

METODOLOGÍA, HERRAMIENTAS Y CRITERIOS DE ENSEÑANZA DE ESTRUCTURAS EN ARQUITECTURA

**Arq. Hugo Bonaiuti, Ing. Alberto Elicabe, Arq. Raquel Fabre, Ing. Alicia Adler,
Arq. Eduardo Wuthrich**

Av. Vélez Sársfield 264 - CP X5000JJP
Tel: (54 351) 4332091 - 96 -- Fax: (54 351) 433-2092
Alberto Elicabe <arelicabe@gmail.com>

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba
Cátedra Estructuras IA, Estructuras IIA y Estructuras III. Córdoba, Argentina.

ENSEÑANZA - METODOLOGÍA - ESTRUCTURAS DOCENCIA Y CURRÍCULO ACADÉMICO

RESUMEN

Si bien no se puede hablar de una “crisis” en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las disciplinas de Estructuras en las facultades de Arquitectura, si se pueden reconocer ciertas dificultades que se manifiestan negativamente en la integración curricular, que el alumno debe realizar mientras desarrolla sus proyectos en las asignaturas de Diseño Arquitectónico.

El presente trabajo expone la experiencia de visión compartida de la temática estructural puesta en práctica en las asignaturas Estructuras I A, II A, III de la FAUD, UNC. Este enfoque responde a acuerdos y, principalmente, a la formación docente conjunta de quienes son responsables de los respectivos equipos de trabajo.

El eje en que se desarrollan las tres asignaturas es la aplicación práctica de los conocimientos estructurales al proceso de diseño arquitectónico. Lo expresado requiere que en cada nivel, adecuado a las habilidades adquiridas, se incorporen planteos estructurales, su análisis, evaluación y reformulación sobre construcciones diseñadas por los alumnos y, en ocasiones, con obras seleccionadas en las que la resolución estructural reviste una importancia significativa.

Para lograr la continuidad buscada en este proceso de enseñanza-aprendizaje se emplean en las tres asignaturas los mismos criterios, el mismo vocabulario y las mismas modalidades. Esto facilita al alumno a profundizar los conceptos y, permite, entre otras cosas, un rápido predimensionado con el fin de integrarlo al proceso de diseño sin constituir un capítulo separado.

Para lograr el objetivo se pone a disposición de los alumnos una variedad de softwares, varios de ellos desarrollados por los integrantes de los equipos con fines didácticos, y presentados con códigos compartidos. Se estimula a través de una misma gráfica y esquemas a espacializar la estructura, relacionándola con las variables tecnológicas. También se realizan diversas experiencias con modelos, tendientes a facilitar la comprensión de distintos fenómenos, los alumnos trabajan en taller practicando la ejecución a escala de elementos estructurales.

INTRODUCCIÓN

La experiencia surgió de acuerdos logrados luego de reuniones de docentes responsables de la conducción de diferentes asignaturas, preocupados por el escaso entendimiento de las estructuras que evidenciaban los alumnos en sus trabajos de arquitectura.

De esta manera fue posible realizar una experiencia que se destaca como muy favorable para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las estructuras, cuyos resultados comienzan a verse en los trabajos de los alumnos en las cátedras de arquitectura en una integración curricular propicia.

Señalamos algunos de los elementos, que consideramos importantes, logrados en la formación del alumno:

- El uso de un vocabulario común;
- La utilización de procedimientos similares para resolver problemas cada vez más complejos (software específicos en su mayoría desarrollados por integrantes de los equipos de las cátedras que son compartidos entre los diferentes niveles);
- La utilización de modelos, también compartidos, que muestran aspectos simulados del comportamiento de estructuras o piezas estructurales frente a la acción de distintos tipos de solicitaciones;
- El avance en profundidad de los contenidos, como si se tratara de una espiral del conocimiento que va avanzando de lo general a lo particular;
- La utilización directa de los contenidos aprendidos tanto en los trabajos específicos en las cátedras de estructuras, como en su aplicación integrada;
- El fomento del desarrollo de un pensamiento crítico que estimule la búsqueda de la mejor solución;
- La adquisición de habilidades y destrezas para analizar y proponer sistemas estructurales; predimensionarlos, etc.

