

# PRÁCTICA DE VINCULACIÓN DE ARMADURAS EN NUDOS DE ENCADENADO

Ing. Alberto Elicabe – Arq. Eduardo Rodríguez – Arq. Eduardo Wuthrich  
Arq. Julieta Mansilla

Cátedra Estructuras III - Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño

Universidad Nacional de Córdoba – Córdoba - Argentina.

## RESUMEN

La currícula de la asignatura Estructuras III (nivel IV de arquitectura de la F.A.U.D. – U.N.C.) aborda el diseño de mecanismos estructurales solicitados a acciones de naturaleza sísmica. Estos incluyen edificios en altura y construcciones de mampostería sismorresistente.

Desde hace varias décadas el tema de mampostería se practica en una construcción de baja complejidad funcional diseñada por los alumnos. Los estudiantes del nivel reconocen y pueden plantear mecanismos mínimos estables, por lo que el objetivo es profundizar estos conocimientos con parámetros reglamentarios.

Estos incluyen el reconocimiento de los planos resistentes, su apropiado encadenamiento y la correcta resolución del armado. La práctica de taller comprende la tarea de diseño, análisis estructural, evaluación de resultados y graficación de detalles. Parte del proceso se realiza con herramientas informáticas que resuelven los cálculos y permiten analizar diversas propuestas a fin de lograr una adecuada eficiencia.

Para afianzar los conceptos teóricos relacionados con el mecanismo resistente de los muros encadenados se realizan ensayos de muros de micromampostería que permiten visualizar su comportamiento bajo solicitaciones horizontales. Habiéndose entendido el fenómeno se practica en taller la resolución de los nudos de armadura mediante la ejecución de maquetas de alambre torsionado.

Esta tarea brinda la visión espacial del diseño y evidencia las dificultades propias de su ejecución.

La evaluación de la experiencia resulta altamente positiva, despierta el interés de los alumnos y tiene repercusión en su futura práctica como profesional responsable.

## INTRODUCCIÓN

La asignatura Estructuras III se ubica en el 4º nivel de la carrera de Arquitectura de la FAUD, UNC, y tiene inscriptos 1053 alumnos.

A fin de superar las dificultades que supone el pensamiento abstracto se han diseñado diversas metodologías tendientes a facilitar el aprendizaje. Una de ellas está referida a los encadenados de los muros sismorresistentes.

Para ello se realiza un trabajo práctico de mampostería en el cual se ejercita la aplicación de los conceptos teóricos a un ejercicio de diseño de una construcción de baja complejidad. Sobre dicha construcción, diseñada por grupos de 5 estudiantes, se propone el mecanismo estructural y posteriormente se realiza el análisis de su funcionamiento y la evaluación de su eficiencia, culminando con la graficación de detalles constructivos de los planos resistentes y uniones de encadenados.

