



**Software para análisis  
y dimensionamiento  
de estructuras**



[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)



**Ing. Téc. José Martínez Hernández**  
Organizador

Traducción técnica y soporte al cliente  
Dlupal Software



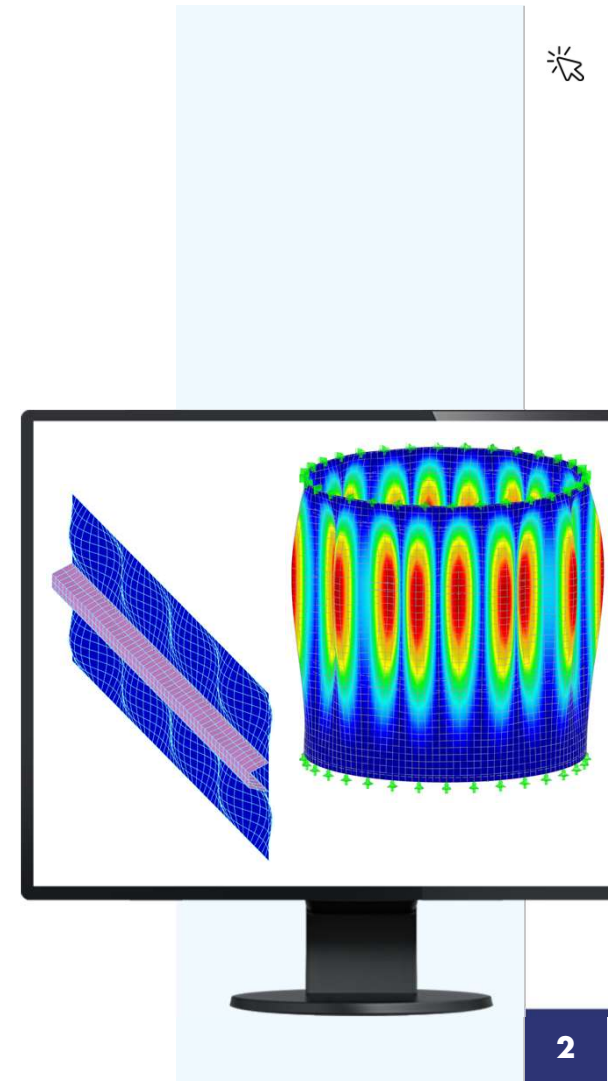
**Ing. Moisés Martínez**  
Coorganizador

