

## **INNOVACIÓN EN EL USO DE PLANILLAS EXCEL PARA LA ENSEÑANZA DE ESTRUCTURAS EN ARQUITECTURA**

**Ing. Alberto Elicabe, Arq. Isolda Simonetti, Arq. María Julieta Mansilla, Arq. Gustavo G. Gonzalez, Arq. Nahuel Ghezan, Ing. Horacio Altamirano**

Av. Vélez Sársfield 264 - CP X5000JJP  
Tel: (54 351) 4332091 - 96 -- Fax: (54 351) 433-2092  
Nahuel Ghezan [soy\\_nahuel@hotmail.com](mailto:soy_nahuel@hotmail.com)

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

### **SOFTWARE – DIDÁCTICA - ALUMNO DOCENCIA Y CURRÍCULO ACADÉMICO**

En una época donde las metodologías de enseñanza se diversifican, y la tecnología de la información y la comunicación han alcanzado a ser totalmente cotidianos para las nuevas generaciones (llamadas nativas digitales), se proponen nuevos usos de los software en la instrumentación de las estructuras en Arquitectura.

Los alumnos de arquitectura, tienen competencias gráficas e informáticas, habilidades para ubicarse en el espacio, facilidad para interpretar esquemas, y especial interés por las imágenes que relacionan con procesos creativos y constructivos. A partir de estas capacidades se introduce una metodología que incluye la utilización de recursos informáticos contemplando las características de los estudiantes.

Se desarrollaron planillas pensadas para integrar contenidos teóricos y prácticos. En ellas se incorporan hipertextos y pestañas, atendiendo a la lógica de multipantallas, propuesta por internet, en las que se encuentra información reglamentaria textual y gráfica.

Estas planillas fueron diseñadas para facilitar la resolución de cálculos complejos de forma tal que el alumno se enfoque en el diseño, el cual además, debe ser coherente y compatible con la materialidad. Este recurso permite, además, verificar rápidamente distintas alternativas de resolución del proyecto, incorporando herramientas acordes a las habilidades propias del estudiante de arquitectura, tales como el uso de AutoCAD para introducir datos, la lectura a través de gráficos y variables de selección para verificar la viabilidad de las propuestas.

El uso de técnicas informáticas con un sentido didáctico introduce al alumno en el uso de software específicos, con condicionantes definidas que permiten sortear la tarea procedimental y centralizarse en el manejo de las variables que inciden en los parámetros proyectuales, en busca de una retroalimentación que le permita tomar decisiones de diseño.

En otras palabras, como dice Alicia de Camilloni "...se busca alentar...el desafío de usar, con sabiduría práctica, el instrumental a disposición, para la mejora efectiva de las prácticas de enseñanza..."

## INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de las habilidades de los estudiantes de arquitectura en cuanto a expresar y comprender mejor cualquier fenómeno a través de la imagen y la irrupción de la tecnología como un hecho cotidiano, orientó a la búsqueda de procesos metodológicos y nuevos elementos didácticos.

En general, se detecta que el alumno tiene debilidades en el campo de la articulación entre los conceptos teóricos y su aplicación práctica en el diseño.

A partir de esta realidad, se desarrollaron una serie de planillas que permiten proponer alternativas estructurales, cotejarlas con las otras variables del diseño y obtener resultados rápidamente. Esto estimula la propuesta y el diseño de un mecanismo estructural compatible y coherente con el proyecto desde las tempranas etapas del quehacer arquitectónico.

En síntesis, “perder el miedo” de proponer una estructura mientras está diseñando.

## DESARROLLO

Las cátedras de Estructuras II A y Estructuras III de la FAUD – UNC, implementaron una serie de recursos procedimentales con el objetivo de facilitar a los alumnos el desarrollo de habilidades para integrar contenidos teóricos a los trabajos prácticos.

Se incorporaron planillas con hipertextos y pestañas, atendiendo a la lógica de multipantallas, propuesta por internet, en las que se encuentra información reglamentaria textual y gráfica.

Estas herramientas didácticas tienen como objetivo:

- Facilitar la resolución de cálculos complejos para que el alumno se enfoque en el proyecto de arquitectura, permitiéndole comprobar rápidamente distintas alternativas de resolución estructural para aplicarlas en su diseño.
- Incorporar herramientas acordes a las habilidades propias del estudiante de arquitectura y a las nuevas tecnologías.

Las planillas que fueron diseñadas son las siguientes:

