

Versión
julio de 2011

Módulo adicional

STEEL EC3

**Análisis de los estados límite últimos,
estados límite de servicio, protección frente
al fuego y estabilidad según el Eurocódigo 3**

Descripción del programa

Todos los derechos reservados, incluidos los de traducción.

El contenido de esta publicación no podrá reproducirse ni total ni parcialmente,
ni por procedimientos mecánicos, ni electrónicos o por cualquier otro medio,
incluyendo la fotocopia sin el permiso previo de ING.-SOFTWARE DLUBAL .

© **Ing.-Software Dlubal**

Am Zellweg 2, D-93464 Tiefenbach

Tel.:+49 (0) 9673 9203-0 Fax:+49 (0) 9673 9203-51

E-mail: info@dlubal.com

Web: www.dlubal.com

Contenidos

Contenidos		Página	Contenidos		Página
1.	Introducción	4	4.1	Cálculo por caso de carga	41
1.1	Módulo adicional STEEL EC3	4	4.2	Cálculo por sección	42
1.2	El equipo de STEEL EC3	5	4.3	Cálculo por conjunto de barras	43
1.3	Empleo del manual	5	4.4	Cálculo por barra	44
1.4	Iniciar el módulo adicional STEEL EC3	6	4.5	Cálculo por posición de x	44
2.	Datos de entrada	8	4.6	Solicitaciones determinantes por barra	45
2.1	Datos generales	8	4.7	Solicitaciones determinantes por conjunto de barras	46
2.1.1	Estado límite último	8	4.8	Esbelteces de barra	47
2.1.2	Estado límite de servicio	10	4.9	Lista de piezas por barra	47
2.1.3	Protección contra el fuego	11	4.10	Lista de piezas por conjunto de barras	50
2.1.4	Anejo Nacional (AN)	12	5.	Evaluación de resultados	51
2.2	Materiales	15	5.1	Resultados en el modelo de RSTAB	52
2.3	Secciones	17	5.2	Diagramas de resultados	56
2.4	Apoyos laterales intermedios	21	5.3	Filtro de resultados	57
2.5	Longitudes eficaces - Barras	22	6.	Informe	59
2.6	Apoyos en nudos - Conjuntos de barras	26	6.1	Informe	59
2.7	Articulaciones en barra - Conjuntos de barras	28	6.2	Impresión gráfica en STEEL EC3	59
2.8	Datos de servicio	29	7.	Funciones generales	61
2.9	Especificaciones para el cálculo de protección contra incendios	30	7.1	Casos de cálculo de STEEL EC3	61
3.	Cálculo	31	7.2	Optimización de secciones	63
3.1	Configuración de detalles	31	7.3	Exportación de materiales a RSTAB	65
3.1.1	Estado límite último	31	7.4	Unidades y decimales	66
3.1.2	Estabilidad	32	7.5	Exportación de resultados	66
3.1.3	Estado límite de servicio	35	8.	Ejemplos	68
3.1.4	Protección contra incendios	36	8.1	Estabilidad	68
3.1.5	Otros	37	8.2	Protección contra incendios	75
3.2	Iniciar el cálculo	39	A	Referencias	78
4.	Resultados	41	B	Índice	79

1. Introducción

1.1 Módulo adicional STEEL EC3



La norma europea Eurocódigo 3 (EN 1993-1-1:2005) especifica el modelado, análisis y construcción de estructuras de acero en todos los países miembros de la Unión Europea. Con el módulo adicional STEEL EC3, la empresa DLUBAL proporciona una herramienta potente y universal para el cálculo de estructuras de acero compuestas de barras. Mediante los Anejos Nacionales (AN), se tienen en cuenta las normas específicas de cada país. Aproveche los documentos nacionales ya implementados en el módulo, sin embargo se pueden definir valores límites personalizados o crear nuevos Anejos Nacionales.

STEEL EC3 realiza todos los cálculos típicos de estados límite últimos así como también el análisis de estabilidad y el análisis de deformaciones. Asimismo, el programa es capaz de considerar varias acciones para los estados límite últimos. Es posible elegir entre las fórmulas de interacción mencionadas en la norma. STEEL EC3 clasifica las secciones a ser calculadas entre las clases 1 a 4, de acuerdo con el Eurocódigo 3. De esta manera, se puede determinar el límite de la capacidad de carga y de giro debido a pandeo local para las partes de los perfiles. Además, STEEL EC3 determina la relación anchura-espesor (c/t) de los elementos de la sección sometidos a compresión y clasifica las secciones de forma completamente automática.

Para el análisis de estabilidad se puede decidir para cada barra o conjunto de barras si el pandeo por flexión actúa en dirección "y" y/o "z". Además, se pueden definir apoyos laterales adicionales con el objetivo de representar el modelo de una manera cercana a la realidad. STEEL EC3 determina la esbeltez y la carga crítica elástica de pandeo automáticamente al considerar las condiciones de contorno. Para el análisis de pandeo lateral, el programa define también automáticamente el momento crítico elástico ideal requerido, aunque se da la posibilidad de definirlo manualmente. Incluso se puede considerar el punto de aplicación de la carga de cargas transversales que afectan la resistencia a torsión mediante ajustes detallados, lo que afecta de manera considerable a la resistencia a torsión.

Además, STEEL EC3 realiza el cálculo de protección frente al fuego según EN 1993-1-2. La estructura de acero se calcula en un nivel de capacidad de carga acorde al método de cálculo simplificado. Las precauciones contra el fuego se pueden seleccionar por medio de revestimientos con la forma de las secciones o de cajas con propiedades físicas diferentes.

En la construcción moderna, al usar perfiles que cada vez son más esbeltos, el estado límite de servicio representa un factor importante en los cálculos estructurales. En STEEL EC3 se pueden asignar casos, grupos y combinaciones de carga individualmente en diferentes situaciones de servicio. Los valores límite de las deformaciones están predefinidos en los anejos nacionales correspondientes y se pueden modificar de forma personalizada. Además, es posible definir las longitudes de referencia y contraflechas, considerándolas para el cálculo.

Gracias a que STEEL EC3, como cualquier otro módulo adicional, está completamente integrado en RSTAB, los datos de cálculo relevantes están predefinidos al iniciar el programa. Posteriormente al cálculo, se puede utilizar la interfaz gráfica de RSTAB para evaluar los resultados. El proceso de cálculo completo se presenta de manera correcta de forma clara en el informe global.

Finalmente, STEEL EC3 ofrece una opción de optimización automática de secciones incluyendo la opción de exportar las secciones modificadas a RSTAB. Los casos de cálculo por separado permiten un análisis flexible de varios componentes estructurales en las estructuras complejas.

Esperamos que disfrute trabajando con STEEL EC3.

Su equipo de ING.-SOFTWARE DLUBAL

1.2 El equipo de STEEL EC3

Las siguientes personas han participado en el desarrollo de STEEL EC3:

Coordinación del programa

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

Programación

Ing. Zdeněk Kosáček

Mgr. Petr Oulehle

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Ing. Roman Svoboda

Dr.-Ing. Jaroslav Lain

David Schweiner

Ing. Martin Budáč

DiS. Jiří Šmerák

Base de datos de secciones y materiales

Ing. Ph.D. Jan Rybín

Jan Brnušák

Diseño del programa, figuras e iconos de diálogos

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Ing. Jan Miléř

MgA. Robert Kolouch

Supervisión del programa

Ing. Martin Vasek

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

Localización del software, manual

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

Mgr. Michaela Kryšková

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker

Ing. Téc. José Martínez Hernández

Jan Jeřábek

Ing. Lara Caballero Freyer

Mgr. Petra Pokorná

Soporte técnico y gestión de la calidad

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn

Dipl.-Ing. (BA) Sandy Baumgärtel

M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Lobisch

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann

M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier

Dipl.-Ing. Frank Faulstich

M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel

Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner

Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.3 Empleo del manual

Los temas como la instalación, la interfaz gráfica de usuario, evaluación de resultados e informe están descritos en detalle en el manual del programa principal RSTAB. El punto principal del presente manual consiste en las características especiales del módulo adicional STEEL EC3.



Las descripciones en este manual siguen la secuencia de la entrada de datos y tablas de resultados, así como también su estructura. El texto del manual muestra los **botones** descritos entre corchetes, por ejemplo [Aplicar]. Al mismo tiempo, aparecen gráficamente a la izquierda. Las **expresiones** de cuadros de diálogo, tablas y menús se disponen en *cursiva* para clarificar las expresiones.

Al final del manual, puede encontrar el índice. Sin embargo, si no encuentra lo que está buscando, visite nuestra página web www.dlubal.com donde puede consultar nuestro fichero de *Preguntas Frecuentes* seleccionando diversos criterios.

1.4 Iniciar el módulo adicional STEEL EC3

RSTAB da la posibilidad de iniciar el módulo adicional STEEL EC3 de las siguientes maneras.

Menú

Para iniciar el programa desde la barra del menú,

Ir a **Proyectos de acero** en el menú **Módulos adicionales**, luego seleccionar **STEEL EC3**.

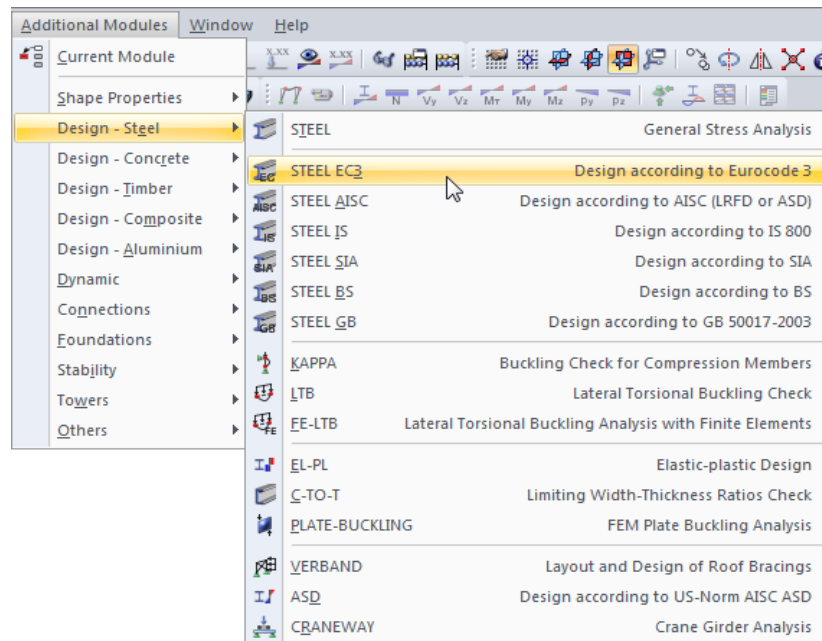


Figura 1.1: Menú: Módulos adicionales → Proyectos de acero → STEEL EC3

Navegador

Para iniciar STEEL EC3 en el navegador *Datos*,

seleccionar **STEEL EC3** en la carpeta **Módulos adicionales**.

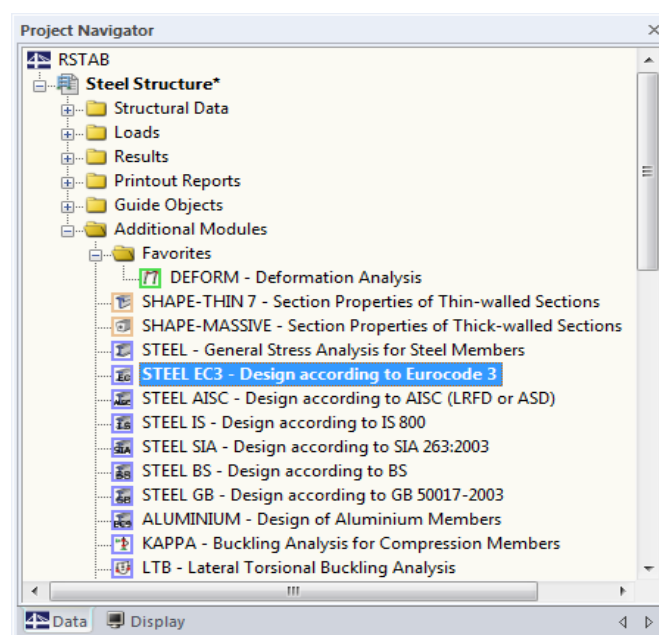
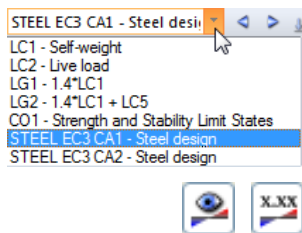


Figura 1.2: Navegador de datos: Módulos adicionales → STEEL EC3



Panel

En caso que los resultados de STEEL EC3 estén disponibles en la estructura de RSTAB, defina el caso de cálculo relevante de STEEL EC3 en la lista de casos de carga de la barra de menú de RSTAB. Utilice el botón [Resultados activados/desactivados] para ver gráficamente el criterio de cálculo de las barras.

Cuando la visualización de resultados esté activada, aparece el panel mostrando el botón [STEEL EC3], el cual puede ser utilizado para abrir el módulo adicional.

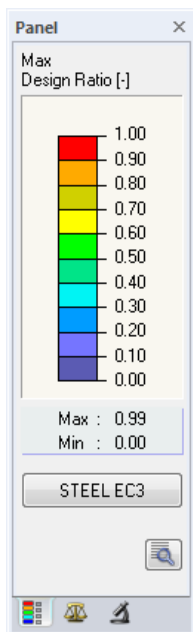


Figura 1.3: Botón de panel [STEEL EC3]

2. Datos de entrada



Los casos de cálculo se definen en varias tablas de datos de entrada. Para las barras y conjuntos de barras se puede utilizar la función [Elegir] para seleccionarlas gráficamente.

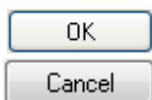
Una vez iniciado STEEL EC3, se abre una nueva ventana donde se muestra un navegador a la izquierda, administrando todas las tablas que se pueden seleccionar. La lista desplegable sobre el navegador contiene los casos de cálculo disponibles (ver capítulo 7.1, página 61).

Si se abre STEEL EC3 en una estructura de RSTAB por primera vez, el módulo importa automáticamente los datos de cálculo relevantes siguientes:

- Barras y conjuntos de barras
- Casos de carga, grupos y combinaciones
- Materiales
- Secciones
- Solicitaciones (en fondo, si están calculadas)



Para seleccionar una tabla, haga clic en la correspondiente entrada de datos en el navegador de STEEL EC3 o navegue por las tablas usando los botones mostrados a la izquierda. También se pueden usar las teclas de función [F2] y [F3] para ir a la tabla anterior o siguiente.



Haga clic en [Aceptar] para guardar los datos introducidos y quitar el módulo adicional STEEL EC3. Al hacer clic en [Cancelar], se quitará el módulo pero sin guardar los datos.

2.1 Datos generales

En la tabla 1.1 *Datos generales*, se pueden seleccionar las barras, conjuntos de barras y acciones que se quieran calcular. Las pestañas administran los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga para los diferentes cálculos.

2.1.1 Estado límite último

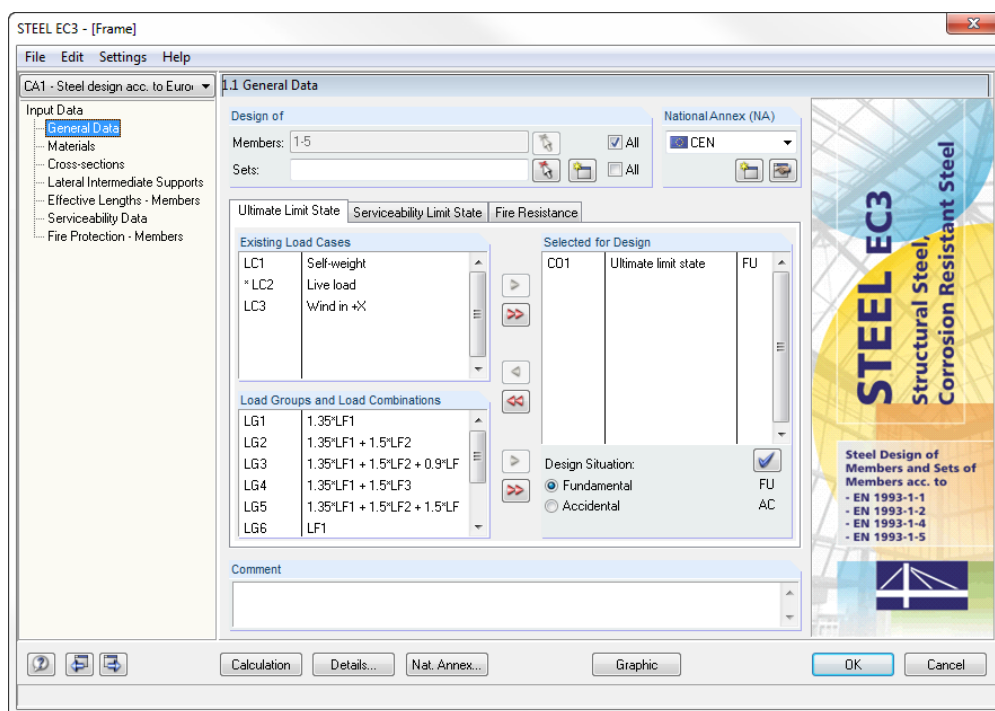


Figura 2.1: Tabla 1.1 *Datos generales*, pestaña *Estado límite último*

Cálculo de

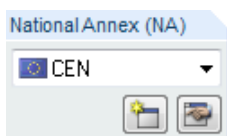


El cálculo se puede realizar tanto para *Barras* como para *Conjuntos* de barras. Si sólo se quiere calcular los objetos seleccionados, cancele la selección de *todas* las casillas de verificación. Con ello se puede tener acceso a dos campos de entrada de datos para introducir los números de las barras o conjuntos de barras relevantes. Para seleccionar gráficamente los objetos en la ventana de trabajo de RSTAB, utilice el botón [Elegir]. La lista de los números de barras predefinidas se puede seleccionar rápidamente mediante un doble clic y sobrescribir introduciendo los datos manualmente.



En caso que no se haya definido ningún conjunto de barras en RSTAB, se puede crear un nuevo conjunto de barras en STEEL EC3 por medio del botón [Nuevo]. Aparece entonces el cuadro de diálogo conocido de RSTAB, donde se pueden especificar los datos para un nuevo conjunto de barras.

Cuando se calcula un conjunto de barras, el programa determina los valores extremos de los cálculos de todas las barras contenidas en el conjunto de barras y toma en consideración las condiciones de contorno de las barras conectadas para el análisis de estabilidad. Posteriormente al cálculo, se mostrarán las tablas de resultados adicionales 2.3 *Cálculo por conjunto de barras*, 3.2 *Solicitaciones determinantes por conjunto de barras* y 4.2 *Lista de piezas por conjunto de barras*.



Anejo Nacional (AN)

Con el campo de selección en la esquina derecha superior de la tabla, se puede indicar el anejo nacional cuyos parámetros serán utilizados para el cálculo y los valores límite de deformación.

Utilice el botón [Editar] para abrir un cuadro de diálogo donde se pueden comprobar y ajustar, en caso necesario, los parámetros del AN seleccionado en ese momento. El cuadro de diálogo está descrito en el capítulo 2.1.4 en la página 12.



Casos de carga / Grupos de carga y combinaciones de carga existentes

En estas dos secciones de diálogo se listan todos los casos, grupos y combinaciones de carga, definidos en RSTAB relevantes para el cálculo. Utilice el botón [►] para transferir los casos, grupos o combinaciones de carga seleccionados a la lista *Selección para el cálculo* a la derecha. También se puede hacer doble clic en los elementos. Para transferir completamente la lista a la derecha, utilice el botón [►►].



En caso que los casos o combinaciones de carga estén marcados con un asterisco (*) como el caso de carga 2 en la Figura 2.1, no se pueden calcular. Estos casos de carga son casos sin datos de cargas o puros casos de imperfecciones.



Nótese que tan sólo se permite para el cálculo las combinaciones de carga para las cuales el programa puede determinar claramente la mínima y máxima (lo que significa combinaciones alternativas con el criterio de superposición *Permanente*). Esta restricción es necesaria porque la determinación del momento crítico ideal para pandeo lateral requiere una asignación inequívoca de los diagramas de momentos. Al seleccionar una combinación de carga no permitida, aparece el siguiente mensaje de error:

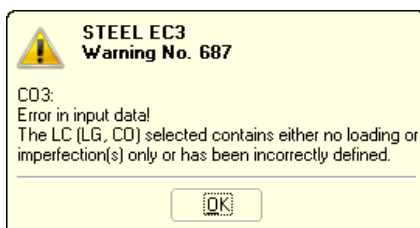


Figura 2.2: Advertencia en caso de selección de una combinación de carga no permitida

Es posible realizar una selección múltiple de los casos de carga por medio de la función común de Windows manteniendo presionada la tecla [Ctrl]. De esta manera, se pueden transferir varios casos de carga de manera simultánea.

Selección para el cálculo

La columna de la derecha lista las cargas seleccionadas para el cálculo. Utilice el botón [◀] para quitar los casos, grupos o combinaciones de carga seleccionados de la lista. También se puede hacer doble clic en los elementos. Con el botón [◀◀], se puede transferir la lista entera a la izquierda.

El análisis de una combinación de carga envolvente del tipo *O* se realiza más rápido que el cálculo de todos los casos y grupos que se hayan establecido globalmente. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta la restricción mencionada anteriormente: Con el fin de determinar una combinación máxima o mínima clara, de tal manera que la combinación *O* puede contener sólo casos de carga, grupos o combinaciones que están superpuestas con el criterio *Permanente*. Asimismo, al calcular una combinación de carga, téngase en cuenta que es difícil ver el efecto de las acciones contenidas en una *CO*.



2.1.2 Estado límite de servicio

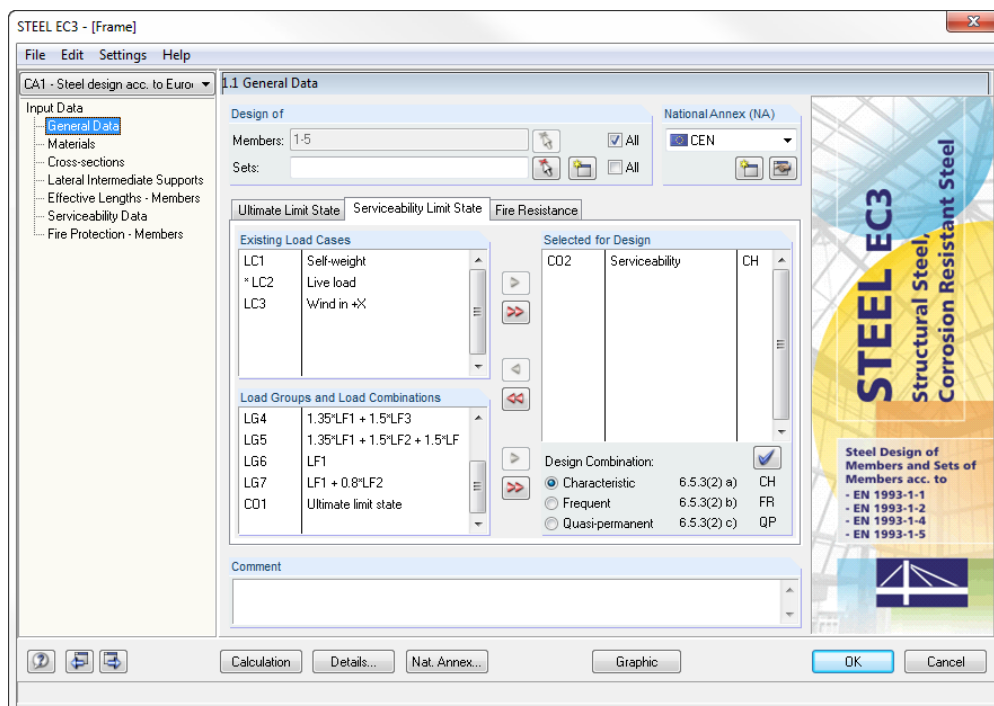


Figura 2.3: Tabla 1.1 Datos generales, pestaña Estado límite de servicio

Casos de carga existentes / Grupos de carga y combinaciones de carga

En estas dos ventanas, todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga que hayan sido creados en RSTAB se encuentran listados.

Selección para el cálculo

Para agregar o quitar casos, grupos o combinaciones de carga ver la descripción en el capítulo previo 2.1.1.

Combinación de cálculo

Se pueden asignar diferentes valores límite para deformación a los casos, grupos y combinaciones de carga individuales. Primero, seleccione la acción relevante en la tabla *Selección para*



el cálculo. Para asignar la combinación de acciones seleccionadas, haga clic en el botón azul de verificación [✓]. Están disponibles los siguientes criterios:

- Característica (CH)
- Frecuente (FR)
- Cuasipermanente (QP)

Los valores límite de las deformaciones están especificados en el Anejo Nacional y pueden ser ajustados para situaciones de cálculo diferentes en los ajustes de parámetro del anejo nacional (ver Figura 2.5, página 12).

Las longitudes de referencia que son decisivas para el cálculo del estado límite de servicio se administran en la tabla 2.8 (ver capítulo 2.8, página 29).

Comentarios

En este campo de entrada, se pueden escribir notas por parte del usuario, como por ejemplo las combinaciones de acciones del actual caso de cálculo.

2.1.3 Protección contra el fuego

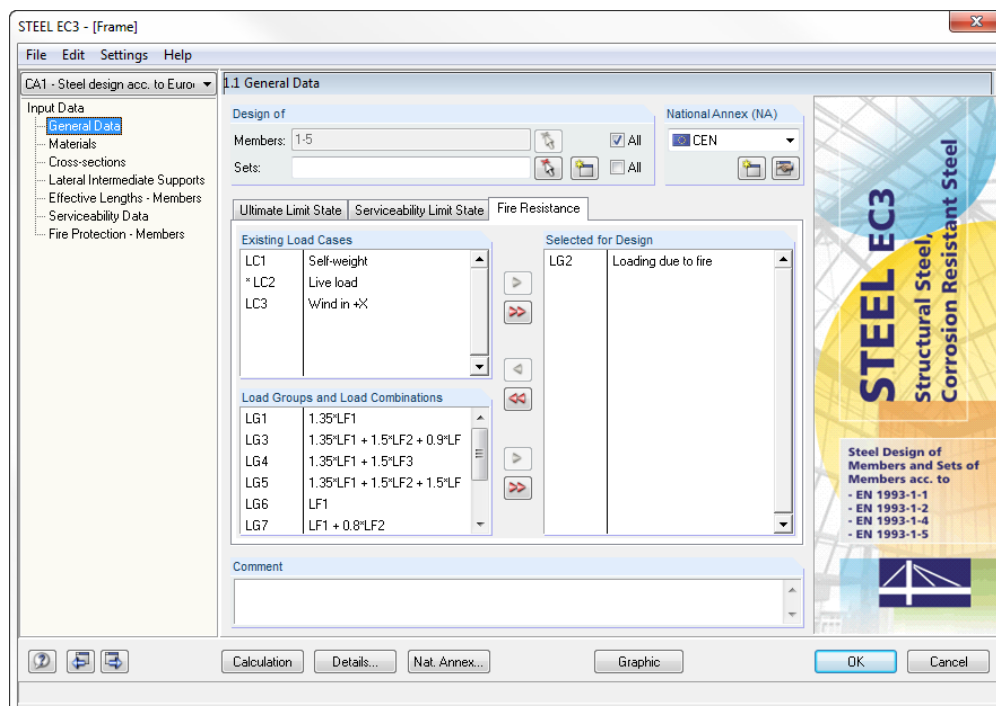


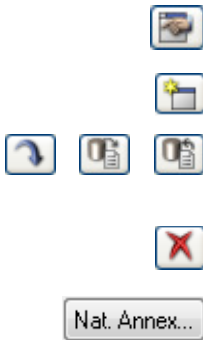
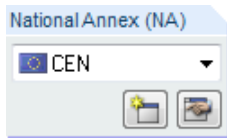
Figura 2.4: Tabla 1.1 Datos generales, pestaña Resistencia al fuego

Casos de carga existentes / Grupos de carga y combinaciones de carga

En estas dos ventanas, todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga que se hayan creado en RSTAB se encuentran listadas.

Selección para el cálculo

Para agregar o quitar casos, grupos o combinaciones de carga ver la descripción en el capítulo previo 2.1.1. Para esta sección de diálogo, seleccione las cargas que se hayan determinado según EN 1991-1-2.



2.1.4 Anejo Nacional (AN)

Con la lista del campo de selección situado en la parte superior derecha de la tabla 1.1 *Datos generales*, se puede definir el anejo nacional cuyos parámetros se quieran aplicar al cálculo y los valores límites de la deformación.

Utilice el botón [Editar] para comprobar los parámetros predefinidos del anejo nacional activo. En caso necesario, se pueden ajustar los parámetros (ver Figura 2.5).

Para crear un anejo nacional definido por el usuario, utilice el botón [Nuevo].

