



JAVIER
Torres

Profesor Titular de Universidad de
Cálculo de Estructuras.

Escuela de Caminos de la
Universidad de Cantabria

Una visión de las estructuras

a partir de sus
enseñanzas.

De cómo hacer las cosas sencillas

RESUMEN

De cómo la Abstracción de cuatrocientos años de Historia ha llegado a definir la estructura con una expresión de belleza y eficiencia fabulosas.

PALABRAS CLAVE

Técnica, siglo XX, Filosofía de las Estructuras, diseño

ABSTRACT

How the Abstraction of four hundred years of History has come to define the structure with an expression of fabulous beauty and efficiency.

KEYWORDS

Technique, Twentieth century, Philosophy of Structures, design

Juan José Arenas y su extraordinaria forma de ver. El mecanismo de belleza

Hablar de la forma de ver de Juanjo de las estructuras nos va a forzar a remontarnos un poco más allá.

La primera inspiración sobre la Teoría de Estructuras la tienen los británicos, con Hooke, Newton y Young entre otros. Se dan cuenta del problema, cosa que tiene un mérito fenomenal, pues para empezar a andar hay que saber hacia dónde se va.

Ahora bien, esa inspiración hay que formularla, y nadie como los alemanes para sistematizar la idea. Así Euler es capaz de expresar aquello en una ecuación, es capaz de dar forma concreta a lo que ya se sabía.

Sin embargo habían de llegar los franceses para conceptualizar todos aquellos avances. Y así Cauchy y Navier inventan conceptos, como los de tensión y deformación, que sin ellos sería imposible manejarse en la jungla de recomendaciones prácticas e intuiciones sobre las que se construían las estructuras. Sin estas abstracciones conceptuales todos los presupuestos anteriores no podían tener una clara relación, no podían formar un discurso.

Sin embargo no todo estaba terminado. Habían de llegar los suizos, ciudadanos a medio camino entre Alemania y Francia, los que dieran una visión simplificada de todo lo que hasta entonces se había hecho. Ahí tenemos a Robert Maillart, que va a pasar a ser un personaje importante en nuestra historia.

“Basta y sobra con un método completamente simplificado. El uso congruente de resultados numéricos, es decir, la correcta interpretación física de las respuestas analíticas, conduce a

estructuras considerablemente más seguras que aquellas basadas en el uso riguroso y estricto, pero irreflexivo de refinados métodos de análisis de gran sofisticación” (1).

Juanjo, en sus días de la Escuela del Retiro, se acercaba a la biblioteca, que por lo que él solía comentar no era muy frecuentada. Allí descubrió un libro sobre Maillart que le fascinó durante toda su vida. El empeño en la interpretación física de los métodos analíticos creo que guió toda su vida profesional.

Pero además, fue la belleza del Salginatobel la que le confirmó en la necesidad de aquella simplicidad. Es más, esa belleza fue la piedra de toque con la que verificaba la autenticidad de sus esfuerzos.

Creo que fue este recorrido por la inspiración, la formalización, la concepción, la simplicidad y la belleza lo que de una forma velada guiaba su forma de ver. No buscaba sino hechos palmarios que eran la síntesis de todo un proceso histórico, que podríamos condensar en un mecanismo de belleza.

1

Presión superficial. La contundencia del límite.

El primer paso a dar según este modo de ver sería saber a qué problema nos enfrentamos. Y Juanjo siempre pensó que todo lo que pasaba de la compresión y la tracción era demasiado complicado.

“Yo sólo entiendo de axil, y de tracción. El Momento Flector es una sofisticación. El Torsor ya no existe” (2).



Fig. 1. Puente de Salginatobel. Robert Maillart. Suiza 1929



Fig. 2. Superficies de presión. Viaducto del AVE sobre el Zadorra. Vitoria 2011

Todavía recuerdo cómo le escenificaba a Javier Manterola en el aeropuerto de Santander cómo un flector no era sino una tracción y una compresión que le mostraba haciendo un esfuerzo opuesto con cada brazo.

Esa forma de ver era semejante a la que utilizaba cuando le enseñaba a dividir con los botones del costurero de su madre. Necesitaba tocar con las manos lo que hacía. Esa era la sensación de presión en la impresión. Había que hacer todo el problema límite, dejarlo en una superficie que se tocara con las manos.