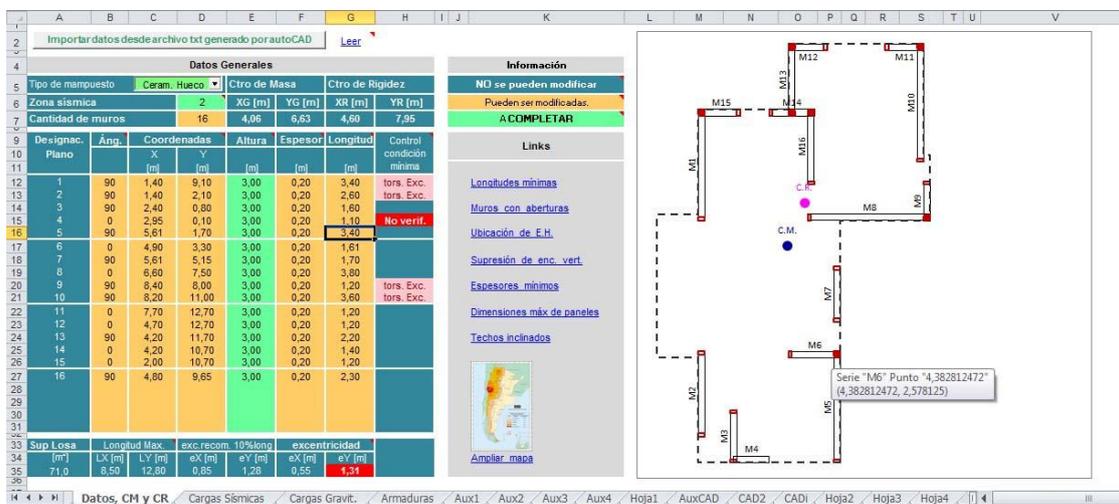
1. Planilla de muros sismorresistentes
2. Planilla de deformadas de pórticos, vigas continuas y vigas con voladizo
3. Planilla de losas macizas armadas en dos direcciones
4. Planilla de vigas rectangulares
5. Planilla de columnas
6. Planilla de Base cuadrada para columna
7. Planilla de Tabiques
8. Planilla de Esfuerzos combinados
9. Planilla Programada de Dimensionado a la Compresión en Acero para Tubos-Cirsoc 301EL-302EL-2005

### 1. Planilla de muros sismorresistentes

Se utilizó la fase gráfica de la planilla Excel en la aplicación de construcciones de mampostería de un nivel, reconociendo la habilidad del estudiante de arquitectura para expresar y comprender mejor cualquier fenómeno a través de la imagen.

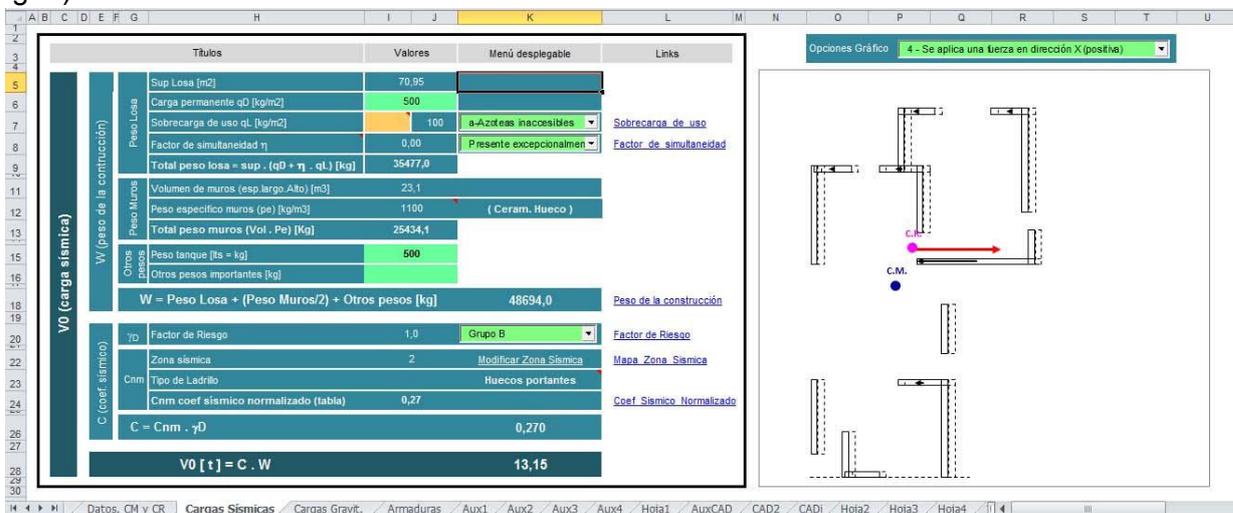
En primera hoja del software, los alumnos visualizan en la misma pantalla la planilla de cálculo y el esquema del proyecto. El programa detecta los muros sismorresistentes conforme a la reglamentación vigente para la zona sísmica y tipo de mampuesto especificado, determina gráfica y numéricamente la posición de los centros de masa y rigidez y calcula las excentricidades iniciales entre ellos. También ubica gráficamente los encadenados en los planos resistentes.

Los estudiantes pueden rápidamente alargar, acortar, agregar o eliminar un muro para optimizar la construcción minimizando los efectos torsionales y observar los cambios inmediatamente en el gráfico que se encuentra en la pantalla (Fig. 1).



(Fig. 1) Hoja de Excel para carga de datos

En la segunda hoja, la planilla calcula del peso de la masa vibrante de la construcción a partir del ingreso de las variables correspondientes, los estudiantes seleccionan la sobrecarga, el coeficiente de simultaneidad y el factor de riesgo a partir de menús desplegables, lo que evita la consulta de tablas. El software determina el corte basal correspondiente a esa construcción (Fig. 2).