Los botones de diálogo situados en la parte inferior izquierda permiten guardar los parámetros modificados como ajustes predeterminados. Además, se pueden utilizar los botones para importar los parámetros guardados o para restaurar los valores predeterminados del programa.

Con el botón [Eliminar] se puede eliminar cualquier anejo nacional definido por el usuario.

Además, todas las tablas de entrada de datos tienen disponible el botón [Anejo Nacional] el cual se puede utilizar en cualquier momento para acceder al cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional*.

Se abre un cuadro de diálogo de dos pestañas.

Base

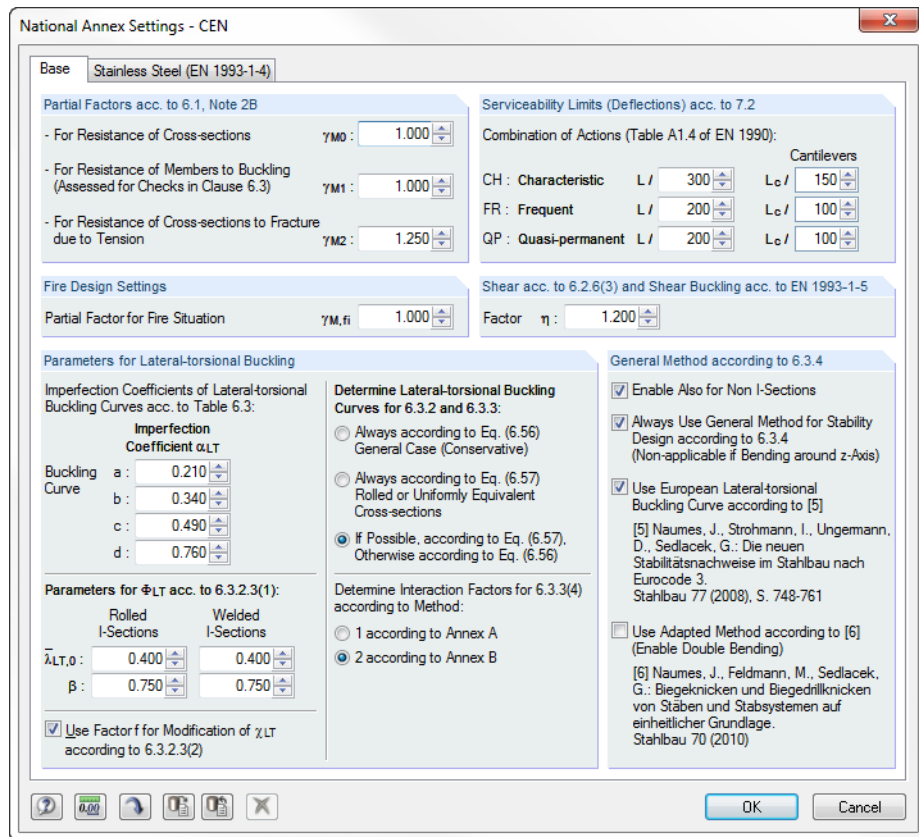


Figura 2.5: Cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional - CEN*, pestaña *Base*

En las ventanas de diálogo se puede comprobar Coeficientes parciales, los *Límite de servicio* así como también los *Parámetros para pandeo lateral* y ajustarlos, si es necesario.



En la ventana de diálogo *Método general según 6.3.4*, es posible además decidir si se quiere realizar el análisis de estabilidad siempre según [1], el apartado 6.3.4. De acuerdo con el Anejo Nacional de Alemania, el método general sólo se permite utilizar para perfiles en I. Al activar la opción *Usar también método general para los que no sean perfiles en I* se puede usar el método también para otros perfiles.

Además, es posible realizar el análisis de estabilidad por medio de la curva Europea de pandeo lateral según NAUMES [7]. En su disertación de noviembre de 2009, completó el Método general para análisis de pandeo y pandeo lateral de componentes estructurales según la norma EN 1993-1-1:2007 6.3.4 por flexión transversal y torsión adicionales. Este método está ahora disponible en STEEL EC3 para calcular perfiles asimétricos así como también de sección variable y conjuntos de barras con flexión biaxial.

Según el apartado 6.3.4 (4), el coeficiente de reducción χ_{op} se ha de calcular

- a) como valor mínimo de los valores de pandeo según 6.3.1 ó χ_{LT} para pandeo lateral según 6.3.2 por medio del grado de esbeltez χ_{op} , o bien
- b) como valor que está interpolado entre χ y χ_{LT} (ver también la ecuación (6.66) de EN 1993-1-1).

Debido a que el método según NAUMES está basado en la Curva Europea de pandeo lateral normalizada considerando el factor de imperfección modificado α^* , se puede omitir la interacción entre el pandeo local y el pandeo lateral según la ecuación (6.66). En el primer paso, el cálculo es llevado a cabo de manera separada para el plano portador de carga principal y secundario.

Calculation	
Principal plane	Secondary plane
$\alpha_{Ed}(x) = \frac{\chi_{LT}(x) \cdot \alpha_{ult,k}(x)}{\gamma_{M1}} \geq 1$	$\beta_z(x) = \frac{M_{z,Ed}(x)}{M_{z,Rd}(x)} \cdot (1 - q_{Mz})$
Design	
simplified	accurate
$\Delta n_R = 0.9$	$\Delta n_R = 1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \cdot \left[1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \right] \cdot \chi_{LT}^2(x) \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2(x)$
$\frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} + \beta_z(x) \leq \Delta n_R$	

Figura 2.6: El cálculo se aplica con el método según NAUMES

En un segundo paso, se determina el criterio de cálculo Δn_R . Finalmente, se realiza el cálculo con respecto al sumatorio de las razones de tensiones para el plano de carga principal y secundario y se compara con el criterio de cálculo Δn_R .


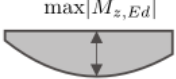
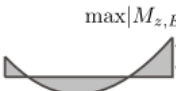


Moment diagram M_z	q_{M_z}
	$q_{M_z} = 0.21 \cdot (1 - \psi_z) + 0.36 \cdot (0.33 - \psi_z) \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}} \leq \frac{1}{\alpha_{crit}}$
 	$q_{M_z} = \frac{1}{\alpha_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{\pi^2 EI_z \cdot \max \delta_y }{l^2 \cdot \max M_{z,Ed} } \right)$
	$q_{M_z} = 0.18 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{M_z} = 0.03 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$

Figura 2.7: Determinación del factor de momento q_{Mz}

Acero inoxidable

STEEL EC3 permite también el cálculo estructural de componentes compuestos de acero inoxidable de acuerdo con EN 1993-1-4 [3]. En la segunda pestaña del cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* se pueden encontrar los *Coefficientes parciales* relevantes y *Parámetros para análisis de estabilidad*.

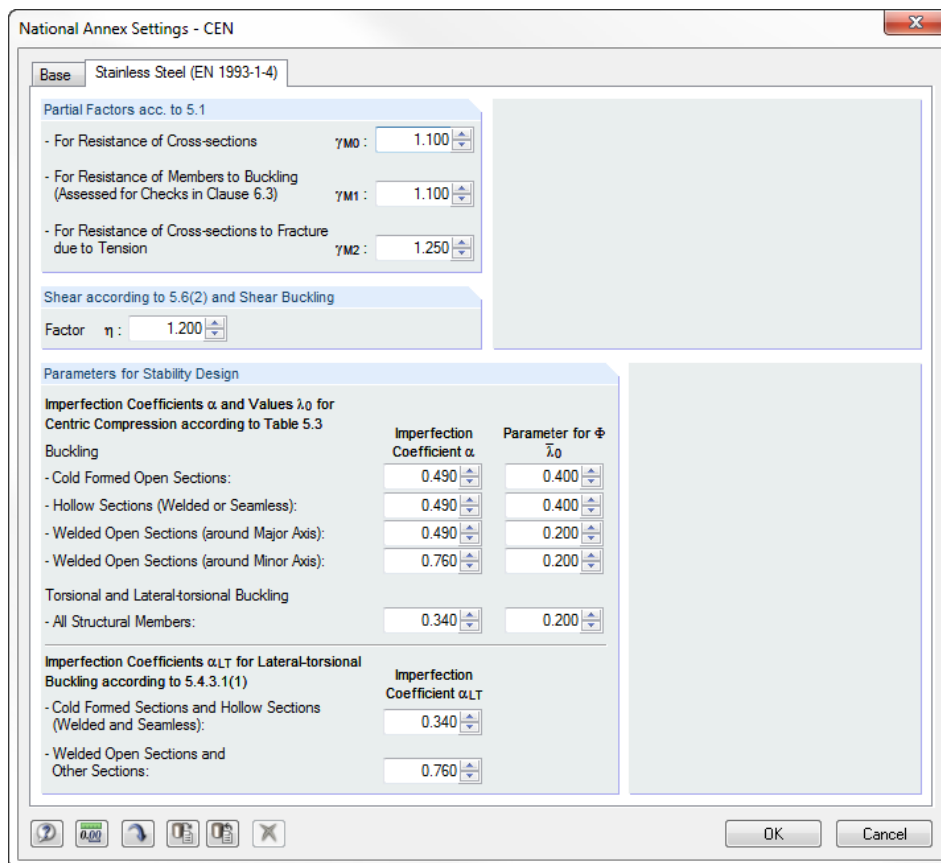


Figura 2.8: Cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* - CEN, pestaña *Acero inoxidable (EN 1993-1-4)*

2.2 Materiales

La tabla está subdividida en dos partes. En la parte superior, están listados los materiales utilizados para el cálculo. En la sección inferior *Propiedades del material*, se muestran las propiedades del material actual, i.e. la fila de la tabla actualmente seleccionada en la sección superior.

Los materiales que no se utilizarán en el cálculo aparecen en color gris. Los materiales que no se admiten están resaltados en rojo. Los materiales modificados se muestran en azul.

Las propiedades de material requeridas para la determinación de las solicitaciones en RSTAB están descritas en detalle en el capítulo 5.2 del manual de RSTAB. Las propiedades relevantes de cálculo están almacenadas en la biblioteca de materiales global y vienen automáticamente como predeterminadas.

Para cambiar las unidades y decimales de las propiedades de material y tensiones, seleccione **Unidades y decimales** en el menú **Configuración** (ver capítulo 7.4, página 66).

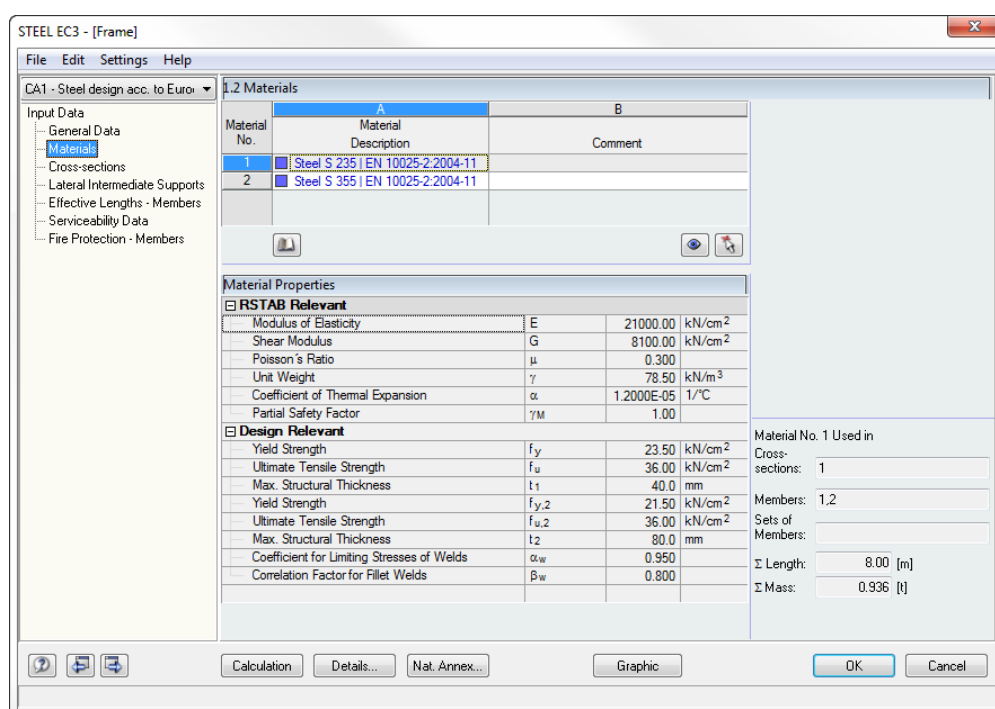


Figura 2.9: Tabla 1.2 *Materiales*

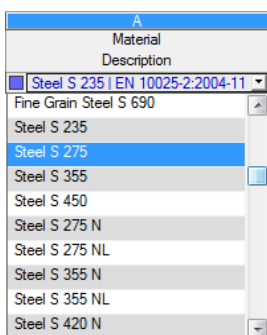
Descripción del material

Los materiales definidos en RSTAB vienen como predeterminados. Si se modifica la *Descripción del material* y la entrada de datos especificada manualmente aparece listada en la biblioteca de materiales, STEEL EC3 importará las propiedades del material.

Se puede modificar el material también utilizando la lista: desplace el puntero en la fila de la tabla de la columna A, y luego haga clic en el botón [▼] o utilice la tecla de función [F7] para abrir la lista mostrada a la izquierda. Posteriormente a la selección, el programa actualizará las propiedades de cálculo relevantes.

De acuerdo con el concepto de diseño de EN 1993-1-1, la lista incluye sólo los materiales de la categoría **Acero**. La importación de los materiales desde la biblioteca se describe a continuación.

Básicamente, no es posible editar las propiedades del material en STEEL EC3.



Biblioteca de materiales

En la biblioteca está disponible un gran número de materiales. Para abrir la biblioteca, seleccione **Biblioteca de materiales** en el menú **Editar** o bien utilice el botón mostrado a la izquierda.

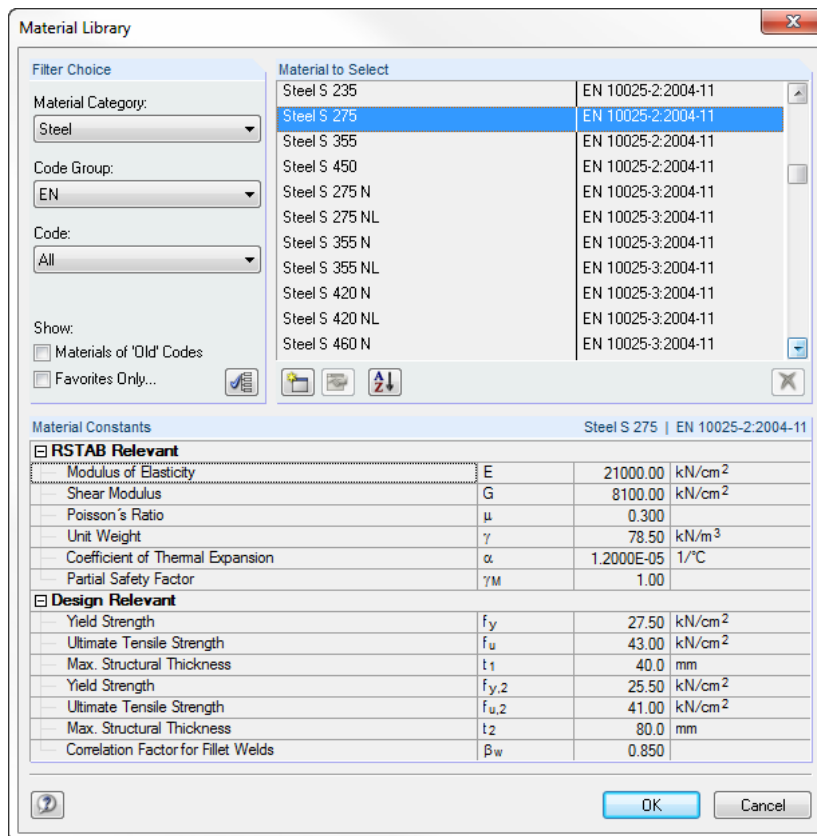
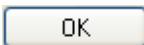


Figura 2.10: Cuadro de diálogo *Biblioteca de materiales*

En la sección *Filtro*, el *Acero* está predeterminado como categoría de material. Seleccione el tipo de acero que desee utilizar para el cálculo en la lista *Material a seleccionar*. Las propiedades correspondientes se pueden comprobar en la sección de diálogo en la parte inferior.



Haga clic en [Aceptar] o bien utilice el botón [↵] para importar el material seleccionado a la tabla 1.2 de STEEL EC3.

El capítulo 5.2 del manual de RSTAB describe en detalle los materiales que se pueden filtrar, agregar o reorganizar.

La biblioteca también permite seleccionar las categorías *Fundición* y *Acero inoxidable*. Para el cálculo, sin embargo, se recomienda comprobar primero si estos materiales están cubiertos por el cálculo de EN 1993-1-1.

2.3 Secciones

Esta tabla lista las secciones que son relevantes para el cálculo. Además, la tabla permite la definición de los parámetros de optimización.

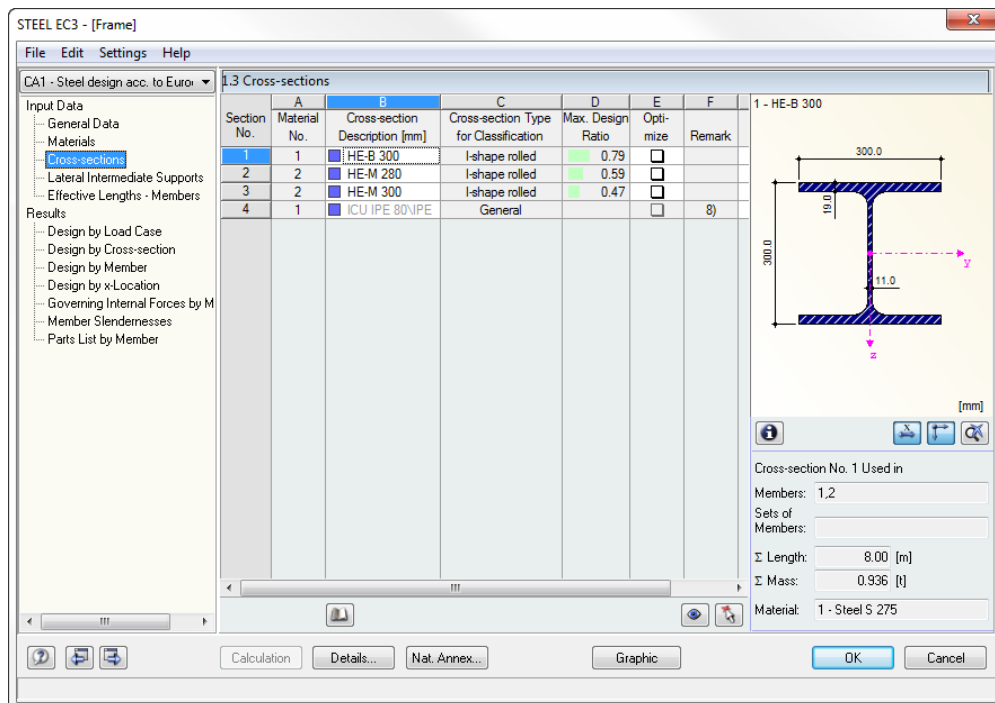


Figura 2.11: Tabla 1.3 Secciones

Descripción de la sección

Las secciones utilizadas en RSTAB están predefinidas junto con los números de material asignados.

Siempre es posible modificar las secciones para el cálculo. La descripción de una sección modificada está resaltada en azul.



Para modificar una sección, introduzca la nueva descripción de sección directamente en la fila de la tabla correspondiente. También se puede seleccionar una nueva sección desde la biblioteca. Para abrir la biblioteca, utilice el botón [Importar sección de biblioteca] situado en la parte inferior de la tabla. De manera alternativa, se puede desplazar el puntero en la respectiva fila de la tabla y hacer clic en el botón [...], o utilizar la tecla de función [F7]. La biblioteca de perfiles de RSTAB aparece así como también el perfil correspondiente en línea del campo de entrada de datos.

La selección de secciones desde la biblioteca se describe en detalle en el capítulo 5.3 del manual de RSTAB.

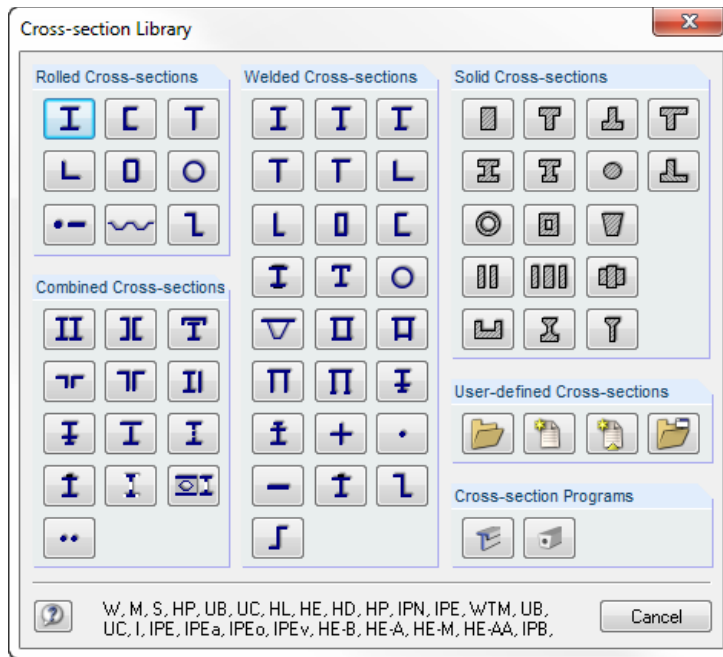
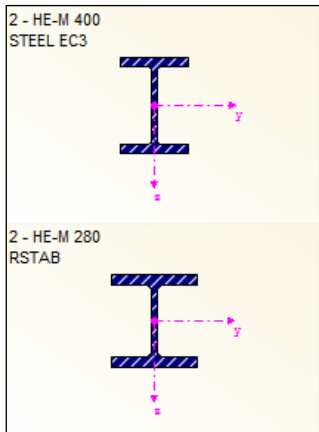


Figura 2.12: Biblioteca de perfiles



En el caso que las secciones definidas en STEEL EC3 sean diferentes de las utilizadas en RSTAB, ambas secciones son mostradas en el gráfico de la parte derecha de la tabla. Los cálculos serán realizados con las solicitaciones desde RSTAB para las secciones seleccionadas en STEEL EC3.

Barras de sección variable

Para las barras de sección variable con diferentes secciones en el inicio y extremo de barra, el módulo muestra ambos números de sección, de acuerdo a la definición en RSTAB, en dos filas de la tabla.

STEEL EC3 calcula también barras de sección variable con la condición que exista el mismo número de puntos de tensión tanto al inicio como al final de la sección: Las tensiones normales, por ejemplo, se determinan desde los momentos de inercia de la sección y las distancias al centro de gravedad de los puntos de tensión. Si el inicio y fin de la sección de una barra de sección variable no tiene el mismo número de puntos de tensión, STEEL EC3 no podrá interpolar los valores intermedios. El cálculo tampoco sería posible tanto en RSTAB como en STEEL EC3.

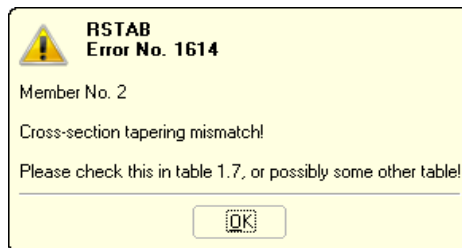


Figura 2.13: Advertencia en caso de secciones no compatibles



Los puntos de tensión de la sección, incluyendo la numeración, han de ser comprobados gráficamente: Seleccione la sección relevante en la tabla 1.3, y luego haga clic en el botón de [Información]. Se abre el cuadro de diálogo *Información acerca de la sección* mostrado en la siguiente figura.

Información de la sección

En este cuadro de diálogo, se puede ver las propiedades de sección, puntos de tensión y partes (c/t).

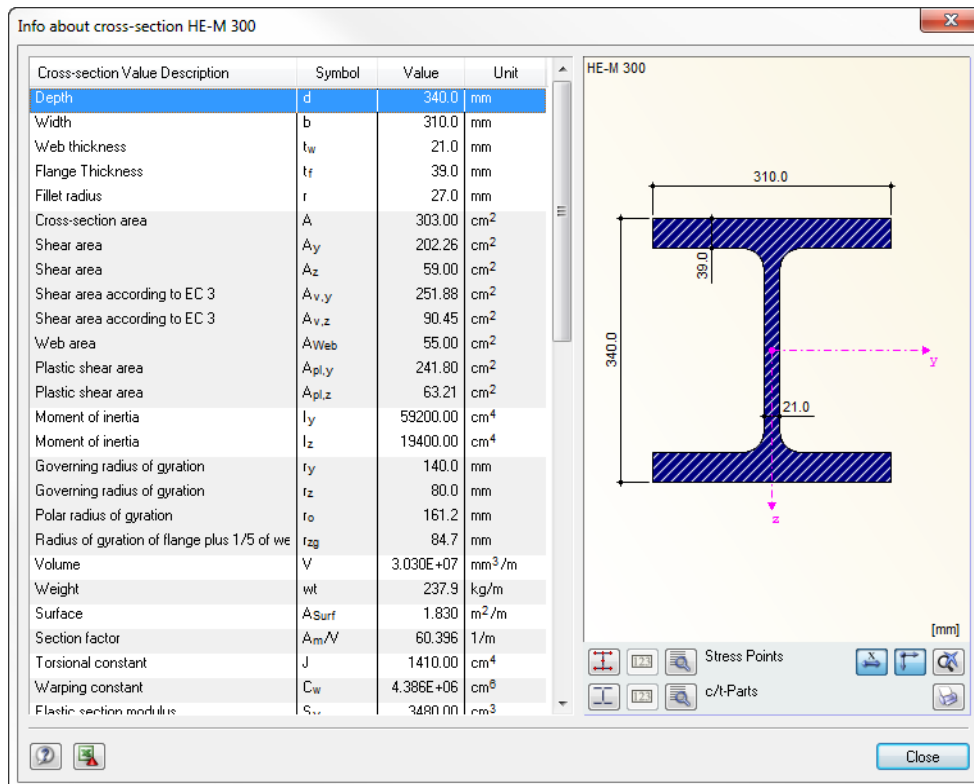


Figura 2.14: Cuadro de diálogo Información de la sección

En la parte derecha del cuadro de diálogo, se muestra la sección actual.

Los botones situados bajo el gráfico realizan las siguientes funciones:

Botón	Función
	Muestra u oculta los puntos de tensiones.
	Muestra u oculta las piezas (c/t).
	Muestra u oculta la numeración de los puntos de tensiones o las piezas (c/t).
	Muestra u oculta los detalles de los puntos de tensiones o las piezas (c/t).
	Muestra u oculta las dimensiones de la sección.
	Muestra u oculta los ejes principales de la sección.
	Reinicia la vista completa del gráfico de la sección.

Tabla2.1: Botones del gráfico de la sección

Razón de tensiones máx.

Esta columna de la tabla sólo se muestra después del cálculo. Se dispone como una información de ayuda para la optimización de los perfiles. Por medio de las razones de tensiones mostradas y las escalas de colores, se puede ver qué secciones se aprovechan poco y, por lo tanto, están sobredimensionadas, o las que sufren un nivel excesivo de tensiones y, por tanto, son demasiado pequeñas.

Optimizar

Cada perfil de la biblioteca se puede mejorar mediante un proceso de optimización. Utilizando las solicitaciones obtenidas en RSTAB, el programa determina el perfil desde la tabla de perfiles que figura como más próximo a la razón de tensiones especificada en la pestaña *Otros* del cuadro de diálogo *Detalles* (ver Figura 3.6, página 37).

Si se desea optimizar un perfil, haga clic en la correspondiente casilla de verificación en la columna D ó E. Las recomendaciones para optimizar secciones se pueden encontrar en el capítulo 7.2 en la página 63.

Nota

Esta columna indica una nota en detalle al pie de la lista de secciones situada debajo.



Si el programa muestra el mensaje *No se admite la sección núm. XX.* al iniciar el cálculo, se ha definido una sección que no está registrada en la base de datos de secciones. Esto puede ser una sección definida por el usuario, o una sección de SHAPE-THIN que todavía no ha sido calculada. Haga clic en el botón [...] en la columna B *Descripción de la sección* para definir una sección apropiada para el cálculo (ver Figura 2.12).

2.4 Apoyos laterales intermedios

En la tabla 1.4, se pueden definir los apoyos laterales intermedios para las barras. El programa siempre asume que este tipo de apoyo sea perpendicular al eje débil de la sección z (ver Figura 2.14). Debido a ello, es posible influenciar en las longitudes eficaces de las barras que son importantes para el análisis de estabilidad con respecto al pandeo por flexión y pandeo lateral.



Los apoyos laterales intermedios siempre se consideran como apoyos articulados fijos para el cálculo.