DESARROLLO

Se muestra algunos de los abordajes de diferentes contenidos.

Mecanismo Estructural

En estructuras I se introduce a los alumnos el concepto de mecanismo estructural mínimo estable como condición “sine qua non” requerida en cualquier obra de arquitectura. En una primera aproximación, en EIA, los estudiantes trabajan en taller con modelos tridimensionales de cartón (Figura 1).

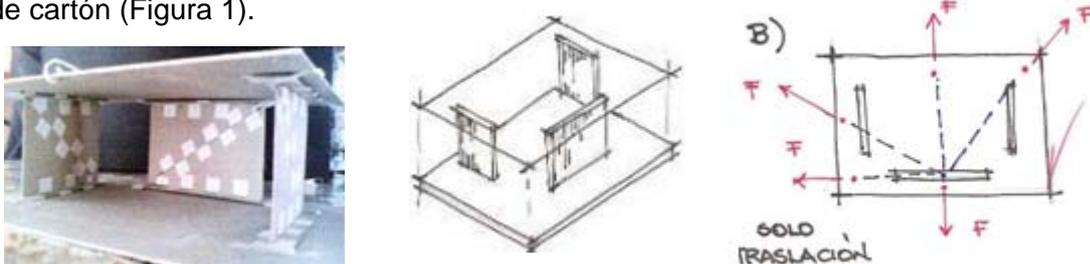


Figura 1. Modelo de mecanismo mínimo estable

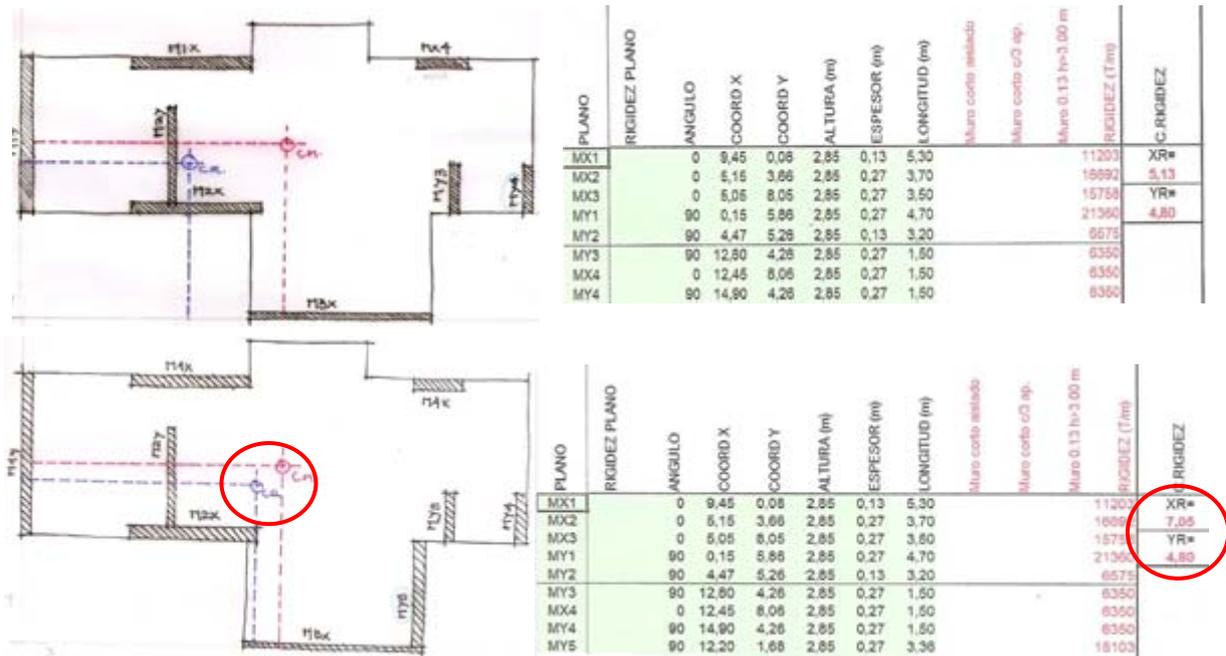


Figura 2. Planilla Excel – Centro de Masa – Centro de rigidez

En clases sucesivas y sobre diseños acordes al nivel que cursan, los alumnos, señalan los planos resistentes verticales, calculan las coordenadas del centro de masa y