(Fig. 2) Hoja de Excel para determinar la fuerza sísmica equivalente

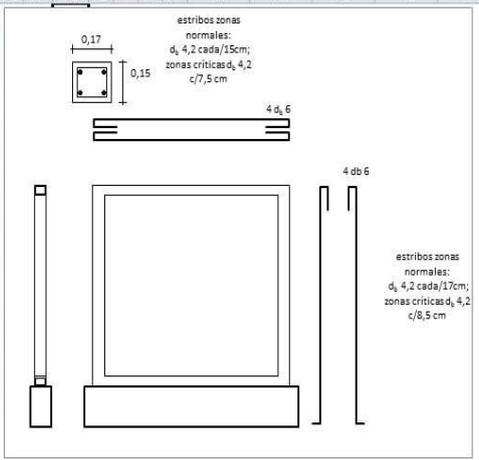
En la tercera hoja, se evalúa la carga gravitatoria actuante sobre cada muro a partir de la superficie de influencia que le corresponde, la que puede ser obtenida en autocad, se calculan todos los esfuerzos horizontales, debidos a traslación y torsión, en un todo de acuerdo a la reglamentación vigente, brindando el resultado de corte máximo que corresponde a cada muro y se evalúa la capacidad resistente del muro a corte y pandeo, informando mediante indicadores de color los casos que exigen revisión (Fig. 3).

Datos Generales											
Calid. del ladrillo: Ceram. Hueco		TIPO B		Clasific. tipo de ladrillos		Resistencias básicas de la mampostería adoptada		σ' mo=		12	
Resistencia del mortero:		NORMAL		Clasific. tipo de mortero				τ mo=		2,0	
Design Plano	Largo Muro [m]	q losa qD + qL [t/m²]	q propuesta [t/m²]	Área de influencia [m²]	Normal aplicado t	V <sub>p</sub> t	V <sub>ur</sub> t	N <sub>w</sub> t	N <sub>admpandeo</sub> no centrada t	N <sub>admpandeo</sub> centrada t	Obs.
1	3,40	0,60		1,00	0,60	9,11	7,64	2,84	13,41	18,75	Tors. exc.
2	2,60	0,60		10,00	6,00	4,43	7,02	7,72	10,26	14,34	Tors. exc.
3	1,60	0,60		6,00	3,60	1,22	4,30	4,66	6,31	8,82	
4	1,10	0,60		8,00	0,00						
5	3,40	0,60		8,00	4,80	4,59	8,53	7,04	13,41	18,75	
6	1,61	0,60		30,00	18,00	4,06	7,38	19,06	6,35	8,88	
7	1,70	0,60		11,00	6,60	0,99	5,16	7,72	6,71	9,37	
8	3,80	0,60		12,00	7,20	19,47	9,92	9,71	14,99	20,95	
9	1,20	0,60		5,00	3,00	0,65	3,29	3,79	4,73	6,62	Tors. exc.
10	3,60	0,60		5,00	3,00	9,51	8,59	5,38	14,20	19,85	Tors. exc.
11	1,20	0,60		6,00	3,60	1,07	3,41	4,39	4,73	6,62	
12	1,20	0,60		8,00	4,80	1,07	3,67	5,59	4,73	6,62	
13	2,20	0,60		10,35	6,21	1,94	6,18	7,66	8,68	12,13	
14	1,40	0,60		40,00	24,00	1,62	8,19	24,92	5,52	7,72	
15	1,20	0,60		0,00	0,00	1,07	2,65	0,79	4,73	6,62	
16	2,30	0,60		1,85	1,11	1,99	5,31	2,63	9,07	12,68	

(Fig. 3) Hoja de Excel donde se definen las cargas gravitatorias y se evalúa la capacidad resistente de cada muro

En la última hoja, la planilla grafica cada muro con el detalle de sus encadenados verticales y horizontales, incluyendo los intermedios necesarios, detalle de las armaduras longitudinales y especificación de estribos correspondientes a zonas normales y críticas (Fig. 4).

Plano	Vp	Encadenado Vertical				Enc. Horiz. Superior				E. Horiz. Inferior								
		dimens.		fe long	estribos	dimens.		fe long	estribos	dimens.		fe long	estribos					
		b	d	↑	↑	b	d	↑	↑	b	d	↑	↑					
1	2,1	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
2	1	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
3	0,3	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
4	1	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
5	1	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
6	0,9	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
7	0,2	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
8	4,4	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
9	0,1	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
10	2,2	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
11	0,2	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
12	0,2	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
13	0,4	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
14	0,4	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
15	0,2	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15
16	0,5	17	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15	15	80	1,33	6	4	4,2	7,5	15