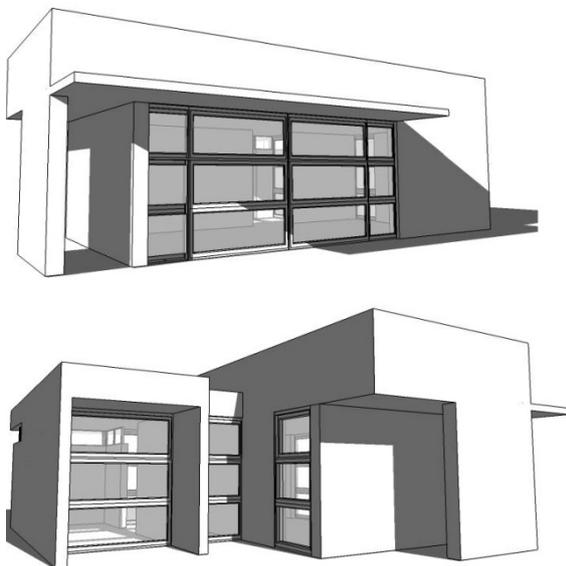


Figura 1 – Ejercicio de diseño

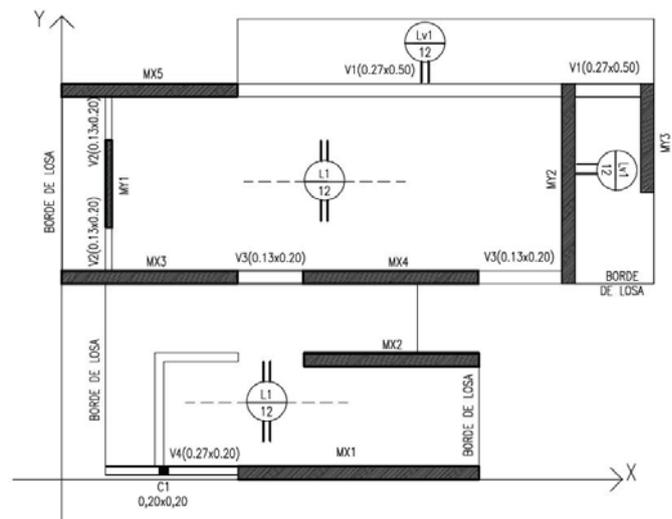


Figura 2 – Mecanismo estructural propuesto

Durante el desarrollo de este trabajo práctico se emplean dos tipos de modelos a escala que facilitan la comprensión de la problemática en estudio:

Modelos de **micromampostería encadenada**, construidos por docentes y adscriptos para ser ensayados en clase junto a los estudiantes, y modelos de **nudos de encadenados**, construido por los alumnos en base a su propio trabajo práctico.

## MURO DE MICROMAMPOSTERÍA

Para analizar el mecanismo resistente de un muro encadenado se emplean muros de micromampostería los que son ensayados y su rotura visualizada por los alumnos.

El muro es construido por docentes, con la colaboración de los alumnos adscriptos, en escala 1:10 mediante microladrillos de arcilla, mortero cementicio y armaduras de alambre.

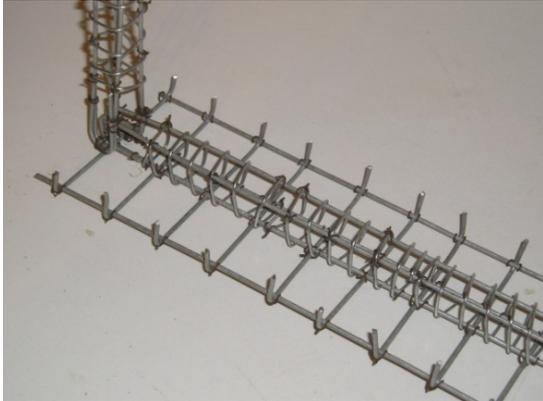


Figura 3 - Encadenado inferior dentro de una plantilla de fundación.



Figura 4 - Fundación hormigonada

Posteriormente se realiza un ensayo de comportamiento del mismo frente a una fuerza horizontal, aplicada en el nudo de encuentro del encadenado superior con un encadenado vertical, simulando la situación de una fuerza originada por un sismo, que actuaría aplicada en la losa de la construcción.

Durante el ensayo realizado en clase frente a los alumnos, se puede evidenciar el mecanismo resistente del muro encadenado, la formación de una biela comprimida de mampostería y la aparición de grietas en diagonal en coincidencia con los esfuerzos de tracción.



Figura 5 - Muro de micromampuestos cerámicos encadenados



Figura 6 - Muro ensayado en clase.

<http://estruc3.blogspot.com.ar/2008/12/mamposteria.html>

## NUDO DE ENCADENADOS

En la última etapa del trabajo práctico, y con el apoyo de herramientas informáticas, los alumnos analizan los esfuerzos que se generan en los encadenados de la construcción de mampostería que han diseñado y proceden a establecer dimensiones y armaduras conforme a los parámetros reglamentarios.