2 Arco: la línea curva. Nitidez: la forma de curvar

La superficie de la presión se convierte ahora en línea, que es curva. El campo de tracciones y compresiones se convierte en una forma curva. Y esa curva es el arco.

El arco es una curva que es manifestación del campo, y por lo tanto en la curva ha de verse el campo. Juanjo solía decir que era muy fácil sentir la diferencia entre una parábola y un arco de círculo. Otra vez el sentimiento sin el que no hacía nada. Y pasando la mano sobre la forma de una parábola percibía cómo la curvatura iba disminuyendo conforme se alejaba del centro de luz. Mientras que el círculo conservaba su curvatura al acercarse a los extremos.

Él apreciaba que cuando las péndolas iban perdiendo la ortogonalidad de la directriz del arco, cada vez empujaban menos a la directriz. Y eso es lo que pasaba en el puente de Barqueta, lo que le proporcionaba un dinamismo formidable.



Fig. 3. Curvatura. Puente de la Barqueta. Sevilla 1992

3 Barra: la línea recta. Integración de la curva en la linealidad.

Pero todavía la curva es demasiado complicada. Siguiendo el consejo de Candela, conociendo sus limitaciones de tener que tocar las cosas, de tener la precisión con un sentido tan torpe, había que hacer todavía más simple.

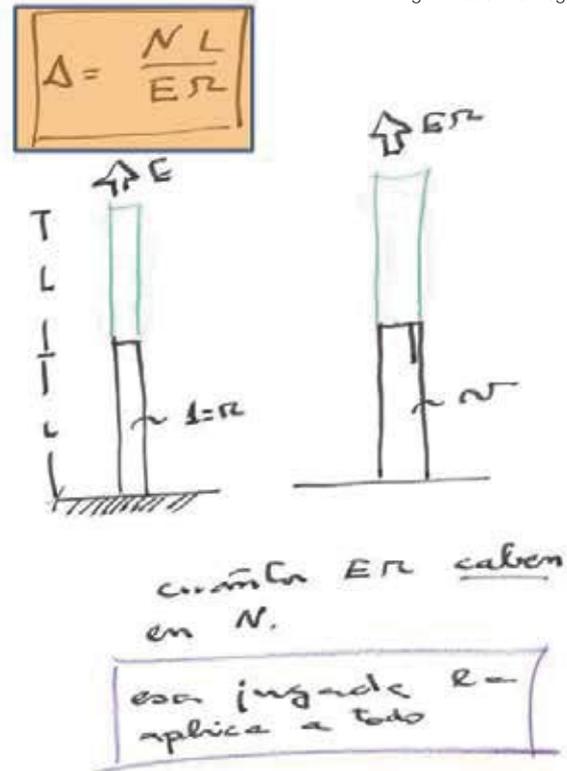
“Yo, como soy muy torpe lo tengo que entender así” (3).

Por eso hay que convertir la curva en recta. Eso es la barra. Una barra que aparentemente no tiene casi nada, porque no es más que algo que se estira y se encoge. Pero hay que tener en cuenta el estiramiento necesita del concepto de deformación, que requirió de todo el siglo XVIII para poder llegar a él.

Con todo y con eso, llamaba la atención cómo se detenía ante fórmulas aparentemente triviales como el alargamiento de una barra. La pregunta que uno se hacía al verle actuar así es qué miraba. Porque siendo el primero de su promoción de Ingenieros de Caminos, no cabía pensar que no conociera todos los extremos de esa fórmula.

Había que sentir qué era la deformación, y tenía que ser simple. Había que unir fuerza, desplazamiento y material en un solo concepto. Y eso es la Regla de Tres, que se dan la mano en una razón. La comparación de tres cosas se dan la mano en una razón que indica el número de veces que $E\Omega$ está contenido en el esfuerzo N . Ese número de veces es lo libera todo

Fig. 4. Razón: la Regla de Tres



el problema de la barra de un solo golpe, incomparablemente más sencillo que aquella imposible Regla del Nueve que servía para comprobar una división.

$$\Delta = (N/E\Omega) L$$

La Curva se ha hecho recta, y todo el comportamiento de esa barra se ha reducido a una razón. La aproximación de la forma, y la aproximación del comportamiento son de una potencia espectacular, sólo entendida durante el siglo XX.