del centro de rigidez. Para ubicar este último punto notable y minimizar el efecto torsional sobre la construcción, utilizan una planilla Excel (Figura 2).

El tema es retomado en Estructuras III (nivel IV) abordando en profundidad el diseño de mecanismos estructurales solicitados a acciones de naturaleza sísmica.

Para verificar el mecanismo y cada uno de sus componentes se utiliza la planilla Excel de características similares a la ya empleada. En este caso, el software contempla todas las evaluaciones demandadas por el Reglamento.

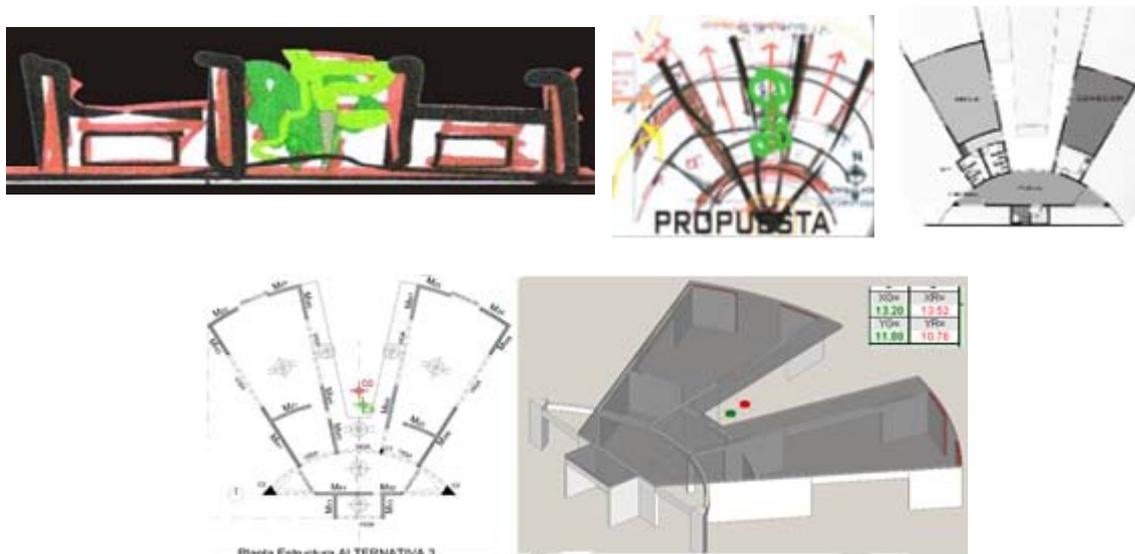


Figura 3. Proyecto y Maqueta de planos resistentes verticales

El trabajo se completa con los planos y detalles gráficos propios de la actividad profesional (Figuras 3 y 4).