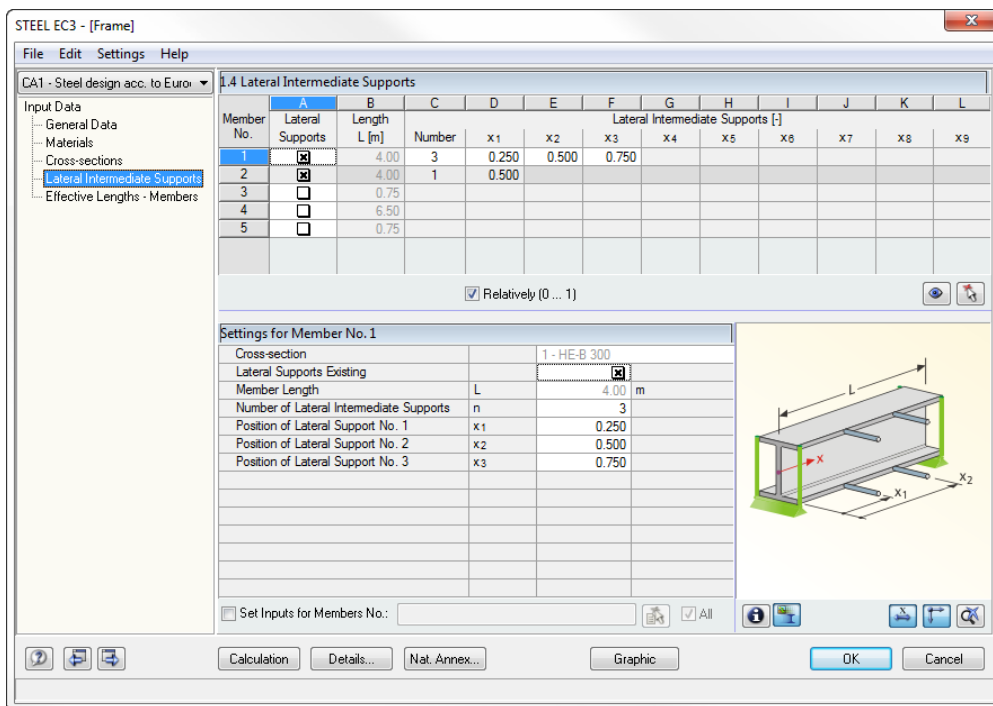


Figura 2.15: Tabla 1.4 Apoyos laterales intermedios

En la parte superior de la tabla, se pueden generar hasta nueve apoyos laterales intermedios para cada barra. La tabla inferior muestra un resumen de los datos introducidos para cada barra que se haya seleccionado en la parte superior.

Relatively (0 ... 1)

Los apoyos laterales intermedios se pueden definir o bien directamente especificando los espacios, o introduciendo los puntos de apoyo por la entrada de datos relativa. Si se decide por la segunda opción, se ha de activar la casilla de verificación *Relativo (0 ... 1)*. La posición del apoyo será determinada desde la longitud de la barra y la fracción unitaria especificada.

2.5 Longitudes eficaces - Barras

Tabla 1.5 está dividida en dos partes con el fin de tener una mejor vista previa de los datos. La tabla en la parte superior contiene información resumida sobre los coeficientes de las longitudes de pandeo y pandeo lateral así como también las longitudes equivalentes en barras de las barras que van a ser asignadas. La parte inferior de la tabla muestra información detallada para la barra que se haya seleccionado en la parte superior.

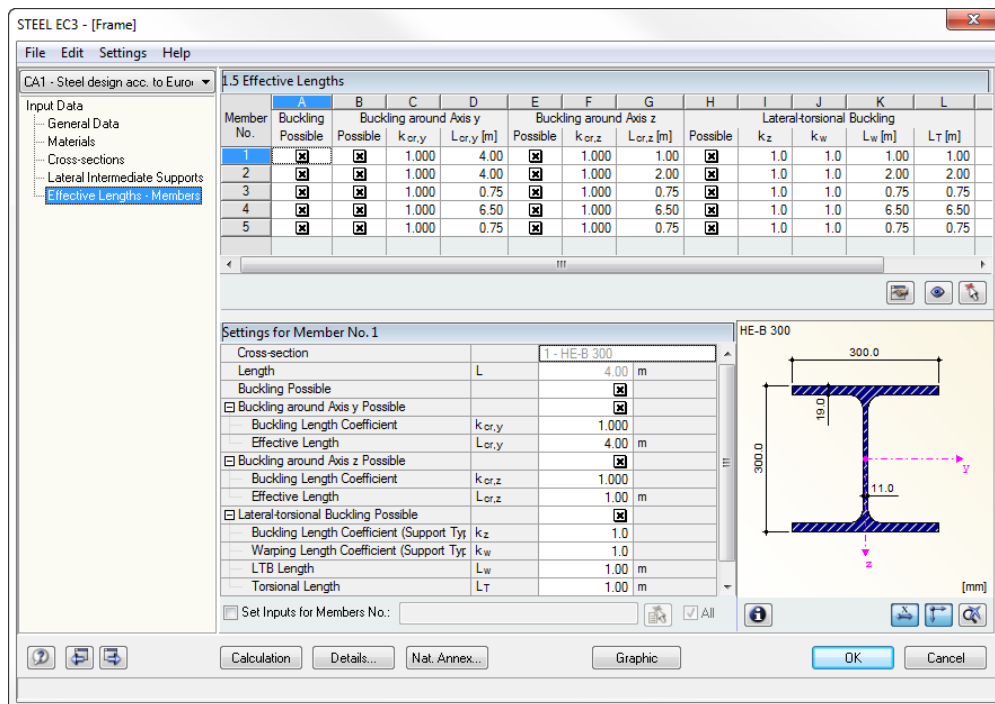


Figura 2.16 Tabla 1.5 Longitudes eficaces - Barras

Las longitudes eficaces de barras para pandeo local perpendicular al eje fuerte se alinean automáticamente con los datos de entrada de la tabla 1.4. Si los apoyos laterales intermedios dividen la barra en tramos de diferente longitud, el programa no muestra ningún valor en las columnas de la tabla G, K y L de la tabla 1.5.

Los cambios en los coeficientes de longitud de pandeo se pueden realizar en la parte superior así como en los ajustes detallados en la parte inferior. Las especificaciones se actualizarán automáticamente en la otra parte de la tabla respectivamente. La longitud de pandeo de una barra se puede definir también gráficamente utilizando la función [Elegir].

La estructura en árbol en la parte inferior de la tabla *Configuración* contiene los siguientes parámetros:

- *Sección*
- *Longitud de barra*
- *Possible pandeo para barra* (compárese en columnas B, E y H)
- *Pandeo alrededor del eje y* (longitudes eficaces, compárese columnas C y D)
- *Pandeo alrededor del eje z* (longitudes eficaces, compárese columnas F y G)
- *Pandeo lateral* (longitud de alabeo coeficientes, compárese columnas de I a K)

Es posible ajustar el *Coficiente de longitud de pandeo* así como también el *Coficiente de longitud de alabeo* para las direcciones respectivas. Además, se puede especificar si se desea realizar un análisis de pandeo o un análisis de pandeo lateral generalmente. Al modificar el coeficiente de pandeo, la longitud de barra equivalente se ajustará automáticamente.



La longitud de pandeo de una barra también se puede definir en un cuadro de diálogo que se abre haciendo clic en un botón situado a la izquierda. En la tabla, se encuentra el botón situado debajo de la parte superior de la tabla a la derecha.

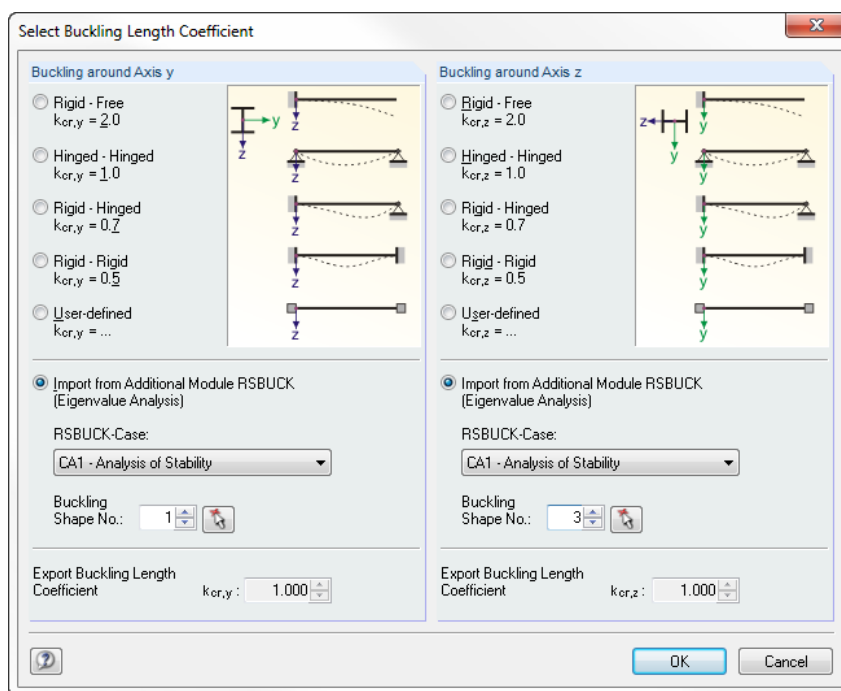


Figura 2.17: Cuadro de diálogo *Seleccionar coeficiente de longitud de pandeo*

En el cuadro de diálogo *Seleccionar Coeficiente de longitud de pandeo*, se puede elegir uno de los cuatro conocidos tipos de pandeo de Euler, definir el coeficiente de longitud de pandeo manualmente o, si existe una caso disponible calculado de RSBUCK, seleccione el modo propio determinante para determinar el coeficiente.

Posible pandeo

Un análisis de estabilidad para pandeo por flexión y pandeo lateral requiere la capacidad de absorber esfuerzos de compresión por parte de las barras. Por tanto, las barras para las cuales no es posible una absorción debido al tipo de barra definido (por ejemplo barras de tracción, apoyos elásticos, empotramientos) están excluidas en primer lugar del cálculo de STEEL EC3. La filas correspondientes se muestran en gris y se indica una nota en la columna *Comentarios*.

La columna de la tabla *Pandeo posible* ofrece la opción de control para clasificar las barras como barras comprimidas o de excluirlas del cálculo. Por ello, con las casillas de verificación en la columna de la tabla A y en la tabla *Configuración para la barra*, se decide para cada barra si se puede acceder a los campos de entrada para definir los parámetros de longitud de pandeo.

Pandeo alrededor del eje "y" ó "z"

Con las casillas de verificación en las columnas de la tabla *Posible*, se decide si una barra está en riesgo de pandeo alrededor del eje "y" y/ó "z". Estos ejes representan los ejes locales de la barra, con el eje "y" como "fuerte" y el eje "z" como "débil". Los coeficientes de longitudes de pandeo $k_{cr,y}$ y $k_{cr,z}$ para el pandeo alrededor del eje fuerte o débil se pueden seleccionar libremente.

La posición de los ejes de las barras se puede comprobar en el gráfico de la sección en la tabla 1.3 *Secciones* (ver Figura 2.14). En la ventana de trabajo de RSTAB, con la que siempre se tiene acceso mediante el botón [Gráfico], es posible mostrar los ejes locales de la barra por medio del navegador *Mostrar* (ver figura siguiente).



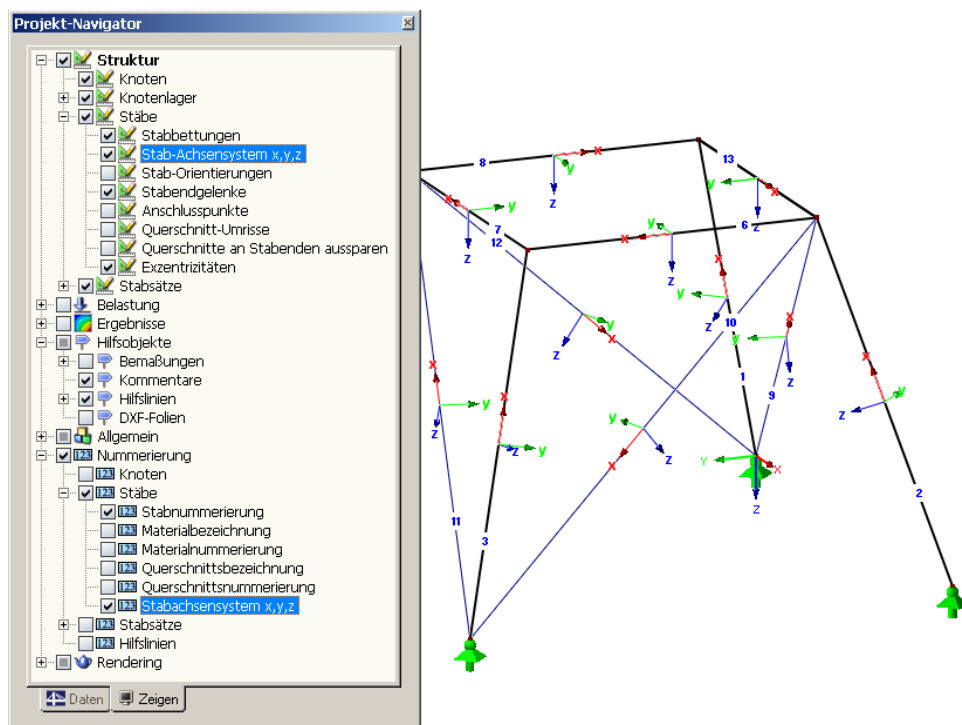


Figura 2.18: Seleccionando los sistemas de ejes locales de barra en el navegador *Mostrar* de RSTAB

Cuando el pandeo es posible alrededor de uno o incluso ambos ejes de barra, se puede introducir los coeficientes de longitudes de pandeo así como también las longitudes de pandeo en las columnas C y D ó F y G. Lo mismo se aplica para la tabla *Configuración de la barra*.

Al especificar el coeficiente de longitud de pandeo k_{cr} , el programa determina la longitud eficaz L_{cr} multiplicando la longitud de la barra por el coeficiente de longitud de pandeo. Los campos de entrada de datos son interactivos.



Para definir la longitud de pandeo, se puede utilizar el botón [...] al fin de los campos de entrada para L_{cr} y determinar la distancia entre dos nudos gráficamente en la ventana de trabajo de RSTAB.

Posible pandeo lateral

La columna de la tabla H muestra en qué barras el programa realiza un análisis de pandeo lateral.

Para determinar M_{cr} según el método de cálculo de los autovalores, se debe crear un modelo de barra interno con cuatro grados de libertad. Las siguientes definiciones de k_z y k_w (ver página 25) se utilizan para representar los grados de libertad en los apoyos del citado modelo:

2 Datos de entrada

k_z
1.0
1.0
0.7e
0.7ri
0.5
2.0e
2.0ri

$k_z = 1.0$	apoyo articulado fijo en ambos extremos de la viga
$k_z = 0.7le$	empotrado a la izquierda y articulado fijo a la derecha
$k_z = 0.7ri$	empotrado a la derecha y articulado fijo a la izquierda
$k_z = 0.5$	empotrado en ambos extremos de la viga
$k_z = 2.0le$	empotrado a la izquierda y libre en el extremo de barra de la derecha.
$k_z = 2.0ri$	empotrado a la derecha y libre en el extremo de la barra de la izquierda

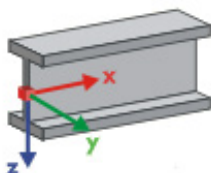


Figura 2.19: Definición del eje para la definición del apoyo con k_z y k_w

Un apoyo articulado fijo con $k_z = 1.0$ resulta en un apoyo con una retención en la dirección del eje "y" con una restricción a torsión alrededor del eje "x" (eje longitudinal) de la barra. En caso que se utilice una restricción, se previene la torsión de la sección alrededor del eje "z", además de los recién bloqueados grados de libertad. Las abreviaturas *le* y *ri* se refieren al lado izquierdo (de *left*) y al derecho (de *right*). La descripción *le* define siempre las condiciones de apoyo en el inicio de la barra.



Como las definiciones para k_z y k_w siempre se refieren al inicio y fin de la barra, se debe prestar especial atención al considerar los apoyos intermedios. Estos apoyos dividen la barra en segmentos individuales para el cálculo. Por lo tanto, el uso de apoyos intermedios se debe evitar para vigas en voladizo porque el resultado sería segmentos que son articulados fijos en un lado y, por tanto, estáticamente indeterminados (apoyo articulado fijo en un extremo sólo respectivamente).

Con el coeficiente de longitud de alabeo k_w , el cuarto grado de libertad se define en el apoyo. De debe definir si la sección puede ser alabeada libremente (el apoyo está libre de albear) o se define una coacción al alabeo. Ya que un modelo de barra interno requiere sólo cuatro grados de libertad, no es necesario la definición de los grados de libertad restantes (desplazamiento en direcciones "x" y "z").

Coefficientes de longitud de alabeo

En la columna J de la tabla, se define el coeficiente de longitud de alabeo k_w afectando la determinación del momento crítico ideal para pandeo lateral M_{cr} . La definición sigue la del coeficiente de longitud de pandeo k_z (ver página 23) pero ahora es una coacción que describe la prevención de alabeo. STEEL EC3 aplica de manera predeterminada la longitud de la barra para la longitud de pandeo lateral. Cuando se dispone de un componente estructural compuesto de varias barras entre los apoyos, puede ser razonable definir la longitud para el pandeo lateral de manera manual. Se puede utilizar la función elegir [...] para dicha definición.

k_w
1.0
1.0
0.7e
0.7ri
0.5
2.0e
2.0ri

$k_w = 1.0$	apoyo libre de alabeo en ambos extremos de viga
$k_w = 0.7le$	empotrado a la izquierda y apoyo articulado a la derecha
$k_w = 0.7ri$	empotrado a la derecha y apoyo articulado a la izquierda
$k_w = 0.5$	coacción al alabeo en ambos extremos de viga
$k_w = 2.0le$	empotrado a la izquierda y barra libre a la derecha
$k_w = 2.0ri$	empotrado a la derecha y barra libre a la izquierda.



En la parte inferior de la tabla *Configuración* se encuentra la casilla de verificación *Definir entrada de datos para barras núm..* Si se activa, los ajustes introducidos después se aplicarán a las barras seleccionadas, o incluso a *todas* las barras. Las barras se pueden seleccionar o bien in-

roduciendo el número de barra, o seleccionándolas gráficamente con el botón [Elegir]. Esta opción es útil cuando se quiera asignar las mismas condiciones de contorno a varias barras. Nótese que la configuración que se haya definido no se puede cambiar posteriormente con esta función.

Puede ocurrir que la longitud para pandeo lateral L_w o la longitud de pandeo por torsión L_T difiera desde la longitud de la barra o de la longitud eficaz. En estos casos, es posible definir las longitudes L_w y L_T manualmente en las columnas K y L.

Comentarios

En la columna final de la tabla, se pueden introducir especificaciones definidas por el usuario para describir por ejemplo, las longitudes de barra equivalentes seleccionadas.

2.6 Apoyos en nudos - Conjuntos de barras

En STEEL EC3, el análisis de estabilidad para conjuntos de barras se realiza de manera predefinida de acuerdo con EN 1993-1-1, apartado 6.3.4. Sin embargo, si se establece el *Método de interacción de barras* para conjuntos de barras (ver Figura 3.2, página 32), esta tabla no se mostrará. En este caso, se pueden definir los apoyos laterales intermedios por puntos de división en la tabla 1.4.



Considérese la restricción significativa siguiente en el código: Según EN 1993-1-1, apartado 6.3.4 (1), sólo se permite la comprobación en las secciones simétricas que están sometidas a tensiones exclusivamente en su plano principal. Para este método de análisis es necesario saber el coeficiente de amplificación $\alpha_{cr,op}$ del conjunto de barras entero. Para determinar este valor, se crea una estructura plana con cuatro grados de libertad para cada nudo. Las condiciones del apoyo se tienen que definir en la tabla 1.6. Esta tabla sólo se muestra si se ha seleccionado al menos un conjunto de barras para el cálculo en la tabla 1.1 *Datos generales*.

Support No.	Node No.	Support Rotation β [°]	Lat. Support uY'	Rotational Restraint ϕ_X	Restraint ϕ_Z	Warping Restraint ω	Eccentricity e_X [mm]	Eccentricity e_Z [mm]	Comment
1	4	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	0.0	
2	2	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	
3									
4									
5									
6									
7									

Member 3 - Cross-section	Set of Members 1
Member 4 - Cross-section	3 - HE-M 300
Member 5 - Cross-section	2 - HE-M 280
Node with Support	No. 4
Support Rotation	β 0.00
Lateral Support in Y'	$u_{Y'}$ <input checked="" type="checkbox"/>
Restraint around X'	$\phi_{X'}$ <input checked="" type="checkbox"/>
Restraint around Z'	$\phi_{Z'}$ <input type="checkbox"/>
Warping Restraint	ω <input checked="" type="checkbox"/>
Eccentricity	$e_{X'}$ 0.0 mm
Eccentricity	$e_{Z'}$ 0.0 mm
Comment	

Figura 2.20: Tabla 1.6 Apoyos en nudos - Conjunto de barras



La orientación de los ejes en el conjunto de barras es importante para la definición de los apoyos en nudos. Internamente, el programa comprueba la posición de los nudos y define, según las Figura 2.21 aFigura 2.24, los ejes de los respectivos apoyos en nudos para la tabla 1.6.

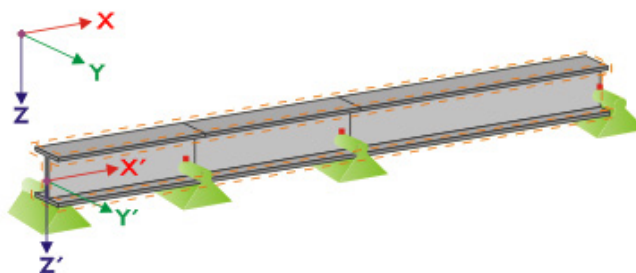


Figura 2.21: Sistema de coordenadas auxiliar para apoyos en nudos - conjunto de barras recto

Cuando todas las barras de un conjunto de barras están situadas en línea recta como se muestra en la Figura 2.21, el sistema de coordenadas local de la primera barra en el conjunto de barras se corresponde con el sistema de coordenadas equivalente del conjunto de barras entero.

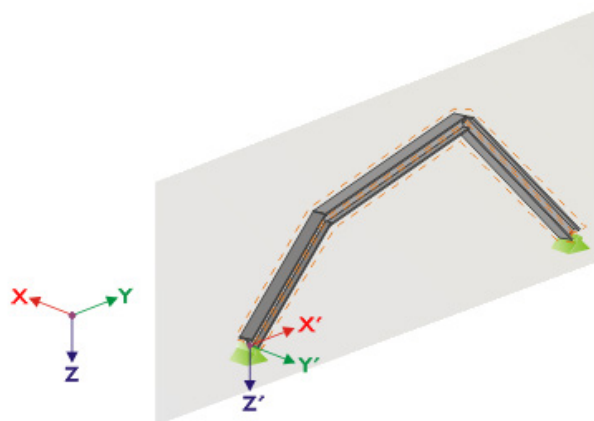


Figura 2.22: Sistema de coordenadas auxiliar para apoyos en nudos - conjunto de barras en plano vertical

Si las barras de un conjunto de barras no están situadas en una línea recta, deben estar al menos en el mismo plano. En la Figura 2.22 están situadas en un plano vertical. En este caso, el eje X' es horizontal y alineado en la dirección del plano. El eje Y' es horizontal así como también está definido perpendicular al eje X'. El eje Z' está dirigido perpendicularmente hacia abajo.

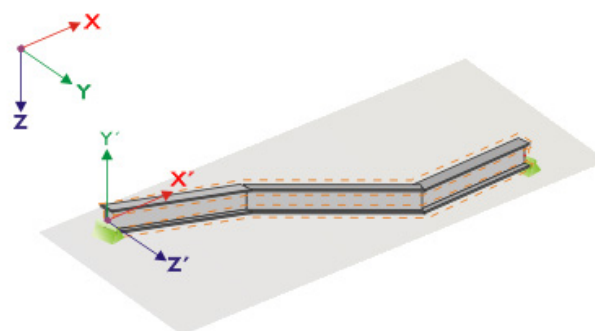


Figura 2.23: Sistema de coordenadas auxiliar para apoyos en nudos - conjunto de barras en plano horizontal

Cuando las barras de un conjunto de barras con pandeo están en un plano horizontal, el eje X' está definido paralelo al eje X del sistema de coordenadas global. Por ello, el eje Y' está definido en dirección opuesta al eje global Z y el eje Z' está en dirección paralela al eje global Y.

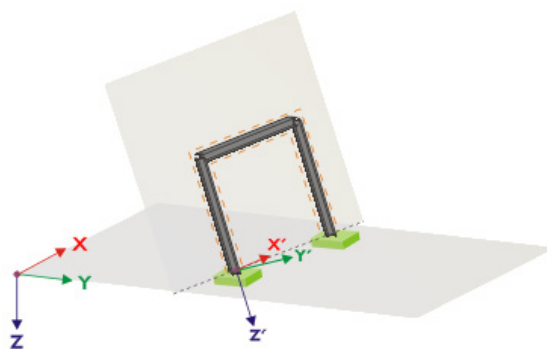


Figura 2.24: Sistema de coordenadas auxiliar para apoyos en nudos - conjunto de barras en plano inclinado

Figura 2.24 muestra el caso general de un conjunto de barras con pandeo: Las barras no están situadas en una línea recta sino en un plano inclinado. La definición del eje X' proviene de la línea de intersección del plano inclinado con el horizontal. Por ello, el eje Y' queda definido en el ángulo derecho del eje X' y dirigido en dirección perpendicular al plano inclinado. El eje Z' se define perpendicular a los ejes X' y Y'.

2.7 Articulaciones en barra - Conjuntos de barras

Esta tabla sólo está disponible al haber seleccionado por lo menos un conjunto de barras de la tabla de cálculo 1.1 *Datos generales*. Si una barra contenida en un conjunto de barras no está disponible, a causa de esta conexión, para pasar los grados de libertad coaccionados que están especificados en la tabla 1.6 como solicitaciones, es posible asignar articulaciones en barra a esta tabla 1.7. En la columna B de la tabla, se puede definir el *Lado de la barra* donde se aplicaría la articulación. Se puede calcular también en ambos lados de la barra.

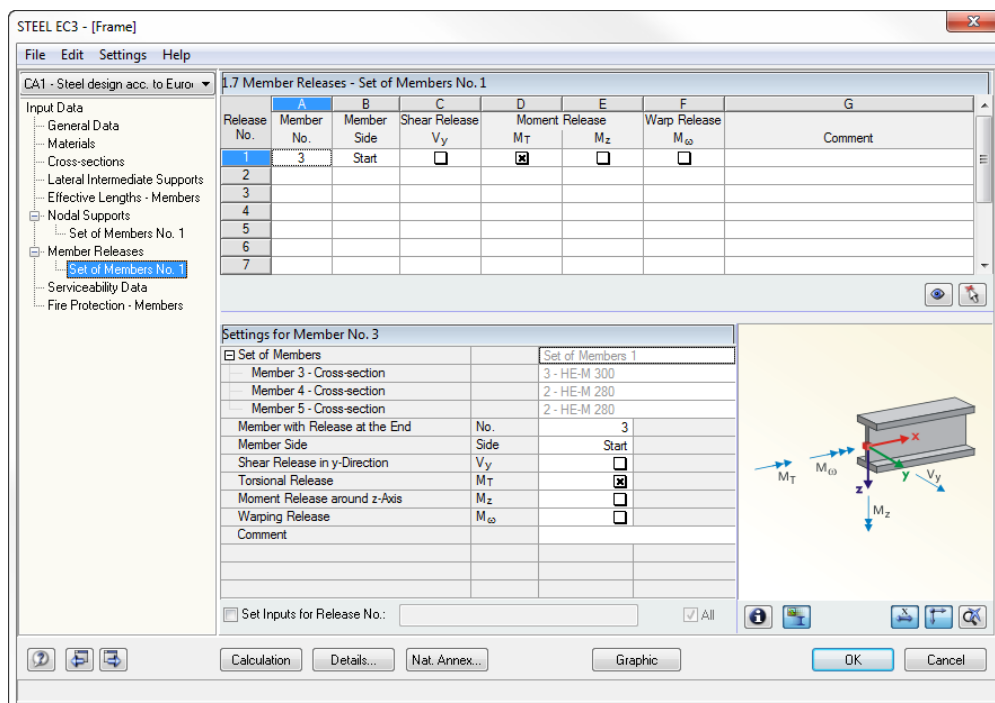
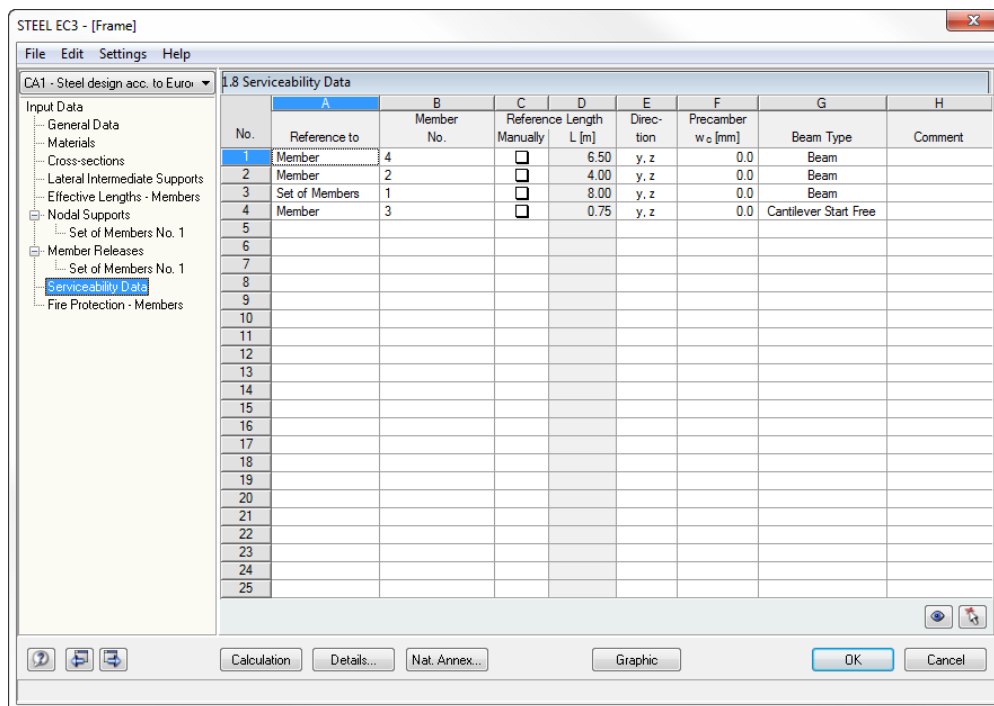


Figura 2.25: Tabla 1.7 Articulaciones en barra - Conjunto de barras

Si está seleccionado el *Método de interacción de barras* para conjuntos de barras (ver Figura 3.2, página 32), esta tabla no se mostrará. En este caso, se pueden definir los apoyos laterales intermedios por puntos de división en la tabla 1.4.