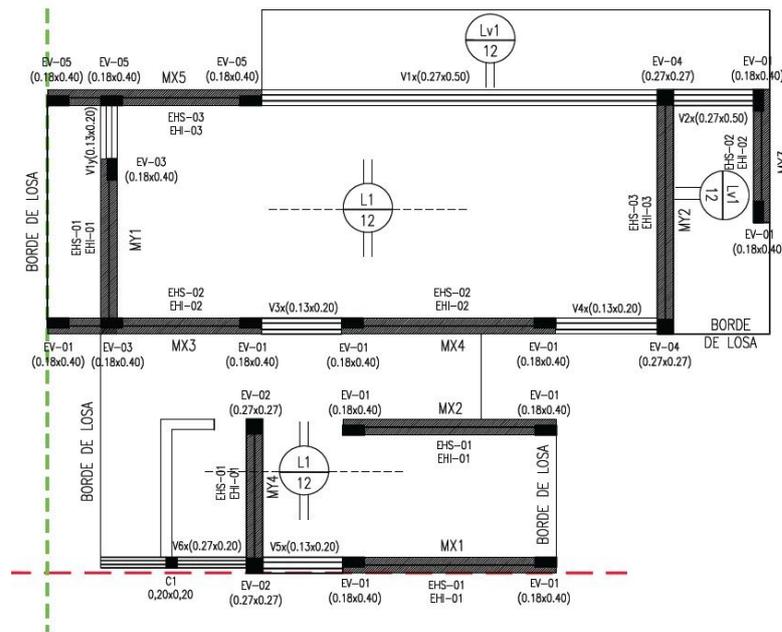


Figura 7 – Diseño de encadenados

Plano	Esfuerzos		Encadenado Vertical										Enc. Horiz. Superior										E. Horiz. Inferior										SIGUE E.H. Interm. E.V. Interm.
	Vp	Nc	dimens.		pisos arriba	Zona.Crit.	fe long		estribos		Zona.Crit.	dimens.		fe long		estribos		Zona.Crit.	dimens.		fe long		estribos										
			b	d			fe	n°	sep.crit.	sep.norm.		b	d	fe	n°	sep.crit.	sep.norm.		b	d	fe	n°	sep.crit.	sep.norm.									
	T	T	cm	cm	cm	cm2	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm							
mx1	3.55	0.81	18	40	0	80	1.61	6	6	4.2	9	18	27	12	60	0.85	8	4	4.2	6	12	27	15	60	0.85	8	4	4.2	7.5	15			
mx2	3.55	0.45	18	40	0	80	1.61	6	6	4.2	9	18	27	12	60	0.85	8	4	4.2	6	12	27	15	60	0.85	8	4	4.2	7.5	15			
mx3	3.79	0.07	18	40	0	80	1.61	6	6	4.2	9	18	27	12	60	0.90	6	4	4.2	6	12	27	15	60	0.90	6	4	4.2	7.5	15			
mx4	3.79	0.45	18	40	0	80	1.61	6	6	4.2	9	18	27	12	60	0.90	6	4	4.2	6	12	27	15	60	0.90	6	4	4.2	7.5	15			
mx5	7.50	5.88	40	18	0	80	1.61	6	6	4.2	6	11	27	12	60	1.78	6	6	4.2	6	12	27	15	60	1.78	6	6	4.2	7.5	15			
my1	8.70	8.39	40	18	0	80	2.00	8	4	4.2	5	9.6	27	12	60	2.07	8	4	4.2	6	12	27	15	60	2.07	8	4	4.2	7.5	15			
my2	7.59	2.75	27	27	0	80	1.61	6	6	4.2	8	17	27	12	60	1.81	6	6	4.2	6	12	27	15	60	1.81	6	6	4.2	7.5	15			
my3	3.36	4.13	40	18	0	80	1.61	6	6	4.2	9	18	27	12	60	0.80	6	4	4.2	6	12	27	15	60	0.80	6	4	4.2	7.5	15	SI		
my4	5.29	5.48	27	27	0	80	1.61	8	4	4.2	10	20	27	12	60	1.26	8	4	4.2	6	12	27	15	60	1.26	8	4	4.2	7.5	15	SI		
			18	40	0	80	1.61	6	##	4.2	##	##	27	12	60	1.26	8	##	4.2	6	12	27	15	60	1.26	8	##	4.2	7.5	15			

Figura 8 – Planilla de dimensionado de armaduras

Posteriormente se grafican los detalles de armaduras en un muro seleccionado, haciendo hincapié en la resolución de los nudos de encuentro entre encadenados verticales y horizontales.

