

**Paper****Conocimiento práctico a ideas teóricas. El proceso de enseñanza inicial de estructuras resistentes en arquitectura****Eguía, Nicolás; Salomone, Carlos**[nicolas.egua@fadu.uba.ar](mailto:nicolas.egua@fadu.uba.ar); [carlos.salomone@fadu.uba.ar](mailto:carlos.salomone@fadu.uba.ar)

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Cátedra Pedro / Introducción a los Tipos Estructurales. C.A.B.A, Argentina; Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Cátedra Pedro / Introducción a los Tipos Estructurales. C.A.B.A, Argentina.

Línea temática 2. Escalas, proyectos y propuestas

**Palabras clave**

Proyecto, didáctica, experiencia, propuesta, estructuras

**Resumen**

Se expone el desarrollo de la utilización de métodos de trabajo con modelos físicos para introducir a los alumnos en el estudio y el proyecto estructural, como metodología central gran parte de la asignatura, de la materia Introducción a los tipos estructurales, de la carrera de arquitectura, relativa a la introducción general al proyecto y conceptos básicos de estructuras resistentes en arquitectura. (Estructuras I, II y III) Catedra Arq. Beatriz Pedro.

Se aborda una metodología de aprendizaje basada en la elaboración de propuestas para solucionar los problemas planteados. Se experimenta, observa y registra reflexionando sobre los datos para avanzar en determinaciones que sirven para vivenciar conceptos que se desarrollan en los niveles siguientes de estructuras.

El conocimiento estructural requiere avanzar en una secuencia de conocimientos abstractos que se han sistematizado sobre una base esencialmente experimental tanto en condiciones de laboratorio como en estructuras construidas, que la propuesta busca recrearlo en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

Críticamente la materia estructuras ha sido desarrollada en nuestro ámbito con conocimientos que siempre se han encontrado en la bibliografía o con una concurrencia a un laboratorio experimental donde se observa una experiencia realizada por otros, que con esta propuesta didáctico-pedagógica buscamos revertir.

Del proceso de aprendizaje se presentan los ejercicios iniciales como referencia de la articulación teórico-práctica en el trabajo de taller.

- TPNº1 Las partes y el todo - TPNº2 Proyecto de una estructura resistente.

El primer trabajo propone el reconocimiento de las estructuras y los elementos que la componen trabajando sobre imágenes de obras existentes. Los ejemplos van de estructuras sencillas a estructuras complejas.

El segundo trabajo propone elaborar una propuesta estructural capaz de sostener una carga condicionada por su posición y por los elementos con los que se puede llevar adelante. Para la construcción se cuenta con una serie de materiales máximos a utilizar y se ensaya en la misma clase.

#### Introducción

Esta propuesta didáctico-pedagógica:

- concibe “al proyecto estructural como parte indisoluble del proyecto arquitectónico”<sup>1</sup>, en debate con una concepción de la formación y el ejercicio profesional fragmentado que asignando momentos diferentes y con tareas profundamente diferenciadas a arquitectos e ingenieros, induce en los estudiantes de arquitectura, una actitud proyectual que se deslinda de la materialidad de las propuestas. El Ing. José Galay, profesor de la materia, observaba, en sus clases, que ese deslinde “*otorga a otro ajeno a la concepción la atribución de cambiar lo proyectado.*”
- lleva adelante una secuencia de formación en los conceptos fundamentales para el desarrollo de capacidades proyectuales integradas, diferente que la formación que reciben los estudiantes de ingeniería civil.
- se apoya, en métodos experimentales, para la comprensión de fenómenos físicos que ocurren en y sobre los cuerpos, para la incorporación de formulaciones abstractas de esos fenómenos. en las capacidades en que se entrenan tempranamente los estudiantes de arquitectura de comprensión espacial y con modelos.

#### Conocimientos prácticos a ideas teóricas

La enseñanza de las estructuras para estudiantes de arquitecturas presenta, desde sus inicios, una serie de problemas didáctico -pedagógicos a los que a lo largo del siglo XX y XXI se ha intentado dar respuesta de diferente manera y con resoluciones sobre las que hemos reflexionado para el desarrollo de esta propuesta. Se busca apoyarse en la fortaleza del método experimental (moneda corriente en la formación del ingeniere y ocupa un lugar similar en la del arquitecte) para abordar en una secuencia y profundidad apropiada la formación conceptual que en ingeniería es superabundante.