2.8 Datos de servicio

Esta tabla de datos de entrada controla varios ajustes para el cálculo del estado límite de servicio. Tan sólo está disponible si se han definido las entradas de datos relevantes en la pestaña *Estado límite de servicio* de la tabla 1.1 (ver capítulo 2.1.2, página 10).



No.	Reference to	Member No.	Reference Length Manually	L [m]	Direction	Precamber w_c [mm]	Beam Type	Comment
1	Member	4	<input type="checkbox"/>	6.50	y, z	0.0	Beam	
2	Member	2	<input type="checkbox"/>	4.00	y, z	0.0	Beam	
3	Set of Members	1	<input type="checkbox"/>	8.00	y, z	0.0	Beam	
4	Member	3	<input type="checkbox"/>	0.75	y, z	0.0	Cantilever Start Free	
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

Figura 2.26: Tabla 1.8 *Datos de servicio*

En la columna A, se decide si se quiere aplicar la deformación a barras singulares, listas de barras o conjuntos de barras.

En la columna B de la tabla, se introducen los números de las barras o conjuntos de barras que se quieran calcular. Se puede utilizar también la función [Elegir] para seleccionarlas gráficamente en la ventana de trabajo de RSTAB. La *Longitud de referencia* respectiva será introducida automáticamente en la columna D. Esta columna predifine las longitudes de las barras, conjuntos de barras o listas de barras. En caso necesario, se pueden ajustar estos valores después de activar *Manualmente* la casilla de verificación en la columna C.

La columna E de la tabla define la *Dirección* determinante para el análisis de deformaciones. Se puede considerar una *Contraflecha* w_0 , en caso necesario, mediante los datos especificados en la columna F.

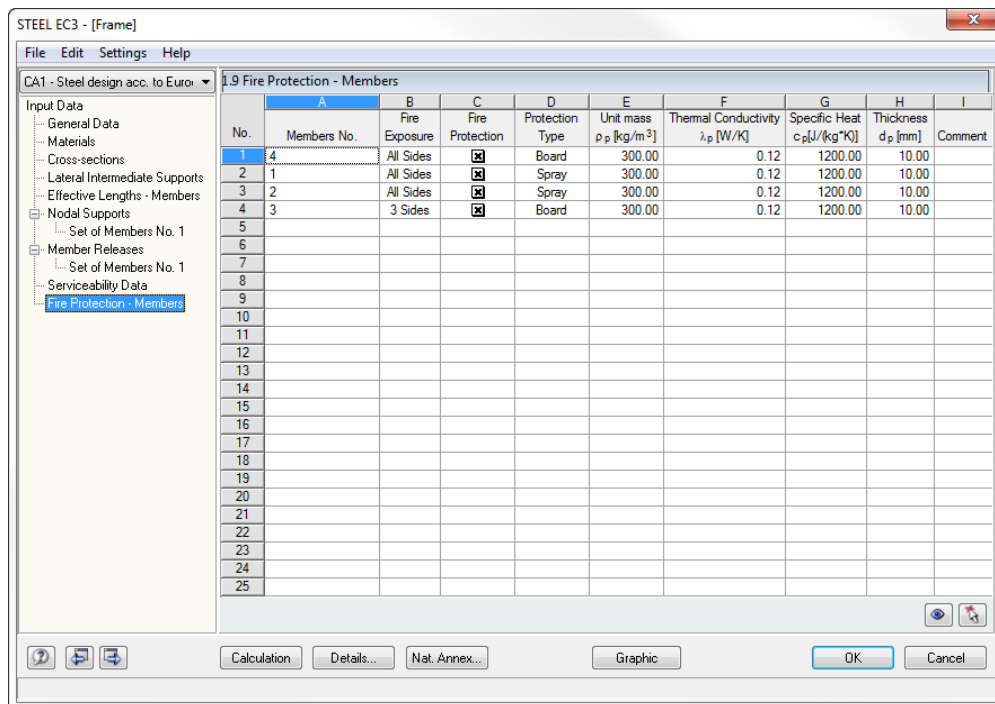
El *Tipo de viga* es de vital importancia para la correcta aplicación de las deformaciones límite. En la columna G de la tabla, se puede seleccionar que la viga sea normal o en voladizo.

Los ajustes mostrados en la pestaña *Servicio* del cuadro de diálogo *Detalles* determinan si las deformaciones están referidas a la estructura inicial no deformada o a los extremos de barras o conjuntos de barras desplazados (ver Figura 3.3, página 35).

Details...

2.9 Especificaciones para el cálculo de protección contra incendios

La tabla de datos de entrada final administra los diferentes parámetros de resistencia frente al fuego. Sólo está disponible si se han definido entradas de datos relevantes en la pestaña *Resistencia al fuego* de la tabla 1.1 (ver capítulo 2.1.2, página 10).



No.	Members No.	Fire Exposure	Fire Protection	Protection Type	Unit mass ρ_p [kg/m ³]	Thermal Conductivity λ_p [W/K]	Specific Heat c_p [J/(kg·K)]	Thickness d_p [mm]	Comment
1	4	All Sides	<input checked="" type="checkbox"/>	Board	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	1	All Sides	<input checked="" type="checkbox"/>	Spray	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	2	All Sides	<input checked="" type="checkbox"/>	Spray	300.00	0.12	1200.00	10.00	
4	3	3 Sides	<input checked="" type="checkbox"/>	Board	300.00	0.12	1200.00	10.00	
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Figura 2.27: Tabla 1.9 Protección contra incendios - Barras



La columna A de la tabla contiene las barras que se han considerado para el cálculo. Haga clic en el botón [...] para utilizar la función elegir para una selección gráfica de las barras en la ventana de trabajo de RSTAB.

En la columna B, se define el número de lados de la sección que están expuestos al fuego. La *Exposición al fuego* tiene un efecto en la determinación de los factores de la sección según EN 1993-1-2, tabla 4.2 y tabla 4.3.

En caso que se utilice un revestimiento para la protección frente al fuego, se puede seleccionar el *Tipo de protección* en la columna D. Los parámetros correspondientes se especifican en las columnas E, F, G, H.

3. Cálculo

3.1 Configuración de detalles

Calculation

Details...

Los cálculos individuales se realizan utilizando las solicitaciones determinadas en RSTAB. Antes de iniciar el cálculo haciendo clic en el botón [Cálculo], se recomienda comprobar los detalles de cálculo. El cuadro de diálogo correspondiente se puede acceder en cada tabla de entrada y salida de datos utilizando el botón [Detalles].

El cuadro de diálogo *Detalles* pone a disposición las siguientes pestañas:

- Estado límite último
- Estabilidad
- Estado límite de servicio
- Protección contra incendios
- Otros

3.1.1 Estado límite último

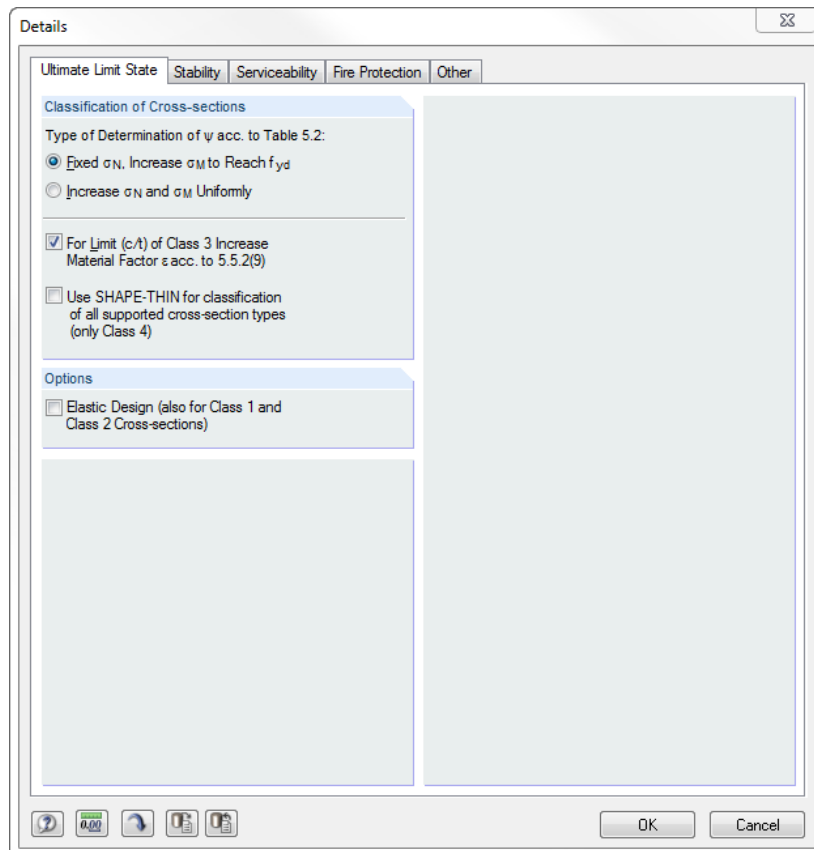


Figura 3.1: Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Estado límite último*

Clasificación de secciones

Si existen conjuntamente tensiones de compresión y flexión en la sección, se puede determinar el coeficiente tensión-deformación ψ de dos maneras. Este coeficiente se requiere para la determinación de la relación anchura/espesor (c/t) apropiada según [1], tabla 5.2. Con la primera opción, se puede incrementar sólo la componente de tensión de flexión con el fin de alcanzar el límite elástico f_{yd} . Si se selecciona la segunda, las componentes de tensiones del es-

fuerzo axial y momento se incrementan uniformemente hasta que se alcanza el límite elástico f_{yd} .

La casilla de verificación de *Incrementar el factor de material* situada bajo las dos opciones es accesible sólo si se ha desactivado el análisis de estabilidad en la pestaña *Estabilidad* del cuadro de diálogo. La razón se puede encontrar en las descripciones del Eurocódigo para clasificación en el capítulo 5.5.2 (10). Cuando el análisis de estabilidad esté definido como inactivo, se pueden tratar las secciones clasificadas con clase 4 como secciones de clase 3 mediante el incremento ε (compárese también en EN 1993-1-1, apartado 5.5.2 (9)).

Cuando la clasificación de las secciones de SHAPE-THIN se haya activado, se pueden clasificar también las secciones. Si las secciones están asignadas a la clase 1 ó 2, es posible el cálculo plástico.

Opciones

Las secciones que estén asignadas a la clase 1 ó 2 serán designadas plásticamente en STEEL EC3. Si no se desea realizar el cálculo plástico, se puede activar el *Cálculo plástico* también para esta clase de secciones.

3.1.2 Estabilidad



Figura 3.2: Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Estabilidad*

Análisis de estabilidad

Al marcar la casilla de verificación en esta sección del diálogo, se decide si se quiere realizar el *Análisis de estabilidad* general. Si se cancela la selección de esta casilla, no se mostrarán las tablas de entrada de datos de 1.4 a 1.7.

Cuando se activa la casilla de verificación, se pueden definir las direcciones de los ejes por las cuales se realiza el análisis de estabilidad según el *Método de la barra equivalente*. Es posible considerar de manera adicional los *Efectos de la teoría de 2º orden* de acuerdo a [1], 5.2.2 (4), mediante un factor de incremento para momentos flectores que se puedan definir manualmente. Este factor se recomienda, por ejemplo, al calcular un pórtico cuyo modo de pandeo determinante esté representado por un desplazamiento lateral. Se pueden determinar las sollicitaciones de acuerdo al análisis estático lineal e incrementarlas utilizando los factores adecuados.

Determinación del momento elástico crítico

STEEL EC3 determina de manera predeterminada el momento crítico ideal *automáticamente mediante el método de los valores propios*. Para el cálculo se utiliza un modelo finito para determinar M_{cr} , considerando los siguientes elementos:

- Dimensiones de sección bruta
- Tipo de carga y posición del punto de aplicación de la carga
- Distribución efectiva de momentos
- Coacciones laterales (por condiciones en apoyos)
- Condiciones de contorno eficaces

Los grados de libertad de un modelo de barra interno se definen, como se describe en el capítulo 2.5 sobre los factores k_z y k_w .



Cuando el momento crítico ideal se calcula mediante una *Comparación del desarrollo del momento*, se puede controlar la determinación del factor C_1 mediante el botón [Info]. Se abre un cuadro de diálogo donde se puede especificar los ajustes. C_2 y C_3 se determinan automáticamente por el método de los valores propios.

En caso que las cargas transversales estén disponibles, es importante definir dónde están actuando estas fuerzas en la sección. Dependiendo del punto de *Aplicación de la carga*, las cargas transversales pueden ser estabilizadoras o desestabilizadoras, y de esta manera pueden influenciar en el momento crítico ideal considerablemente.

Tipo de estructura de acuerdo con la Tabla B.3

Según el Anexo B de EN 1993-1-1, tabla B.3, el factor de momento equivalente $C_{my} = 0.9$ ó $C_{mz} = 0.9$ tiene que estar definido para componentes estructurales con pandeo representado mediante un desplazamiento lateral. Las dos casillas están inactivas de manera predeterminada. Cuando se activan, el programa determina los factores de momento C_{my} y C_{mz} según el criterio mencionado en la tabla B.3.

Carga límite para casos especiales

Para calcular secciones no simétricas para compresión axial prevista según [1] 6.3.1, es posible rechazar pequeños momentos sobre el eje fuerte y débil mediante los parámetros definidos en esta sección de diálogo.

De la misma manera, se pueden desactivar los esfuerzos de compresión para el cálculo puro de flexión según [1] 6.3.2 al definir una relación para N a N_{pl} .

Para el cálculo de secciones transversales no simétricas, barras de sección variable o conjuntos de barras según [1] 6.3.4, sólo se permite la flexión simple en el plano principal y/o compresión. Para omitir una carga de momento menor sobre el eje débil, es posible definir un límite para la relación de momentos $M_{z,Ed}/M_{pl,z,Rd}$.

La torsión prevista no está claramente especificada en EN 1993-1-1. Cuando está disponible una tensión por torsión pero no sobrepasa la razón de tensiones a cortante de 5 % predeterminada, no se considera el cálculo de estabilidad. En este caso, la salida de resultados mostrará el pandeo por flexión y pandeo lateral.

Si uno de los límites se sobrepasa, aparece una nota en la tabla de resultados. No se realizará el análisis de estabilidad. Sin embargo, se mostrarán los cálculos de la sección. Estos parámetros límite no forman parte del Eurocódigo EN 1993-1-1 o de ningún anejo nacional. El cambio de los límites queda en la responsabilidad del usuario del programa.



Método de análisis de estabilidad de conjunto de barras

El comportamiento de estabilidad del conjunto de barras puede ser analizado de acuerdo a dos métodos.

Con el *Método de la barra equivalente*, es posible tratar a los conjuntos de barras como una barra singular. Los factores k_z y k_w tienen que definirse en la tabla *Longitudes eficaces - Conjuntos de barras*. Se utilizan para la determinación de las condiciones de apoyo β , u_y , φ_x , φ_z y ω . En este caso, las tablas 1.6 y 1.7 no se muestran. Nótese que los factores k_z y k_w son idénticos para cada sección o barra parcial del conjunto. Se recomienda por lo general utilizar este método sólo para conjuntos de barras que sean rectos.

Con la opción predefinida *Método general* el programa realiza un análisis general basado en el factor α_{cr} . Las condiciones de apoyo tienen que definirse para todos los conjuntos de barras en la tabla 1.6. Los factores k_z y k_w de la tabla 1.5 no se utilizarán.

3.1.3 Estado límite de servicio



Figura 3.3: Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Servicio*

Con las opciones en la sección del diálogo *Deformación relacionada con*, se puede decidir si las deformaciones máximas están relacionadas con la estructura inicial no deformada o a una línea de conexión imaginaria entre el inicio y fin de barra en el sistema deformado, esto es, los extremos de barras o de conjuntos de barras desplazados.

Las deformaciones límite se pueden comprobar y, en caso necesario, ajustar en el cuadro de diálogo *Parámetros de Anejo Nacional* (ver capítulo 2.1.4, página 12).

3.1.4 Protección contra incendios

Esta pestaña administra la configuración de detalles para el cálculo de la protección frente al fuego.

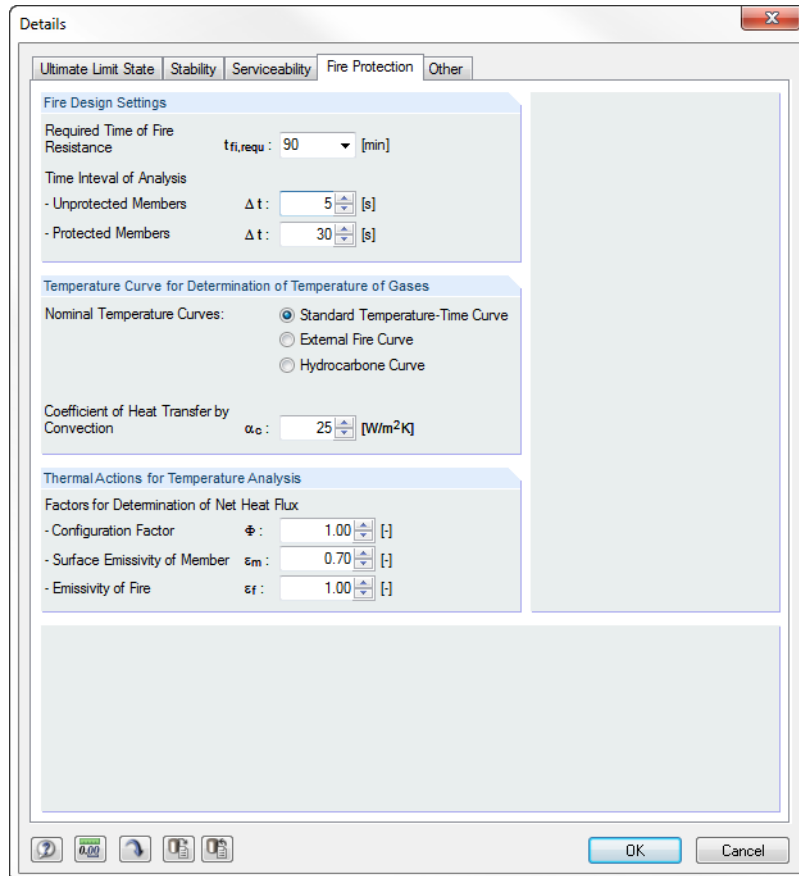


Figura 3.4: Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Protección contra incendios*

Además del tiempo de resistencia al fuego y los intervalos de tiempo para determinar el cambio de temperatura requeridos, se ha de definir la curva de temperatura determinante para la determinación de la temperatura de gas. Están disponibles las tres curvas siguientes:

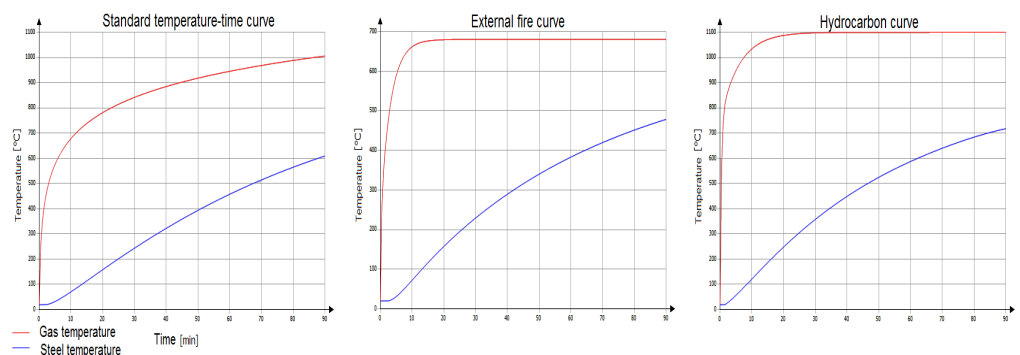


Figura 3.5: Curvas de temperatura: *Curva normalizada tiempo-temperatura*, *curva de fuego exterior*, *curva de hidrocarburos*

Los parámetros requeridos para la determinación del flujo neto de calor están predefinidos de acuerdo a EN 1991-1-2 y EN 1993-1-2, pero se pueden ajustar condiciones arbitrarias.

3.1.5 Otros



Figura 3.6: Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Otros*

Optimización de la sección

En caso que la optimización no esté indicada en la razón de tensiones máxima del 100%, se puede especificar otro valor límite en el campo de entrada de datos.

Comprobación de esbelteces de barra

Los dos campos permiten la introducción de los valores límite λ_{limit} con el fin de definir las esbelteces de barra. Es posible introducir las especificaciones de forma separada para las barras con esfuerzos de tracción puros y barras con flexión y compresión.

En la tabla 3.3, los valores límite se comparan con la esbeltez real de la barra. Esta tabla está disponible sólo después del cálculo (ver capítulo 4.8, página 47) cuando la casilla de verificación correspondiente se haya definido en el apartado *Mostrar tablas de resultados* a la derecha.

Cálculo de soldaduras

Al hacer clic en la casilla de verificación, se decide si realizar los cálculos de soldaduras durante el análisis. El programa realiza los cálculos típicos según EN 1993-1-8. Después del cálculo se pueden encontrar los resultados entre los cálculos de la sección.

Mostrar tablas de resultados

En esta sección de diálogo, se pueden seleccionar las tablas de resultados incluyendo las listas de piezas que se quieran mostrar en la salida de resultados. Las tablas de resultados individuales se describen en el capítulo 4.

La Tabla 3.3 *Esbelteces de barra* está inactiva de manera predeterminada pero se puede activar para una evaluación especificada haciendo clic en la casilla de verificación.

3.2 Iniciar el cálculo

Calculation

Para iniciar el cálculo, haga clic en el botón [Cálculo], el cual está disponible en todas las tablas de entrada de datos del módulo adicional STEEL EC3.

STEEL EC3 busca los resultados de los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga que se desee calcular. Si no se pueden encontrar, el programa inicia el cálculo de RSTAB para determinar las solicitaciones de cálculo relevantes. En este proceso de determinación, se aplican los parámetros de cálculo predeterminados en RSTAB.

Si se tuvieran que optimizar las secciones (ver capítulo 7.2, página 63), el programa determina las secciones requeridas y realiza los correspondientes cálculos.

También es posible iniciar el cálculo de los resultados de STEEL EC3 en la interfaz de usuario de RSTAB. Los módulos adicionales se listan como casos de carga y grupos de carga en el cuadro de diálogo *Para calcular*. Para abrir el cuadro de diálogo en RSTAB,

seleccionar **Para calcular** en el menú **Cálculo**.

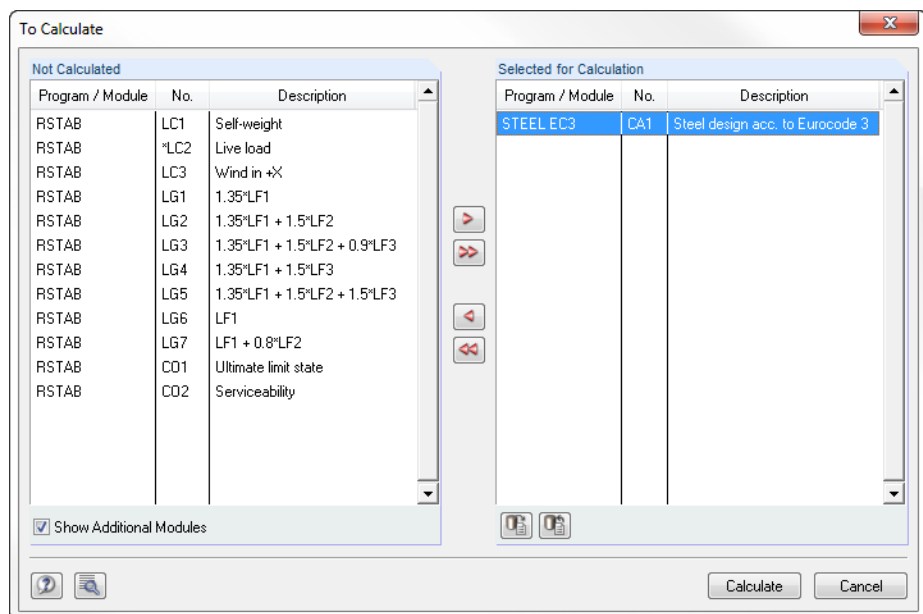


Figura 3.7: Cuadro de diálogo *Para calcular*

Si los casos de cálculo de STEEL EC3 faltan en la lista *No calculados*, marque la casilla de verificación *Mostrar módulos adicionales* situada bajo la lista.

Para transferir los casos seleccionados en STEEL EC3 a la lista de la derecha, utilice el botón [►]. Inicie el cálculo haciendo clic en el botón [Cálculo].

Se puede también utilizar la lista en la barra de herramientas de RSTAB para calcular directamente un caso de cálculo: Seleccione el caso de STEEL EC3 y haga clic en el botón [Resultados activados/desactivados].

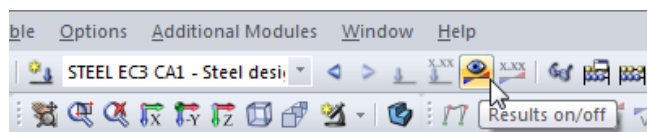


Figura 3.8: Cálculo directo de un caso de STEEL EC3 en RSTAB.

Calculate

Posteriormente, se puede observar el proceso de cálculo en un cuadro de diálogo separado.

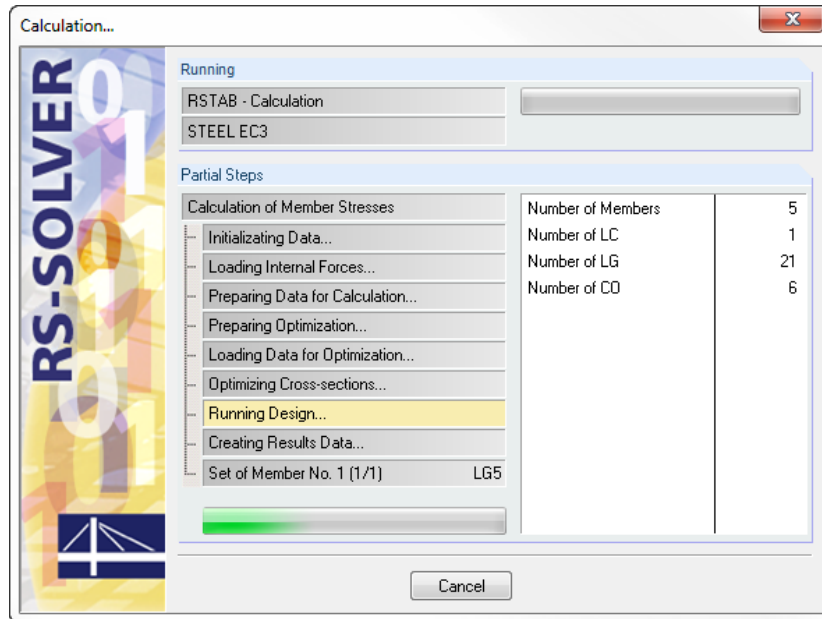


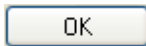
Figura 3.9: El cálculo en STEEL EC3

4. Resultados

La Tabla 2.1 *Cálculo por caso de carga* se muestra inmediatamente después del cálculo. La parte superior de la tabla de resultados muestra un resumen de los cálculos de los casos, grupos y combinaciones de carga de manera individual. La parte inferior contiene información detallada sobre las características de las secciones, solicitaciones analizadas y cálculos realizados para el caso de carga que se haya seleccionado en la parte superior.