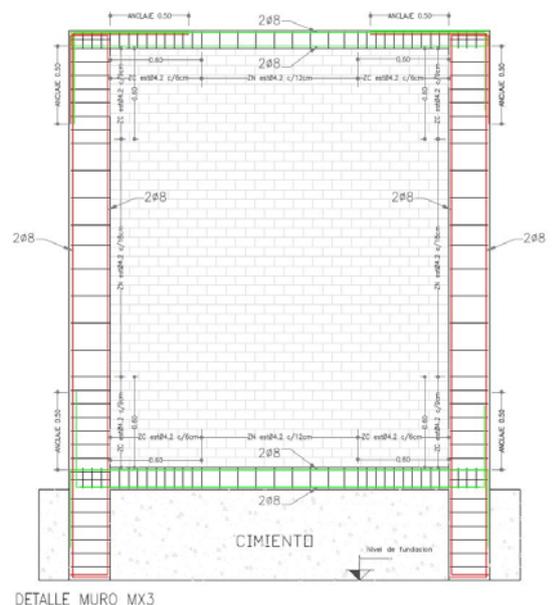


Figura 9 – Detalle de muro

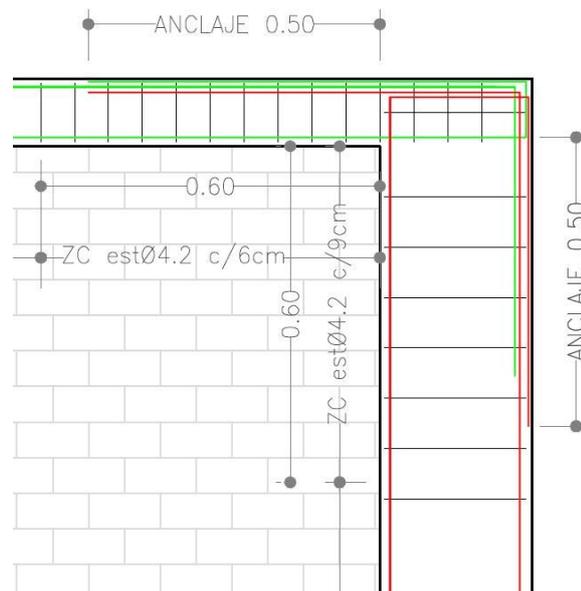


Figura 10 – Detalle de nudo

Cabe indicar que el software utilizado es desarrollado por los docentes de la cátedra, y está en permanente proceso de actualización, al punto de permitir vinculaciones con el programa Autocad sobre el cual usualmente los estudiantes realizan el dibujo de las plantas de arquitectura y estructura en el trabajo práctico.

No obstante lo expresado subsisten diversas dificultades a la hora de interpretar espacialmente el armado. A fin de superarlas se viene desarrollando, desde hace algunos años, una práctica de armado de nudos como tarea de taller.

La tarea se divide por grupos de aproximadamente cinco alumnos los que deben desarrollar, en las tres horas y media que dura el práctico, una maqueta correspondiente al encuentro de dos o tres encadenados. Mediante el adecuado planeamiento de las tareas se obtienen diversos casos los que pueden ser observados por todos los alumnos de la clase.

Los materiales utilizados son: alambre enderezado mediante un proceso de torsionado de distinto diámetro según se trate de barras longitudinales o estribos, y alambre negro de 0,71 mm para las ataduras. La escala adoptada en este caso fue 1:2.