4 Nudo: la línea en un punto. Poder.

Cauchy inventó el concepto de tensión, en el que todo lo que quedaba más allá de aquella superficie quedaba reducido a un esfuerzo por unidad de área. La tensión era la representación de medio Universo. Hace falta tener un gran coraje para hacer esa simplificación.

Pues bien, eso es el Nudo. El Nudo es todo lo demás, todo lo que hay más allá. El Nudo no es un elemento más, sino la abstracción de medio Universo. En ese Nudo está condensado medio mundo. Todo lo que hay más allá de ese nudo entra en la estructura por medio de él.

Pero además, el nudo también es toda la barra. Por lo tanto, la línea ha quedado reducida a un punto, punto en el que se

produce toda la curvatura. En el nudo se condensa toda la curvatura de la barra. De tal manera que el Nudo es medio mundo y toda la curvatura y la barra.

El Nudo es una cesta que recoge todo lo que viene de fuera y lo mete dentro. Todo lo que viene de fuera unido en un elemento, que dentro consigue que las fuerzas se reciban unas a otras, como una cesta punta que recoge la pelota. Las armaduras no son sino una cesta que recoge todas la bielas de compresión.

5 Descomponer una fuerza: flujo de nudos en un gesto. Evidencia: Mecanismo de belleza; la brisa de un gesto

Parece que no habría nada más que hacer, pero se precisaba además una visión integral que unificara todo el proceso. Eso es lo que consigue la belleza, dar unidad natural a lo disperso.

Había que lograr un mecanismo de belleza que integrara todo, y eso fue la descomposición de una fuerza en dos direcciones.

“La Ingeniería Estructural consiste en descomponer una fuerza en dos direcciones” (4).

Ahí condensó todo su saber, en el gesto de descomponer una fuerza en dos direcciones. Todo el proceso se materializa en la levedad de un impulso, en la brisa del gesto de descomponer una fuerza en dos direcciones. Todos los nudos en el semblante de un flujo: un ademán en el que no se ven ni los nudos.

Y con ello consigue el fin de todas las estructuras:

“Llevar las cargas hasta los apoyos, mejor, hasta donde no hacen daño, con mucho cuidado” (5).

La grandeza de simplificar

La gran proeza del siglo XX ha estado en la abstracción, ha estado en la simplificación creadora. Un ejemplo de ello es el recorrido de Juanjo de tal forma que la presión, el arco, la barra y los nudos se concitan en el gesto de descomponer una fuerza en dos direcciones.



Fig. 5. Barras. Puente PCTCAN. Santander 2007



Fig. 6. Puente de Hispanoamérica. Valladolid 1999.

Es el asombro de un antiguo colaborador suyo que ante una intrincada explicación de una estructura diseñada por todo un equipo exclamó: ¡Y pensar que Juanjo eso lo hacía con una cuartilla y una mina HB!

Es un proceso fabuloso en el que la progresiva materialización es cada vez más física, cada vez más simple, cada vez más abstracta, cada vez más sutil, cada vez más real. La sucesiva abstracción material cada vez más creadora. Quede para otra ocasión asombrarse al reparar que la misma proeza es la que se produce en el Método de los Elementos Finitos con el Gesto de la Deformada. ☺

REFERENCIAS

- (1) Maillart, Robert. "Aktuelle Fragüen des Eisenbetonbaues". SBZ 111, nº 1. Enero 1, 1938. En Billington, D.P. "Robert Maillart Bridges. The Art of Engineering". Princeton University Press. New Jersey. 1979. Página 982.
- (2) Arenas de Pablo, Juan José. Citado por Guillermo Capellán.
- (3) Arenas de Pablo, Juan José.
- (4) Arenas de Pablo, Juan José.
- (5) Arenas de Pablo, Juan José.