(Fig. 4) Hoja de Excel de detalles de encadenados

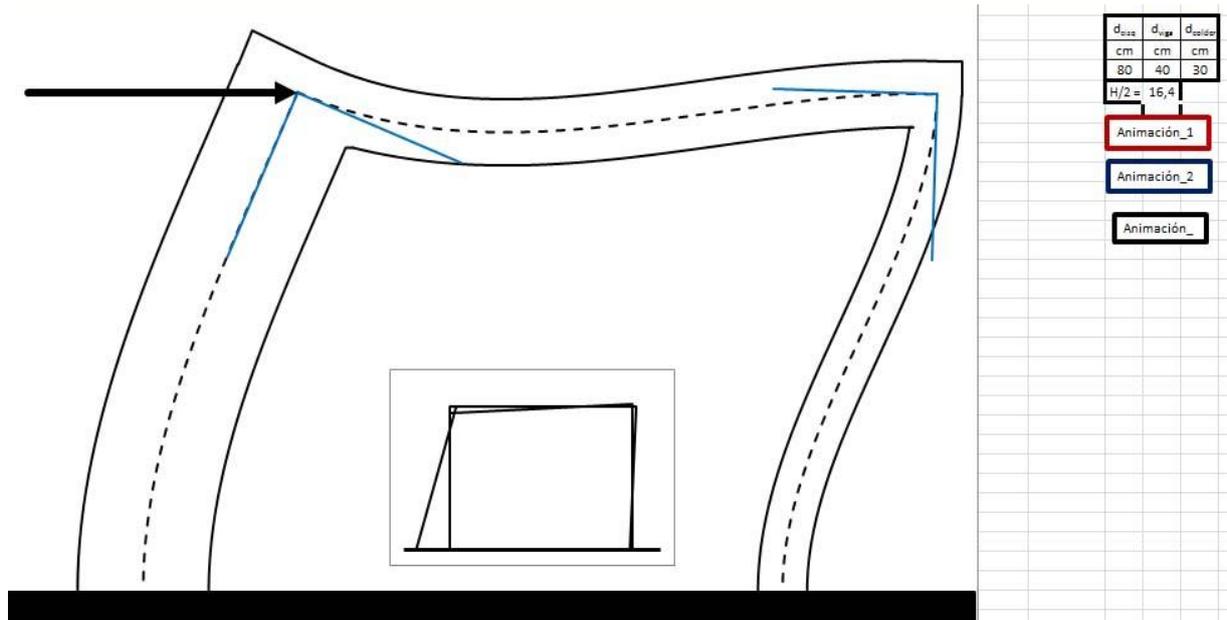
Finalmente, se destaca que todas las hojas el programa posee “pestañas” y Links con información complementaria para la interpretación de las variables de la planilla y datos extraídos del reglamento IMPRES - CIRSOC 103 (Nomas Argentinas para construcciones sismorresistentes).

## 2. Planilla de deformada de pórticos, vigas continuas y vigas con voladizo

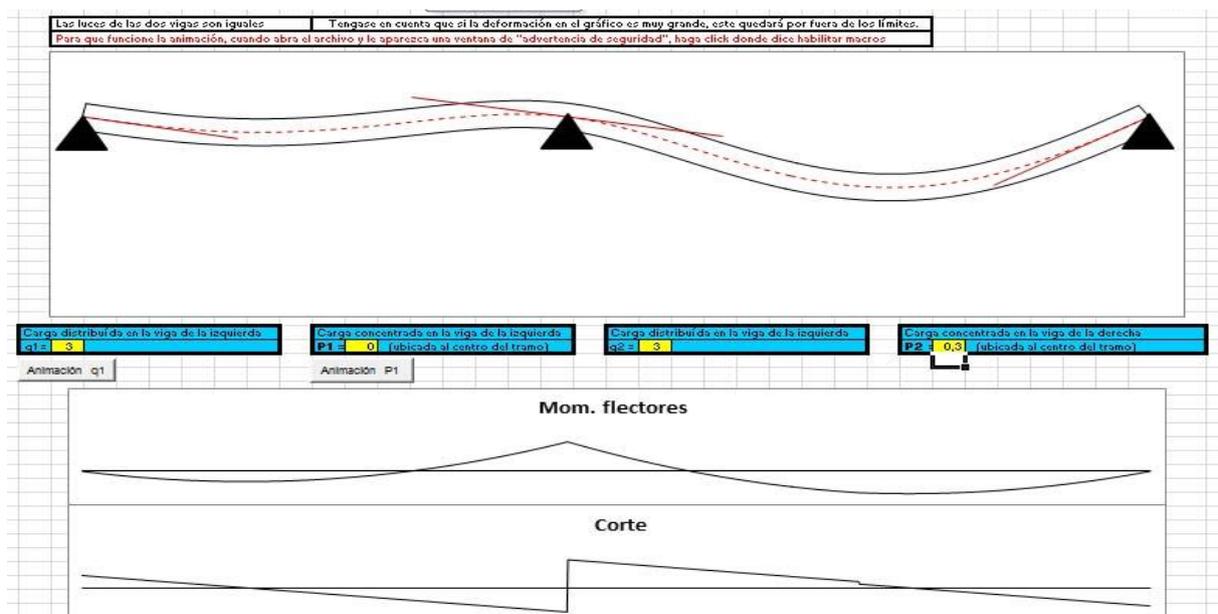
Se desarrollaron nuevos programas en Excel para facilitar la interpretación de la deformada de vigas y pórticos. Los mismos son interactivos y pueden también ser accionados mediante macros.

Su interés radica en que permiten visualizar la deformada de toda la estructura y no solo del eje de la misma, lo que facilita la comprensión y permite ubicar visualmente las fibras traccionadas en la misma.

Se dan algunos ejemplos a modo ilustrativo (Fig. 5) (Fig. 6):