Los cálculos se muestran en las tablas de resultados de 2.1 a 2.5, clasificados por diferentes criterios. Las tablas siguientes 3.1 y 3.2 muestran los esfuerzos internos determinantes. La Tabla 3.3 le informa sobre las esbelteces de barra. Las dos tablas de resultados finales 4.1 y 4.2 contienen las listas de partes referidas a las barras y conjuntos de barras.

Cada tabla de resultados se puede seleccionar en el navegador de STEEL EC3. Se pueden utilizar los dos botones mostrados a la izquierda o las funciones de función [F2] y [F3] para seleccionar la tabla anterior o siguiente.



Haga clic en el botón [Aceptar] para guardar los resultados. El módulo adicional STEEL EC3 se cerrará y regresará a la ventana de trabajo de RSTAB.

Capítulo 4 *Resultados* describe las tablas de resultados diferentes una tras de otra. La evaluación y comprobación de resultados se describe en detalle en el capítulo 5 *Evaluación de resultados* en la página 51.

4.1 Cálculo por caso de carga

The screenshot shows the STEEL EC3 - [Frame] window. The main table displays design results for various load cases (LC1, LG1, LG2, LG3) across different design categories like Serviceability Limit State Design and Fire Resistance Design. The table columns include Load Case, Description, Member No., Location x [m], Design Ratio, and Design according to Formula. Below the table, there are buttons for 'Calculation', 'Details...', 'Nat. Annex...', and 'Graphic'. On the right, a detailed view of a member design is shown, including a cross-section diagram of an HE-M 280 I-beam and a table of design parameters such as Deflection, Refer. Length, Limit Value Criterion, Limit Value of Deflection, and Design Ratio.

Load Case	Description	Member No.	Location x [m]	Design Ratio	Design according to Formula	DS
LG7	LF1 + 0.8*LF2	1	0.67	0.71 ≤ 1	364) Stability Analysis - Bending and Compression	ULS
LC1	Self-weight	4	2.60	0.51 ≤ 1	401) Serviceability - Combination of Actions Charac	CH
LG1	1.35*LF1	4	0.00	0.60 ≤ 1	621) Fire Design - Cross-Section Check - Shear For	
LG2	1.35*LF1 + 1.5*LF2	4	0.00	0.60 ≤ 1	621) Fire Design - Cross-Section Check - Shear For	
LG3	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.9*LF	4	0.05	0.64 ≤ 1	854) Fire Design - Stability Analysis - Bending and C	

Figura 4.1: Tabla 2.1 *Cálculo por caso de carga*

Descripción

Esta columna muestra la información de las descripciones de los casos, grupos y combinaciones de carga que son relevantes para los cálculos respectivos.

Barra núm.

La columna B de la tabla muestra para cada caso, grupo o combinación de carga designado/a, el número de barra que soporta la razón de tensiones máxima.

Posición x

La columna muestra la posición x respectiva para la cual el programa ha determinado la razón de tensiones máxima. Para la tabla de salida de resultados, el programa utiliza las siguientes posiciones x de las barras de RSTAB:

- Inicio y fin de nudo
- Puntos de partición de acuerdo a una definición posible de división de barra
- División de barra de acuerdo a una especificación para resultados en barras (pestaña *Opciones* del cuadro de diálogo RSTAB *Parámetros de cálculo*)
- Valores extremos de solicitaciones

Cálculo

La salida de resultados muestra para cada tipo de cálculo y cada caso, grupo o combinación de carga, el criterio de cálculo de acuerdo a EN 1993-1-1.

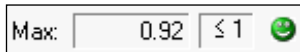
Las paletas de colores representan las razones de tensiones de los casos de carga individuales.

Cálculo según fórmula

Esta columna lista las ecuaciones de la norma por la cual se ha realizado el cálculo.

DS

La columna final contiene información sobre el cálculo relevante respectivo *Situación de Cálculo*: *ELU* (Estado límite último) o una de estas tres situaciones de servicio (*CH, FR, QP*) según la especificación en la tabla 1.1 *Datos generales* (ver Figura 2.3, página 10).



4.2 Cálculo por sección

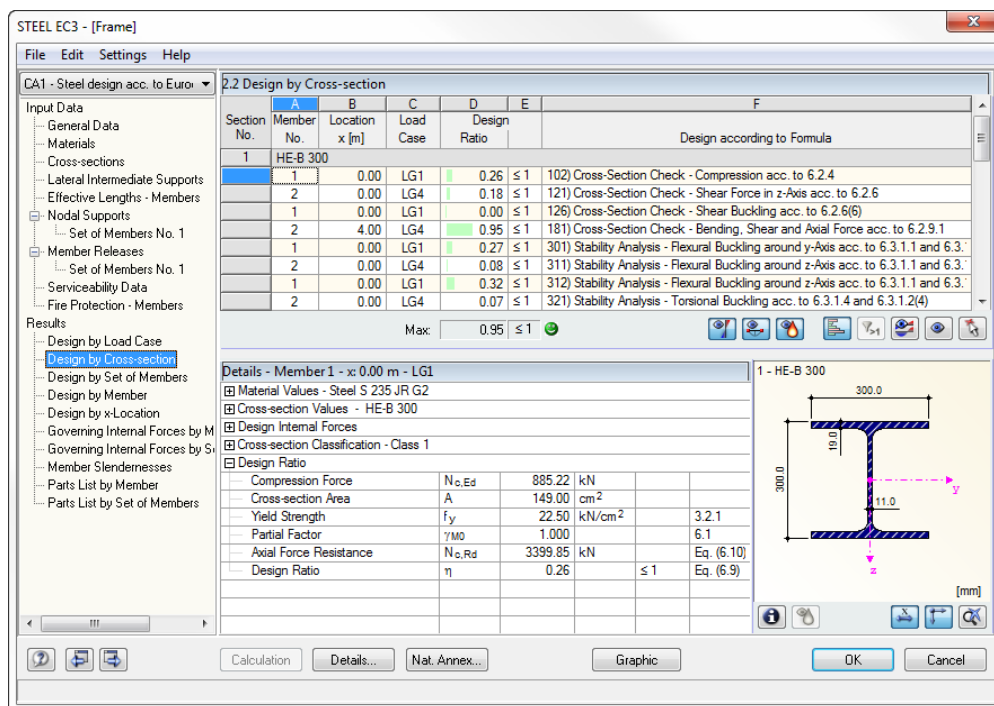


Figura 4.2: Tabla 2.2 Cálculo por sección

Esta tabla lista las razones de tensiones máximas de todas las barras y acciones seleccionadas para el cálculo, clasificadas por secciones.

Si una barra es de sección variable, ambas descripciones de sección son mostradas en la fila de la tabla siguiente al número de sección.

4.3 Cálculo por conjunto de barras

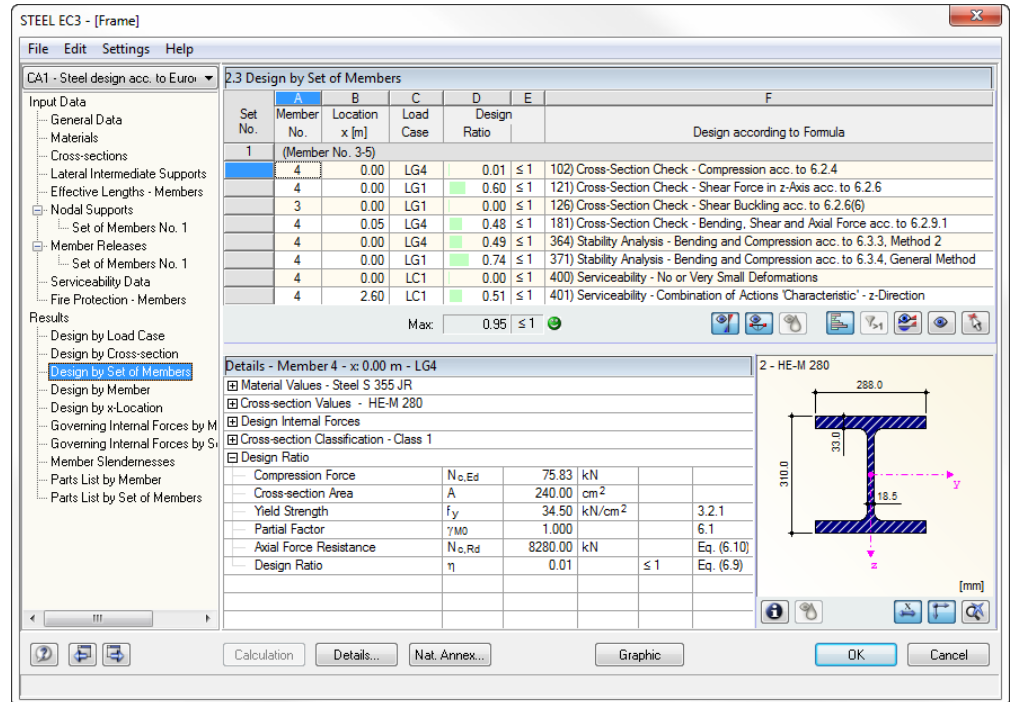


Figura 4.3: Tabla 2.3 Cálculo por conjunto de barras

Esta tabla de resultados se muestra al haber seleccionado al menos un conjunto de barras para el cálculo. Las razones de tensiones máximas están listadas por conjuntos de barras. La columna de la tabla *Barra núm.* muestra el número de barra que soporta la razón de tensiones máxima dentro del conjunto de barras.

La salida de resultados por conjuntos de barras presenta claramente el cálculo para un grupo estructural entero (por ejemplo un pórtico) en una tabla de resultados.

4.4 Cálculo por barra

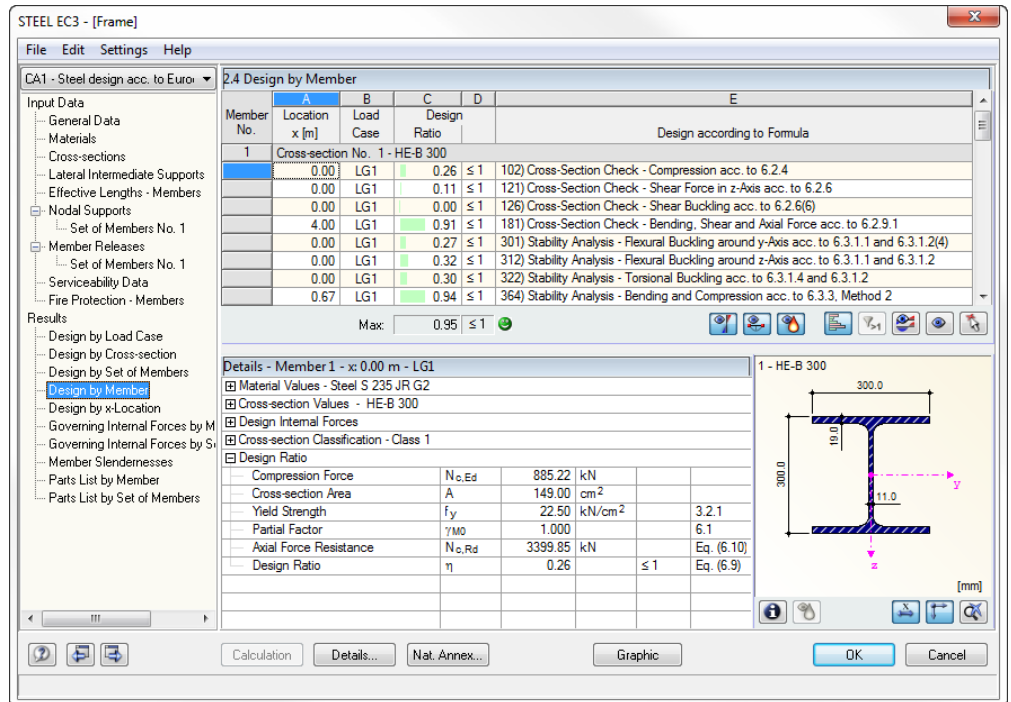


Figura 4.4: Tabla 2.4 Cálculo por barra

Esta tabla de resultados muestra las razones de tensiones máximas clasificadas por números de barra. Las diferentes columnas son descritas en detalle en el capítulo 4.1 en la página 41.

4.5 Cálculo por posición de x

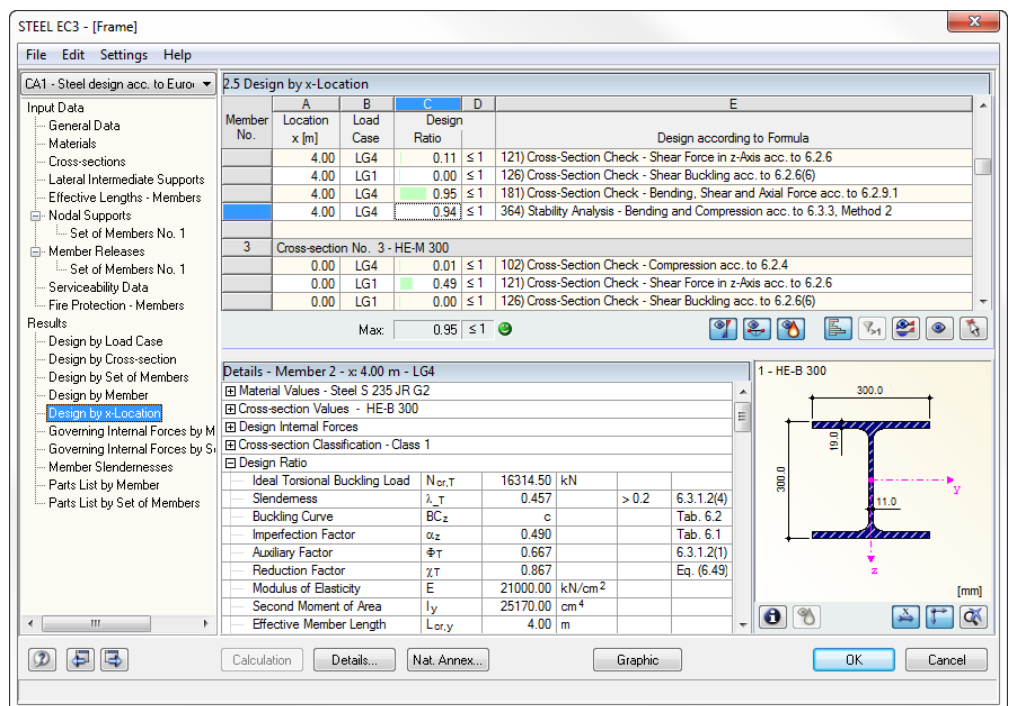


Figura 4.5: Tabla 2.5 Cálculo por posición de x

Esta tabla de resultados lista el máximo para cada barra en las posiciones x resultantes de los puntos de división definidos en RSTAB:

- Inicio y fin de nudo
- Puntos de partición de acuerdo a una definición posible de división de barra
- División de barra de acuerdo a una especificación para resultados en barras (pestaña *Opciones* del cuadro de diálogo RSTAB *Parámetros de cálculo*)
- Valores extremos de solicitaciones

4.6 Solicitaciones determinantes por barra

Esta tabla muestra para cada barra las solicitaciones determinantes por barra que resultan en la razón de tensiones máxima.

Member No.	Location x [m]	Load Case	Forces [kN]			Moments [kNm]			Design according to Formula
			N	V _y	V _z	M _t	M _y	M _z	
1 Cross-section No. 1 - HE-B 300									
0.00	LG1	-885.22	0.00	-72.34	0.00	0.00	0.00	102) Cross-Section Check - Compressor	
0.00	LG1	-885.22	0.00	-72.34	0.00	0.00	0.00	121) Cross-Section Check - Shear Force	
0.00	LG1	-885.22	0.00	-72.34	0.00	0.00	0.00	126) Cross-Section Check - Shear Buck	
4.00	LG1	-878.91	0.00	-62.02	0.00	-275.41	0.00	181) Cross-Section Check - Bending, SH	
0.00	LG1	-885.22	0.00	-72.34	0.00	0.00	0.00	301) Stability Analysis - Flexural Buckling	
0.00	LG1	-885.22	0.00	-72.34	0.00	0.00	0.00	312) Stability Analysis - Flexural Buckling	
0.00	LG1	-885.22	0.00	-72.34	0.00	0.00	0.00	322) Stability Analysis - Torsional Bucklir	
0.67	LG1	-884.17	0.00	-72.05	0.00	-48.16	0.00	364) Stability Analysis - Bending and Cor	
2 Cross-section No. 1 - HE-B 300									
0.00	LG4	-207.34	0.00	112.47	0.00	0.00	0.00	102) Cross-Section Check - Compressor	
0.00	LG4	-207.34	0.00	112.47	0.00	0.00	0.00	121) Cross-Section Check - Shear Force	
0.00	LG1	-187.76	0.00	74.65	0.00	0.00	0.00	126) Cross-Section Check - Shear Buck	
4.00	LG4	-201.02	0.00	73.59	0.00	374.14	0.00	181) Cross-Section Check - Bending, SH	
0.00	LG4	-207.34	0.00	112.47	0.00	0.00	0.00	301) Stability Analysis - Flexural Buckling	
0.00	LG4	-207.34	0.00	112.47	0.00	0.00	0.00	311) Stability Analysis - Flexural Buckling	
0.00	LG4	-207.34	0.00	112.47	0.00	0.00	0.00	321) Stability Analysis - Torsional Bucklir	
0.67	LG4	-206.28	0.00	106.45	0.00	72.96	0.00	364) Stability Analysis - Bending and Cor	
3 Cross-section No. 3 - HE-M 300									
0.00	LG4	-75.83	0.00	860.36	0.00	-197.49	0.00	102) Cross-Section Check - Compressor	
0.00	LG1	-73.00	0.00	879.82	0.00	-275.41	0.00	121) Cross-Section Check - Shear Force	
0.00	LG1	-73.00	0.00	879.82	0.00	-275.41	0.00	126) Cross-Section Check - Shear Buck	
0.75	LG4	-75.83	0.00	842.71	0.00	441.18	0.00	181) Cross-Section Check - Bending, SH	

Figura 4.6: Tabla 3.1 Solicitaciones determinantes por barra

Posición x

La columna muestra la respectiva posición en x donde existe la razón de tensiones máxima.

Caso de carga

Esta columna indica los números del caso, grupo o combinación de carga cuyas solicitaciones resulten en la razón de tensiones máxima en la barra.

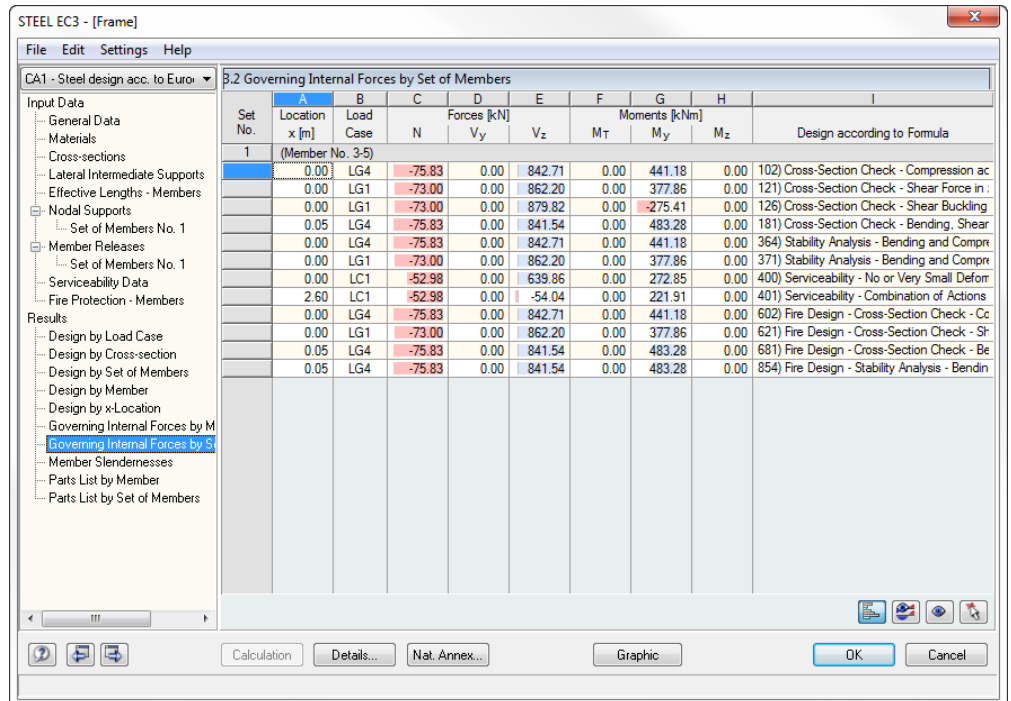
Fuerzas / Momentos

Para cada barra, se muestran las fuerzas de tracción y de cortante así como los momentos flectores y torsores.

Cálculo según fórmula

La columna final informa sobre los tipos de cálculo y las ecuaciones por las cuales se han realizado de acuerdo a EN 1993-1-1.

4.7 Solicitaciones determinantes por conjunto de barras



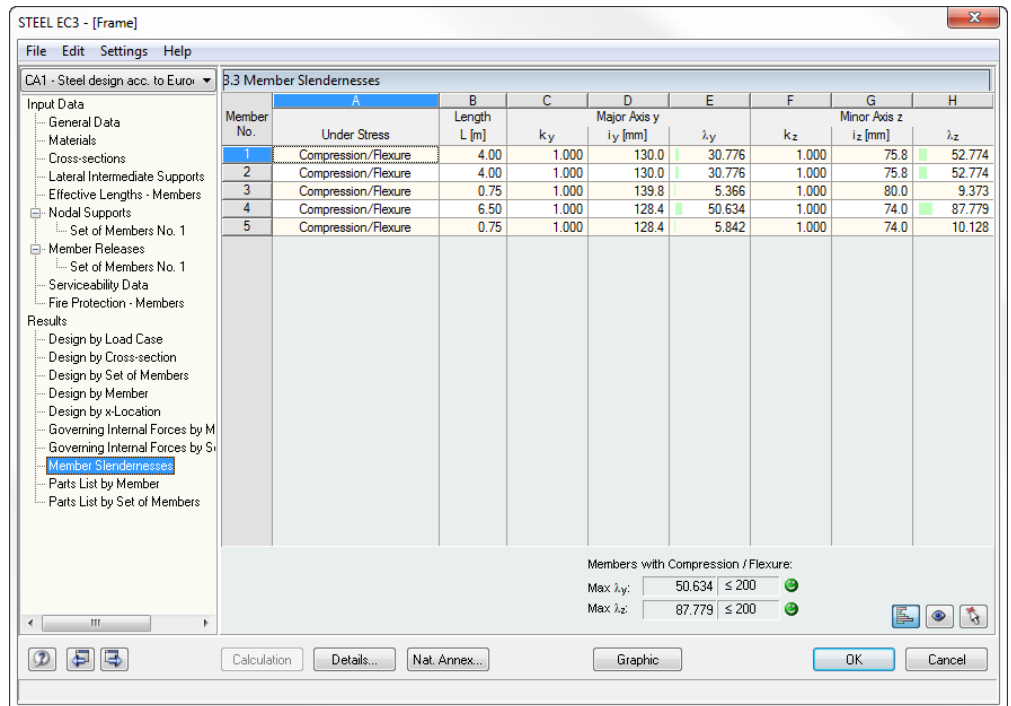
The screenshot shows the 'STEEL EC3 - [Frame]' window with the 'Governing Internal Forces by Set of Members' table selected. The table lists various design checks and their corresponding internal forces and moments for different load cases and member sets.

Set No.	A Location x [m]	B Load Case	C N	D Forces [kN] V _y	E V _z	F Moments [kNm] M _T	G M _y	H M _z	I Design according to Formula
1	(Member No. 3-5)								
	0.00	LG4	-75.83	0.00	842.71	0.00	441.18	0.00	102) Cross-Section Check - Compression ac
	0.00	LG1	-73.00	0.00	862.20	0.00	377.86	0.00	121) Cross-Section Check - Shear Force in :
	0.00	LG1	-73.00	0.00	879.82	0.00	-275.41	0.00	126) Cross-Section Check - Shear Buckling
	0.05	LG4	-75.83	0.00	841.54	0.00	483.28	0.00	181) Cross-Section Check - Bending, Shear
	0.00	LG4	-75.83	0.00	842.71	0.00	441.18	0.00	364) Stability Analysis - Bending and Compr
	0.00	LG1	-73.00	0.00	862.20	0.00	377.86	0.00	371) Stability Analysis - Bending and Compr
	0.00	LC1	-52.98	0.00	639.86	0.00	272.85	0.00	400) Serviceability - No or Very Small Deform
	2.60	LC1	-52.98	0.00	54.04	0.00	221.91	0.00	401) Serviceability - Combination of Actions
	0.00	LG4	-75.83	0.00	842.71	0.00	441.18	0.00	602) Fire Design - Cross-Section Check - Cc
	0.00	LG1	-73.00	0.00	862.20	0.00	377.86	0.00	621) Fire Design - Cross-Section Check - Sr
	0.05	LG4	-75.83	0.00	841.54	0.00	483.28	0.00	681) Fire Design - Cross-Section Check - Be
	0.05	LG4	-75.83	0.00	841.54	0.00	483.28	0.00	854) Fire Design - Stability Analysis - Bendin

Figura 4.7: Tabla 3.2 Solicitaciones determinantes por conjunto de barras

Esta tabla muestra las solicitaciones determinantes que resultan en la razón de tensiones máxima en cada conjunto de barras.

4.8 Esbelteces de barra



Member No.	A	B	C	D	E	F	G	H
	Under Stress	Length L [m]	k_y	Major Axis y i_y [mm]	λ_y	k_z	Minor Axis z i_z [mm]	λ_z
1	Compression/Flexure	4.00	1.000	130.0	30.776	1.000	75.8	52.774
2	Compression/Flexure	4.00	1.000	130.0	30.776	1.000	75.8	52.774
3	Compression/Flexure	0.75	1.000	139.8	5.366	1.000	80.0	9.373
4	Compression/Flexure	6.50	1.000	128.4	50.634	1.000	74.0	87.779
5	Compression/Flexure	0.75	1.000	128.4	5.842	1.000	74.0	10.128

Members with Compression / Flexure:
 Max λ_y : 50.634 ≤ 200
 Max λ_z : 87.779 ≤ 200

Figura 4.8: Tabla 3.3 Esbelteces de barra

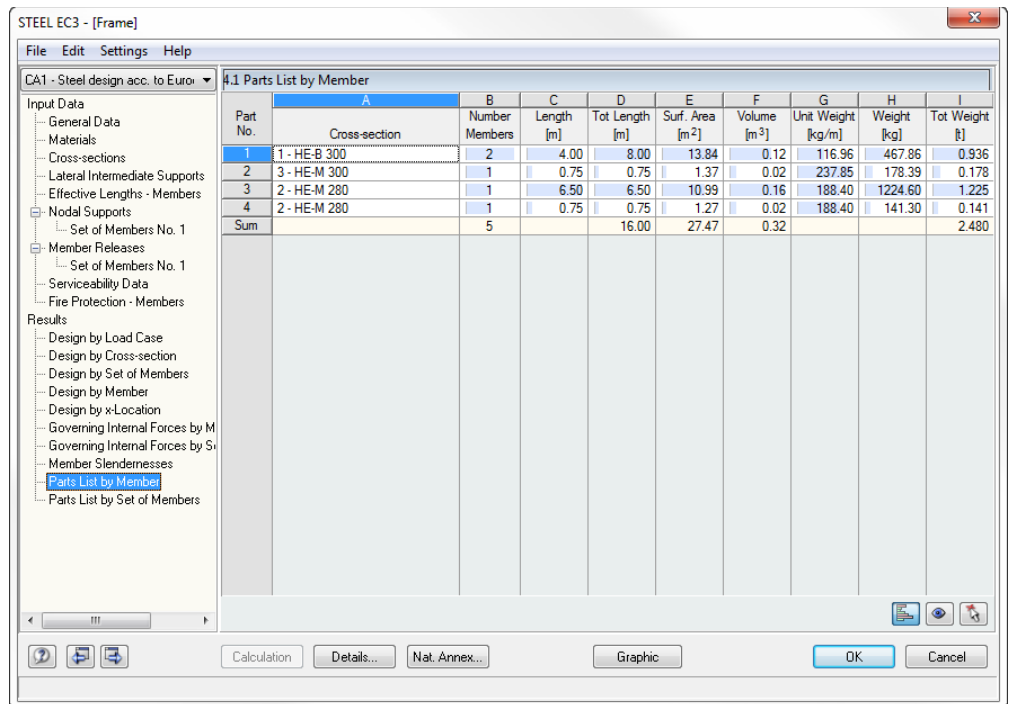
Details...

