

# DISEÑO DE PROCESOS ENSEÑANZA DE ESTRUCTURAS EN ARQUITECTURA

**Enrique Luis Chiappini**

Ingeniero en Construcciones – Santa Fe – [info@arq-chia.com.ar](mailto:info@arq-chia.com.ar) – Profesor Titular e Investigador FADU-UNL – Cátedras Sistemas Estructurales II y IV – Evaluador Sistema ARCU-SUR.

**María Cecilia Chiappini**

Arquitecta – Santa Fe – [info@arq-chia.com.ar](mailto:info@arq-chia.com.ar) – Docente FADU-UNL.

## RESUMEN

Se avanza en una metodología para conseguir que el proceso de enseñanza estructural en las carreras de Arquitectura signifique una herramienta eficaz para la toma de decisiones de Diseño y su exitosa comunicación con los especialistas.

La manipulación espacial hace que las formas y dimensiones de los sistemas estructurales sean datos. En un momento clave del proceso se debe operar de manera **expeditiva** y **sustentable** para asegurar razón y sentido a los sistemas estructurales que garantizan la forma. Denominamos dicha operación DIMENSIONAMIENTO RAPIDO y en este trabajo se exponen las claves de la misma.

Los Planes de Estudio de las carreras de Arquitectura se organizan sobre la base de **Ciclos** y **Áreas**. El concepto de Ciclo implica una **Transversalidad** entre las diferentes Áreas de conocimiento. Es imprescindible contar con un medio de **Integración** entre las asignaturas de estructuras con los talleres de proyecto arquitectónico para el logro de la imprescindible **Síntesis**.

Este trabajo evoluciona sobre conceptos que calibran la operatoria estructural y pone en discusión su pertinencia en el diseño, planificación y protagonismo de las estrategias de enseñanza-aprendizaje de la temática estructural en los planes de estudio de las carreras de Arquitectura.

## **PROCESS DESIGN STRUCTURES IN ARCHITECTURE GRADUATE PROGRAMMES**

### **ABSTRACT**

*The focus of this project is the development of a methodology to apply in teaching Structures in Architecture Graduate Programmes, as an efficient tool to make decisions during the Design Process and to allow a proper communication with the specialists.*

*During spatial manipulation, forms and dimensions become Data. At a key moment of this process it is due to operate quickly but sustainably in order to impress both agility and rationality on the structures that guarantee those forms. We call this operation Fast Design and its key points are here discussed.*

*Architecture Graduate Programme's Syllabus are organized in Levels and Fields. Levels requires links between knowledge Fields. An integration tool between*

*Architecture Studios and the specific Structural Subjects is vital in order to reach the final Synthesis.*

*This paper develops this tool as a setting of structural management. It also puts under discussion its suitability in the design, planning and application of a teaching strategy in Graduate Architecture Programmes.*

## INTRODUCCIÓN

La presente propuesta implica una estrategia metodológica para conseguir que el proceso de enseñanza-aprendizaje estructural en las carreras de Arquitectura signifique una herramienta eficaz para la toma de decisiones de **Diseño Arquitectónico**.

La toma de decisiones de diseño se produce desde el primer momento del Proceso de Diseño Arquitectónico, los croquis iniciales, donde el diseñador Dimensiona estructuras con los primeros gestos. Este dimensionamiento, denominado Previo, se basa en la intuición y la experiencia. En las etapas finales del proceso se dimensiona para especificar y construir, es el llamado Dimensionamiento Final, basado en toda la ciencia específica del análisis estructural. En las etapas intermedias del proceso, medulares y trascendentes, se debe operar de manera expeditiva y a la vez sustentable, denominamos la operatoria **Dimensionamiento Rápido**.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática estructural se ha basado clásicamente en esquemas que clasifican las estructuras desde distintos puntos de vista, y que no siempre logran que los alumnos incorporen de manera completa la problemática.

Así se observa en las planificaciones curriculares la separación por Materialización de los sistemas estructurales, Madera, Metal, Hormigón Armado, o por Etapas del Análisis Estructural, Física, Estática, Resistencia de Materiales, o incluso también por las que priorizan las Determinaciones Específicas en un extremo y las que lo hacen por el raramente bien definido o comprendido Diseño Estructural.