(Fig. 5) Gráfico interactivo de deformada de un pórtico

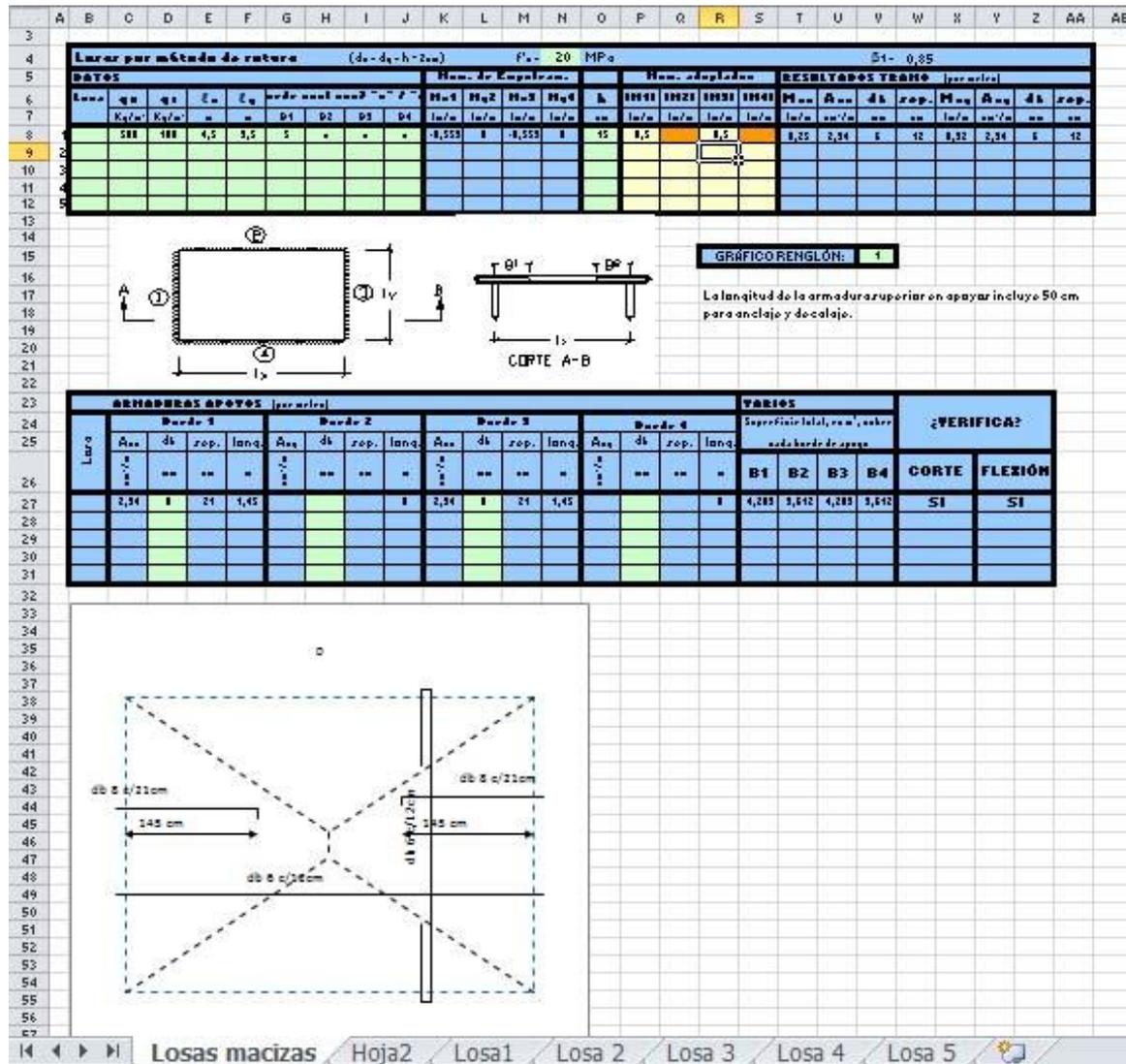


(Fig. 6) Gráfico interactivo de deformada de viga continua de dos tramos

### 3. Planilla de losas macizas armadas en dos direcciones

La planilla tiene por entrada de datos, las cargas permanentes ( $q_D$ ), las sobrecargas ( $q_L$ ), las dimensiones en planta y la condición de continuidad de las losas. Luego de una primera etapa de obtención de momentos de empotramientos iniciales, se establece el equilibrio en los apoyos y, la planilla con los momentos adoptados finales, y el ingreso de la altura de la losa, calcula la armadura necesaria en tramo y apoyos.

Permite visualizar con gráficos interactivos, la armadura de cada losa (una por vez, de acuerdo a la selección deseada). De esta manera se facilita la comprensión y permite visualizar el rebatimiento de la armadura y la longitud de la misma en cada apoyo (Fig. 7).



(Fig. 7) Planilla Excel de losas macizas en dos direcciones con gráfico

### 4. Planilla de vigas rectangulares

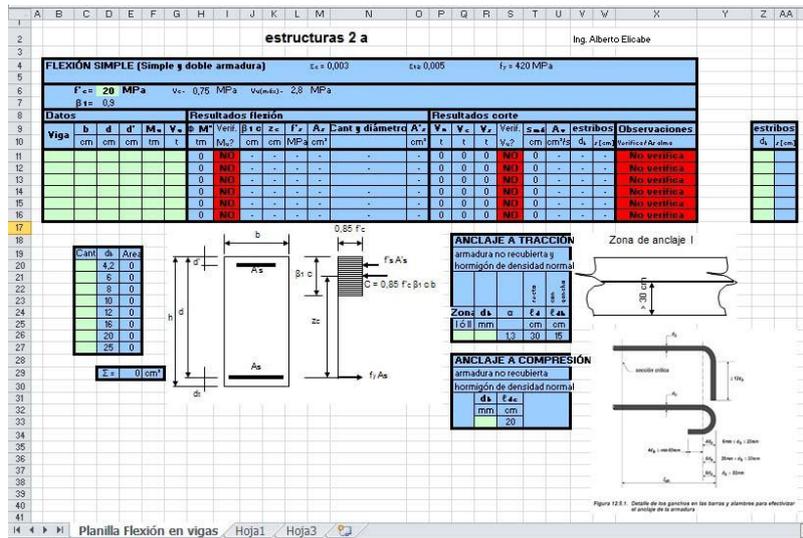
La planilla realiza el dimensionado por resistencia y determina las armaduras en sección, cantidad y diámetro, define los estribos necesarios y sus separaciones y realiza las verificaciones a la flexión y al corte, de las siguientes situaciones:

- Vigas simplemente armadas.
- Vigas doblemente armadas (armadura de tracción y compresión).
- Vigas altas que incluye armadura de piel.