Figura 11 – Elementos de trabajo

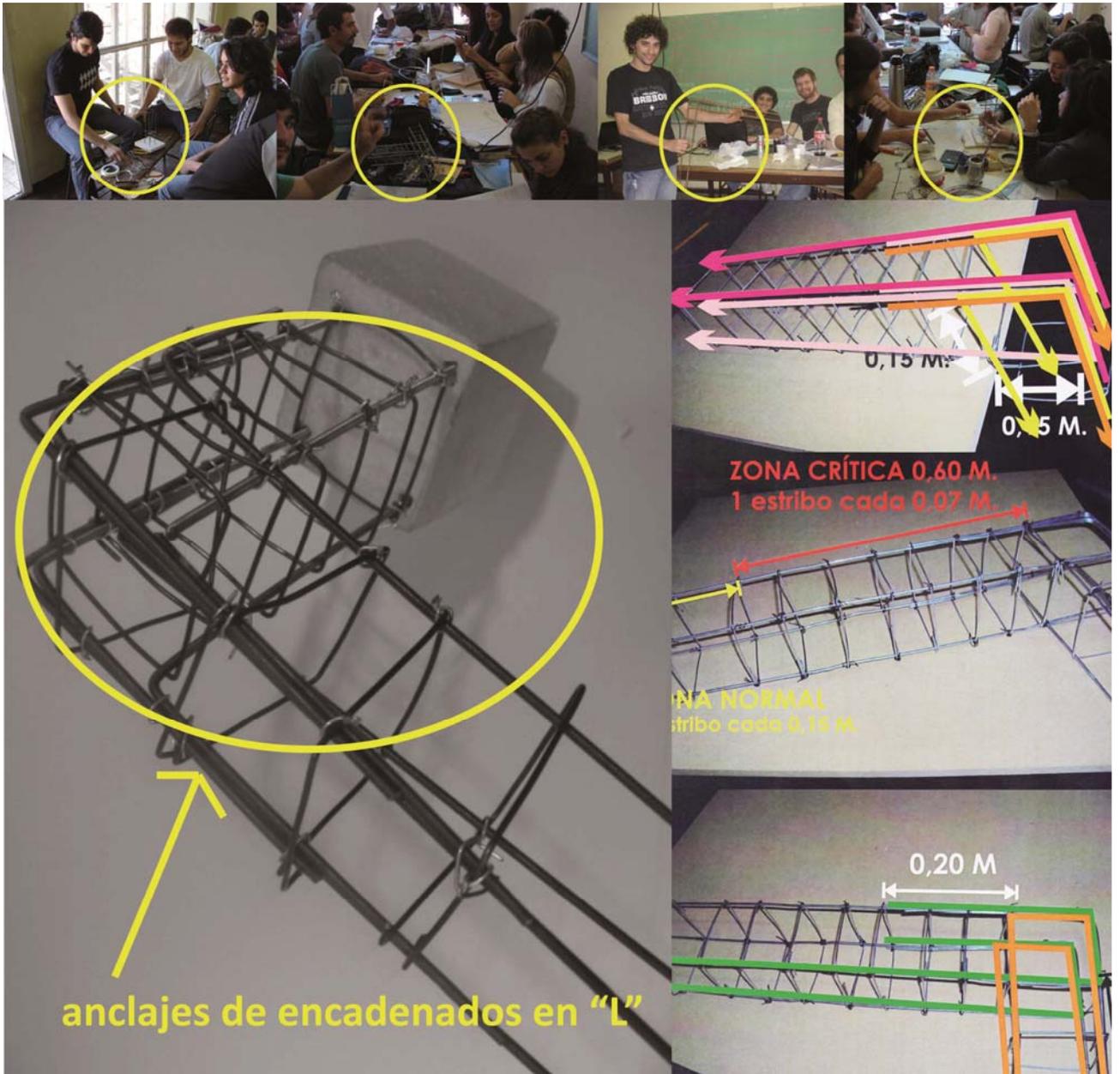


Figura 12 – Maqueta de encadenado / Trabajo en taller

## CONCLUSIONES

Es de resaltar que toda innovación conlleva un largo proceso de prueba y error, y en cada experiencia debe contarse con una apropiada planificación logística y didáctica. Como ejemplo nos remitimos a la figura N°5 donde se observa el dispositivo inicial imaginado para el ensayo del muro y a la N°6 en la que se aprecia el finalmente utilizado, cabe señalar que hubo otras alternativas desarrolladas antes de llegar al adoptado. Lo mismo puede expresarse respecto a la confección de los micromuros, en algún momento se los ejecutó en clase, pero el tiempo insumido atentaba contra el avance previsto.

Para el presente año lectivo se ha previsto contratar el enderezado del alambre a fin de evitar esta tarea a los docentes, quienes generosamente se ofrecieron a realizarla en el 2012. La cantidad de alumnos brinda una idea de la cantidad de metros que fue necesario preparar. El entusiasmo y espíritu colaborativo de los docentes es el primer peldaño y el que conduce a buenos resultados.

Esta tarea permitió imaginar otras en asignaturas del mismo campo disciplinar, las que han resultado altamente positivas para la comprensión de los planos de armado por parte de los alumnos.

El clima generado al elaborarse un producto en forma colaborativa resulta favorable al proceso de aprendizaje.

El contar con un elemento tridimensional permite comprender las dificultades involucradas en su diseño y facilita la visualización de los elaborados por los compañeros (es más fácil apreciar lo que los demás están haciendo).

La experiencia genera un aprendizaje y concientización de la importancia de un correcto armado de los encadenados, aportando a un futuro desempeño profesional responsable.

Se incorporará en el presente año las armaduras correspondientes a la plantilla de fundación, la que entendemos como propuesta superadora del cimiento de hormigón ciclópeo para zonas de actividad sísmica. Además, y con el objetivo de implementar el trabajo colaborativo, se distribuirán roles en los talleres con el fin de obtener el muro encadenado completo (no solo nudos aislados como se realizó años anteriores).

Se está analizando la posibilidad de utilizar mampuestos que simulen bloques huecos de hormigón a fin de materializar muros en una escala aproximadamente de 1:3. Esta tarea no insume el tiempo que requiere el uso de pequeños micromampuestos cerámicos.

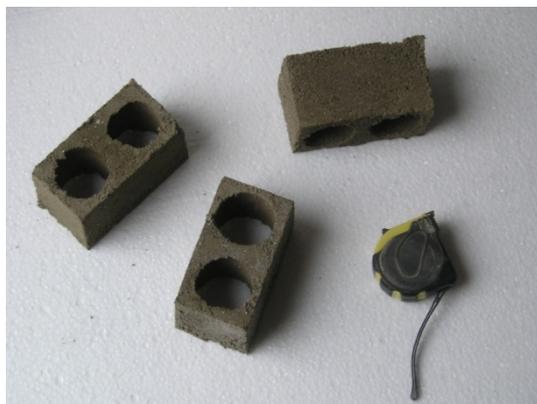


Figura 13. Microbloques