La bibliografía existente sobre el tema, con muy raras excepciones, se puede separar en dos grandes grupos. Los que enfocan la problemática estructural desde el punto de vista de su comportamiento global (libros con mucho texto y graficación pero sin determinaciones numéricas) y los clásicos manuales que despliegan la determinación matemática sustentante de los cálculos rigurosos, la mayoría de las veces concentrados en tipologías o modelos estructurales.

## DEFINICIONES

El proceso de diseño nace a partir de una necesidad y se desarrolla entre un tiempo inicial caracterizado por el predominio de dudas por sobre las certezas y un tiempo final en donde esta relación se invierte para poder dar solución al problema con la mayor cantidad de certezas posibles. El calibre del análisis estructural necesariamente debe variar en el transcurso de este proceso para ser coherente con el grado de exactitud de cada instancia.

El Dimensionamiento Rápido es la acción de realizar determinaciones estructurales expeditivas y sustentables con el objeto de tomar decisiones de diseño en el proceso que protagoniza el arquitecto diseñador en las etapas intermedias de toma de partido y anteproyecto.



Fig. 1: El proceso de diseño

En este trabajo se entiende como el conjunto de operaciones tendientes a definir sistemas o elementos estructurales hasta el nivel dimensional, o sea planteo conceptual del comportamiento a partir de la morfología de base, llegando hasta una definición preliminar de las secciones, con el objeto de tomar decisiones de diseño en las etapas intermedias del proceso.

La cualidad de **expeditiva** implica que debe insumir un tiempo relativamente corto en función de las indefiniciones de la etapa del proceso y la de **sustentable** que sus resultados sean suficientemente razonables y verificables para que las decisiones tomadas sean sostenibles ante los posteriores ajustes y definiciones finales, sean estas delegadas o no.

Las etapas del proceso de diseño en que cobra protagonismo son las de Toma de Partido y Anteproyecto, en las cuales, con diferentes gradientes de definición, se consolidan las características del objeto, para luego ser representados de manera definitiva en las etapas de especificaciones finales.