DATOS Y RESULTADOS GENERALES				PLANO	RIGIDEZ PLANO	ANGULO	COORD X	COORD Y	ALTURA (m)	ESPESOR (m)	LONGITUD (m)	Muro corto aislado	Muro corto c/3 ap.	Muro 0.13 Grupo A	Muro 0.13 Zona 3-4	Muro 0.13 K>0	Muro 0.13 h>3.00 m	RIGIDEZ (T/m)	Est NORMAL (T)	EXCENTR. (m)	Centr=1/No=0)	Vp	Vur	Nv	
LONG.	C. MASA	ORIGINE		Mx1	0	0,00	2,30	3,00	0,18	4,80								13922	12,39	0,22	1	17,46	19,20	18	
				Mx2	0	0,00	2,30	3,00	0,18	1,70								4560	3,73	0,25	0	5,72	6,66	5	
				My1	90	11,10	0,00	3,00	0,18	2,40								6682	2,11	1,20	0	6,50	8,75	4	
				My2	90	15,30	0,00	3,00	0,18	2,40								6682	2,11	1,20	0	5,87	8,75	4	
LX=	XG=	XR=		Mw1	121	4,74	10,30	3,00	0,18	3,29								9371	23,79	0,51	0	10,19	16,33	26	
26,40	13,00	13,89		Mw2	121	4,74	10,30	3,00	0,18	2,20								6077	18,29	0,61	0	6,61	11,41	20	
				Mw3	102	10,94	7,59	3,00	0,18	3,20								9099	16,90	0,28	1	8,32	14,59	19	
LY=	YG=	YR=		Mw4	102	10,94	7,59	3,00	0,18	2,20								6077	23,04	0,59	1	5,56	12,40	24	
22,09	11,87	11,02		Mw5	102	10,94	7,59	3,00	0,18	2,20								6077	26,16	0,65	1	5,56	13,04	28	
				Mw6	78	16,44	12,29	3,00	0,18	3,95									11361	31,10	0,66	1	10,69	20,13	34
				Mw7	78	16,44	12,29	3,00	0,18	2,20									6077	26,16	0,65	1	5,72	13,04	28
				Mw8	59	21,66	10,30	3,00	0,18	6,40									18739	21,41	0,75	0	18,74	26,61	27
				Mw9	59	21,66	10,30	3,00	0,18	3,20									9099	20,04	0,67	0	9,10	15,24	22
				Mz1	21	5,59	9,07	3,00	0,18	5,30									15428				13,79	18,36	4
				Mz2	157	17,05	8,85	3,00	0,18	3,30									9401				11,04	11,43	2
				Mz3	33	2,36	19,43	3,00	0,18	2,75									7741				9,97	9,63	2
				Mz4	18	5,21	20,79	3,00	0,18	2,75									7741				10,25	9,63	2
				Mz5	162	21,19	20,79	3,00	0,18	2,75									7741				12,18	9,63	2
				Mz6	147	24,04	19,43	3,00	0,18	2,75									7741				12,31	9,63	2

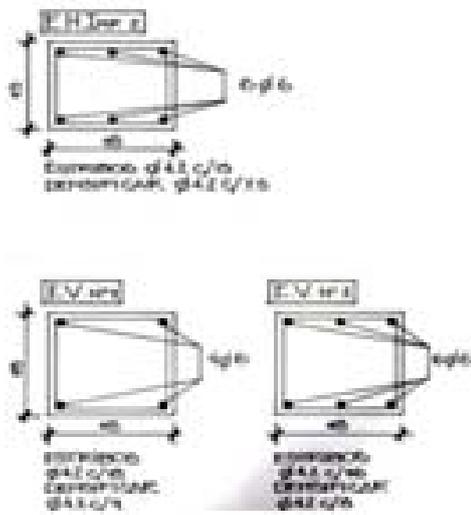


Figura 4. Planilla Excel – Detalles constructivos

Análisis de cargas

En el primer nivel, el objetivo principal del análisis es comprender espacialmente la organización estructural y la transferencia de cargas gravitatorias entre los elementos que componen el sistema.

El análisis de cargas se realiza por áreas de influencia. En una primera etapa se trabaja con maquetas de organizaciones estructurales. Se incentiva a la comprensión de las proporciones en relación a los valores cuantitativos (Figuras 5 y 6).