La tabla lista las esbelteces eficaces de las barras designadas para las direcciones principales dependiendo del tipo de carga y las compara con los valores que se hayan definido en el cuadro de diálogo *Detalles* (ver capítulo 3.1.5, página 37). Esta tabla se muestra sólo como información porque no se desea realizar un cálculo de estabilidad de esbelteces.

Las barras del tipo de barra "Tracción" o "Cable" no están incluidas en esta tabla".

4.9 Lista de piezas por barra

Finalmente, STEEL EC3 provee un resumen de los perfiles contenidos en cada caso.



Part No.	Cross-section	Number Members	Length [m]	Tot Length [m]	Surf. Area [m ²]	Volume [m ³]	Unit Weight [kg/m]	Weight [kg]	Tot Weight [t]
1	1 - HE-B 300	2	4.00	8.00	13.84	0.12	116.96	467.86	0.936
2	3 - HE-M 300	1	0.75	0.75	1.37	0.02	237.86	178.39	0.178
3	2 - HE-M 280	1	6.50	6.50	10.99	0.16	188.40	1224.60	1.225
4	2 - HE-M 280	1	0.75	0.75	1.27	0.02	188.40	141.30	0.141
Sum		5		16.00	27.47	0.32			2.480

Figura 4.9: Tabla 4.1 Lista de piezas por barra

Details...

De manera predeterminada, la lista contiene sólo las barras calculadas. Si se desea mostrar una lista de piezas con todas las barras de la estructura, seleccione la correspondiente opción en la pestaña *Otros* del cuadro de diálogo *Detalles* (ver Figura 3.6, página 37). Para abrir el cuadro de diálogo, utilice el botón [Detalles] mostrado a la izquierda.

Parte núm.

El programa asigna automáticamente los números de piezas a las barras que sean similares.

Sección

Esta columna lista los números de sección y su descripción.

Número barras

Esta columna muestra para cada pieza cuántas barras similares están siendo utilizadas.

Longitud

Esta columna muestra la longitud de una barra individual.

Long. total

Esta columna muestra el producto determinado por las dos columnas previas.

Área superf.



El programa indica el área de la superficie de las respectivas piezas en relación a la longitud total. El área de la superficie está determinado a partir de la *Superficie* de las secciones. Se puede encontrar y comprobar los datos relevantes en la información de sección, disponible en la tabla 1.3 y tablas de 2.1 a 2.5 (ver Figura 2.14, página 19).

Volumen

El volumen de una pieza está determinado a partir del área de la sección y la longitud total.

Peso unitario

La *Peso unitario* de la sección representa la masa en relación con la longitud por metro. Para barras de sección variable, el programa calcula la media de las propiedades de las dos secciones.

Peso

Los valores de esta columna están determinados desde el producto de la entrada de datos en la columna C y G.

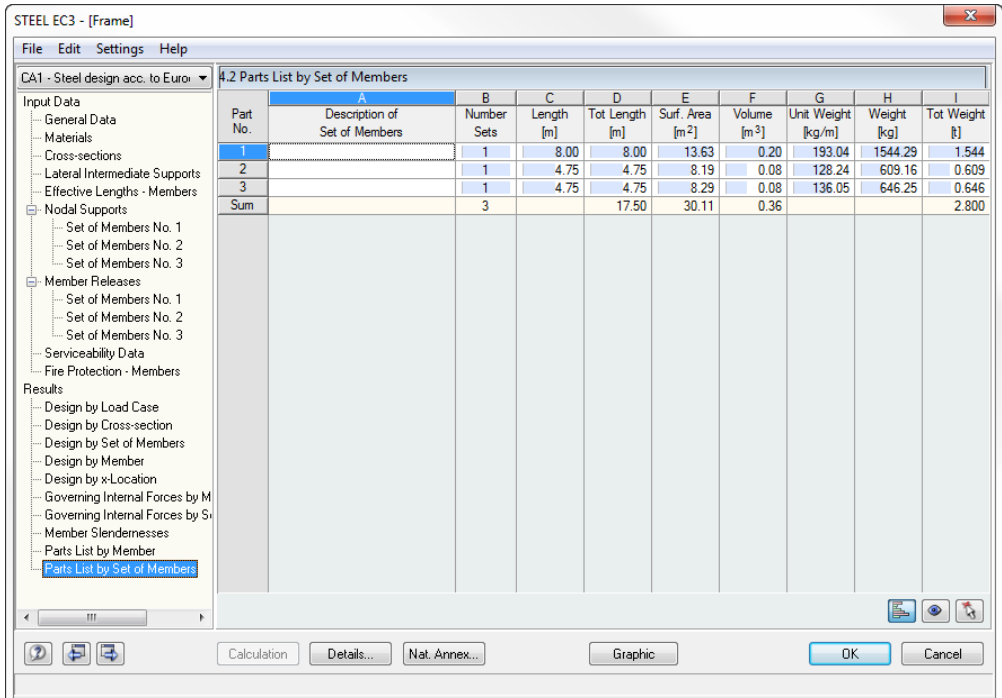
Peso total

La columna final indica el peso total de cada pieza respectiva.

Suma

En el fondo de la lista, se puede encontrar un resumen mostrando las sumas de las columnas B, D, E, F e I. El resultado en la columna *Peso total* da la información sobre la masa de acero total que se necesita.

4.10 Lista de piezas por conjunto de barras



Part No.	Description of Set of Members	Number Sets	Length [m]	Tot Length [m]	Surf. Area [m ²]	Volume [m ³]	Unit Weight [kg/m]	Weight [kg]	Tot Weight [t]
1		1	8.00	8.00	13.63	0.20	193.04	1544.29	1.544
2		1	4.75	4.75	8.19	0.08	128.24	609.16	0.609
3		1	4.75	4.75	8.29	0.08	136.05	646.25	0.646
Sum		3		17.50	30.11	0.36			2.800

Figura 4.10: Tabla 4.2 Lista de piezas por conjunto de barras

La tabla final de STEEL EC3 se muestra cuando se ha seleccionado al menos un conjunto de barras para el cálculo. Ésta ofrece una lista de piezas resumida para un grupo estructural entero (por ejemplo vigas horizontales).

Los detalles de las columnas de la tabla se pueden encontrar en el capítulo previo 4.9. Al utilizar diferentes secciones en el conjunto de barras, el programa realiza la media del área de la superficie, del volumen y del peso unitario.

5. Evaluación de resultados

Una vez completado el cálculo, existen varias opciones para la evaluación de resultados. Los botones situados debajo de la primera tabla pueden ser útiles para el proceso de evaluación.

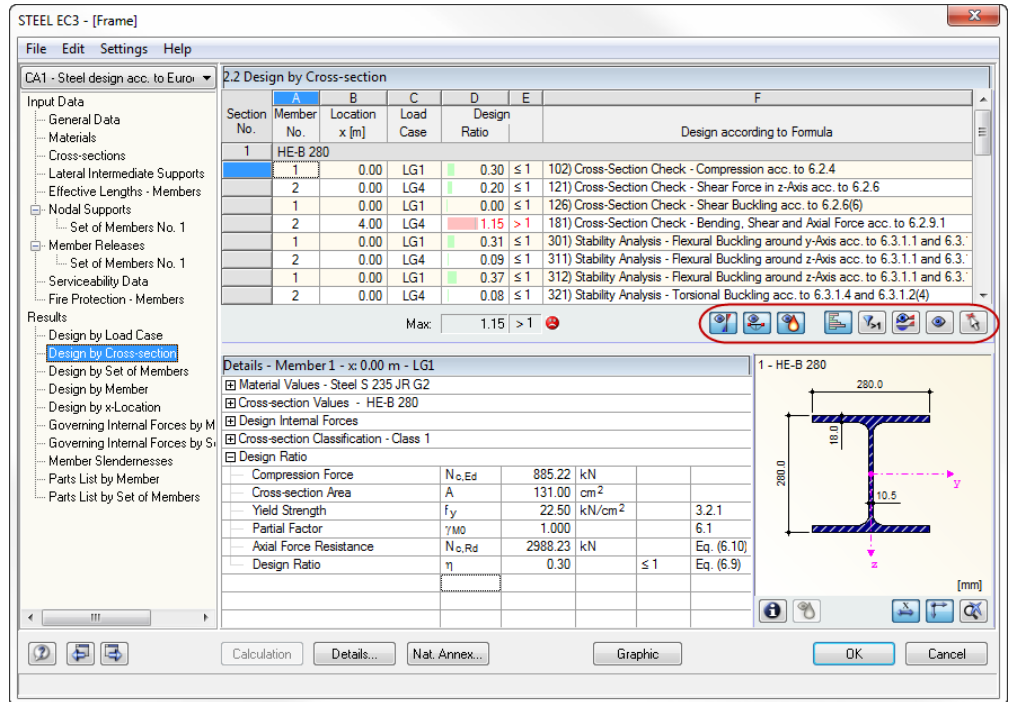
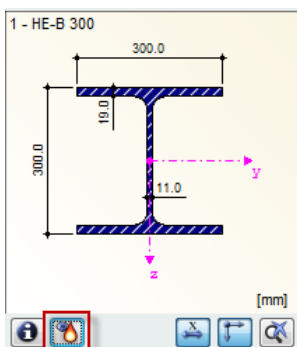


Figura 5.1: Botones para la evaluación de resultados

Los botones realizan las siguientes funciones:

Botón	Descripción	Función
	Cálculos del estado límite último	Activa y desactiva los resultados del cálculo del estado límite último
	Cálculos del estado límite de servicio	Activa y desactiva los resultados del cálculo del estado límite de servicio
	Cálculos de protección contra incendios	Activa y desactiva los resultados de la protección frente al fuego
	Mostrar barras de colores	Activa y desactiva las escalas de colores de referencia en las tablas de resultados
	Exceso	Muestra sólo las filas donde la razón es mayor que 1, sobrepasando el cálculo
	Mostrar diagramas de resultados	Abre la ventana <i>Diagrama de resultados en barra</i> → capítulo 5.2, página 56
	Modo visualización	Pasa a la ventana de trabajo de RSTAB para cambiar la vista
	Selección de barras	Permite elegir una barra en la ventana de trabajo de RSTAB para mostrar sus resultados en la tabla

Tabla 5.1: Botones de las tablas de resultados de 2.1 a 2.5



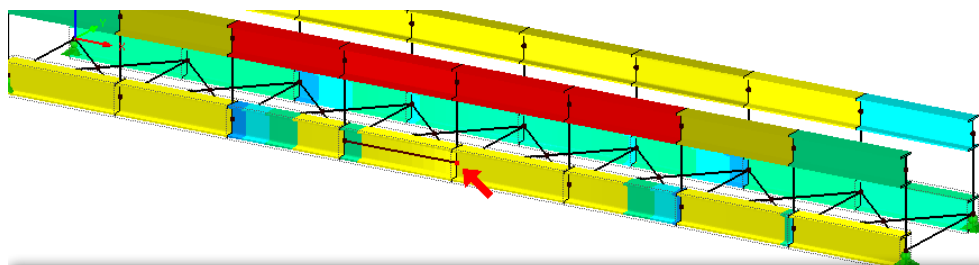
Al evaluar los resultados del cálculo de protección frente al fuego, es posible mostrar también el gráfico describiendo la temperatura del acero. Para abrir el diagrama de *Curvas de temperatura*, utilice el botón mostrado a la izquierda. En la tabla de resultados, el botón se encuentra debajo del gráfico de la sección.

5.1 Resultados en el modelo de RSTAB

Para evaluar los resultados de cálculo, se puede utilizar también la ventana de trabajo de RSTAB.

Gráfico de fondo de RSTAB y modo visualización

El gráfico de fondo de RSTAB puede ser útil cuando se quiera comprobar la posición de una barra particular en el modelo. La barra que está seleccionada en la tabla de resultados de STEEL EC3 está resaltada en el color de selección en el gráfico de fondo de RSTAB. Además, una flecha indica la posición x de la barra que se muestra en la fila activa de la tabla.



STEEL EC3 - [Bridge]

File Edit Settings Help

CA1 - Steel design acc. to Euro

Input Data

- General Data
- Materials
- Cross-sections
- Lateral Intermediate Supports
- Effective Lengths - Members
- Nodal Supports
 - Set of Members No. 1
- Member Releases
 - Set of Members No. 1
- Serviceability Data
- Fire Protection - Members

Results

- Design by Load Case
- Design by Cross-section
- Design by Set of Members
- Design by Member**
- Design by x-Location
- Governing Internal Forces by M
- Governing Internal Forces by S
- Member Slendernesses
- Parts List by Member
- Parts List by Set of Members

2.4 Design by Member

Member No.	A Location x [m]	B Load Case	C Design Ratio	D	E
49					
					Design according to Formula
					102) Cross-Section Check - Compression acc. to 6.2.4
					121) Cross-Section Check - Shear Force in z-Axis acc. to 6.2.6
					126) Cross-Section Check - Shear Buckling acc. to 6.2.6(6)
					181) Cross-Section Check - Bending, Shear and Axial Force acc. to 6.2.9.1
					301) Stability Analysis - Flexural Buckling around y-Axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)
					311) Stability Analysis - Flexural Buckling around z-Axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)
					321) Stability Analysis - Torsional Buckling acc. to 6.3.1.4 and 6.3.1.2(4)
					364) Stability Analysis - Bending and Compression acc. to 6.3.3, Method 2

Max: 0.95 ≤ 1

Details - Member 2 - x: 0.67 m - LG4

- Material Values - Steel S 235 JR G2
- Cross-section Values - HE-B 300
- Design Internal Forces
- Cross-section Classification - Class 1
- Design Ratio

Ideal Torsional Buckling Load	N _{cr,T}	16314.50	kN		
Slenderness	λ _T	0.457		> 0.2	6.3.1.2(4)
Buckling Curve	BC _z	c			Tab. 6.2
Imperfection Factor	α _z	0.490			Tab. 6.1
Auxiliary Factor	Φ _T	0.667			6.3.1.2(1)
Reduction Factor	χ _T	0.867			Eq. (6.49)
Modulus of Elasticity	E	21000.00	kN/cm ²		
Second Moment of Area	I _y	25170.00	cm ⁴		
Effective Member Length	L _{cr,y}	4.00	m		

1 - HE-B 300

Buttons: Calculation, Details..., Nat. Annex..., Graphic, OK, Cancel

Figura 5.2: Indicación de la barra y la *Posición x* actual en el modelo de RSTAB

Si se mueve la ventana STEEL EC3 a otro lugar en la visualización y todavía no se puede ver el gráfico claramente, utilice el botón [Pasar al gráfico] para activar el modo visualización: La ventana de trabajo de STEEL EC3 será ocultada de tal manera que se puede ajustar la vista en la interfaz de usuario de RSTAB de manera apropiada. El modo visualización proporciona las funciones de *modo visualización*, por ejemplo aplicar un zoom, mover o girar la vista.

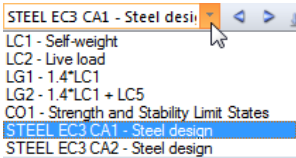
Haga clic en [Volver] para volver al módulo adicional STEEL EC3.



Information

You are in the view mode.

Back



La ventana de trabajo de RSTAB

También es posible visualizar las razones de tensiones directamente en el modelo estructural: Haga clic en el botón [Gráfico] para quitar el módulo adicional STEEL EC3. Las razones de tensiones se muestran en la ventana de RSTAB como solicitudes de un caso de carga.

Para activar o desactivar la visualización de los resultados, use el botón [Resultados activados/desactivados] mostrado a la izquierda. Para mostrar los valores de los resultados en el gráfico, use el botón de la barra de herramientas [Mostrar valores de resultados] a la derecha.

Ya que las tablas de RSTAB no tienen relevancia para la evaluación de los resultados de STEEL EC3, éstas se pueden desactivar. Los casos de cálculo se pueden definir de la manera habitual por medio de la lista en la barra de menú de RSTAB.

La representación gráfica de resultados se puede establecer en el navegador *Mostrar*, abriendo la carpeta de *Resultados* y seleccionando la entrada de datos *Barras*. La visualización de las razones de tensiones está predeterminada *De dos colores*.

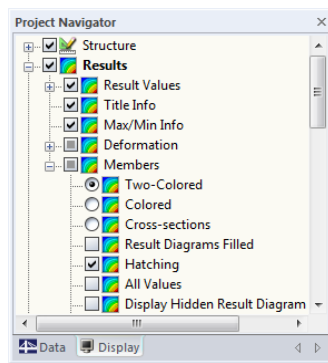


Figura 5.3: Navegador *Mostrar*: Resultados → Barras



En caso de una representación multicolor (opciones *Secciones* o *De colores*), el panel de colores aparece disponible, proporcionando funciones de control comunes. Las funciones de panel están descritas en detalle en el manual de RSTAB, capítulo 4.4.6, página 70.

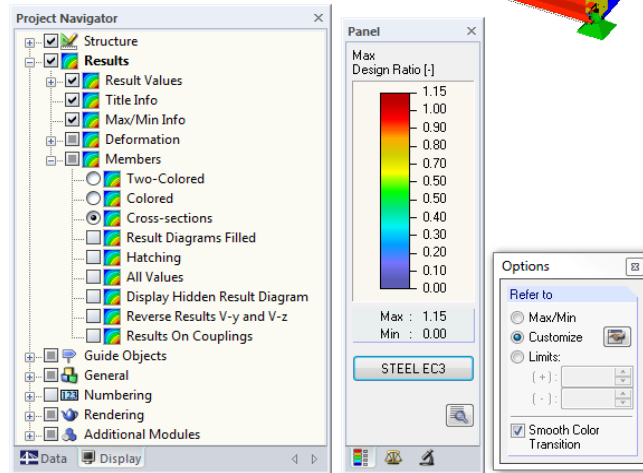
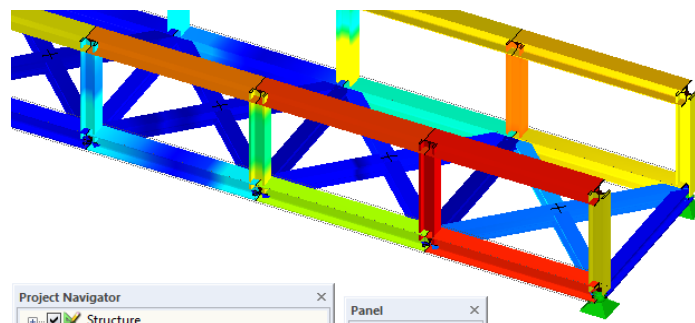


Figura 5.4: Razones de tensiones con opción de visualizar Secciones



En la pestaña *Factores*, se pueden escalar los resultados de cálculo, como ya se conoce de las solicitaciones de la barra. Si se introduce el factor θ en el campo de entrada *Diagramas en barras*, los resultados se representarán sin escala pero con un espesor de línea incrementado.

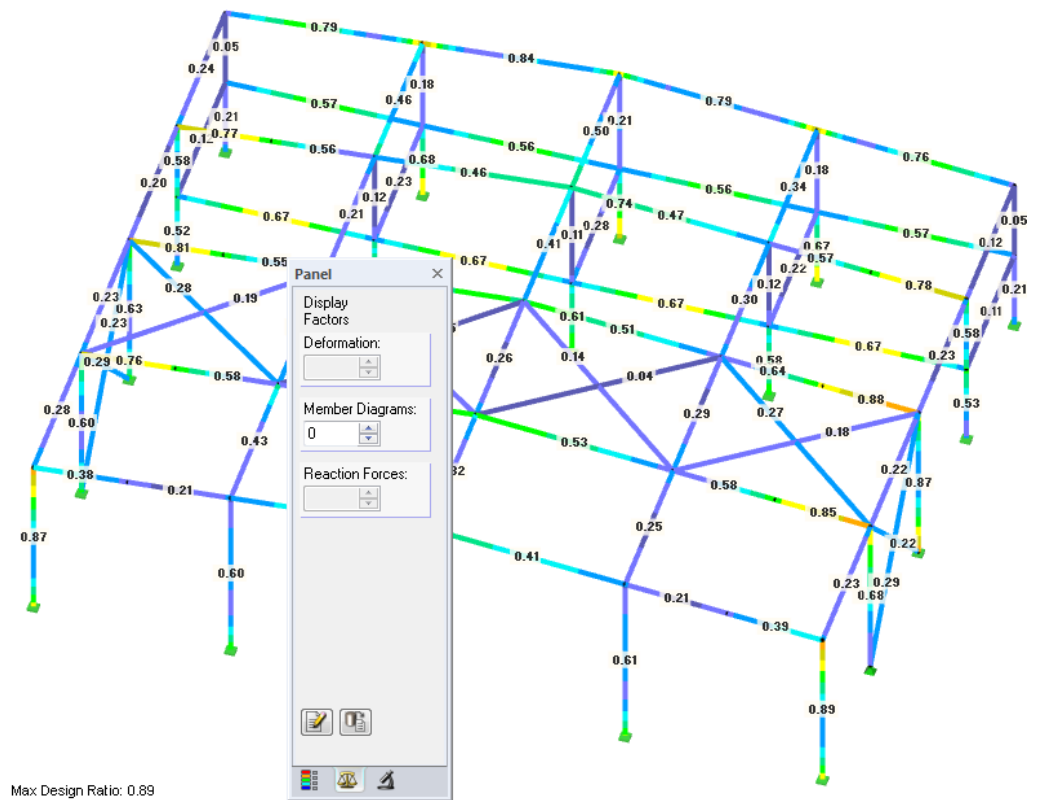


Figura 5.5: Pestaña de panel *Factores*

Los gráficos se pueden transferir al informe como gráficos de RSTAB (ver capítulo 6.2, página 59).

RF-STEEL EC3

Para volver al módulo adicional STEEL EC3, utilice el botón [STEEL EC3] en el panel.

5.2 Diagramas de resultados



El diagrama de resultados puede ser útil si se quiere ver una distribución de resultados en barras mostrada gráficamente. Seleccione la barra (o conjunto de barras) en la tabla de resultados STEEL EC3 situando el puntero en la correspondiente fila de la tabla y abra el diagrama de resultados haciendo clic en el botón mostrado a la izquierda. El botón se puede encontrar debajo de la primera parte de la tabla de resultados (ver Figura 5.1, página 51).

Los diagramas de resultados están disponible en el gráfico de RSTAB. Para mostrar los diagramas,



seleccione **Diagramas de resultados en barras seleccionadas** en el menú **Resultados**, o utilice el botón en la barra de herramientas de RSTAB mostrado a la izquierda.

Se abre una ventana mostrando la distribución de los resultados de cálculo en la barra o conjunto de barras seleccionado.

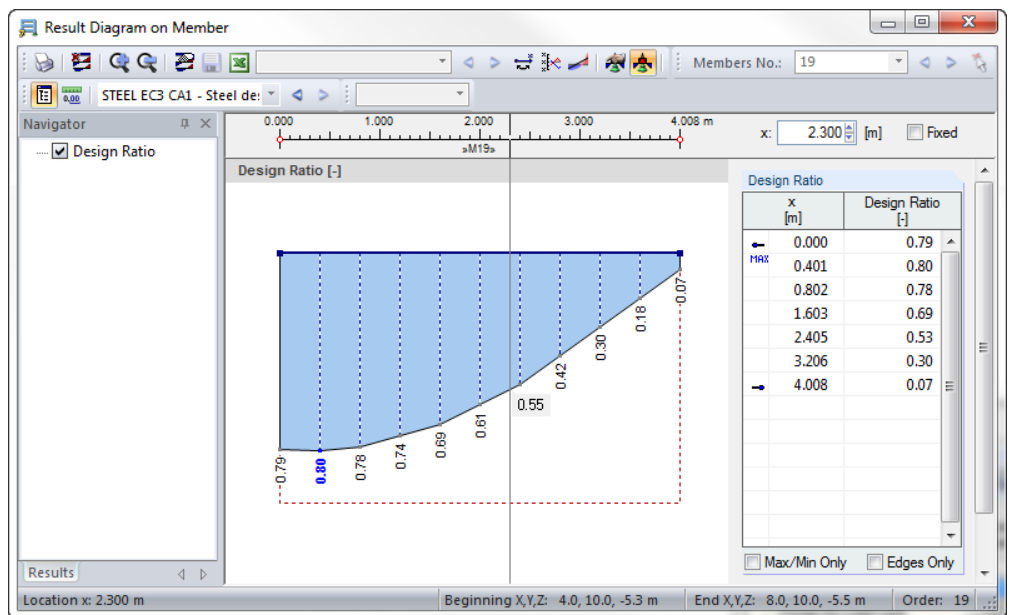
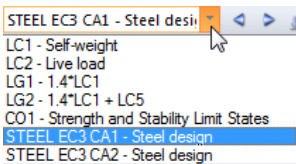


Figura 5.6: Cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en barra*



Utilice la liste en la barra de herramientas situada arriba para elegir el caso de cálculo relevante de STEEL EC3.

Para información más detallada en el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en barra*, ver el manual de RSTAB, capítulo 9.8.4, página 314.

5.3 Filtro de resultados

Además de las tablas de resultados de STEEL EC3 que permiten una selección particular de acuerdo a ciertos criterios a causa de su estructura, se puede utilizar las opciones de filtro descritas en el manual de RSTAB para evaluar gráficamente los resultados del cálculo de STEEL EC3.



Generalmente, se pueden aprovechar las vistas parciales predefinidas (ver manual de RSTAB, capítulo 9.8.6, página 218) utilizadas apropiadamente para objetos de grupos.

Filtrar cálculos

Las razones de tensiones se pueden utilizar fácilmente como criterio de filtrado en el espacio de trabajo de RSTAB. Para aplicar esta función de filtrado, se debe mostrar el panel. Si el panel no está activo,



seleccione **Panel de control (paleta de colores, factores, filtro)** en el menú **Ver** de RSTAB

o bien utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

El panel está descrito en el manual de RSTAB, capítulo 4.4.6, página 70. La configuración del filtro para los resultados debe ser definida en la pestaña del panel *Paleta de colores*. Ya que esta pestaña no está disponible para la visión de resultados de dos colores, se ha de definir la opción de mostrar a *De colores* o bien *Secciones* en el navegador *Mostrar*.

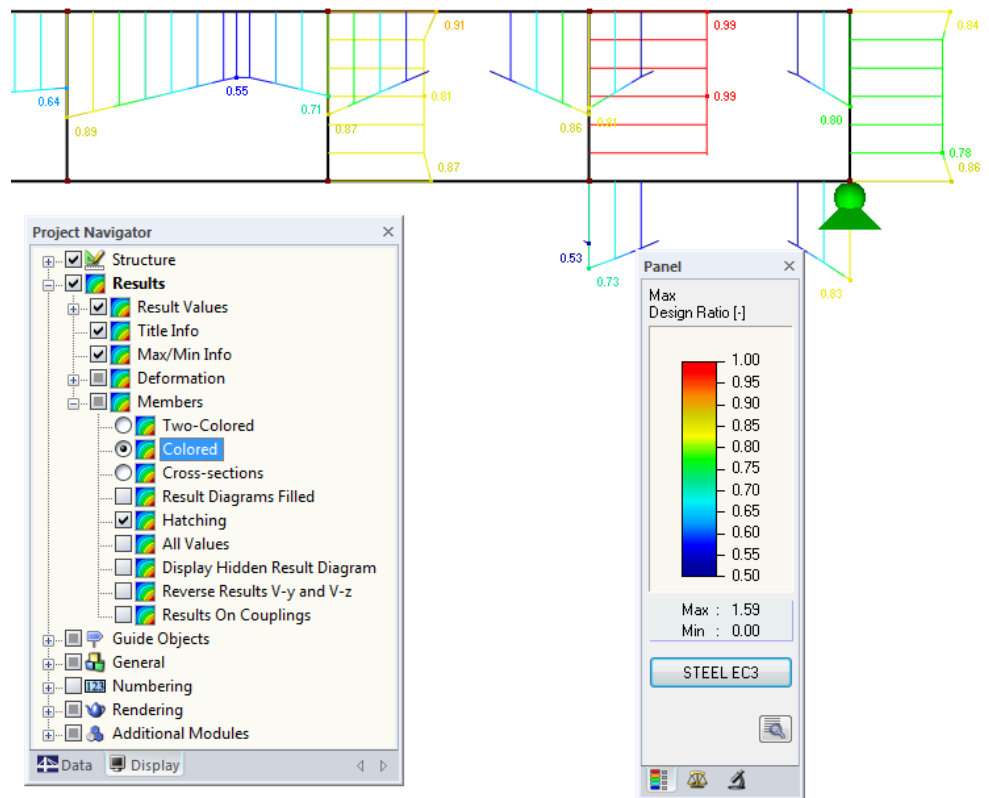


Figura 5.7: Filtrado de razones de tensiones con ajustes de la paleta de colores

Si utiliza una visualización de resultados de colores, se puede utilizar el panel para determinar que tan sólo se muestren las razones de tensiones mayores que 0,50. Además, la paleta de colores se puede ajustar de tal manera que la gama de colores incluya una razón de tensiones de 0.05 como se muestra en la figura anterior.