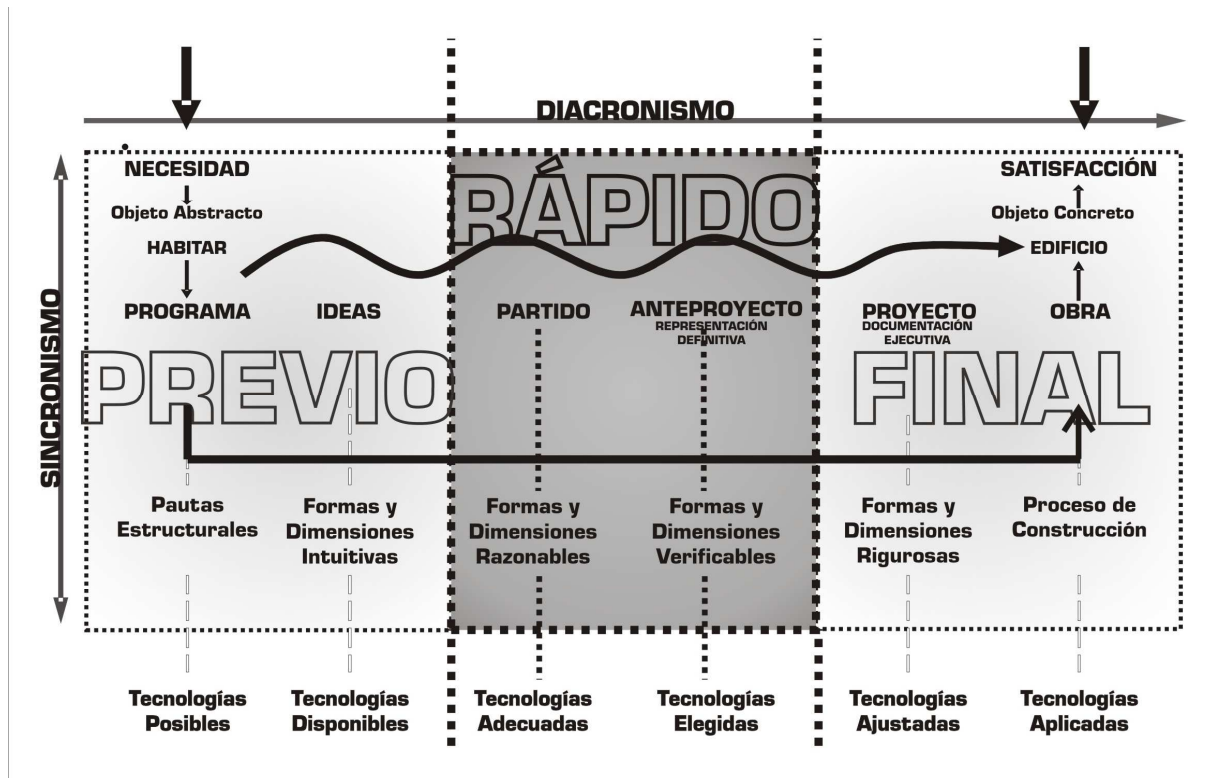


Fig 2: La tecnología en el proceso de diseño

## ORIGEN DEL PROBLEMA

Para que las herramientas de análisis estructural se transformen en instrumentos de diseño, las determinaciones estructurales no deben solo definir la morfología de los sistemas o elementos, sino también sus dimensiones y materialidad.

Para esto es imprescindible identificar cual es el origen del problema estructural para el arquitecto diseñador, diferente al del ingeniero calculista.

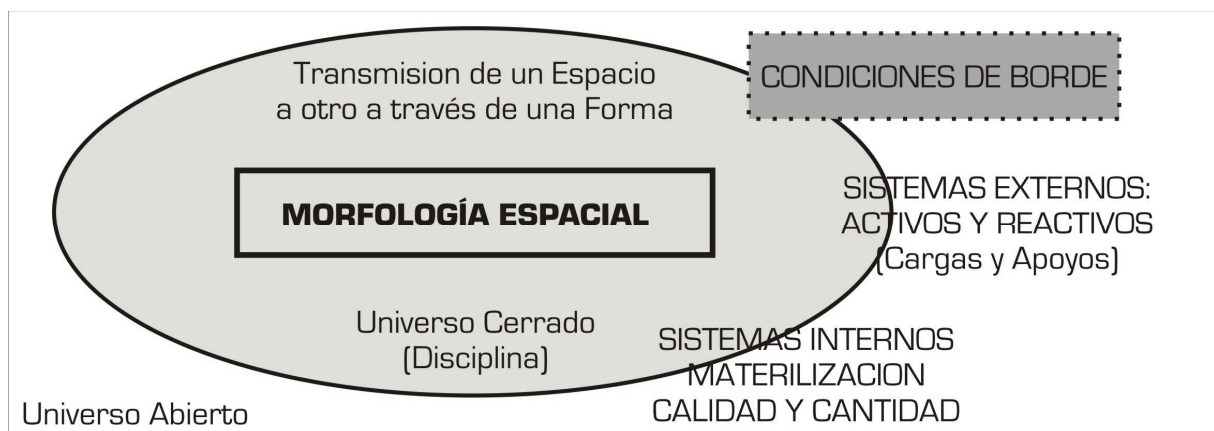


Fig. 3: Origen del problema estructural

El problema estructural para el arquitecto diseñador surge de la manipulación del espacio, se presenta en los primeros trazos y representan una morfología que deberá evolucionar durante el proceso y materializarse en la obra. En general las formas y dimensiones de los sistemas y elementos son datos, las determinaciones que se realicen sobre ellos serán las que los confirmen, ajusten o descarten.

En general, por su parte, el especialista en estructuras trabaja con objetos definidos previamente, por arquitectos en obras de arquitectura, por ingenieros mecánicos, industriales o de procesos en obras industriales, y el problema estructural se enfoca en lograr la estructura óptima, definida como la que logra máxima eficiencia técnica en cuando a economía de recursos.

## ELEMENTOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL ESPECÍFICO

Para que las decisiones de diseño sean significativas resulta imprescindible que los sistemas estructurales además de forma tengan materialidad y dimensiones. Esto se consigue abordando el análisis de manera conceptual y ordenada, enfocando los parámetros invariantes en su correcta secuencia: sobre la morfología estructural realizar el análisis de cargas (sistema activo), compatibilizarlo con el análisis de vínculos (sistema reactivo), asegurando el equilibrio y la estabilidad externa o global, y definiendo el equilibrio interno o local a través del dimensionado de secciones en calidad (material) y cantidad (dimensiones geométricas).



Fig. 4: Análisis estructural específico

Las herramientas en que se basa la operatoria de Dimensionamiento Rápido son, por un lado, el enfoque conceptual del comportamiento de la morfología de los sistemas y elementos desde el punto de vista del equilibrio externo, análisis de cargas y vinculaciones; y por el otro las determinaciones de equilibrio interno, ámbito de la Resistencia de Materiales, con las simplificaciones realizadas de las técnicas de Dimensionamiento Riguroso, final o definitivo.

La etapa del Proceso de Diseño que se esté atravesando condiciona el calibre de la operatoria específica, a la cual denominamos Acciones de Cálculo Predominantes (ACP).

Las acciones de cálculo predominantes en el **Dimensionamiento Rápido** pertenecen a las etapas intermedias del proceso de diseño, cuyas indefiniciones procesuales lo justifican, más aún cuando toda la ciencia del análisis estructural específico es afectada por las denominadas inseguridades inevitables, incertidumbres planteadas por el conjunto de lo que no se conoce o lo que se desprecia, las indefiniciones congénitas.

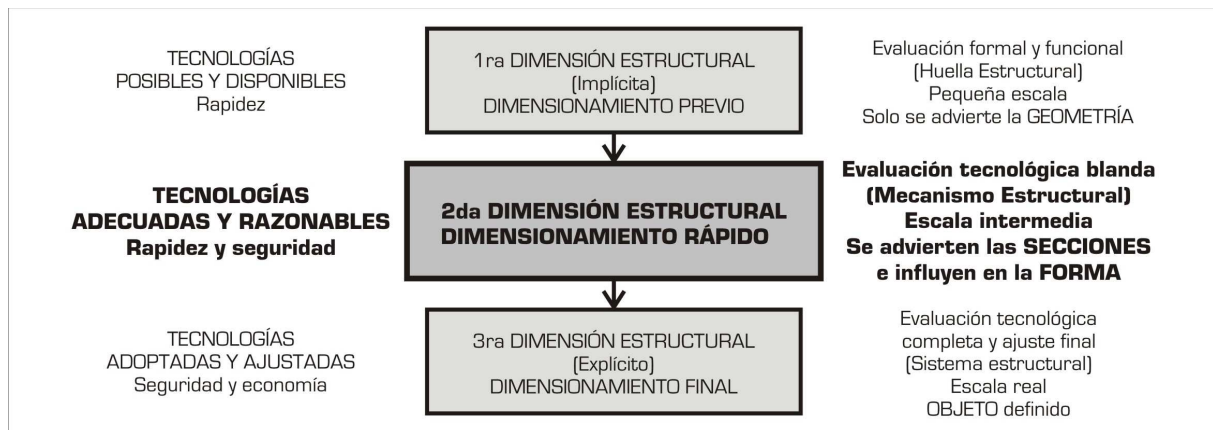


Fig. 5: Acciones de cálculo predominantes

## CLAVES DE DIMENSIONAMIENTO RAPIDO

Dimensionamiento Rápido es un Concepto, no es una receta ni un catálogo de resoluciones determinadas.

El concepto comienza con el reconocimiento de Claves a partir de las cuales la operatoria cobra rapidez y agilidad.

Ante un determinado problema estructural generado por la manipulación del espacio, la clave es lo que identifica y enfatiza lo importante y pertinente en cada momento.

Éstas pueden surgir de diferentes enfoques pero siempre se basan en procedimientos científicos.

- Clave 1: la manipulación morfológica y espacial en el proceso de diseño desde los primeros croquis posee estructura, y debe ser interpretada en cada momento o etapa.