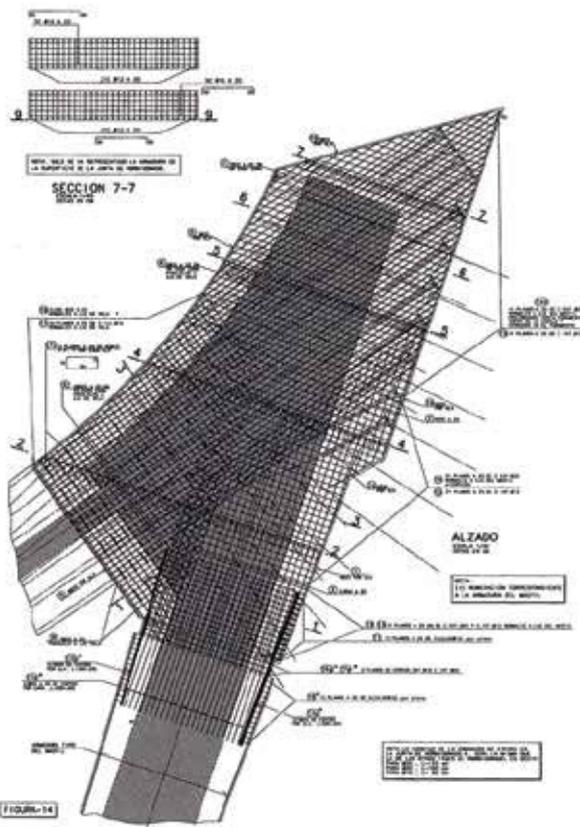


Fig. 7. Plano de Armaduras. Puente de Hispanoamérica. Valladolid 1999



Fig. 8. Descomposición de una Fuerza en dos Direcciones

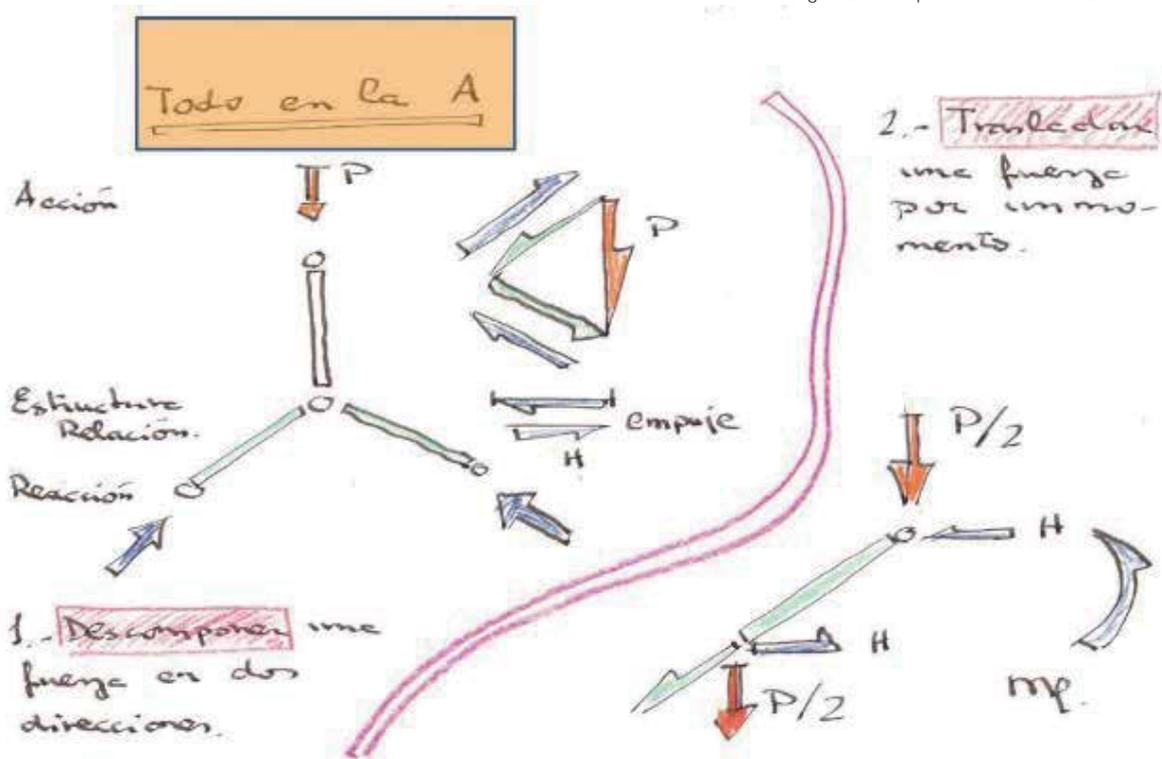


Fig. 9. Puente del Tercer Milenio. Zaragoza 2008