

## **ESTRUCTURAS DE GRANDES LUCES. EXPERIENCIA DE ARTICULACIÓN EN NIVEL 5**

Eje 1: Innovación en sistemas constructivos/estructurales

**Fernández Saiz María del Carmen<sup>1</sup>**

**Culasso María Gabriela<sup>2</sup>**

**Llop Joeques Katya<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - UNC, Córdoba, Argentina, mfernandezsaiz@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - UNC, Córdoba, Argentina, inggculasso@gmail.com

<sup>3</sup> Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - UNC, Córdoba, Argentina, katya\_llopjoeques@hotmail.com

### **RESUMEN**

Una obra de arquitectura puede definirse como consecuencia de la interacción de diferentes variables como función, lugar, significado, capacidad resistente, sistema constructivo, etc, las que condicionan el proceso de diseño y el resultado final.

En este proceso, que parte de lo abstracto (concepto del proyecto) a lo concreto (construcción), la condición técnica-estructural no puede ser un dato externo.

Articular conceptos con precisiones tecnológicas, implica acceder a una dimensión técnica y constructiva del pensamiento. La selección de un sistema constructivo-estructural, y la disposición de los elementos que lo componen, permiten definir el espacio arquitectónico y su habitabilidad.

En consecuencia, es necesario priorizar la importancia de la concepción de la estructura desde los inicios del proceso proyectual, considerando integrados el desarrollo arquitectónico y la resolución técnica-estructural.

En nivel 5 de la carrera de arquitectura se aborda el estudio de tipologías estructurales para obras de arquitectura de grandes luces. La problemática de las estructuras de grandes luces lleva implícita la complejidad que acompaña el cambio de escala en sus aspectos funcional, urbano y tecnológico y, fundamentalmente, el protagonismo que adquiere la variable estructural. En este contexto, la estructura como elemento activo en el proceso de diseño, desempeña un rol fundamental en la definición del espacio y en la configuración global del proyecto.

Entre los objetivos generales de la materia Estructuras IV, se plantea priorizar la capacitación del estudiante en el diseño conceptual de la estructura, siempre en relación al diseño arquitectónico como una totalidad.



El presente trabajo describe las experiencias realizadas en la FAUD, en las que las cátedras de Estructuras IV y Arquitectura VB, han ensayando actividades conjuntas con el objeto de articular los conocimientos, objetivos y programas particulares de cada una de las materias, en torno a un mismo ejercicio de proyecto: Puentes y Pasarelas.

Intentar una mirada proyectual integral a partir de un objeto de estudio único permitirá verificar la transferencia de los contenidos propios de estructuras al proyecto arquitectónico, entendiendo el carácter integrador del proceso de diseño arquitectónico.

## **PALABRAS CLAVES: ESTRUCTURAS - DISEÑO - ARTICULACIÓN - ENSEÑANZA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En el proceso de generación de la estructura resistente de obras de arquitectura se pueden considerar dos instancias diseño: una primera, que aborda todo lo relativo a conocimientos de diseño global de estructuras (para la definición del partido estructural eficiente y predimensionado seccional), y una segunda, que consiste en la comprobación de elementos seccionales o dimensionamiento (para el desarrollo del proyecto ejecutivo: análisis completo y exhaustivo, verificación del predimensionado, estudio de detalles constructivos, elaboración de planos).

La capacitación en estas etapas justifica la necesidad de impartir conocimientos de la teoría estructural en la carrera de arquitectura. Sin embargo, la forma de enseñar debe considerar a la estructura como un hecho arquitectónico diferente en cada proyecto, donde, a partir de elementos y principios conocidos conjugados de una manera distinta, se genera una realidad nueva. Hay que enseñar a descubrir oportunidades donde otros sólo ven restricciones, logrando que el diseño estructural sea el fruto de ideas innovadoras en una mente con criterios estructurales claros.

Si aceptamos que el objetivo primario de un sistema estructural es equilibrar las fuerzas a las que va a estar sometido un edificio y resistirlas sin que se produzca ni el colapso ni deformaciones excesivas, la bondad de un diseño estructural se medirá justamente en el acierto que haya tenido el diseñador al elegir un sistema capaz de resistir las acciones exteriores, sin provocar desequilibrio con la idea expresiva y funcional que imaginó para su obra.

