada; esto es válido también para las fuerzas resistentes que han de desarrollarse. En realidad, el proyectista, al plantear un sistema estructural se siente en el papel de un general que ha de hacer frente a las diversas fuerzas del enemigo, y tiene que concebir un plan estratégico para poder controlarlas. El modo de aniquilar las fuerzas adversarias, de emplear las propias, el ingenio del esquema táctico y el alcance a que pueda tener para la acción conjunta, es lo que distingue al planificador mediocre del genial, ya sea de carácter militar o técnico.

Todo ello viene a corroborar lo señalado anteriormente en el sentido, de que es solo a través de adecuados métodos de diseño que hagan posible la simplificación de los esquemas de tensiones a que está sometida una estructura y enfatizando la utilización de aquellos esfuerzos que convienen y eliminando los que de una u otra forma estarían generando problemas, es que estaríamos dando respuestas correctas a los problemas planteados.

Ampliando estas reflexiones entraríamos en la situación de plantearnos las variables que intervienen para la elección de un diseño estructural que satisfaga la interrelación entre las mismas y que en su conjunto serían: la finalidad utilitaria, la función estructural o estática, exigencia estética y limitación económica.

Sólo mediante un profundo conocimiento de las características mecánicas, y de otros órdenes, de los materiales, de las técnicas que cada uno requiere y de los medios de que se dispone para manejarlo, se puede atinar en la elección conveniente, tanto de los materiales como de los procesos de ejecución y encontrar el tipo estructural óptimo con sus formas resistentes ajustadas a todas la exigencias.

El resultado debe comprender estas cuatro cosas: El material, el tipo estructural, sus formas y dimensiones, y el proceso de ejecución en relación con los elementos auxiliares que requiera. Las cuatro cosas van unidas y se influyen mutuamente; sólo una atinada elección de las cuatro puede dar la solución óptima; ninguna puede considerarse independiente de las otras; ninguna puede olvidarse.

En resumen cada construcción tiene su finalidad y sus características propias; tiene, en consecuencia, unas condiciones resistentes que cumplir, tiene una exigencia económica y de plazo de construcción; y, en general tiene también una interpretación estética más o menos exigente. Para realizar dicha obra se dispone de unos materiales con características propias y de unas técnicas para manejarlos y realizar la obra.

Más aún, los aspectos funcionales y de uso a que cada programa debe dar respuesta serán determinantes para el diseño del sistema estructural/constructivo a ser aplicado en cada caso particular.

Vale decir, que para solucionar, por ejemplo, problemas habitacionales, no sería lógico utilizar sistemas estructurales/constructivos similares a los exigidos para otras actividades que requieran luces mayores.

Finalmente y como corolario de todo lo aquí expresado, sólo queda reiterar la necesidad imperiosa de que técnicos e investigadores, que se encuentren en condiciones de hacer progresar la técnica, tienen la obligación de hacerlo; y los que no lo están, deben reflexionar y expresar su inteligencia y sentido común para aplicarla con una reflexiva ponderación.

Los formularios son una gran ayuda para el técnico consciente de lo que maneja, pero un arma peligrosísima en manos del que sólo sabe aplicarlos rutinariamente.

No basta que el resultado corresponda a la fórmula; es necesario, también, que la fórmula sea la apropiada para el problema que se trata de resolver; y si falta ese criterio intuitivo estructural para saberlo, todo cálculo está demás.

El ingenio, para resolver cada problema, ha sido y seguirá siendo, la característica esencial del verdadero ingeniero de todos los tiempos.

No existen reglas según las cuales se pueda obtener deductivamente el tipo estructural óptimo a ser utilizado, todo depende del criterio del proyectista.

Una última reflexión: En todo proyecto de construcción, como en todas las actividades del ser humano, lo fundamental debe ser **el hombre**.

El proyectista como todo artista - porque arte es esencialmente esta técnica - necesita ser comprendido no sólo por el círculo académico y/o profesional que le rodea; sino por la sociedad como un todo, toda vez que nunca se ha desarrollado un gran arte en una sociedad incapaz de apreciarlo en toda su dimensión.