En suma, es necesario en mucho menos tiempo y en el marco de una orientación claramente diferente, brindar a los estudiantes de arquitectura conceptos e ideas estructurales que le permitan integrar proyectualmente lo estructural en y con lo arquitectónico y proveer criterios que le permitan dirigir una obra estructural.

---

<sup>1</sup> Arq. Pedro Perles. Hormigón armado. (2013). Buenos Aires. Ed. Nobuko

Por supuesto que no es intención dar una respuesta acabada a este problema, sino volcar en esta presentación, algunas experiencias dentro de esa búsqueda.

### **Observación de imágenes y objetos, un aliado**

Aprovechando las destrezas y las familiaridades que poseen los estudiantes de arquitectura, destacamos el entrenamiento de la observación de los fenómenos, a la que se puede designar como “visualidad”, como aliado fundamental para introducirlos al ámbito de las estructuras, sumada a “la intuición” para proponer la resolución de un problema planteado.

Permite al inducirlos en la práctica experimental con sus reglas, sus posibilidades y sus inconvenientes recuperar el propio desarrollo de base experimental de las estructuras, disciplina tecnológica. El proyecto estructural se desarrolló por prueba y error en base a construcciones realizadas, y por el trabajo de laboratorio, tratando de reproducir situaciones reales para llegar a mejorar la teoría estructural en los diferentes materiales.

A partir de esa capacidad de observación, se avanza en reflexiones más profundas que llevan a ideas más abstractas ineludibles que “representan a analíticamente” los fenómenos físicos que se requiere conocer y comprender. En la materia Introducción a los Tipos Estructurales avanzamos desde el principio con esta orientación y los ilustraremos con los primeros trabajos prácticos de esta materia que es una de las materias iniciales para los alumnos de la carrera de Arquitectura.

Se expone el desarrollo de la utilización de métodos de trabajo con modelos físicos para introducir a los alumnos en el estudio y el proyecto estructural, como metodología central gran parte de la asignatura, de la materia Introducción a los tipos estructurales, de la carrera de arquitectura, relativa a la introducción general al proyecto y conceptos básicos de estructuras resistentes en arquitectura. (Estructuras I, II y III) Catedra Arq. Beatriz Pedro.

Sobre la enseñanza inicial del diseño y el proyecto, dos ejercicios iniciales:

- **TPN°1** Las partes y el todo
- **TPN°2** Diseño de una estructura resistente.

### **Las partes y el todo.**

*Reconocimiento de estructuras y de elementos estructurales.*

En el primer trabajo se trabaja sobre edificios existentes a los que se accede por imágenes.

Sobre imágenes que se anexan, de estructuras sencillas a estructuras complejas; se provee fotografías / esquemas gráficos de estructuras reales construidas; de estructuras de madera, a estructuras metálicas y estructuras de hormigón.

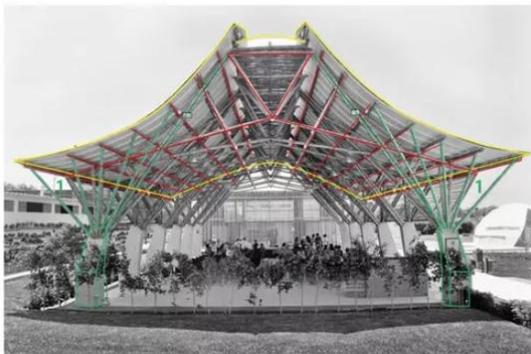
se observa y representa tridimensionalmente la problemática espacial que cada estructura conforma. que esta propuesta. Se identifican los planos verticales (cerramientos) y horizontales (cubiertas) que dan forma a los espacios y en ellos se *identificarán los elementos que componen las estructuras.*

### **Figura 1: Desarrollo gráfico del Trabajo Práctico N° 2 (Ejemplo 1)**

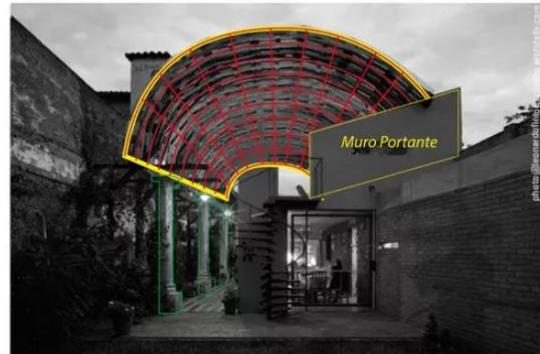


**Figura 2: Desarrollo gráfico del Trabajo Práctico N°1 (Ejemplo 2)**

Estructura "A"