*“Para acertar en la concepción y traza de las estructuras es necesario meditar y conocer bien las causas profundas, la razón de ser, de su mayor o menor aptitud resistente.... Es un error demasiado corriente empezar a calcular la viga sin haber antes meditado si la construcción debe llevar vigas o no.”* (Eduardo Torroja, Razón y Ser de los Tipos Estructurales, 1960).

Conocer las fuerzas que actúan naturalmente sobre las formas nos ayuda a elegir de manera racional tanto la forma misma como el material adecuado para su construcción, de acuerdo con el propósito que el proyecto arquitectónico persiga.

### **2. CONTEXTO INSTITUCIONAL. ESTRUCTURAS IV EN LA CURRÍCULA**

En la carrera de Arquitectura, las estructuras conforman un grupo de materias que van incorporando gradualmente conocimientos y conceptos en los diferentes niveles. Éstos van adquiriendo cada vez mayor complejidad a medida que se avanza, pero mantienen entre sí un fuerte encadenamiento lógico, compartiendo, en la mayoría de los casos, una misma base



conceptual. La incorporación de estos principios básicos, tiene como objetivo proporcionar al alumno herramientas que le permitan el razonamiento y la deducción en la resolución de los diferentes problemas que pudieran presentarse.

En Estructuras I (2° nivel de la carrera) se instrumenta al alumno con principios básicos sobre condiciones de equilibrio, análisis de cargas sobre las estructuras, características físicas y mecánicas de los diferentes materiales utilizados como estructurales y sus posibilidades arquitectónicas, cálculo de solicitaciones y dimensionado de estructuras isostáticas.

La materia Estructuras II (3° año) es la encargada de preparar al alumno para diseñar y dimensionar estructuras reticuladas livianas en acero y madera, y para diseñar y dimensionar estructuras hiperestáticas en hormigón armado, incorporando nuevos contenidos como la continuidad estructural.

En Estructuras III (4° año) se profundiza en el diseño estructural para edificios en altura con estructuras de hormigón armado y en el diseño de estructuras sismorresistentes, con especial énfasis en el manejo de los conceptos y principios necesarios para poder conducir el proceso con un cabal conocimiento del comportamiento cualitativo de la estructura que se está diseñando.

Estas materias corresponden al Ciclo Medio de la Carrera, eminentemente formativo, que se centra "...en la formación proyectual y técnica específica propia de la disciplina..." (Anexo MECyT).

La materia Estructuras IV se ubica en nivel 5 de la carrera de Arquitectura, que corresponde a la etapa de pre-especialización, de reconocimiento de intereses e inclinaciones profesionales, y fundamentalmente, de autogestión del aprendizaje como paso previo a la práctica como profesional. Este nivel "abarca la culminación de las orientaciones, especializaciones o integraciones de conocimientos y capacidades adquiridas durante las instancias anteriores" según especifica el Plan de Estudios 2007.

### **3. PROPUESTA PEDAGOGICA Y METODOLOGIA DE TRABAJO**

La temática específica a abordar en la materia Estructuras IV es el diseño de estructuras de grandes luces mediante el estudio de las diferentes tipologías y de la tectónica que posibilita su construcción. Se incorporan nuevos conceptos teóricos anclados en conocimientos previos, relacionándolos con obras de arquitectura reales en los que se verifique su aplicación a un esquema estructural que permita la materialización de la obra.

Desde la cátedra se prioriza la constante relación entre los contenidos básicos y su transferencia al diseño arquitectónico, intentando siempre contextualizar cualquier ejercicio de resolución práctica.

En consecuencia, el dictado de la materia se ha organizado en clases teórico-prácticas, con especial énfasis en el desarrollo de un Trabajo de Diseño, cuyo principal objetivo es la verificación del manejo de los aspectos tecnológicos desde la misma génesis del proceso proyectual, sobre la base de un conocimiento conceptual del diseño estructural y de las lógicas constructivas que posibiliten su materialización. Precisamente, la problemática de las estructuras de Grandes Luces lleva implícita la complejidad que acompaña el cambio de escala en sus aspectos funcional, urbano y tecnológico y fundamentalmente el protagonismo que adquiere la variable estructural.