Ventas y Marketing  
Dlupal Software



## Seminario web

# Abolladura de placas y láminas utilizando el software de Dlupal



# Preguntas durante la presentación



Panel de control de GoToWebinar  
**Escritorio**

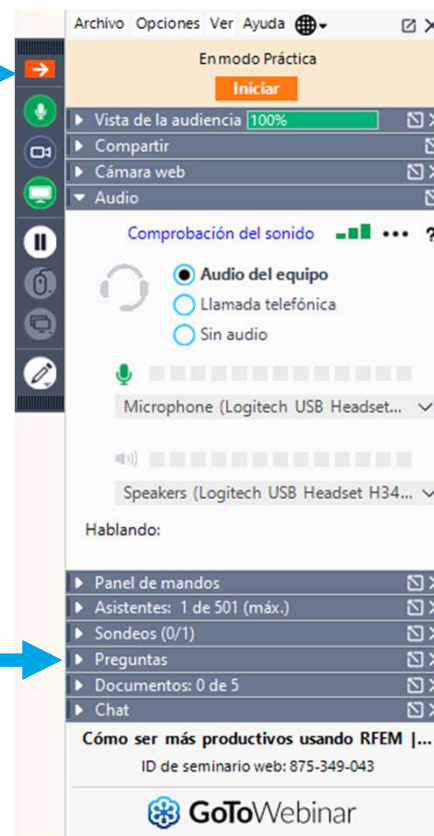


Correo electrónico:  
**info@dlubal.com**



Mostrar u  
ocultar el panel  
de control

Realizar  
preguntas



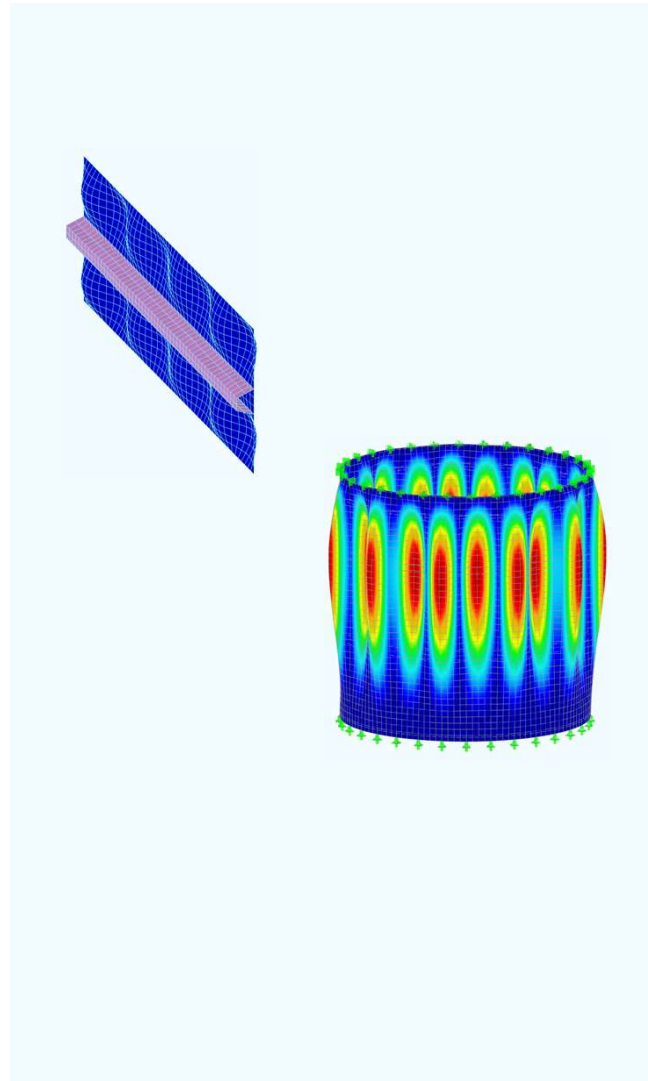
Ajustar el  
sonido



# CONTENIDO

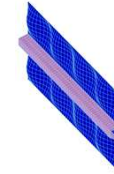


- 01 **Cálculo de abolladura de placas según UNE-EN 1993-1-5 en PLATE-BUCKLING**
- 02 **Cálculo de abolladura de láminas utilizando el análisis no lineal del material (MNA) y la bifurcación elástica lineal (LBA) según UNE-EN 1993-1-6 con RFEM**



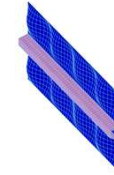


# Análisis de abolladura de placas según UNE-EN 1993-1-5





# Ejemplo: Análisis de abolladura de una placa rigidizada con PLATE-BUCKLING (Método de la sección reducida)



### Datos

Material: S 355

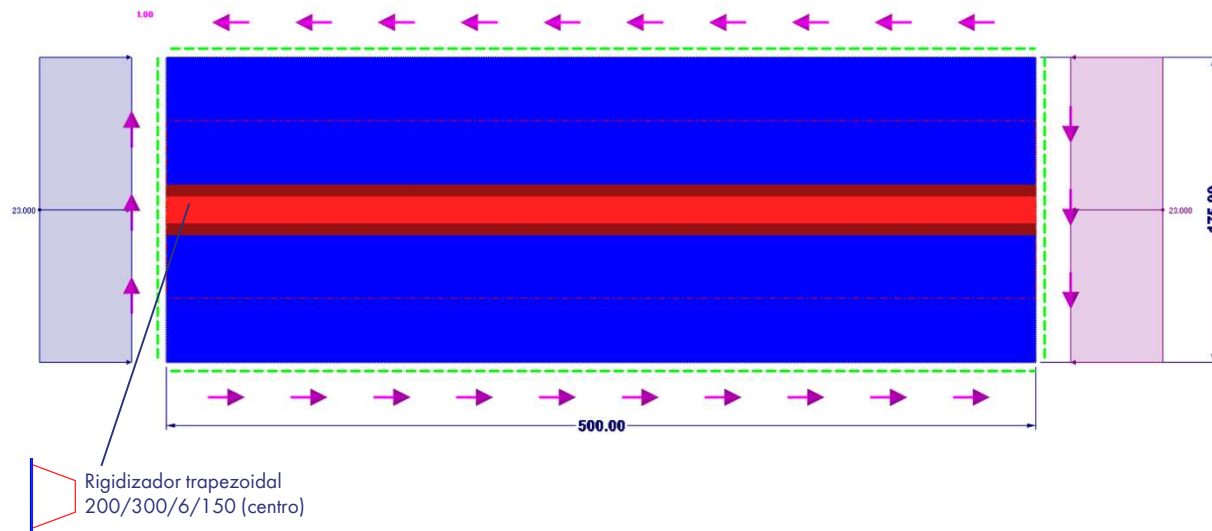
Espesor de la placa:  $t = 14 \text{ mm}$