Estructura "B"



**Referencias Estructura "A"**

- Elementos lineales - Salvan Luz - Vigas (Todas Rectas)
- Elementos lineales - Salvan Alturas - Columnas ("I" inclinadas)
- Elementos superficiales - Salvan Luz - Techos (Curvos)

**Referencias Estructura "B"**

- Elementos lineales - Salvan Luz - Vigas (Transversales curvas)
- Elementos lineales - Salvan Alturas - Columnas (Rectas)
- Elementos superficiales - Salvan Luz - Techos (Curvos) y Muro Portante

El trabajo de los alumnos se basa esencialmente en la visualidad. Luego de identificar la configuración espacial, deben discriminar de todo el conjunto de la construcción aquellos elementos que tienen como función el traslado de las acciones al terreno natural y, en tal sentido, son parte de la estructura, de aquellos otros elementos con otras funciones.

Dentro de los elementos estructurales, trabajamos con categorías que relacionen el tema espacial con el tema estructural, aquellos que "salvan luces" y aquellos que "salvan alturas". Y observar sus características morfológicas y materiales.

Busca introducir a los estudiantes en un marco de ideas que luego serán desarrolladas en forma rigurosa en subsiguientes trabajos prácticos y a lo largo de las sucesivas materias relativas a estructuras en el curso de la carrera.

**Proyecto “intuitivo y experimental” de una estructura, su construcción y observación de su comportamiento frente a cargas**

Realizar una experiencia elaborando (proyecto y construcción) de una propuesta de estructura capaz de sostener una carga condicionada por su posición y por los elementos con los que se puede llevar adelante. Se observa su comportamiento frente a cargas ensaya en la misma clase.

Consigna: Cada grupo de alumnos deberá *proyectar y construir una estructura*, de acuerdo con la posición indicada en el modelo asignado, capaz de recibir las cargas de un ladrillo común, manteniéndolo en posición estable a 40 cm de altura, medido desde la base inferior del ladrillo hasta el plano de apoyo.

Para la construcción se cuenta con una serie de materiales máximos a utilizar, varillas de madera balsa de una determinada sección, hilo de algodón y pegamento.

**Figura 3: Consignas para la realización del Trabajo Práctico N° 2**

Programa de necesidades:

Materiales :

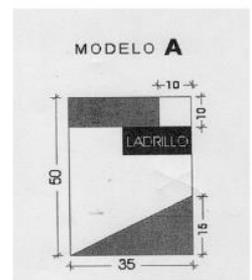
1. La base, en madera aglomerada, ó fibro fácil de 35cm x 50 cm
2. 8 varillas de madera balsa 4 mm x 4 mm
3. Hilo de algodón (tipo pizzero)
4. Pegamento: suprabond, poxipol, (NO USAR UHU- tarda en secar)
5. Complementos: alfileres, ganchos, cinta de papel, tornillos ganchos,

Condiciones de construcción:

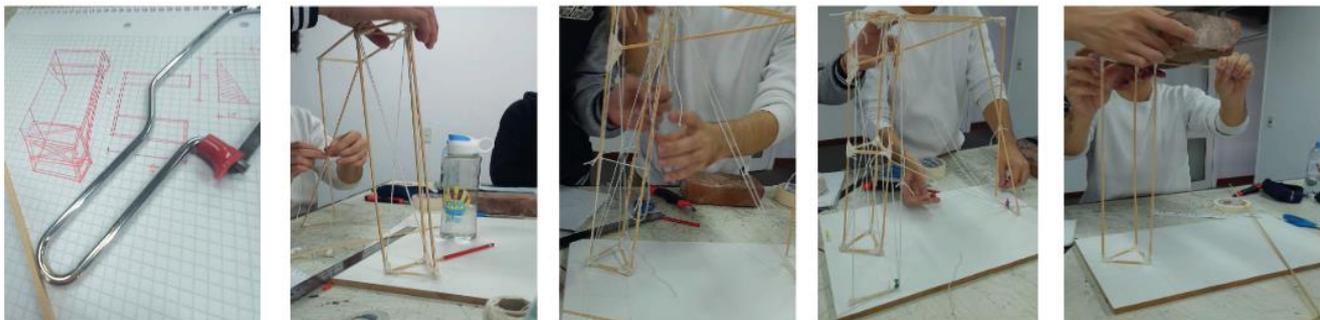
La estructura estará apoyada exclusivamente en la zona gris indicada según el modelo asignado.