El desarrollo de la propuesta didáctica de la materia se modifica en forma permanente, en función de la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje que se realiza al final de cada período, proponiendo nuevas actividades pedagógicas que, desde el inicio, articulen la concepción arquitectónica con la materialidad del proyecto. Se han ensayado experiencias de reelaboración, desarrollo y verificación del sistema estructural propuesto en los proyectos de materias troncales de diseño, se ha estimulado a la participación de los alumnos en concursos de arquitectura para estudiantes, se han propiciado experiencias interdisciplinarias con estudiantes de ingeniería, se ha profundizado en el diseño de estructuras de tracción (tensoestructuras) y la definición de la forma estructural a partir del trabajo con maquetas físicas, entre otros (Figura 1).



Fig. 1. Experiencias realizadas

#### 4. ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS

Nuestra experiencia previa como docentes de estructuras de otros niveles dentro de la carrera nos permitió reconocer la dificultad que presentan los alumnos para lograr esta síntesis de contenidos, que debería verse reflejada en los trabajos finales de nivel. Las estructuras en general son las materias que presentan mayores problemas de comprensión por parte de los alumnos, quizás por razones relacionadas con una insuficiente formación previa y por falta de correlación entre lo que se estudia en estructuras y lo que se hace en arquitectura. Por ello, desde esta materia se propone la realización de experiencias de diseño con el objetivo propiciar la integración de los contenidos propios del campo específico al proyecto arquitectónico.

Como surge de lo mencionado anteriormente, se pretende formar al alumno en la disciplina “estructuras” siempre en relación al diseño arquitectónico integral, y destacando la importancia de la concepción de la estructura desde los inicios del proceso proyectual y la capacitación en el diseño conceptual de la estructura (Figura 2).

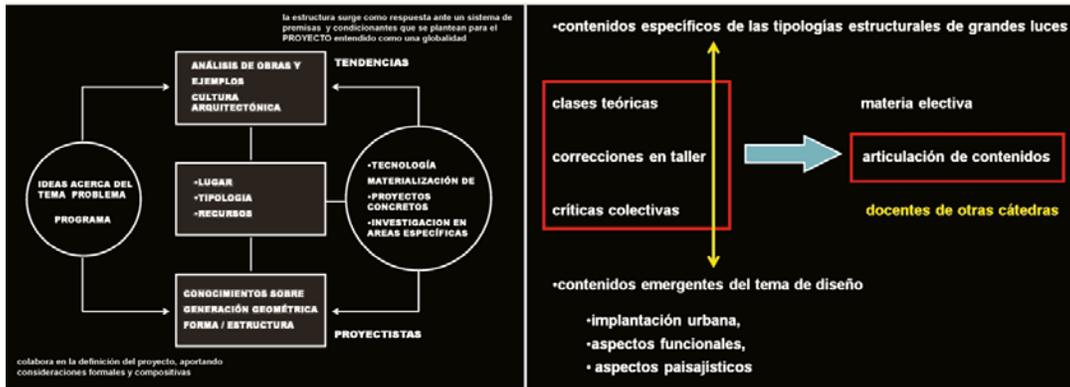


Fig. 2. Variable estructural en el proceso de diseño. Articulación entre cátedras

Desde la Facultad, y como respuesta a las observaciones de los pares evaluadores de CONEAU, para la acreditación de la Carrera, se han propiciado actividades tendientes a instrumentar al cuerpo docente para atender a “la dificultosa integración entre las distintas Áreas, así como la coordinación de Contenidos Curriculares...” (Informe CONEAU 2008). Hasta ahora, las integraciones realizadas han sido puntuales, y por iniciativas individuales, para el dictado de clases teóricas y seminarios o correcciones en taller.

En esa línea, desde el primer cuatrimestre del año 2015 se han puesto en práctica actividades de articulación mediante la realización de experiencias cortas, cuyo objetivo es optimizar el trabajo en taller y verificar la transferencia de los contenidos propios de estructuras al proyecto arquitectónico.

Se han desarrollado entre otras (Figura 3):

- Seminario Torres de Papel (Arquitecturas VB y VIA, Construcciones IIB y Estructuras IV).
- Asesoramiento para el CONCURSO ALACERO para estudiantes, conjuntamente con diferentes cátedras de Arquitectura.
- Pasarela Peatonal (conjuntamente con Arquitectura VB).



Fig. 3. Actividades de articulación con cátedras de Arquitectura



## **5. TRABAJO PRÁCTICO: DISEÑO DE UNA PASARELA PEATONAL CON ARQUITECTURA VB.**

Para esta experiencia, se han reunido Estructuras IV y Arquitectura VB, dos Cátedras de nivel cinco de nuestra Facultad, con el objeto de articular los conocimientos, objetivos y programas particulares de cada una de estas materias, en torno a un mismo ejercicio de proyecto.