### Tensiones

$$\sigma_1 = \sigma_2 = 23,0 \text{ kN/cm}^2$$

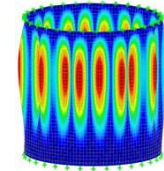
$$\tau = 1,0 \text{ kN/cm}^2$$

### Sistema





# Análisis de abolladura de estructuras con láminas según UNE-EN1993-1-6



## Diseño de abolladura basado en tensiones

- Aplicación simple para ingenieros expertos
- Requisitos bajos de tecnología computacional (con frecuencia se usan fórmulas a mano)
- Resultados económicos difíciles de conseguir para situaciones de carga que se diferencian de manera significativa de modos de abolladura convencionales

## Diseño de abolladura por análisis global numérico MNA/LBA

- Se requiere más conocimiento teórico para estabilidad de láminas
- Requisitos mayores de tecnología computacional (análisis no lineal materialmente (MNA), análisis de bifurcación lineal (LBA))
- Se aplica por tanto la tecnología computacional usando un análisis por elementos finitos (EF)

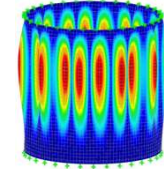
## Diseño de abolladura por el análisis global numérico GMNIA

- Se requiere un conocimiento excelente de estabilidad de láminas (p.ej. Correcta aplicación de imperfecciones (predeformado) es complejo)
- Requisitos considerables de tecnología computacional
- Aplicación difícil en situaciones de proyectos reales





## Ejemplo: Diseño de abolladura de lámina por el análisis global numérico MNA/LBA según [3]



### Datos técnicos

Líquido:  $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$

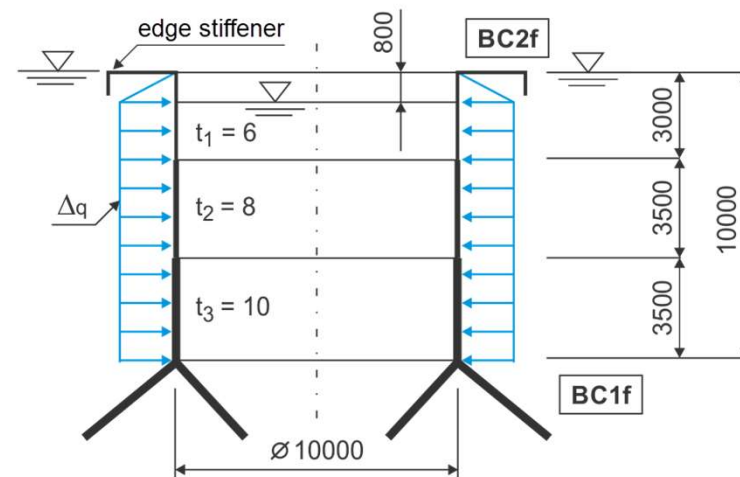
Material: S 235

Calidad del fabricante: clase A

**Carga** (1,0 x presión diferencial)

$\Delta q_d = 8,0 \text{ kN/m}^2$

### Sistema







## ■ Análisis

Relación de la resistencia crítica de pandeo elástico

$$r_{Rcr} = 1,507 \text{ (análisis de valores propios por EF (LBA) en RFEM)}$$

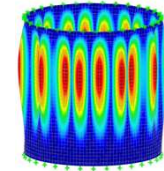
Relación de resistencia plástica de referencia ([2], Ecuación 8.24)

(4) Cuando no es posible realizar un análisis materialmente no lineal (MNA), se puede estimar de forma conservadora la relación de resistencia plástica de referencia  $r_{Rpl}$  a partir de un análisis lineal de la lámina (LA), utilizando los valores de cálculo de las combinaciones de acciones aplicadas según el siguiente procedimiento. Se deberían utilizar los esfuerzos de membrana evaluados en cualquier punto de la lámina  $n_{x,Ed}$ ,  $n_{\theta,Ed}$  y  $n_{x\theta,Ed}$  para estimar la resistencia plástica de referencia como:

$$r_{Rpl} = \frac{t \cdot f_{yk}}{\sqrt{n_{x,Ed}^2 - n_{x,Ed} \cdot n_{\theta,Ed} + n_{\theta,Ed}^2 + n_{x\theta,Ed}^2}} \quad \dots (8.24)$$

La relación de resistencia plástica de referencia  $r_{Rpl}$  se debería tomar como el menor valor de relación de resistencia plástica calculada de ese modo.