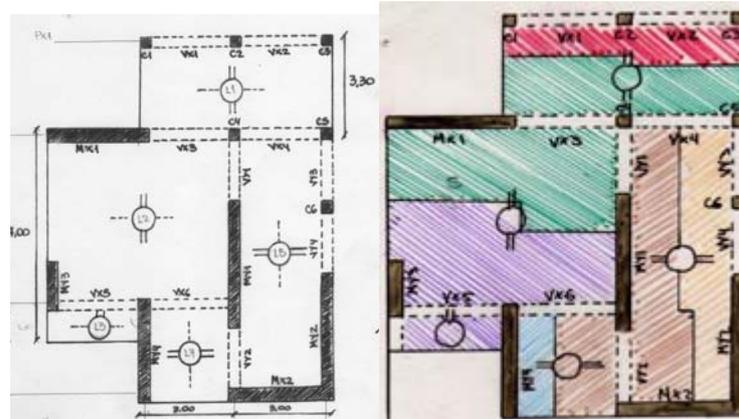


Figura 5. Planta de estructura – Planta áreas de influencia

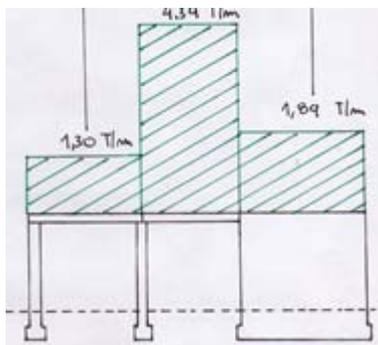
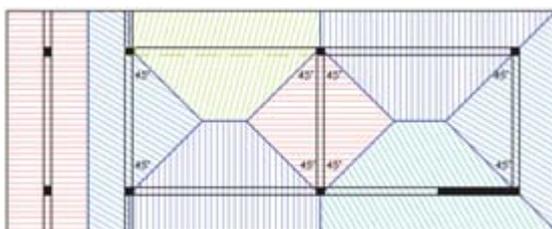
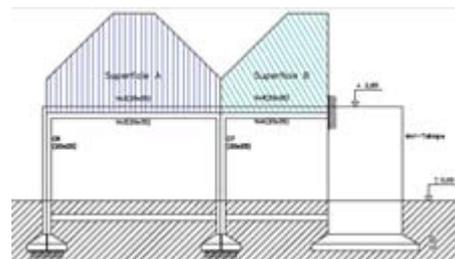


Figura 6. Vista de plano resistente – Maqueta

En el segundo nivel, se profundiza el análisis usando la misma metodología en estructuras hiperestáticas de hormigón armado. Se introduce la utilización del software para el cálculo de solicitaciones gravitatorias. Se hacen experiencias manipulando maquetas para la comprensión del área de influencias sobre las columnas (Figura 7).



Losa Inferior / Líneas de Rotura de Losas - Esc: 1:100

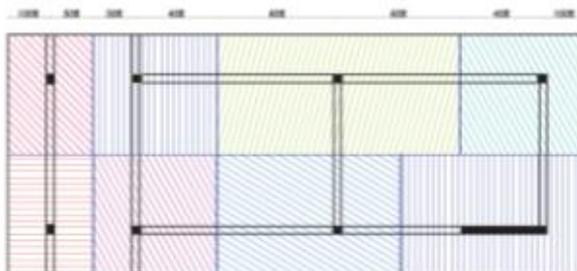


C3: $Sup = 18,78 \text{ m}^2$
 $P_{\text{col}} = 18,78 \text{ m}^2 \times 1368 \text{ Kg/m}^2 = 25691,04 \text{ Kg}$
 $= 25,69 \text{ Tn}$

DATOS							Col. cuadrada		columna rectangular		
Fc	col.	lgs	fu	Pz	(Mx)j	lado	lado	(Mx)j	lado menor	lado mayor	
MPa		cm	en	t	en	en	en	en	en	en	
20	3	B	2,7	25	36	250		45	209	250	

C10: $Sup = 16,95 \text{ m}^2$
 $P_{\text{col}} = 16,95 \text{ m}^2 \times 1368 \text{ Kg/m}^2 = 23187,6 \text{ Kg}$
 $= 23,18 \text{ Tn}$

DATOS							Col. cuadrada		columna rectangular		
Fc	col.	lgs	fu	Pz	(Mx)j	lado	lado	(Mx)j	lado menor	lado mayor	
MPa		cm	en	t	en	en	en	en	en	en	
20	10	B	3,35	24	45	250		56	209	250	



Losa Inferior / Área de Influencia de Columnas - Esc: 1:100



Figura 7. Planta de áreas de influencia – Software – Modelado

En Estructuras III los alumnos predimensionan a cargas gravitatorias; utilizando las metodologías y herramientas aprendidas en los años anteriores, permitiendo abordar los temas específicos de la asignatura (acciones sísmicas).