Esta estructura no estará pegada a la base. Ver la forma más conveniente de inmovilizar la estructura en la base, sin pegar las barras.

Modelo asignado :



Proceso de diseño



**Desarrollo del trabajo, registro y presentación Trabajo Práctico N°2**

Proyecto: Trabajo individual, cada integrante deberá pensar un esquema de la estructura, en donde habrá un tiempo de discusión en el grupo, por la elección del modelo. Se deberá registrar los croquis preliminares realizados antes de la construcción del modelo

Construcción: durante la construcción, deberán registrar las dificultades y tomas de decisión adoptadas. Cuando se crean conveniente, realizar primeras pruebas a la estabilidad del conjunto. La prueba se realiza en el taller, socializando la experiencia de la construcción del modelo.

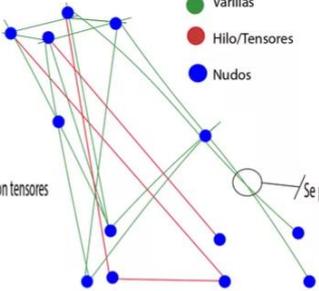
**Figura 4: Recomendaciones para la realización del Trabajo Práctico N° 2**

Sin carga:



Con carga:



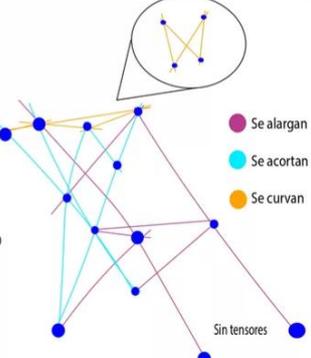


**Aspectos a mejorar:**

- Aprovechar correctamente las varillas, dándole mayor importancia a la base donde iría el ladrillo.
- Reemplazar ciertas varillas por tensores.

**Problemas que se presentaron:**

- Comenzamos dándole mucha importancia a la base, por lo que no alcanzaron las varillas de madera, usamos nueve teniendo que ser ocho.
- Las varillas donde debería soportar el mayor peso las cortamos muy largas, generando que las mismas se quiebren en la zona más inestable, el medio.
- Hicimos muchos nudos y utilizamos cinta en exceso



Grupo 4: Carballo, Juárez, Hurst, Ibarra, Arcas y Garbiero	Catedra: Benitez Pedro	Docente: Nicolás Eguía	22/04/23
--	------------------------	------------------------	----------

Ensayo. Se releva con imágenes o gráficos, y se verifica que el ladrillo se mantiene estable a frente a la acción de su propio peso. Se identifican los distintos elementos que constituyen la estructura y se realizaron las siguientes observaciones:

Frente a la aplicación de fuerzas horizontales (el dedo del docente) en la dirección x: que cambios se observan en los distintos elementos de la estructura. Los fenómenos físicos: se alargan, se acortan, se curvan.

Frente a la aplicación de fuerzas horizontales (el dedo del docente) en la dirección y: que cambios se observan en los distintos elementos de la estructura. Los fenómenos físicos: se alargan, se acortan, se curvan.

Frente a la aplicación de fuerzas verticales (el dedo del docente) hacia arriba que cambios se observan en los distintos elementos de la estructura. Los fenómenos físicos: se alargan, se acortan, se curvan.

Los planteos se encuentran con desafíos y dificultades: en la construcción de las propuestas surgen inconvenientes no previstos inicialmente que deben sortear, rememorando soluciones aplicadas en conocimientos previos, circunstancias cotidianas, intuición o experimentalmente consensuando con los integrantes del grupo. De ser necesario, los docentes intervienen señalando la raíz del problema y planteando que encuentren soluciones, y si no avanza, plantea alternativas para que elijan y continúen en la construcción.

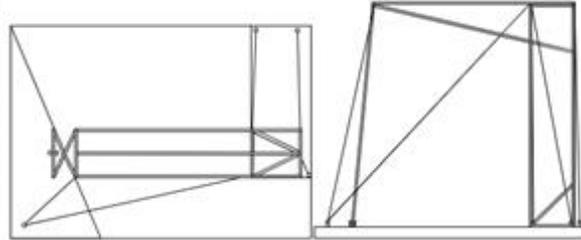
Los estudiantes observan otros modelos construidos, descubren, reconocen los fenómenos a través de la experimentación. Deben registrar los cambios formales, producidos por la acción de las cargas, documentar el análisis del recorrido de las cargas y su consecuente deformación. La estabilidad del conjunto y la resistencia de cada una de sus partes. Se realizan modificaciones al proyecto que optimicen de la estructura propuesta.