NOTA Generalmente se puede obtener una estimación segura de  $r_{Rpl}$  aplicando sucesivamente la expresión (8.24) en los tres puntos de la lámina en los que cada uno de los esfuerzos de membrana pertinentes para el pandeo alcance su correspondiente máximo, y utilizando la menor de esas tres estimaciones como el valor de  $r_{Rpl}$ .





### ■ Análisis

$r_{Rpl} = 35,6$  (análisis materialmente no lineal (MNA en RFEM))

Esbeltez adimensional global ([2], Ecuación. 8.25)

$$\bar{\lambda}_{ov} = \sqrt{r_{Rpl}/r_{Rcr}}$$

$$\bar{\lambda}_{ov} = \sqrt{35,6/1,507}$$

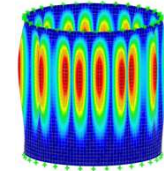
$$\bar{\lambda}_{ov} = 4,86$$

Coefficiente de reducción por imperfección circunferencial elástica ([2], Tab. D.5)

$$\alpha_{ov} = \alpha_{\theta} = 0,75$$

Coefficiente de rango plástico ([2], D.26)

$$\beta = 0,60$$





### ■ Análisis

Esbeltez adimensional de límite plástico ([2], Ec. 8.16)

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\alpha/(1 - \beta)}$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{0.75/0.40}$$

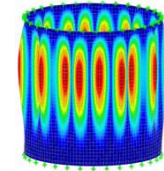
$$\bar{\lambda}_p = 1,37 \ll 4,86 \rightarrow \text{abolladura elástica pura}$$

Coefficiente de reducción para pandeo ([2], Ec. 8.15)

$$\chi_{ov} = \alpha/\lambda^2$$

$$\chi_{ov} = 0,75/4,86^2$$

$$\chi_{ov} = 0,0318$$





### ■ Análisis

Relación de valor característico de la resistencia de pandeo ([2], Ec. 8.26)

$$r_{Rk} = \chi_{ov} \cdot r_{Rpl}$$

$$r_{Rk} = 0,0318 \cdot 35,6$$

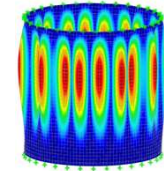
$$r_{Rk} = 1,132$$

Relación de cálculo de la resistencia a pandeo ([2], Ec. 8.27)

$$r_{Rd} = r_{Rk} / \gamma_{M1}$$

$$r_{Rd} = 1,132 / 1,1$$

$$r_{Rd} = 1.03 > 1 \rightarrow \text{se cumple el dimensionado}$$

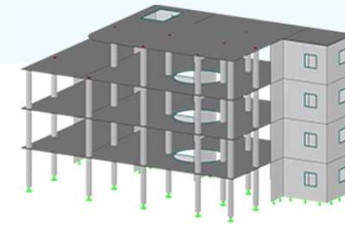




## — Bibliografía

- [1] Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules – Plated structural elements; EN 1993-1-5:2006 (E)
- [2] Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-6: Strength and stability of shell structures, EN 1993-1-6:2007 (E)
- [3] Schmidt H.: Beulsicherheitsnachweise für Schalen nach dem neuen Eurocode EN 1993-1-6 – Ein Überblick mit Beispielen aus der Anwendungspraxis, Referat beim 27. Stahlbau-Seminar in Neu-Ulm und Wien, 2005

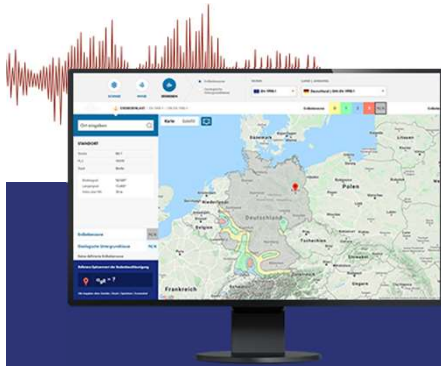




# Servicios gratuitos en línea

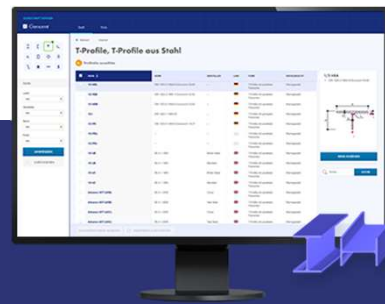
## Geo-Zone Tool

Dlubal Software ofrece una herramienta en línea con los mapas de zonas de nieve, viento y sismo.