Al seleccionar la opción *Mostrar diagrama de resultados oculto* (dentro de *Resultados* → *Barras* en el navegador *Mostrar*), se pueden incluso mostrar todos los diagramas de razones de tensiones que no cumplen las condiciones. Aquellos diagramas serán representados por líneas de puntos.

Filtrado de barras



En la pestaña *Filtro* del panel de control, se puede definir los números de las barras cuyos resultados se deseen mostrar exclusivamente, es decir, que se quieran filtrar. La función está descrita en detalle en el manual de RSTAB, capítulo 9.8.6, página 218.

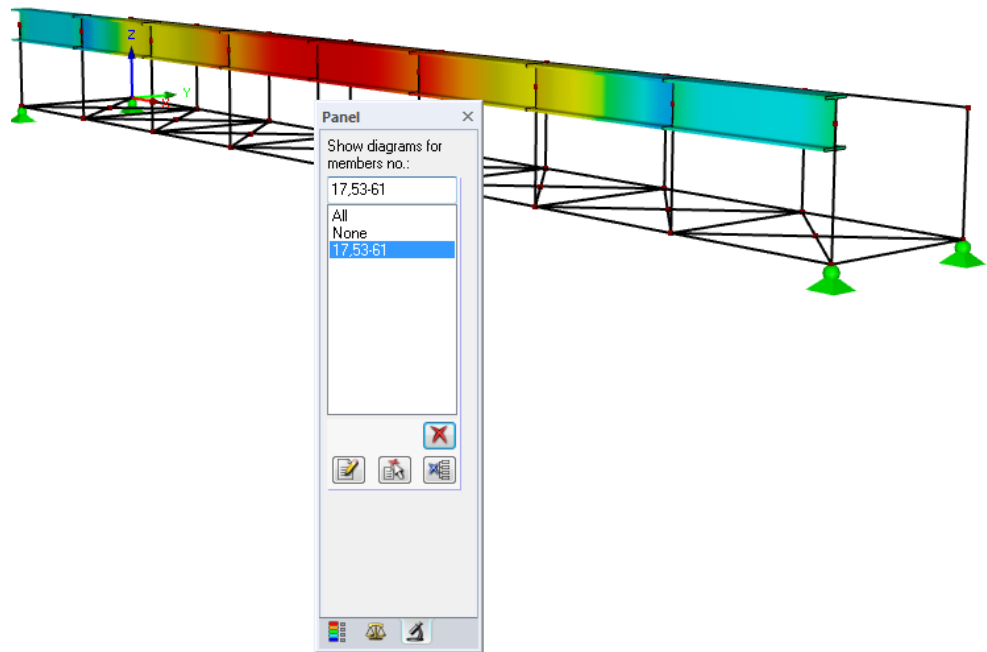


Figura 5.8: Filtrado en barra para razones de tensiones del cordón de compresión

A diferencia de la función de vista parcial, la estructura se muestra completamente en el gráfico. La figura anterior muestra las razones de tensiones en un cordón de compresión de un puente para peatones. Las barras restantes se muestran también en el modelo pero sin las razones de tensiones indicadas.

6. Informe

6.1 Informe

Al igual que en RSTAB, el programa genera un informe para los resultados de STEEL EC3 que puede ser completado mediante gráficos y descripciones. En el informe se puede decidir las tablas de datos o de resultados que van a aparecer en la impresión.

El informe está descrito en detalle en el manual de RSTAB. En especial, el capítulo 10.1.3.4 *Seleccionar datos de módulos adicionales* en la página 236 proporciona información con respecto a la selección de los datos de entrada y de salida en los módulos adicionales.

Para estructuras complejas con un elevado número casos de cálculo, se recomienda dividir los datos en pequeños informes, lo que permite un informe ordenado de forma clara y un trabajo más rápido.

6.2 Impresión gráfica en STEEL EC3

Cada imagen que se muestre en la ventana de trabajo del programa principal RSTAB se puede incluir en el informe. Esto significa que las razones de tensiones mostradas en el modelo de RSTAB se pueden preparar para el informe también. Los gráficos se pueden integrar en el informe global o enviar directamente a la impresora. La impresión de gráficos está descrita en detalle en el manual de RSTAB, capítulo 10.2.

Análisis en el modelo de RSTAB

Para imprimir el gráfico actual de STEEL EC3 mostrado en la ventana de trabajo de RSTAB, seleccione **Imprimir** en el menú **Archivo** o bien utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

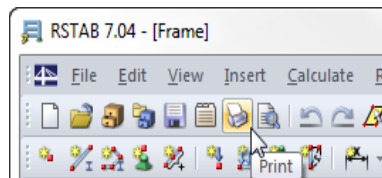


Figura 6.1: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas en la ventana principal

Diagramas de resultados

De la misma manera, los diagramas de resultados se pueden integrar en el informe por medio del botón [Imprimir]. También es posible, imprimirlos directamente.

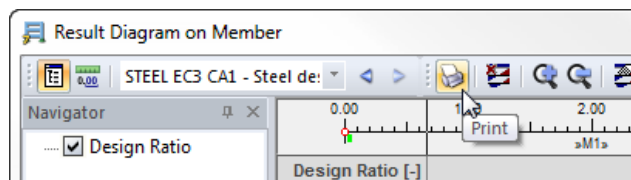


Figura 6.2: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana del *Diagrama de resultados*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

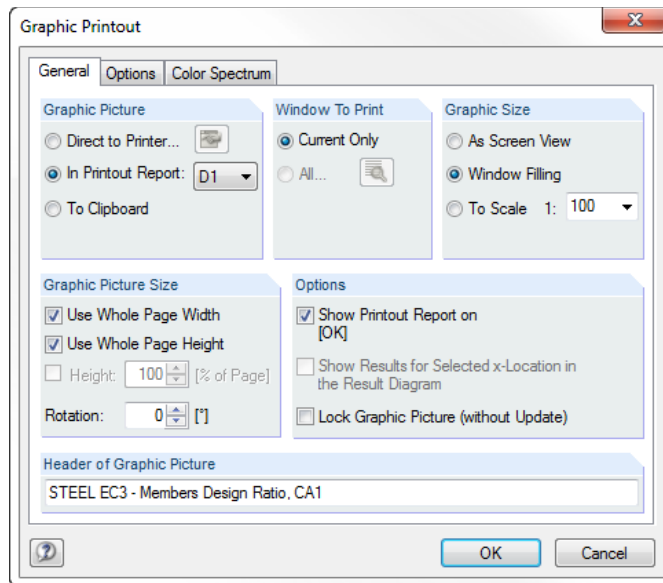


Figura 6.3: Cuadro de diálogo *Informe gráfico*, pestaña *General*

Este cuadro de diálogo está descrito en detalle en el manual de RSTAB, capítulo 10.2, página 253. El manual de RSTAB también describe las pestañas *Opciones* y *Paleta de colores*.

Cualquier gráfico de STEEL EC3, que se haya integrado en el informe, se puede mover a cualquier lugar dentro del informe por medio de la función arrastrar y soltar. Además, es posible ajustar los gráficos importados posteriormente: botón secundario del ratón en la entrada de datos del navegador del informe y seleccionar *Propiedades* en el menú contextual. Aparece de nuevo el cuadro de diálogo *Informe*, ofreciendo varias opciones de ajuste.

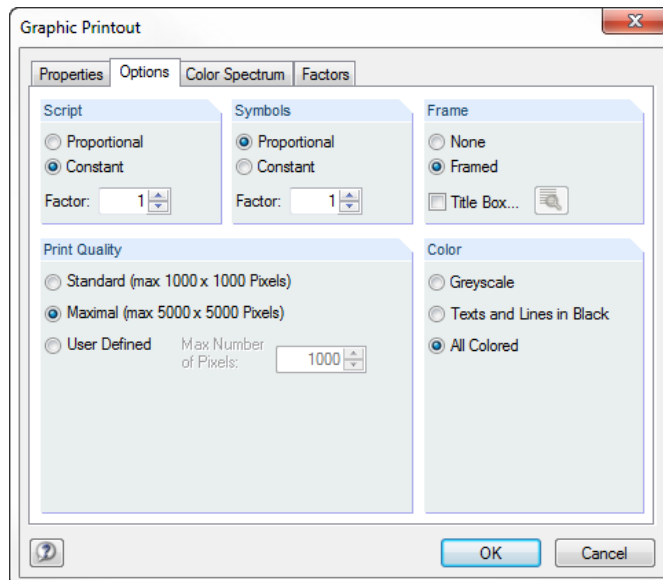
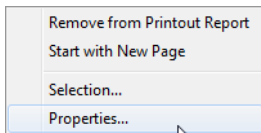


Figura 6.4: Cuadro de diálogo *Informe*, pestaña *Opciones*

7. Funciones generales

Este capítulo describe algunas funciones del menú así como las opciones de exportación para los resultados de cálculo.

7.1 Casos de cálculo de STEEL EC3

Las barras se pueden agrupar en casos de cálculo separados. De esta manera, se pueden combinar grupos de componentes estructurales o analizar barras con características técnicas de cálculo especiales (por ejemplo materiales modificados, coeficientes parciales de seguridad, optimización).

La misma barra o conjuntos de barras se pueden analizar sin problemas en diferentes casos de cálculo.

Los casos de cálculo de STEEL EC3 están disponibles en la ventana de trabajo de RSTAB y se pueden mostrar como un caso de carga o grupo de carga por medio la lista de la barra de herramientas.

Creación de un nuevo caso de STEEL EC3

Para crear un nuevo caso de cálculo,

seleccione **Nuevo caso** en el menú **Archivo** en el módulo adicional de STEEL EC3.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

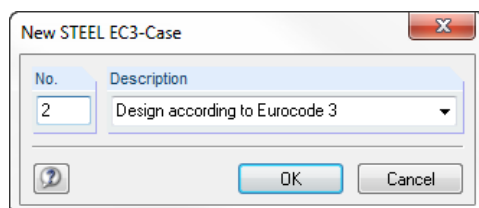


Figura 7.1: Cuadro de diálogo *Nuevo caso STEEL EC3*

En este cuadro de diálogo, introduzca un *Núm.* (el cual todavía no está asignado) y una *Descripción* para el nuevo caso de carga. Al hacer clic en [Aceptar], la tabla 1.1 *Datos generales* se abre y en ella se pueden escribir los nuevos datos de cálculo.

Cambio de nombre de un caso de STEEL EC3

Para cambiar posteriormente la descripción de un caso de cálculo,

seleccione **Cambiar nombre de caso** en el menú **Archivo** del módulo adicional STEEL EC3.

Aparece el cuadro de diálogo *Cambiar el nombre de caso STEEL EC3*.

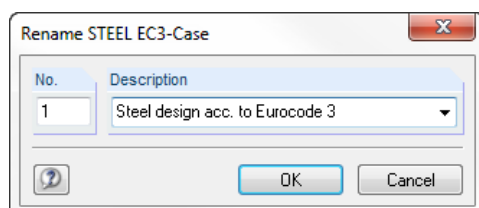
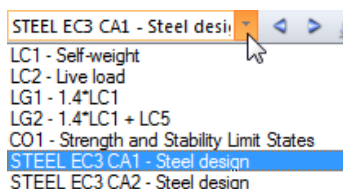


Figura 7.2: Cuadro de diálogo *Cambiar nombre de caso STEEL EC3*



Copia de un caso de STEEL EC3

Para copiar los datos de entrada del caso de cálculo actual,

seleccione **Copiar caso** en el menú **Archivo** del módulo adicional STEEL EC3.

El cuadro de diálogo *Copiar caso STEEL EC3* aparece donde se puede especificar el número y la descripción del nuevo caso.

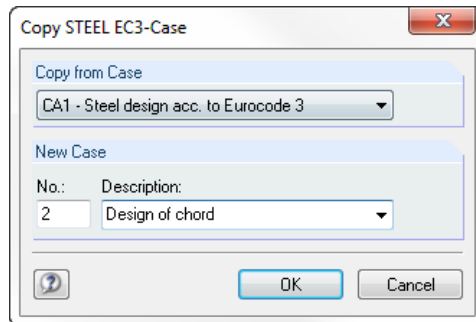


Figura 7.3: Cuadro de diálogo *Copiar caso STEEL EC3*

Eliminación de caso de STEEL EC3

Para eliminar los casos de cálculo,

seleccione **Eliminar caso** en el menú **Archivo** en el módulo adicional STEEL EC3.

En el cuadro de diálogo *Eliminar casos*, se pueden seleccionar los casos de cálculo relevantes en la lista de *Casos disponibles* para eliminarlos haciendo clic en [Aceptar].

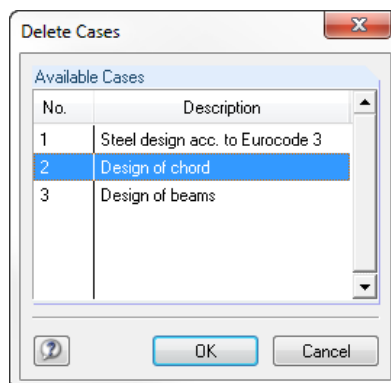
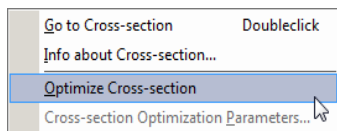


Figura 7.4: Cuadro de diálogo *Eliminar casos*

7.2 Optimización de secciones

Como se ha mencionado en el capítulo 2.3, STEEL EC3 ofrece la posibilidad de optimizar las secciones. Seleccione la sección relevante haciendo clic en la casilla de verificación en la columna D ó E en la tabla 1.3 *Secciones* (ver Figura 2.11, página 17).

Se puede iniciar también la optimización de secciones fuera de las tablas de resultados utilizando el menú contextual.



Durante el proceso de optimización, STEEL EC3 determina la sección dentro de la misma tabla de secciones que cumpla los requerimientos del análisis de manera óptima, esto significa que se acerque lo máximo a la razón de tensiones especificada en el cuadro de diálogo *Detalles* cuadro de diálogo (ver Figura 3.6, página 37). Las propiedades de sección requeridas se determinarán con las solicitaciones de RSTAB. Si otra sección resulta ser más favorable, será utilizada para el cálculo. En este caso, se mostrarán dos secciones a la derecha de la tabla 1.3 como mostrado en la Figura 7.6, la sección original de RSTAB y la optimizada.

Para secciones paramétricas de la biblioteca de perfiles, aparece un cuadro de diálogo con especificaciones detalladas al marcar la casilla de verificación para la optimización.

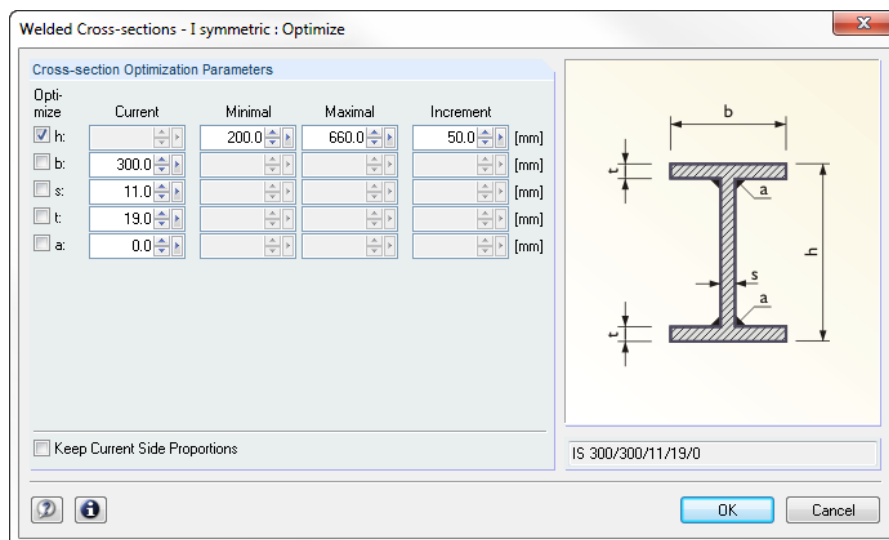


Figura 7.5: Cuadro de diálogo *Perfiles armados - simétricos en I : Optimizar*

Al marcar las casillas de verificación en la columna *Optimizar*, se deciden los parámetros a modificar. La casilla de verificación marcada permite la edición de las columnas *Mínimo* y *Máximo* donde se especifican los límites superior e inferior de los parámetros. La columna *Incremento* determina el intervalo por el cual el tamaño de este parámetro varía durante el proceso de optimización.

Si se quiere *Mantener proporciones actuales*, marque la correspondiente casilla de verificación. Además, para la optimización se tiene que seleccionar al menos dos parámetros.

Las secciones compuestas de perfiles laminados no se pueden optimizar.



Nótese en el proceso de optimización que las solicitaciones no se recalcularán automáticamente con las secciones modificadas. Queda a juicio del usuario decidir qué secciones deberían transferirse a RSTAB para un nuevo cálculo. Como resultado de las secciones optimizadas, las solicitaciones pueden variar considerablemente a causa de las rigideces modificadas en el sistema estructural. Se recomienda calcular de nuevo las solicitaciones después de la primera optimización, para luego optimizar las secciones de nuevo.

No se necesita transferir las secciones a RSTAB manualmente: Ir a tabla 1.3 *Secciones*, y luego seleccionar **Exportar todas las secciones a RSTAB** en el menú **Editar**.

También en el menú contextual en la tabla 1.3 proporciona opciones de exportación de secciones optimizadas a RSTAB.

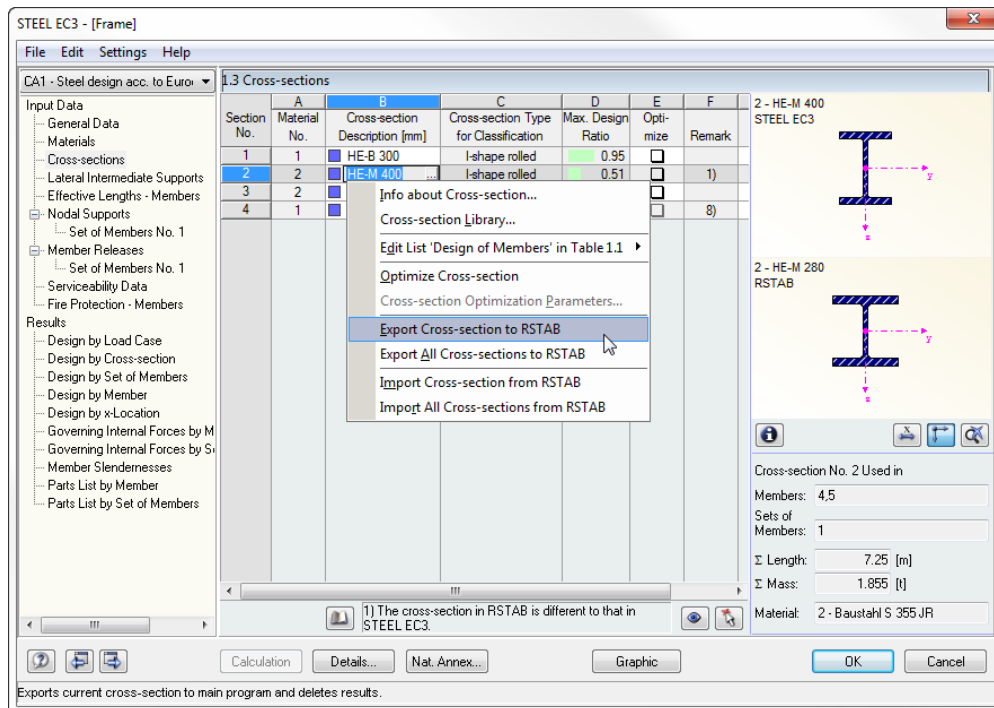


Figura 7.6: Menú contextual en la tabla 1.3 *Secciones*

Calculation

Antes que las secciones modificadas sean transferidas a RSTAB, aparece una consulta de seguridad debido a que la transferencia requiere la eliminación de los resultados. Al confirmar la consulta e iniciar el [Cálculo] en STEEL EC3, se determinarán y realizarán en un sólo cálculo las solicitaciones de RSTAB así como los cálculos de STEEL EC3.

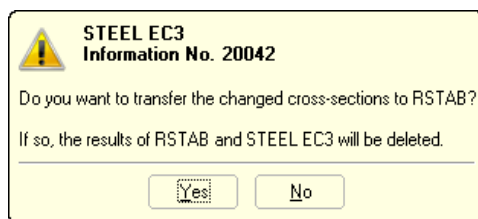


Figura 7.7: Consulta antes de la transferencia de las secciones modificadas a RSTAB



Al utilizar las funciones de menú descritas anteriormente, se pueden importar también las secciones originales de RSTAB a STEEL EC3. Nótese que esta opción está sólo disponible en la tabla 1.3 *Secciones*.

Si se optimiza una barra de sección variable, el programa modifica el inicio y fin de barra e interpola linealmente los momentos de inercia de la sección las posiciones intermedias. Ya que estos momentos son considerados con la cuarta potencia, los cálculos pueden ser poco precisos si los cantos del inicio y fin de barra difieren considerablemente. En este caso, se recomienda dividir la barra de sección variable en varias barras singulares cuyo inicio y fin de sección tenga menores diferencias de sección.

7.3 Exportación de materiales a RSTAB

Una vez se hayan cambiado los materiales en la tabla 1.2 de STEEL EC3, éstos se pueden exportar a RSTAB, de manera similar a la exportación de las secciones modificadas. También es posible importar los materiales utilizados originalmente desde RSTAB. Los materiales modificados en el módulo adicional están resaltados en azul.

No se necesita transferir los materiales a RSTAB manualmente. Ir a tabla 1.2 *Materiales*, y luego seleccionar **Exportar todos los materiales a RSTAB** en el menú **Editar**.

También el menú contextual de la tabla 1.2 proporciona opciones para transferir materiales modificados a RSTAB.

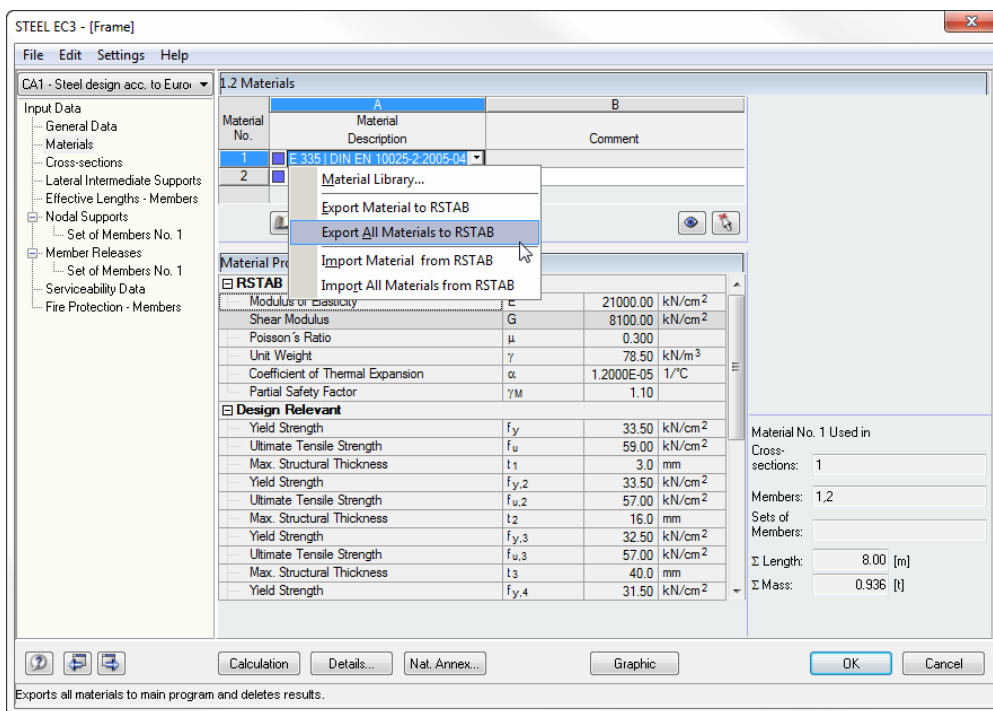


Figura 7.8: El menú contextual de la tabla 1.2 *Materiales*

Calculation

Antes que los materiales modificados sean transferidos a RSTAB, aparece una consulta de seguridad debido a que la transferencia requiere la eliminación de los resultados. Al confirmar la consulta e iniciar el [Cálculo] en STEEL EC3, se determinarán y realizarán en un sólo cálculo las solicitaciones de RSTAB así como los cálculos de STEEL EC3.

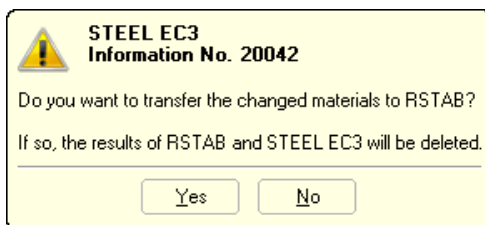


Figura 7.9: Consulta antes de la transferencia de los materiales modificados a RSTAB

7.4 Unidades y decimales

Las unidades y decimales tanto para RSTAB como para todos los módulos adicionales se administran en un cuadro de diálogo global. En el módulo adicional STEEL EC3, se puede utilizar el menú para definir las unidades. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Unidades y decimales** en el menú **Configuración**.

El programa abre el siguiente cuadro de diálogo que ya es conocido en RSTAB. El módulo adicional STEEL EC3 está disponible de manera predefinida.

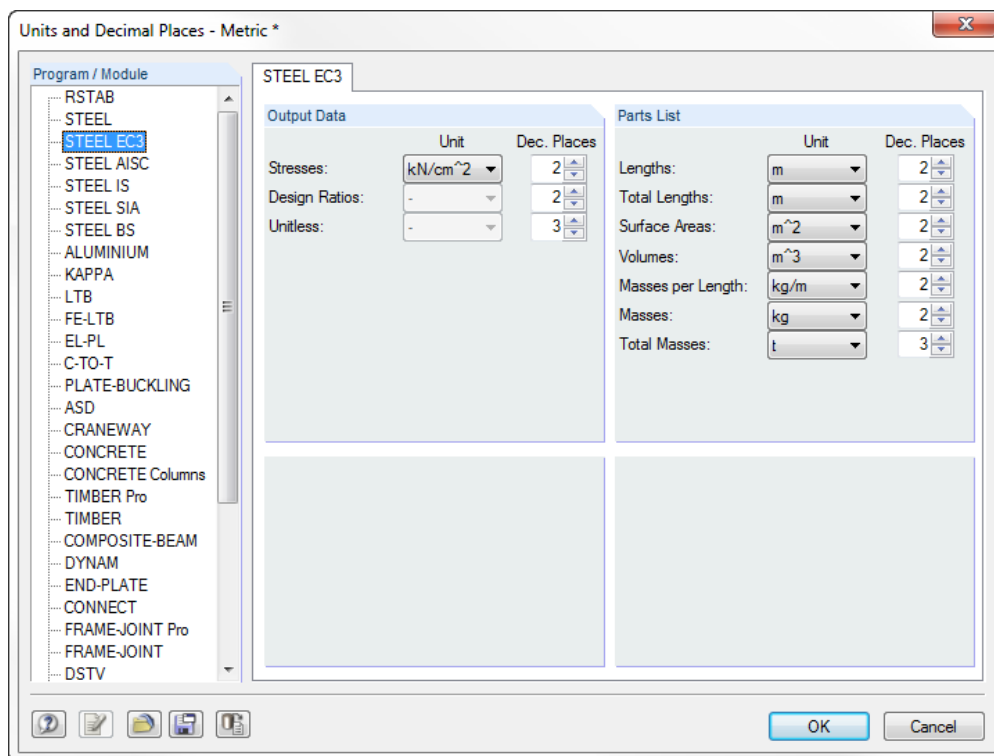


Figura 7.10: Cuadro de diálogo *Unidades y decimales*



Los ajustes se pueden guardar como perfil de usuario para reutilizarlos en otras estructuras. Las funciones están descritas en el manual de RSTAB, capítulo 11.6.2, página 351.

7.5 Exportación de resultados

Los análisis se pueden proporcionar a otros programas de varias maneras.

Portapapeles

Para copiar las celdas seleccionadas en las tablas de resultados de STEEL EC3 al portapapeles, use las teclas del teclado [Ctrl]+[C]. Para insertar celdas, p. ej. en un programa de procesador de textos, presione [Ctrl]+[V]. Las cabeceras de las columnas de la tablas no se transferirán.

Informe

Los datos del módulo adicional STEEL EC3 se pueden imprimir en el informe global (ver capítulo 6.1, página 59) para exportarlos posteriormente. Para ello, en el informe,

seleccione **Exportar a archivo RTF o BauText** en el menú **Archivo**.

La función está descrita en detalle en el manual de RSTAB, capítulo 10.1.11, página 249.

Excel / OpenOffice

STEEL EC3 proporciona una función de exportación de datos directa a MS Excel, OpenOffice.org Calc o el formato de archivo CSV. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente, seleccione **Exportar tablas** en el menú **Archivo** en el módulo adicional de STEEL EC3.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo de exportación.