En la misma planilla se encuentran gráficos que muestran datos reglamentarios de anclaje según la posición de la armadura en el interior de la viga.

El cuadro de entrada de datos, es simple, incluye la geometría de la viga y los requerimientos últimos de momento y corte.

Si bien en los prácticos que realizan los alumnos del segundo y tercer nivel, en la mayoría de los casos se encuadran en la primera situación, es una herramienta útil para proyectos de mayor complejidad (Fig. 8).



(Fig. 8) Planilla Excel de vigas con gráficos informativos complementarios

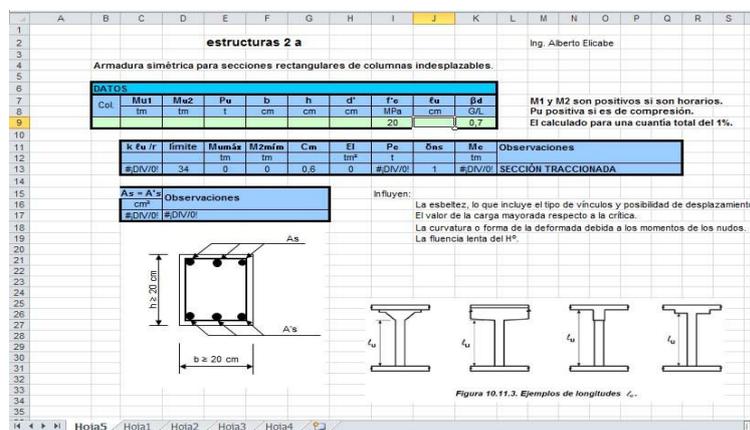
### 5. Planilla de columnas

La planilla, obtiene la armadura, dada por la sección de acero, en cada cara de una columna, perteneciente a un sistema indesplazable. La cuantía oscila entre 1% y el 8%.

Provee de información acerca del proceso reglamentario:

- La esbeltez de la pieza.
- La carga crítica.
- El coeficiente de amplificación.
- El momento de cálculo.

El ingreso de datos, es similar a la planilla de vigas, con los requerimientos de momentos últimos, carga última, y la geometría de la columna (Fig. 9). Tiene información complementaria de ejemplos con situaciones para definir la longitud (l<sub>u</sub>) de la columna.



(Fig. 9) Planilla Excel de columnas con gráficos informativos complementarios.

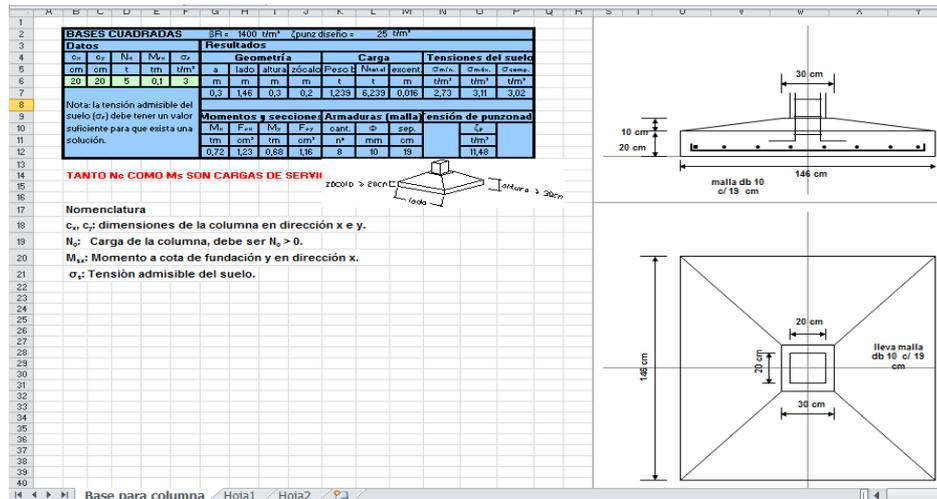
### 6. Planilla de base cuadrada para columnas

La planilla cumple con 2 objetivos:

- Define la geometría de la base
- Determina la armadura (malla) de la base, con la sección de acero necesaria y el diámetro con la separación.

La entrada de datos está dada por esfuerzos de servicio, como la carga y el momento en la sección inferior de la columna. Otro dato es la tensión del suelo y las dimensiones de la columna.