El objeto arquitectónico es un todo, y cada una de sus partes deben mantener su forma y dimensiones en el tiempo, pero solo algunos sistemas o elementos son los encargados de, además de sostenerse a sí mismos, brindar soporte al resto: son los sistemas o elementos estructurales.

- Clave 2: el espacio muta, evoluciona, cambia sus parámetros (sintaxis, escala, magnitud, modulación, superposición), generando situaciones estructurales particulares.

Es necesario identificar el sistema estructural, analizar su comportamiento en general y en particular, identificando los que representan situaciones críticas o trascendentes, y sobre ellos poner máxima atención, ya que con su necesario ajuste final será la expresión y manifestación del objeto.

- Clave 3: es necesario dimensionar elementos o sistemas críticos.

Los sistemas críticos son generalmente los que poseen grandes cargas o cargas atípicas, grandes luces, formas o técnicas novedosas o innovadores, etc.

No solo quedan fuera del análisis los elementos ya dimensionados o prefabricados (infraestructuras, cerramientos, mobiliario, etc.) sino también los que aún integrados al sistema estructural su evolución no pondrá en peligro el proceso.

- Clave 4: las tipologías no implican necesariamente comportamientos estructurales.

La tipología estructural catalogada y estudiada extensamente en la bibliografía es el resultado de consideraciones conceptuales muy específicas, que consideran a la forma junto con sus condiciones. Es común en la práctica proyectual separar la forma de las condiciones, entonces pueden perder la eficiencia estructural original.

Es necesario respetar o priorizar lo invariable, lo que no cambia y sirve de punto de entrada: siempre habrá un sistema de cargas y un sistema de apoyos y una forma de transmisión entre ellos y sollicitaciones internas que permiten el planteo de ecuaciones de dimensionado, independientemente de los materiales, las tipologías, la escala, etc.

- Clave 5: no basta un buen análisis estático si no se llega a las dimensiones y en sentido contrario, un alarde dimensional será insuficiente sin la previa claridad estática.

Los ingeniosos procedimientos simplificados manuales o los avanzados desarrollos en software de análisis estructural pueden engañar en cuanto sus resultados y parecen representar un fin en si mismos, cuando generalmente solo constituyen herramientas para resolver o superar etapas intermedias necesarias pero no suficientes del análisis estructural.

- Clave 6: los materiales son variables, la transmisión de esfuerzos se realiza de manera vectorial, conceptualmente de la misma manera independientemente de las características particulares de la materialización.

Al introducir la variable Material a las estructuras surgen las fórmulas de dimensionamiento. El formato de estas fórmulas, que solo tienen como finalidad confrontar a los datos con las incógnitas, son diferentes según el material utilizado, y aparecen como privativas o exclusivas de cada uno de ellos, pero en realidad las diferencias surgen de las particularidades de cada uno y en última instancia solo reflejan el principio vectorial de acción y reacción.



- Clave 7: El rango de exactitud de las magnitudes utilizadas en los procedimientos matemáticos debe ser coherente con las incertidumbres congénitas que los mismos tienen.

La ciencia de la Ingeniería Estructural debe establecer hipótesis simplificadoras, que introducen incertidumbre y reducen precisión: *“incertidumbres fenomenológicas, de decisión, en el modelo, de predicción, físicas, estadísticas, de factores humanos, etc.”* (Moller, Oscar (2005) Hormigón Armado. UNR editora. Rosario).

Estos recortes de la realidad, cuyo fin es realizar un cierre epistemológico del área del conocimiento desvela a los ingenieros, abocados a las definiciones últimas de las obras a construir, pero alivia a los arquitectos que recorren el camino del diseño, en donde el objeto y sus partes no están completamente definidas y aceptan márgenes de ajustes compatibles con la incertidumbre específica.

## CONCLUSIONES

Los Planes de Estudio de las carreras de Arquitectura se organizan sobre la base de **Ciclos** y **Áreas**. La característica fundamental de los Ciclos es el avance por **complejidad creciente**, y en cada Área esta complejidad se debe respetar de manera sincronizada en el espacio asignado (asignaturas).