Análisis Gravitatorio

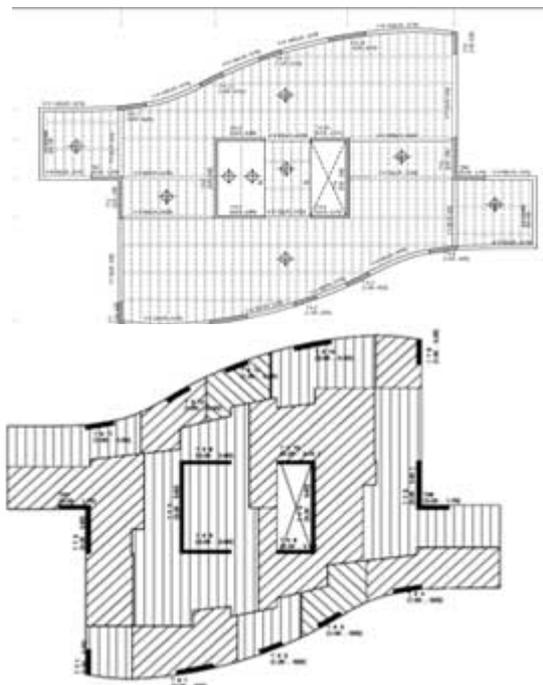


Fig. 8 – Áreas de influencia Edificio en altura

Análisis sísmico

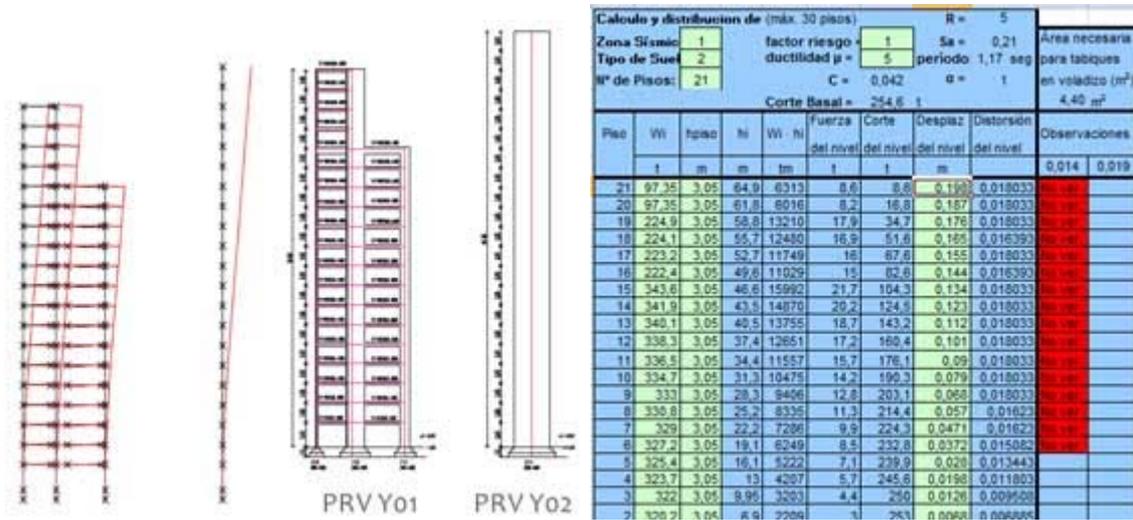


Figura 9. Modelado – Planilla Excel

Comportamiento de los elementos estructurales (deformada)