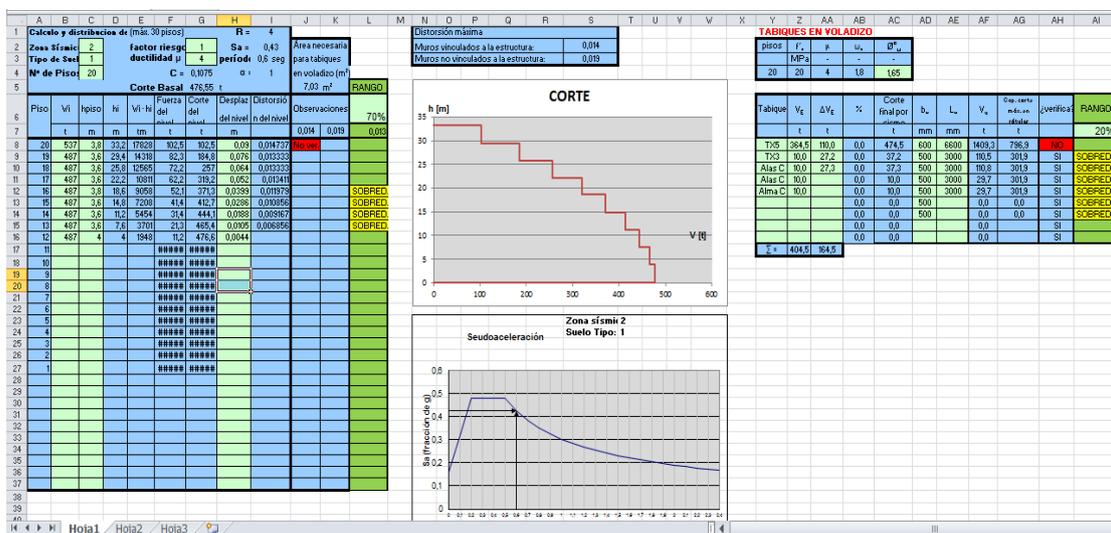
Permite visualizar la armadura tanto en vista como en planta (Fig. 10)



(Fig. 10) Planilla Excel de bases cuadradas para columnas con gráficos interactivos

### 7. Planilla de Tabiques

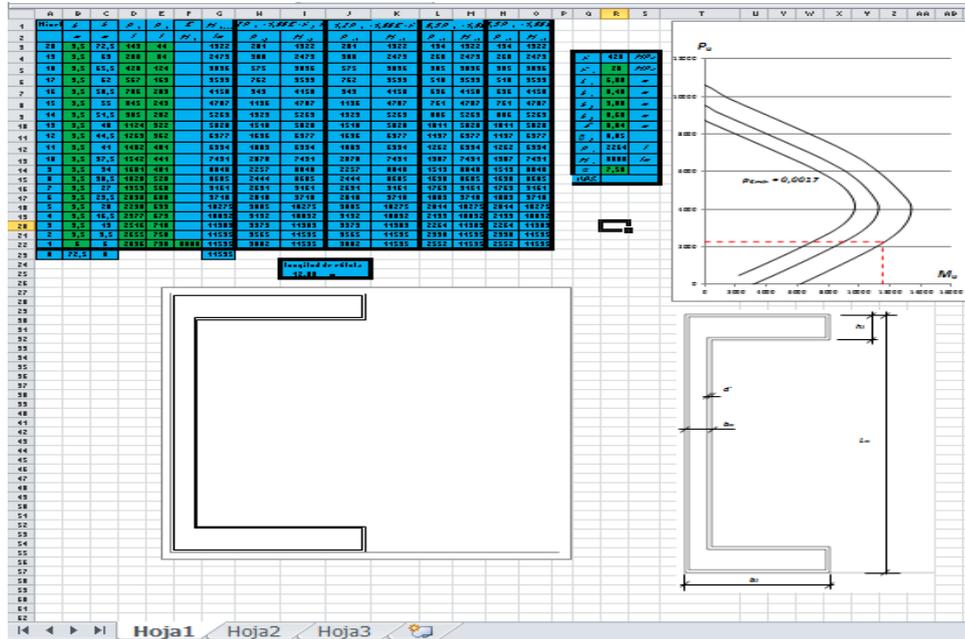
Se completó el programa de distribución de fuerzas sísmicas en altura, utilizado por Estructuras III, de modo que brindara una primera aproximación sobre el área necesaria de tabiques trabajando al corte. Además, se agregó una planilla adicional que permite verificar el corte de las secciones de tabiques redistribuyéndolo a fin de mejorar el rendimiento. También se brinda, en forma gráfica, el diagrama de corte resultante para todo el edificio y la ubicación de la pseudoaceleración sísmica en el gráfico de zona y terreno especificados y en función del período de la estructura (Fig. 11).



(Fig. 11) Planilla Excel para distribución de Vo y corte en tabique en voladizo.