La inclusión curricular del concepto **Dimensionamiento Rápido** es de especial pertinencia en los Ciclos Superiores, profesionales o de síntesis en las carreras de Arquitectura, aunque sus fundamentos deben incluirse como marco de referencia en las planificaciones de los Ciclos anteriores de formación.

El concepto de Ciclo implica una **transversalidad** entre las diferentes Áreas de conocimiento, por lo tanto es imprescindible contar con un medio de **Integración** entre las asignaturas de estructuras del área de tecnología con las asignaturas troncales o talleres de proyecto arquitectónico, con el objetivo puesto en el logro de la imprescindible **Síntesis**.

En los ciclos superiores el protagonista es el diseño arquitectónico de alta complejidad, con una importante influencia de la llamada arquitectura “High Tech”, en la cual existe una confusión respecto de la temática estructural, dándose la situación casi contraria: las extraordinarias manifestaciones de la arquitectura contemporánea así denominada, en la inmensa mayoría de los casos son materializadas por estructuras conceptualmente sencillas y claras. La Alta Tecnología no se manifiesta en la complejidad conceptual, sino en la escala, la materialización, los procedimientos de detallamiento, fabricación y montaje, etc. La razón es más que evidente, principalmente la escala y el costo de estas manifestaciones arquitectónicas exigen resoluciones estructurales conceptualmente sencillas y directas. Son muchos los casos en que esto no ha ocurrido así y los resultados no por poco conocidos han sido menos catastróficos.

La metodología operativa desarrollada en el presente trabajo da respuesta concreta a la secuencia de **complejidad creciente** de los planes de estudio organizados en

ciclos y áreas, ya que implica una entrada conceptual, respetando el origen del problema, calibrando las operaciones según el grado de definiciones, activando las invariantes del análisis específico, identificando claves disparadoras de decisiones operativas y obteniendo resultados que posibilitan decidir, avanzar e innovar.

El concepto es utilizado en los ámbitos profesionales, por arquitectos en el diseño arquitectónico, por equipos multidisciplinares en la evaluación de premisas y definiciones comunes, por ingenieros estructuralistas en la carga de datos para análisis computacionales, por evaluadores o revisores de proyectos para cumplimiento de criterios, etc. ya que plantea un enfoque estratégico con un contenido táctico que permite el abordaje estructural solo limitado por los objetivos planteados. Lamentablemente es raramente aprovechado y transmitido de manera clara y orgánica por los docentes en arquitectura, tanto de las asignaturas de estructuras como de las propias de proyecto arquitectónico, en general personificados por los mismos profesionales.

Con el concepto de **Dimensionamiento Rápido**, denominación provisoria y revisable pero elegida por su claridad y firmeza, se supera la etapa de diagnóstico y se pone en discusión su pertinencia en el diseño, planificación y protagonismo de las estrategias de enseñanza-aprendizaje de la temática estructural en los planes de estudio de las carreras de Arquitectura.

## **ANTECEDENTES**

CAI+D 2000: Adecuación de la enseñanza de las estructuras resistentes en los procesos de diseño, para los niveles superiores de la carrera de arquitectura, incluyendo la aplicación y actualización de los medios informáticos disponibles. FADU–UNL. 2000 – 2004 Director: Arq. Carlos Rubén Sastre - Codirector: Ing. Enrique Luis Chiappini.

Plan de estudio 2001. Sub Área de Estructuras. Autores: Ing. Enrique Luis Chiappini, Arq. Carlos Rubén Sastre. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Concursos Docentes Ing. Enrique Luis Chiappini. 1988– 1996 –2001. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

Ponencia: “Dimensionamiento Ad Hoc, Adecuación de la enseñanza de las estructuras resistentes en los procesos de diseño para los niveles superiores de la carrera de arquitectura”. Enrique Luis Chiappini, Carlos Rubén Sastre. XX Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural, AIE, Buenos Aires, Octubre 2008 y Jornada “Estructuras en Arquitectura”, UNC, Córdoba, Junio 2009.

## **NOTA**

El presente trabajo será presentado en el 3er. Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura, 1 y 2 de Julio de 2010, FADU-UNL, Santa Fe, Argentina.