La propuesta académica definió los siguientes objetivos generales:

-Ensayar una mirada proyectual integral a partir de un objeto de estudio único, operando simultáneamente con instrumentos y métodos específicos de cada materia, vinculados entre sí, para la concreción del proyecto arquitectónico como producto complejo.

-Integrar y profundizar contenidos e instrumentos específicos de cada materia, articulados por un programa de trabajo único, propiciando economía de tiempos y concentración de esfuerzos para los alumnos participantes.

-Coordinar los cronogramas académicos en un trabajo conjunto, ensayando una experiencia de entregas y evaluación común de cátedras del mismo nivel.

### **Metodología**

Cada cátedra elaboró sus objetivos programáticos y curriculares, en el desarrollo de una temática y escala particular específica, articulada por el mismo objeto de estudio en cuestión.

En una primera instancia se implementaron teóricos conjuntos, como complemento a los propios de cada materia, sobre diseño arquitectónico y diseño estructural, criterios de selección de sistemas constructivos y tipologías estructurales.

Se realizó un acompañamiento en taller con los docentes de arquitectura, partiendo siempre de la concepción de la estructura desde el inicio del proceso de diseño. De este modo, se logró por un lado duplicar el tiempo de atención a los estudiantes en taller, y por el otro acordar criterios de corrección y evaluación del proyecto como resultado de un proceso de diseño totalizador y con énfasis en la resolución técnica.

Desde el inicio, se trabajó con modelos virtuales y maquetas de estudio que permitieran una rápida aproximación a la forma estructural y a la vez la comprensión global de los mecanismos resistentes que garantizan la estabilidad espacial, considerando la necesaria relación entre Arquitectura y Tecnología.

La experiencia finalizó al cierre del ciclo semestral, con una exposición del proyecto final y del proceso, y una crítica conjunta de los resultados. De este modo, la evaluación del trabajo se realizó unificando criterios, aunque las notas fueran diferentes para cada materia.

### **Tema**

El trabajo de diseño estructural radica en proyectar un objeto arquitectónico de cierta complejidad, reconociendo la variable tecnológica como una de las condicionantes de peso en relación a la idea generadora y al desarrollo posterior del objeto arquitectónico.



En función de la temática de cada una de las materias, se acordó un ejercicio de articulación consistente en el diseño de una pasarela peatonal que operara como dispositivo urbano de vinculación entre dos áreas urbanas deprimidas.

En Arquitectura V se trabajó primero en el desarrollo de un master plan, y para Estructuras IV se focalizó en el diseño de un elemento de conexión, en el que la estructura desempeñara un rol protagónico en el elenco de variables a considerar.

La propuesta debería, entonces, considerar condicionantes de sitio, como el entorno natural y construido, y a su vez contemplar la coherencia entre el diseño de la estructura resistente y demás componentes del proyecto, desarrollando un mecanismo estructural eficiente y compatible con el partido arquitectónico.

El tema propuesto surgió como el más “estructural” de los programas, ya que una vez definida la estrategia de intervención en el territorio, existe un correlato directo entre forma arquitectónica, eficiencia, tipo estructural, condición material y proceso constructivo o de montaje.

Para la presentación conjunta se pedía:

- Definición de la geometría: luces entre apoyos, esquema estructural, pendientes, gálibo.
- Desarrollo de proyecto de la estructura, con la definición de los elementos componentes de la misma que garantizan estabilidad espacial (estructura longitudinal, sección transversal).
- Resolución estructural, y predimensionado de las principales piezas estructurales. Modelado espacial y resolución con software para evaluar deformaciones globales y solicitaciones máximas.
- Determinación del sistema constructivo y diseño de detalles.

Así, en este ejercicio de diseño multiescalar, se pudo focalizar en la definición de una estructura que, además de garantizar la estabilidad y resistencia, dotara de significación al sector urbano sobre el que se estaba trabajando.

## 6. TRABAJOS DE ALUMNOS

Se presentan trabajos de alumnos cuyo proceso de diseño ha considerado la indispensable integración de variables.