### 8. Planilla de Esfuerzos combinados

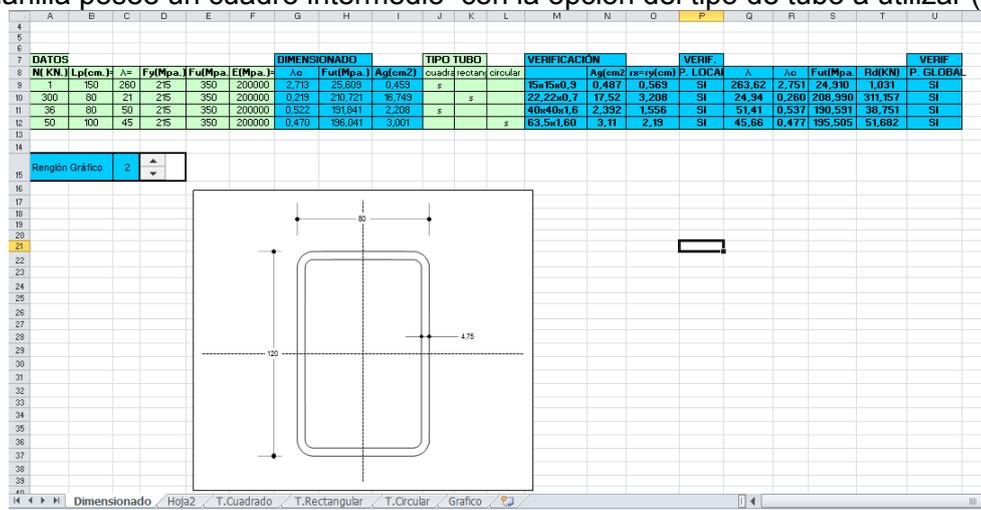
Permite la combinación de esfuerzos a cargas gravitatorias y sísmicas para determinar la cuantía necesaria en tabiques (Fig. 12)



(Fig. 12) Planilla Excel de esfuerzos combinados para tabiques con gráficos interactivos

### 9. Planilla Programada de Dimensionado a la Compresión en Acero para Tubos-Cirsoc 301-302 - 2005

La planilla desarrolla el dimensionado con la nueva norma reglamentaria por estados límites. Parte del concepto de esbeltez, variable que se propone inicialmente para que no supere el valor 200 (establecido como límite reglamentario) e inicia el proceso de dimensionado, hasta obtener el área que satisface los requerimientos de carga y longitud de la barra estudiada. Calcula la resistencia de diseño. En una base de datos se encuentran ordenados los tubos de acero de sección circular, rectangular y cuadrada, según la Norma Iram-IAS U500-218 y U500-2592. El programa selecciona el tubo, acorde al área necesaria y lo establece como el adecuado a los requerimientos. Verifica el pandeo local y global. Para seleccionar el tipo de tubo, la planilla posee un cuadro intermedio con la opción del tipo de tubo a utilizar (Fig. 13).



(Fig. 13) Planilla Excel de dimensionado a compresión para acero

## CONCLUSIONES

Es importante concluir que los nuevos recursos y las nuevas tecnologías, por sí mismas, no generan aprendizaje, todo dependerá de cómo se integren en la práctica pedagógica. El uso de las tecnologías en educación se juega ante diversas representaciones sobre las mismas y sobre las relaciones entre educación y tecnologías, por un lado, y ante distintas actitudes de estudiantes y docentes frente a las tecnologías, por otro (Rueda Ortiz, 2004).

Si bien en algunos aspectos se mantiene un modelo tradicional, la iniciativa de los docentes de la cátedra es incorporar nuevos recursos tecnológicos como complemento para el desarrollo de la materia y para facilitar la integración de contenidos de la materia en la carrera de arquitectura. Las propuestas pedagógicas permiten, tanto a docentes como alumnos, un proceso integral, colaborativo y participativo, aprovechando los recursos tecnológicos como herramientas de aprendizaje.

En cuanto a la aplicación de las planillas Excel con el agregado de gráficos, links e hipertextos, se verificó que las mismas permiten a los alumnos:

- abordar cálculos complejos sin perder el objetivo del proyecto,
- generar rápidamente reformulaciones propias del proceso de diseño,
- visualizar los cambios propuestos para evaluar la mejor solución en el proyecto arquitectónico.

Esta modalidad de uso ha tenido una amplia aceptación por parte de los alumnos, permitiéndoles generar variables de diferentes aspectos del diseño estructural en las etapas de propuesta y verificación del objeto de diseño.

## BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

Reglamento INPRES – CIRSOC 103 – Parte II, Ministerio de Infraestructura y Vivienda – Secretaría de Obras Públicas (2005).

Reglamento INPRES – CIRSOC 103 – Parte III, Ministerio de Infraestructura y Vivienda – Secretaría de Obras Públicas (2005).

MAMPOSTERÍA SISMORRESISTENTE- CIRSOC 103 - Tomos I y II. (Ferrerías, Moisset, Elicabe, Gonorazky, Bonaiuti, Simonetti y Vergara.) (2007)

Reglamento CIRSOC 301EL-302EL - (2005)

Alicia de Camilloni <http://noticias.unsam.edu.ar/2012/11/05/alicia-camilloni-no-se-aprende-solo-estando-sentado-en-el-aula/>

SARA OSUNA, Entornos Virtuales Interactivos (2000)

APARICI, R.; GARCÍA MATILLA, A. (1989): Lectura de imágenes. *Madrid. De la Torre.*

García Matilla, Agustín. *Educomunicación en el Siglo XXI:*

[http://www.uned.es/ntedu/assignatu/7\\_Agustin\\_G\\_Matilla11.html#\\_ftn3](http://www.uned.es/ntedu/assignatu/7_Agustin_G_Matilla11.html#_ftn3)

Última entrevista a **Paulo Freire**. Traducida y subtitulada al español. Parte 1/2 <https://www.youtube.com/watch?v=yPtBrZ9V890>

Última entrevista a Paulo Freire. Traducida y subtitulada al español. Parte 2/2 <https://www.youtube.com/watch?v=WcFnGjbuyT0>

<http://www.fca.proed.unc.edu.ar/mod/page/view.php?id=2969>