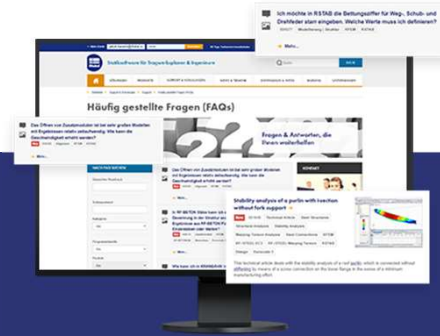
## Propiedades de secciones

Seleccione secciones normalizadas de una amplia biblioteca de secciones, defina secciones parametrizadas y calcule sus propiedades de la sección transversal



## Preguntas frecuentes y Base de conocimientos

Acceda a preguntas frecuentes enviadas comúnmente a nuestro equipo de soporte técnico y vea artículos con consejos y trucos útiles para mejorar su trabajo.



## Modelos para descargar

Descargue numerosos archivos de ejemplo que le ayudarán a iniciarse y familiarizarse con los programas de Dlubal Software.

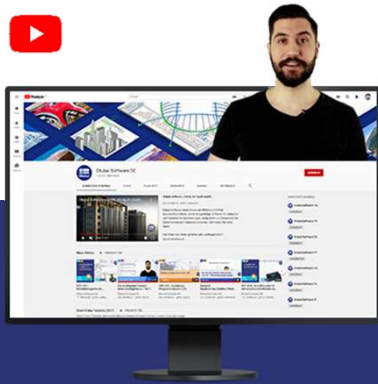




# Servicios gratuitos en línea

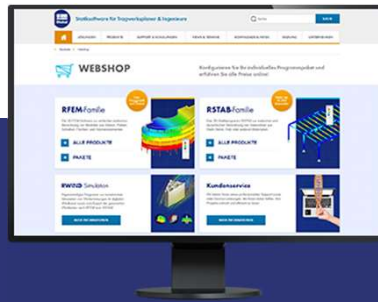
## Canal de Youtube – seminarios y videos

Videos y seminarios web sobre el software de ingeniería estructural.



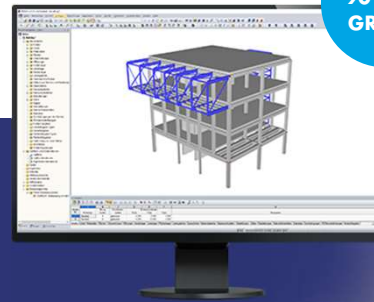
## Tienda en línea con precios

¡Configure su paquete de programas individual y consiga los precios en línea!



## Licencias de prueba

Descargue una versión de prueba de 90 días gratis y sin compromiso de nuestro software de análisis y dimensionamiento de estructuras.



90 DÍAS GRATIS

Ofrecemos soporte gratuito por correo electrónico



Webinar

## — Consiga más información sobre Dlubal Software



Visite la página web  
[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)

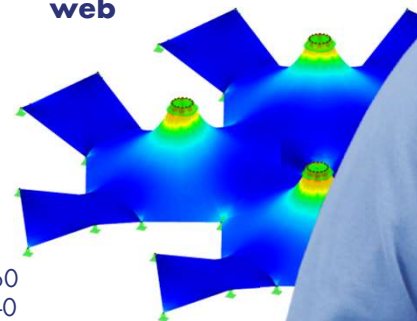
- Vídeos y seminarios web grabados
- Boletines de noticias
- Eventos y conferencias
- Artículos de la base de datos de conocimientos



Vea el software de Dlubal en acción en un seminario web



Descargue una versión de prueba gratuita



**Dlubal Software GmbH**  
Am Zellweg 2,  
93464 Tiefenbach, Alemania

Teléfonos: (+34) 911 438 160  
(+49) 9673 9203-0  
Correo electrónico: [info@dlubal.com](mailto:info@dlubal.com)





[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)