**Pasarela sobre la costanera.** Alumnos: Fresco, Galleano, Maltinti y Melgarejo. Profesor: Ghezán

La estructura longitudinal es una viga reticulada espacial de sección triangular, con cuatro apoyos en V, materializada con barras tubulares de acero. Sobre la viga está fijado el tablero de losetas de hormigón prefabricado. Esta pasarela tiene directriz recta, con pendiente para salvar el gálibo de diseño (Figura 4).

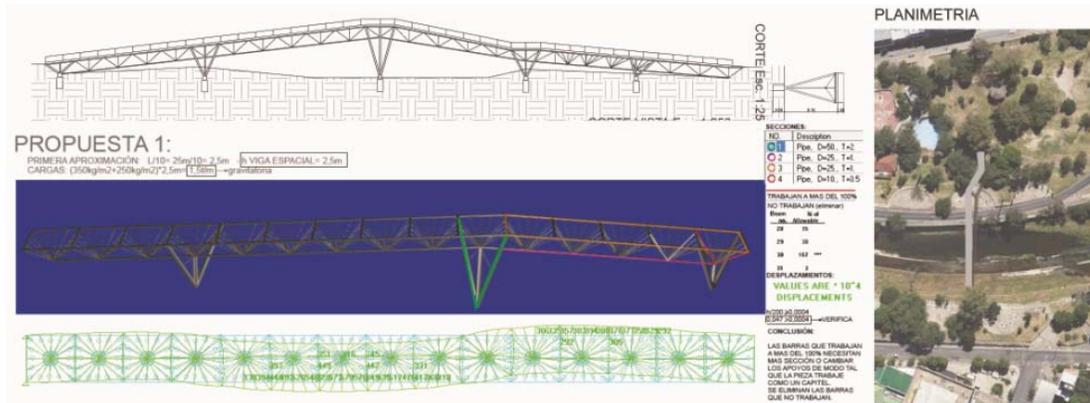


Fig. 4. Pasarela peatonal sobre Costanera en Córdoba. Viga reticulada en acero

**Pasarela peatonal de ingreso al Parque de la Memoria.** Alumnos: Berardo, Bozian, Flores y Rarak. Profesor: González y Klein

Estructura longitudinal conformada por un arco de Hormigón armado que aprovecha la expresividad del material para resolver una pieza de valor escultórico, que a la vez de conector, actúa como hito urbano en un contexto de relevancia por su significado en el colectivo social (Figuras 5 y 6).



Fig. 5. Pasarela peatonal. Arcos en hormigón armado. Implantación e imágenes peatonales

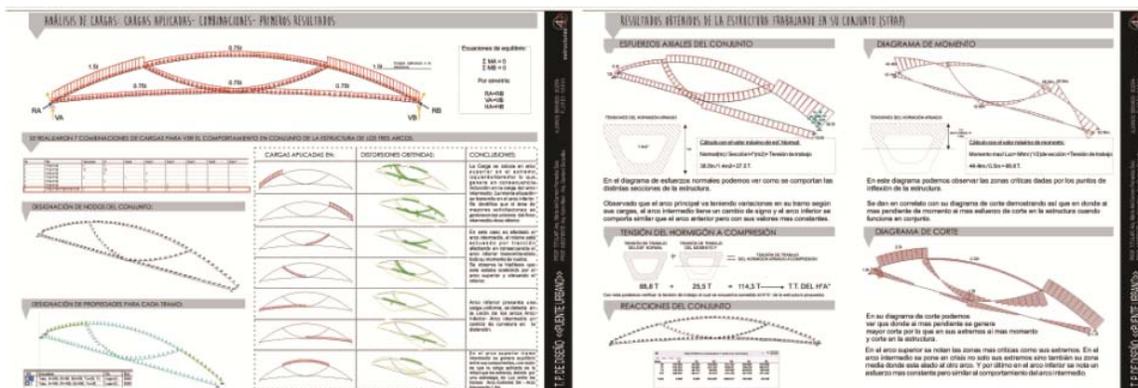


Fig. 6. Pasarela peatonal. Arcos en hormigón armado. Análisis de cargas y modelado estructural



**Dispositivo Urbano - Centro Cultural Lineal.** Mención en el concurso ALACERO 2016. Alumnos: Hemmers, Sabana, Rodosta. Profesor: Culasso

Se propone la presente Infraestructura Urbana consistente en un centro cultural lineal que parte del parque del río Suquía y culmina en el parque Sarmiento de la ciudad de Córdoba, generando un nodo de atracción cultural sobre la nueva terminal de autobús (ex-Molinos Minetti) (Figura 7).