**Figura 5: Resultado final y ensayo – Trabajo Práctico N° 2**

## Resultado Final :



## Planta y vista de estructura:



## Las complicaciones fueron:

1. La escasez de barillas, difícil de calcular gastos de cada parte.
2. La estabilidad de la estructura, al no tener el suficiente soporte se caía y doblaba.
3. Falta de equilibrio entre los apoyos.
4. Falta de equilibrio entre los apoyos.
5. Complicación de dejar más rígido al puente por falta de material.



La clase concluye con el ensayo de los modelos. Es decir, se coloca el ladrillo en la posición indicada y se verifica la estabilidad y si la estructura resiste esta carga, o no. Hay que tomar en cuenta que, aun esta última etapa del trabajo también forma parte de la experiencia y la introducción de cargas, la colocación del ladrillo debe ser realizada en forma cuidadosa ya que pueden generar efectos de impacto que pueden provocar la falla. En general, la mitad de los modelos logran superarla y el resto, colapsa.

Si bien parece extraño que alumnos sin conocimientos estructurales previos encaren el diseño y la construcción de un modelo que debe resistir una carga, este trabajo apunta a varios aspectos que complementan el primer trabajo práctico.

En primer término, deben trabajar con la intuición, aplicar y poner a prueba el “sentido común” que muchas veces es válido y muchas veces engañoso. En segundo, complementar la observación realizada en el primer trabajo práctico, con una observación más precisa de muchas estructuras que observamos en la vida diaria y que también son accesibles a través de Internet. Lo más importante, es introducirlos en el método experimental como forma de validación de las ideas y observaciones previas. El modelo es ensayado y se aprende de aquellos que superan la prueba ya que permite reflexionar acerca de las razones de su eficacia. Pero también, se aprende y, quizá mucho más, de aquellos modelos que fracasan ya que se puede identificar aquellos elementos que colapsaron, su forma de rotura y las razones de la pérdida de la estabilidad general y obtener valiosas conclusiones.

Esta aproximación a la problemática estructural, además de comenzar a entender que la experiencia práctica es la forma última de validación de las ideas previas, también permiten entender las dificultades que presenta la construcción de modelos y los cuidados que hay que tener con el mismo ya que el ensayo es irreplicable y no debe ser perturbado por fallas o descuidos. En ambos trabajos se resalta las principales características de las estructuras: resistencia, rigidez, estabilidad, economía y sustentabilidad.

Apoyados en esta primeros acercamientos teórico-prácticos, posteriormente se avanza en un trabajo sistemático de los contenidos conceptuales muchos de ellos de naturaleza puramente teórica y se vuelve a la observación y al método experimental en cada oportunidad en que el tema lo permite.

**Algunas conclusiones que sustentan la propuesta.**

Se expone el desarrollo de la utilización de métodos de trabajo con modelos físicos para introducir a los alumnos en el estudio y el proyecto estructural, como metodología central gran parte de la asignatura, de la materia Introducción a los tipos estructurales, de la carrera de arquitectura, relativa a la introducción general al proyecto y conceptos básicos de estructuras resistentes en arquitectura. (Estructuras I, II y III) Catedra Arq. Beatriz Pedro.

Se aborda una metodología de aprendizaje basada en la elaboración de propuestas para solucionar los problemas planteados. Se experimenta, observa y registra reflexionando sobre los datos para avanzar en determinaciones que sirven para vivenciar conceptos que se desarrollan en los niveles siguientes de estructuras.

El conocimiento estructural requiere avanzar en una secuencia de conocimientos abstractos que se han sistematizado sobre una base esencialmente experimental tanto en condiciones de laboratorio como en estructuras construidas, que la propuesta busca recrearlo en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

Críticamente la materia estructuras ha sido desarrollada en nuestro ámbito con conocimientos que siempre se han encontrado en la bibliografía o con una concurrencia a un laboratorio experimental donde se observa una experiencia realizada por otros, que con esta propuesta didáctico-pedagógica buscamos revertir.

**Bibliografía**

Arq. Perles, P. (2013). *Hormigón armado*. Buenos Aires. Ed. Nobuko.