La utilización de modelos didácticos es un común denominador en las asignaturas. Se muestran algunos de los empleados en los distintos niveles. Estructuras IA - Análisis de esfuerzos en viga simplemente apoyada

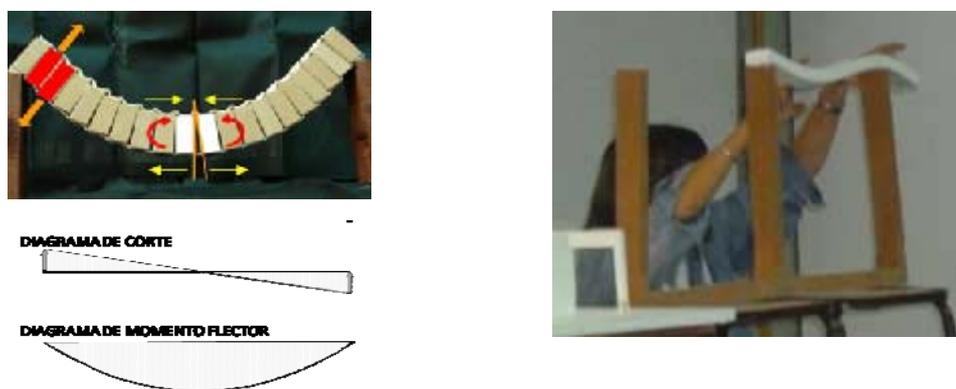
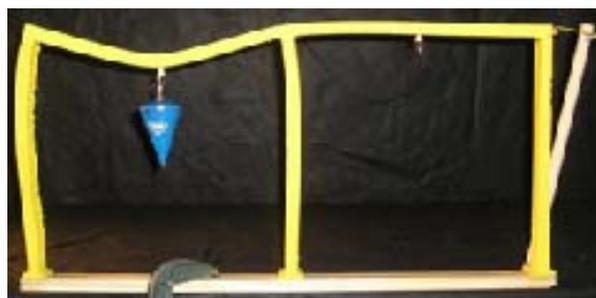