Fig. 7. Dispositivo Urbano. Estrategia de Implantación

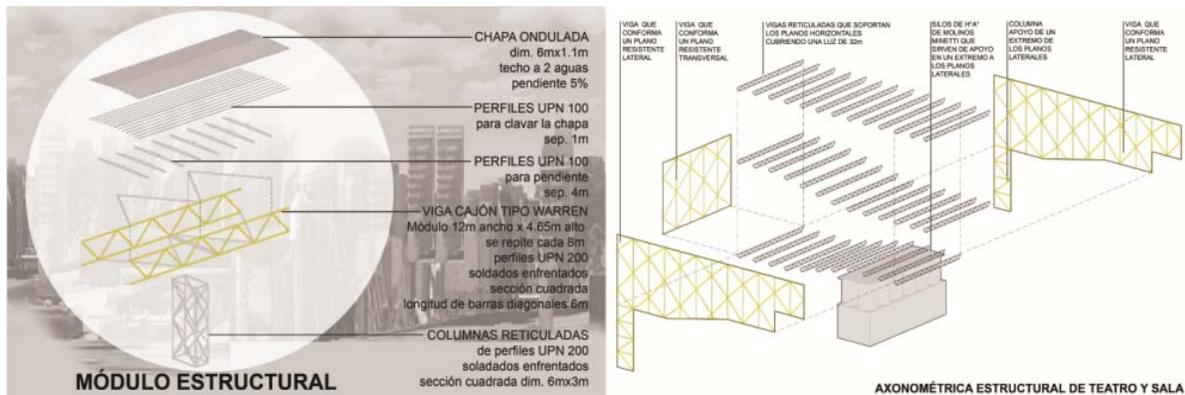


Fig. 8. Esquemas estructurales. Modulación pasarela. Estructura nodo cultural

La idea se materializa a partir de la generación de un modulación estructural de piezas de acero, las cuales permiten el crecimiento del edificio según las demandas, a partir del agregado de nuevos tramos. La estructura de la tira multifuncional consiste en una viga cajón tipo Warren, la cual se apoya sobre columnas reticuladas de perfiles metálicos. La cubierta se configura a partir de planos reticulados metálicos, que apoyan sobre una construcción existente de valor patrimonial (ex-Molinos Minetti) (Figura 8).

## 7. CONCLUSIONES

La experiencia produjo una efectiva integración de la variable tecnológica-estructural durante el desarrollo del proyecto arquitectónico.

Esta instancia se presenta como una oportunidad para motivar al alumno en el estudio de las estructuras, ya que puede comprender el valor del diseño estructural en un proceso de diseño integral.



El aporte fundamental de esta metodología de trabajo es que permite proponer, desde el inicio del proceso de diseño, una zona común entre la arquitectura y la materialidad del proyecto, considerando integrados el desarrollo arquitectónico y la resolución técnica-estructural.

Queda pendiente, a futuro, la organización de seminarios de integración de conocimientos entre docentes de estructuras y arquitectura, y orientados especialmente a los profesores asistentes, con el objetivo de mejorar su formación académica, entendiendo el carácter integrador del proceso de diseño arquitectónico.

## **BIBLIOGRAFIA**

Araujo Armero, R. (2007). *La Arquitectura como Técnica*. Madrid, España. A.T.C. Edic., S. L.

Baixas, J. I. (2010). *Forma Resistente*. Santiago, Chile. Ediciones ARQ.

Moisset, D. (1999). *Intuición y Razonamiento en el Diseño Estructural*, Córdoba, Argentina. Ed. Ingreso.

Moisset, D. - Goytia, N. (2002). *Diseñar con la Estructura*, Córdoba, Argentina. Ed. Ingreso.

Moore, F. (2000). *Comprensión de las estructuras en arquitectura*, Méjico, Ed. Mc Graw- Hill Interamericana Editores.

Schon, D. A. (1987). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona, España. Ed. Paidós.

Torroja Miret, E. (2000) *Razón y ser de los tipos estructurales*, 10a Ed. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

Fernandez Saiz, M. (2015/17) *Programa y Plan de Trabajo Estructuras IV*, FAUDI, UNC.

Agradecimientos:

Al equipo docente y alumnos de las cátedras de Estructuras IV, y Arquitectura VB, FAUD, UNC.