Figura 10. Análisis de esfuerzos

Estructuras IIA - Estructuras III



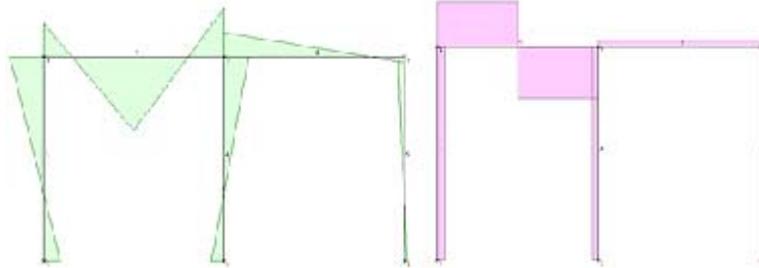


Figura 11. Deformación de estructuras continuas

Estructuras III



Figura 12. El edificio en altura

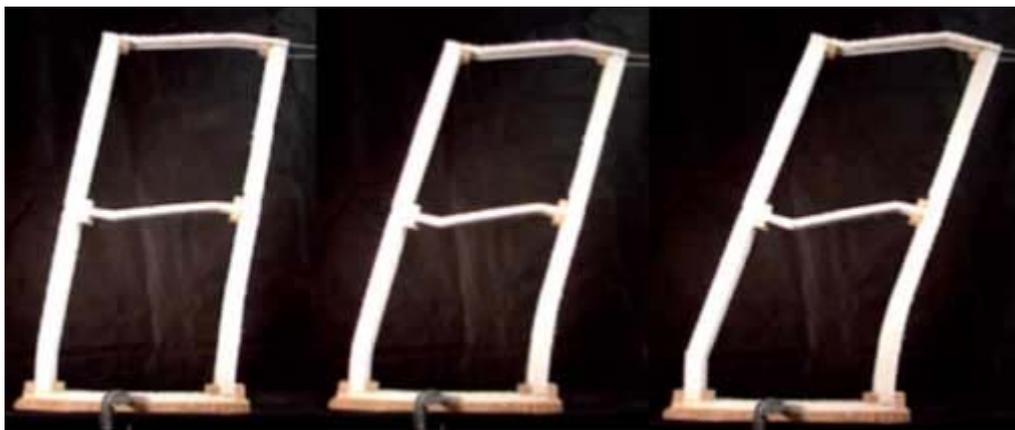


Figura 13. Generación de Rotulas Plásticas

Experiencia de integración curricular

El trabajo final, en vinculación con las cátedras de Arquitectura de nivel II, es el planteo del mecanismo estructural en el proyecto que desarrollan los alumnos. Se destaca que los estudiantes diseñan el objeto de arquitectura y su estructura en paralelo, cotejando la coherencia y compatibilidad de ambos planteos (Figura 14).



Figura 14. Planteo del mecanismo estructural

Se relatan las experiencias de integración curricular realizadas entre las cátedras de Arquitectura IV y Estructuras III, ambas del cuarto año de la FAUD, sobre trabajos prácticos formulados por la cátedra de diseño en los que la asignatura Estructuras actúa como apoyo sobre las temáticas específicas.

Los contenidos curriculares básicos de ambas cátedras se pueden sintetizar en el diseño de edificios institucionales con su entorno urbano inmediato para Arquitectura y edificios sismorresistentes para Estructuras.

La participación de los docentes de Estructuras consiste, en brindar asesoramiento a los alumnos y desarrollar críticas colectivas, junto con los docentes de Arquitectura, tomando como ejemplos trabajos desarrollados en el Taller.

En la experiencia se destaca la utilización de conceptos y criterios estructurales como: configuración estable de la estructura y adecuada distribución de rigideces y resistencias.

Se realiza un registro fotográfico de los trabajos en taller y se desarrolla la explicación de los conceptos y criterios estructurales necesarios para su interpretación sobre el material registrado.

El análisis de los trabajos se plantea ordenado según los siguientes elementos:

Objetivos del Proceso de Diseño del Mecanismo Estructural

Lograr un Mecanismo Estructural que sea:

- Eficiente en si mismo.
- Que resulte coherente y compatible con el producto de diseño y factible de construir en el medio.
- Planos superiores (cubiertas y entresijos)

Cumplen con el objetivo de asegurar la rigidez del plano superior.



Figura 15. Planos superiores

- Tipologías de planos portantes
Pórticos, tabiques, triangulaciones, mástiles, etc.
- Reconocimiento de los elementos estructurales
Requerimientos para cubrir luces importantes



Figura 16. Planos verticales

CONCLUSION

El Arq. Daniel Moisset de Espanés, hace décadas, incorporó nuevas metodologías y didácticas en la enseñanza de las estructuras en arquitectura en la FAUD, generando una nueva forma de abordar el tema. El Arq. Hugo Bonaiuti consolidó la pedagogía empleada y los equipos de trabajo. La tarea de formación de recursos humanos efectuada por los docentes mencionados generó un clima propicio para la tarea desarrollada en la actualidad. Existe una unidad de criterios y objetivos y al mismo tiempo diversidad en las aplicaciones, dentro de un clima de mutuo respeto, y acompañamiento de las diversas experiencias, compartiendo en muchos casos herramientas y metodologías.

El reconocimiento de la habilidad adquirida por el arquitecto en cuanto a expresar y comprender mejor cualquier fenómeno a través de la imagen es, en definitiva, el elemento primordial que orientó por largos años a este equipo de trabajo en la búsqueda de procesos metodológicos y nuevos elementos didácticos para hacer más interesante la asignatura y despertar la curiosidad del alumno.

La integración curricular es una metodología muy eficaz para que el estudiante compruebe que puede utilizar criterios estructurales válidos desde las tempranas etapas de su diseño en las asignaturas de Arquitectura. En síntesis, “perder el miedo” de proponer una estructura mientras está diseñando.