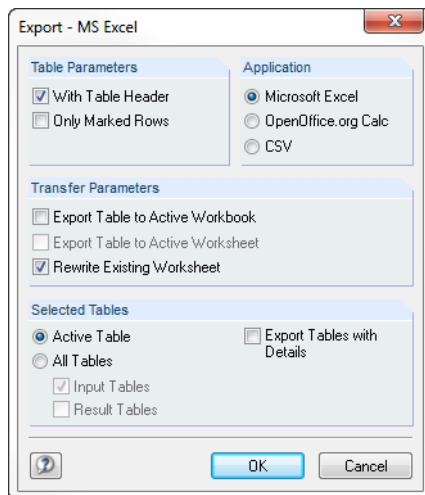


Figura 7.11: Cuadro de diálogo *Exportar - MS Excel*

Una vez se hayan seleccionado los parámetros relevantes, inicie la exportación haciendo clic en [Aceptar]. Se iniciará Excel o bien OpenOffice automáticamente. No es necesario que los programas estén funcionando en el fondo.

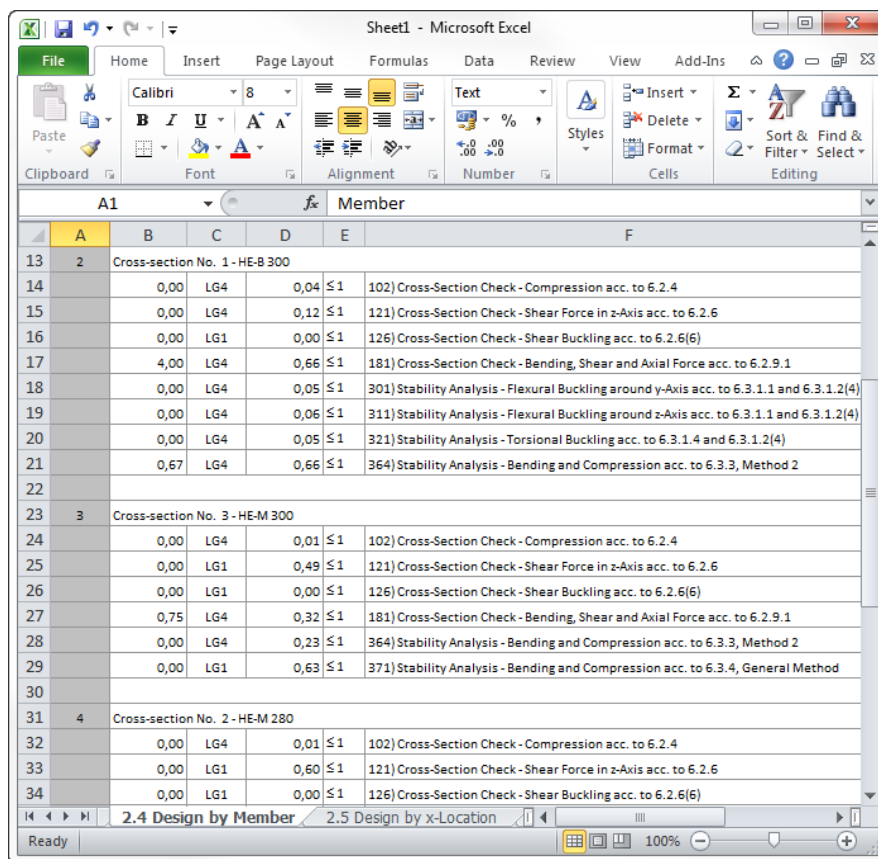


Figura 7.12: Resultado en Excel

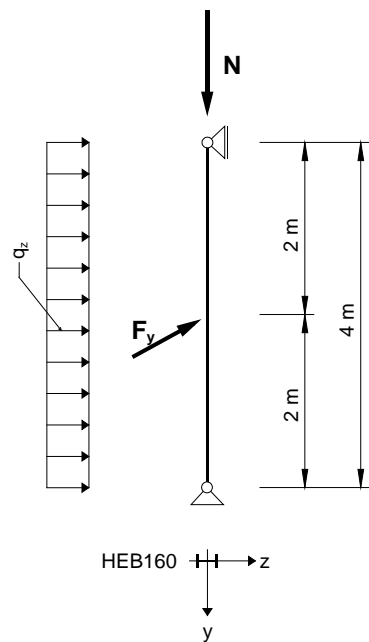
8. Ejemplos

8.1 Estabilidad

En el presente ejemplo, se realizan los cálculos determinantes de estabilidad para pandeo por flexión y pandeo lateral para un pilar con flexión desviada, considerando las condiciones de interacción.

Valores de cálculo

Sistema y cargas



Valores de cálculo de las cargas estáticas:

$$\begin{aligned} N_d &= 300 \text{ kN} \\ q_{z,d} &= 5.0 \text{ kN/m} \\ F_{y,d} &= 7.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Figura 8.1: Sistema y cargas de cálculo (múltiplo de γ)

Solicitaciones según el análisis lineal estático

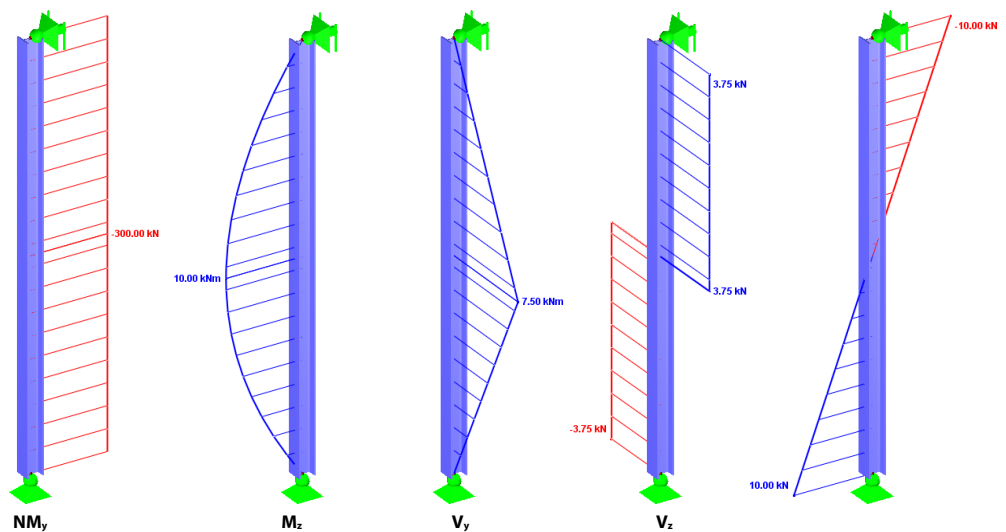


Figura 8.2: Solicitaciones

Posición de cálculo (posición x determinante)

El cálculo se realiza por posiciones en x, esto es, en las posiciones definidas en x de la barra equivalente. La posición determinante es $x = 2.00$ con las siguientes solicitaciones de RSTAB:

$$N = -300.00 \text{ kN} \quad M_y = 10.00 \text{ kNm} \quad M_z = 7.50 \text{ kNm} \quad V_y = 3.75 \text{ kN} \quad V_z = 0.00 \text{ kN}$$

Propiedades de la sección HEB 160 - Acero S 235

Propiedad	Símbolo	Valor	Unidad
Área de la sección	A	54.30	cm ²
Momento de inercia	I _y	2490.00	cm ⁴
Momento de inercia	I _z	889.00	cm ⁴
Radio de giro determinante	r _y	6.78	cm
Radio de giro determinante	r _z	4.05	cm
Radio de giro polar	r _o	7.90	cm
Radio de giro polar	r _{o,M}	41.90	cm
Peso	wt	42.63	kg/m
Módulo de torsión	J	31.40	cm ⁴
Módulo de alabeo	C _w	47940.00	cm ⁶
Módulo resistente elástico	S _y	311.00	cm ³
Módulo resistente elástico	S _z	111.00	cm ³
Módulo resistente plástico	Z _y	354.00	cm ³
Módulo resistente plástico	Z _z	169.96	cm ³
Curva de pandeo	CP _y	b	
Curva de pandeo	CP _z	c	

Pandeo por flexión en el eje menor (⊥ eje z-z)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 889.00 \cdot \pi^2}{400.00^2} = 1151.60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{54.30 \cdot 23.5}{1151.60}} = 1.053$$

$$\bar{\lambda}_z = 1.053 > 0.2 \quad \rightarrow \text{Se debe realizar el cálculo para pandeo por flexión.}$$

$$\text{Geometría de la sección: } \frac{h}{b} = 1.00 \leq 1.2 \quad \text{acero estructural S235 } t \leq 100 \text{ mm}$$

[1], tabla 6.2, fila 3, columna 4: curva de pandeo c

$$\Rightarrow \alpha_z = 0.49 \text{ (tabla 6.1)}$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + 0.49 \cdot (1.053 - 0.2) + 1.053^2 \right] = 1.263$$

$$\chi_z = \frac{1}{1.263 + \sqrt{1.263^2 - 1.053^2}} = 0.510$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0.510 \cdot 54.30 \cdot 23.5 / 1.0} = 0.461$$

Valores de resultados según el cálculo de STEEL EC3

Momento de inercia de la sección	I_z	889.00	cm ⁴		
Longitud de barra eficaz	$L_{cr,z}$	4.00	m		
Carga crítica de pandeo	$N_{cr,z}$	1151.60	kN		
Esbeltez	λ_{-z}	1.053		> 0.2	6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	BC_z	c			Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α_z	0.49			Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	Φ_z	1.263			6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ_z	0.51			Ec. (6.49)

Pandeo por flexión en el eje mayor (\perp a eje)

$$N_{cr,y} = \frac{21000 \cdot 2490.00 \cdot \pi^2}{400.00^2} = 3225.51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{54.30 \cdot 23.5}{3225.51}} = 0.629$$

$\bar{\lambda}_y = 0.629 > 0.2 \rightarrow$ Se debe realizar el cálculo para pandeo por flexión.

Geometría de la sección: $\frac{h}{b} = 1.00 \leq 1.2$ acero estructural S235 $t \leq 100$ mm

[1], tabla 6.2, fila 3, columna 4: curva de pandeo b

$\Rightarrow \alpha_y = 0.34$ (tabla 6.1)

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + 0.34 \cdot (0.629 - 0.2) + 0.629^2 \right] = 0.771$$

$$\chi_y = \frac{1}{0.771 + \sqrt{0.771^2 - 0.629^2}} = 0.822$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0.822 \cdot 54.30 \cdot 23.5 / 1.0} = 0.286$$

Valores de resultados según el cálculo de STEEL EC3

Momento de inercia de la sección	I_y	2490.00	cm ⁴		
Longitud de barra eficaz	$L_{cr,y}$	4.00	m		
Carga crítica de pandeo	$N_{cr,y}$	3225.51	kN		
Área de la sección	A	54.30	cm ²		
Límite elástico	f_y	23.50	kN/cm ²		3.2.1
Esbeltez	λ_{-y}	0.629		> 0.2	6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	BC_y	b			Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α_y	0.34			Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	Φ_y	0.771			6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ_y	0.822			Ec. (6.49)

Pandeo lateral

Momento elástico crítico ideal

El momento elástico crítico ideal para pandeo lateral se determinará en el presente ejemplo según el Anejo Nacional de Austria (AN), considerando apoyos articulados fijos libres de alabeo.

El punto de la aplicación de la carga se asume que está en el punto medio de cortante. El punto de aplicación de las cargas transversales se puede ajustar en los ajustes de detalle (ver capítulo 3.1.2, página 32).

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{C_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot J}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}}$$

$$M_{cr} = 1.13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8100 \cdot 31.40}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}} = 215.71 \text{ kNm}$$

La salida de resultados del programa incluye también $M_{cr,0}$ que se determina asumiendo una distribución de momentos constante.



Para los resultados evaluados por posiciones x , el programa también muestra los valores $M_{cr,x}$. Representan los momentos críticos elásticos ideales en las posiciones x en relación al momento crítico elástico ideal en la posición de momento máximo. Con $M_{cr,x}$ el programa calcula la esbeltez correspondiente $\bar{\lambda}_{LT}$.

Elbeltez para pandeo lateral

Cálculo según [1], capítulo 6.3.2.2, para posición con momento máximo $t \ x = 2.00 \text{ m}$:

HEB-160, sección de clase 1: $S_y \Rightarrow Z_y = 354.0 \text{ cm}^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{S_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23.5}{215.71}} = 0.621$$

Coefficiente de reducción χ_{LT}

Cálculo de acuerdo a [1], capítulo 6.3.2.3

HEB-160: $d/w = 1.0 < 2.0 \Rightarrow$ curva de pandeo "b" de acuerdo a la tabla 6.5

$$\text{Coeficiente auxiliar: } \Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + 0.34 \cdot (0.621 - 0.40) + 0.75 \cdot 0.621^2 \right] = 0.682$$

Esbeltez límite: $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0.40$

Parámetro (valor mínimo): $\beta = 0.75$

Coeficiente de imperfección: $\alpha_{LT} = 0.34$ (tabla 6.3)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0.682 + \sqrt{0.682^2 - 0.75 \cdot 0.621^2}} = 0.908$$

De acuerdo con [1], capítulo 6.3.2.3, el coeficiente de imperfección se puede modificar como sigue:

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \quad \text{donde } f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2.0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{0.908}{0.972} = 0.934$$

Para un diagrama de momentos parabólico, se obtiene el siguiente coeficiente de corrección k_c :

$$k_c = 0.94 \quad (\text{tabla 6.6})$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2.0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.94) \cdot [1 - 2.0 \cdot (0.621 - 0.8)^2] = 0.972$$

Coefficientes de interacción k_{yy} y k_{yz}

Determinación de acuerdo a [1], Anejo B, tabla B2, para elementos susceptibles a deformación por torsión

El factor de momento equivalente C_{mLT} de acuerdo a la tabla B3 para $\psi = 0$ resultados en:

$$C_{my} = C_{mLT} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95 \quad \text{donde} \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0 / 10 = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0.95 \cdot (1 + (0.629 - 0.2) \cdot 0.286) \leq 0.95 \cdot (1 + 0.8 \cdot 0.286) = \underline{\underline{1.067}} \leq 1.167$$

$$k_{yz} = 0.60 \cdot k_{zz} = 0.60 \cdot 1.481 = \underline{\underline{0.888}}$$

Coefficientes de interacción k_{zy} y k_{zz}

Determinación de acuerdo a [1], Anejo B, tabla B2, para elementos susceptibles a deformación por torsión

El factor de momento equivalente C_{mLT} acuerdo a la tabla B3 para $\psi = 0$ resultados en:

$$C_{mz} = 0.90 + 0.01 \cdot \alpha_h = 0.90 \quad \text{donde} \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0 / 10 = 0$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \geq \left(1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0.1 \cdot 1.053}{(0.95 - 0.25)} \cdot 0.461 \right) \geq \left(1 - \frac{0.1}{(0.95 - 0.25)} \cdot 0.461 \right) = 0.892 \leq 0.934$$

$$k_{zy} = \underline{\underline{0.934}}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0.90 \cdot (1 + (2 \cdot 1.053 - 0.6) \cdot 0.461) \leq 0.90 \cdot (1 + 1.4 \cdot 0.461) = 1.525 \geq 1.481$$

$$k_{zz} = \underline{\underline{1.481}}$$

Cálculo de interacción para pandeo en el eje mayor y pandeo lateral

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad \text{de acuerdo a [1], Ec. (6.61)}$$

$$M_{y,Rk} = Z_y \cdot f_y = 354 \cdot 23.5 = 8319 \text{ kNcm} = 83.19 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = Z_z \cdot f_y = 169.96 \cdot 23.5 = 3994.1 \text{ kNcm} = 39.94 \text{ kNm}$$


$$\frac{300}{0.822 \cdot \frac{1276.05}{1.0}} + 1.067 \cdot \frac{10.0}{0.908 \cdot \frac{83.19}{1.0}} + 0.888 \cdot \frac{7.50}{\frac{39.94}{1.0}} = \underline{\underline{0.594}} \leq 1$$

Cálculo de interacción para pandeo en el eje menor y pandeo lateral

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad \text{de acuerdo a [1], Ec. (6.62)}$$

$$\frac{300}{0.510 \cdot \frac{1276.05}{1.0}} + 0.934 \cdot \frac{10.0}{0.908 \cdot \frac{83.19}{1.0}} + 1.481 \cdot \frac{7.50}{\frac{39.94}{1.0}} = \underline{\underline{0.863}} \leq 1$$

Valores de resultados según el cálculo de STEEL EC3

Canto de la sección	h	160.0	mm		
Ancho de la sección	b	160.0	mm		
Razón	h/b	1.00			Tab. 6.5
Curva de pandeo	C _{PT}	b			Tab. 6.5
Coefficiente de imperfección	α _{LT}	0.34			Tab. 6.3
Módulo de cortante	G	8100.00	kN/cm ²		
Coefficiente de longitud	k _z	1.00			
Coefficiente de longitud	k _w	1.00			
Longitud	L	4.00	m		
Módulo de alabeo	C _w	47940.00	cm ⁶		
Módulo de torsión	J	31.40	cm ⁴		
Momento elástico crítico ideal para pandeo lateral para la determinación de las esbelteces correspondientes	M _{cr,0}	190.90	kNm		
Distribución de momentos	Diagr M _y	6) Parábola			
Momento de campo máx.	M _{y,max}	10.00	kNm		
Momento límite	M _{y,A}	0.00	kNm		
Relación de momentos	ψ	0.00			
Factor de momento	C ₁	1.13			[2]
Momento elástico crítico ideal	M _{cr}	215.71	kNm		
Módulo resistente	W _y	354.00	cm ³		
Esbeltez	λ _{LT}	0.621			6.3.2.2(1)
Parámetro	λ _{LT,0}	0.40			6.3.2.3(1)
Parámetro	β	0.75			6.3.2.3(1)
Coefficiente auxiliar	Φ _{LT}	0.682			6.3.2.3(1)
Coefficiente de reducción	χ _{LT}	0.908			Ec. (6.57)
Coefficiente de corrección	k _c	0.94			6.3.2.3(2)
Factor de modificación	f	0.972			6.3.2.3(2)
Coefficiente de reducción	k _{LT,mod}	0.934			Ec. (6.58)
Distribución de momentos	Diagr M _y	3) Máx. en campo			Tab. B.3
Factor de momento	ψ _y	1.00			Tab. B.3
Momento	M _{hy}	0.00	kNm		Tab. B.3
Momento	M _{sy}	10.00	kNm		Tab. B.3

Relación $M_{h,y} / M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	0.00			Tab. B.3
Tipo de carga	Carga z	Carga uniforme			Tab. B.3
Factor de momento	$C_{m,y}$	0.95			Tab. B.3
Distribución de momentos	Diagr M_z	3) Máx. en campo			Tab. B.3
Factor de momento	ψ_z	1.00			Tab. B.3
Momento	$M_{h,z}$	0.00	kNm		Tab. B.3
Momento	$M_{s,z}$	7.50	kNm		Tab. B.3
Relación $M_{h,z} / M_{s,z}$	$\alpha_{h,z}$	0.00			Tab. B.3
Tipo de carga	Carga y	Carga puntual			Tab. B.3
Factor de momento	$C_{m,z}$	0.90			Tab. B.3
Distribución de momentos	Diagr $M_{y,LT}$	3) Máx. en campo			Tab. B.3
Factor de momento	$C_{y,LT}$	1.00			Tab. B.3
Momento	$M_{h,y,LT}$	0.00	kNm		Tab. B.3
Momento	$M_{s,y,LT}$	10.00	kNm		Tab. B.3
Relación $M_{h,y,LT} / M_{s,y,LT}$	$\alpha_{h,y,LT}$	0.00			Tab. B.3
Tipo de carga	Carga z	Carga uniforme			Tab. B.3
Factor de momento	$C_{m,LT}$	0.95			Tab. B.3
Tipo de componente	Componente	Torsionalmente débil			
Coeficiente de interacción	k_{yy}	1.067			Tab. B.2
Coeficiente de interacción	k_{yz}	0.888			Tab. A.1
Coeficiente de interacción	k_{zy}	0.934			Tab. A.1
Coeficiente de interacción	k_{zz}	1.481			Tab. A.1
Esfuerzo axil (compresión)	N_{Ed}	300.00	kN		
Área de sección determinante	A_i	54.30	cm ²		Tab. 6.7
Resistencia a compresión	N_{Rk}	1276.05	kN		Tab. 6.7
Coeficiente parcial	γ_{M1}	1.00			6.1
Componente de cálculo para N	η_{Ny}	0.29		<input type="checkbox"/>	Ec. (6.61)
Componente de cálculo para N	η_{Nz}	0.46		<input type="checkbox"/>	Ec. (6.62)
Momento	$M_{y,Ed}$	10.00	kNm		
Momento resistente	$M_{y,Rk}$	83.19	kNm		Tab. 6.7
Componente de momento	η_{My}	0.13			Ec. (6.61)
Momento	$M_{z,Ed}$	7.50	kNm		
Módulo resistente	W_z	169.96	cm ³		
Momento resistente	$M_{z,Rk}$	39.94	kNm		Tab. 6.7
Componente de momento	η_{Mz}	0.19			Ec. (6.61)
Cálculo 1	η_1	0.59		<input type="checkbox"/>	Ec. (6.61)
Cálculo 2	η_2	0.86		<input type="checkbox"/>	Ec. (6.62)

8.2 Protección contra incendios

Este ejemplo presenta el dimensionamiento para protección contra el fuego de un pilar de acero.

Sistema y cargas

Perfil del pilar: HEB 300, acero S235

Sistema: pilar articulado fijo, $\beta=1.0$

Altura del sistema: 3 m

Carga: $G_k = 1200 \text{ KN}$

$Q_k = 600 \text{ KN}$



Figura 8.3: Sistema y cargas

Estado límite último para temperatura de la estancia

Pandeo por flexión en el eje menor (\perp eje z-z)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 8560.00 \cdot \pi^2}{300.00^2} = 19712.90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{149.0 \cdot 24.0}{19712.90}} = 0.426$$

$\bar{\lambda}_z = 0.426 > 0.2 \rightarrow$ Se debe realizar el cálculo para pandeo por flexión.

Geometría estructural: $\frac{h}{b} = 1.00 \leq 1.2$ acero estructural S235 $t \leq 100 \text{ mm}$

[1], tabla 6.2, fila 3, columna 4: curva de pandeo c

$\Rightarrow \alpha_z = 0.49$ (tabla 6.1)

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + 0.49 \cdot (0.426 - 0.2) + 0.426^2 \right] = 0.646$$

$$\chi_z = \frac{1}{0.646 + \sqrt{0.646^2 - 0.426^2}} = 0.884$$

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot G_k + 1.5 \cdot Q_k = 1.35 \cdot 1200 + 1.5 \cdot 600 = 2520 \text{ kN}$$

Cálculo

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{2520}{0.884 \cdot 149.0 \cdot 24.0 / 1.1} = 0.877 \leq 1.0$$

Valores de resultados según el cálculo de STEEL EC3

Momento de inercia de la sección	I_z	8560.00	cm ⁴		
Longitud de barra eficaz	$L_{cr,z}$	3.00	m		
Carga crítica de pandeo	$N_{cr,z}$	19712.9	kN		
Esbeltez	λ_{z}	0.4259		> 0.2	6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	CP_z	c			Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α_z	0.49			Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	Φ_z	0.646			6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ_z	0.884			Ec. (6.49)
Resistencia a pandeo por flexión	$N_{b,z,Rd}$	2872.27	kN		Ec. (6.47)
Cálculo	η	0.877		≤ 1.0	Ec. (6.46)

Cálculo de protección contra incendios

Después de una carga de fuego de 90 min, según la curva normalizada de tiempo-temperatura, la temperatura media del acero es 524 °C.

Se utiliza un revestimiento en forma de caja GFK (plástico reforzado de vidrio) como material de protección frente al fuego y tiene las siguientes características:

$$\text{Peso específico: } \rho_p = 945.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Conductividad térmica: } \lambda_p = 0.20 \frac{\text{W}}{\text{k}}$$

$$\text{Capacidad calorífica específica: } c_p = 1700 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{Espesor: } d_p = 18 \text{ mm}$$

Determinación de los factores de reducción

$$k_{y,\theta} = 0.703 \quad \text{según [2], tabla 3.1}$$

$$k_{E,\theta} = 0.528 \quad \text{según [2], tabla 3.1}$$

Cálculo en caso de incendio según [2], 4.2.3.2

Coefficiente de imperfección α :

$$\alpha = 0.65 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.65 * \sqrt{\frac{235}{240}} = 0.643$$

Esbeltez relativa adimensional $\bar{\lambda}_\theta$:

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} * \left[\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0.5} = 0.426 * \left[\frac{0.703}{0.528} \right]^{0.5} = 0.491$$

Coficiente auxiliar:

$$\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} * \left[1 + \alpha * \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2 \right] = \frac{1}{2} * \left[1 + 0.643 * 0.491 + 0.491^2 \right] = 0.778$$

Factor de reducción para pandeo por flexión en caso de fuego:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}} = \frac{1}{0.778 + \sqrt{0.778^2 - 0.491^2}} = 0.723$$

Resistencia a pandeo del componente estructural sujeto a compresión:

$$N_{b,fi,Rd} = \frac{\chi_{fi} * A * k_{y,\theta} * f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{0.723 * 149.0 * 0.703 * 24}{1.0} = 1817.83$$

Carga en caso de fuego:

$$N_{fi,Ed} = 1.0 * G_k + 0.9 * Q_k = 1.0 * 1200 + 0.9 * 600 = 1740 \text{ kN}$$

Cálculo

$$\eta = \frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,Rd}} = \frac{1740}{1817.83} = 0.957 \leq 1.0$$

Valores de resultados según el cálculo de STEEL EC3

Coficiente de reducción	$k_{y,\theta}$	0.703			EN 1993-1-2, Tab. 3.1
Coficiente de reducción	$k_{E,\theta}$	0.528			EN 1993-1-2, Tab. 3.1
Esbeltez	$\lambda_{z,\theta}$	0.4915			EN 1993-1-2, Ec. (4.7)
Coficiente de imperfección	α	0.6432			EN 1993-1-2, 4.2.3.2(2)
Coficiente auxiliar	$\varphi_{z,\theta}$	0.778			EN 1993-1-2, 4.2.3.2(2)
Coficiente de reducción	$\chi_{z,fi}$	0.723			EN 1993-1-2, Ec. (4.6)
Resistencia a pandeo por flexión	$N_{b,fi,z,\theta,Rd}$	1817.83	kN		
Cálculo	η	0.957		≤ 1.0	EN 1993-1-2, Ec. (4.1)

A Referencias

- [1] EN 1993-1-1: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2005 (UNE-EN 1993-1-1: Proyecto de estructuras de acero – Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios , 2008)
- [2] EN 1993-1-2: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design, 2005
- [3] EN 1993-1-4: Design of steel structures – Part 1-4: General rules - Supplementary rules for stainless steels, 2006
- [4] Tragwerke aus Stahl nach Eurocode 3, Werner, 1. Auflage 1996
- [5] The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3 , N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot, L. Gardner, Taylor & Francis Ltd 2007
- [6] Rules for Member Stability in EN 1993-1-1, ECCS Technical Committee 8 – Stability
- [7] Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3, Naumes J., Stroh-mann I., Ungermann D., Sedlacek G., Stahlbau 77 (2008) Heft 10, Ernst & Sohn
- [8] Biegeknicke und Biegedrillknicke von Stäben auf einheitlicher Grundlage, Naumes J., Feldmann M., Sedlacek G., Stahlbau 70 (2010)

B Índice

A		
Acero inoxidable.....	14, 16	
Análisis de deformaciones	29	
Análisis de estabilidad.....	13, 21, 32	
Análisis de segundo orden.....	33	
Anejo Nacional	9, 12	
Apoyo articulado fijo.....	21, 25	
Apoyo en nudo.....	26	
Apoyos intermedios.....	21	
Apoyos laterales intermedios.....	21	
Área de la superficie.....	48	
Articulación en barra.....	28	
B		
Barra comprimida	23	
Barras	9	
Barras de colores	51	
Biblioteca de materiales	16	
Biblioteca de perfiles.....	17, 18	
Botones	51	
C		
Cálculo	9, 31, 41, 42	
Cálculo de protección frente al fuego	30, 36	
Cálculo de soldaduras	37	
Cálculo en colores.....	57	
Capacidad de carga	9	
Característica.....	11	
Carga límite.....	33	
Carga transversal	33	
Caso de cálculo.....	53, 61, 62	
Caso de carga.....	9, 10, 11, 45	
Casos especiales	33	
Clase de sección	32	
Clasificación	31	
Coacción al alabeo.....	25	
Coeficiente de longitud de pandeo	24	
Coeficientes parciales de seguridad.....	12	
Combinación de cálculo.....	10	
Combinación de carga	9, 10	
Comentarios	11	
Configuración de detalles.....	31	
Conjunto de barras	9, 26, 28, 29, 35, 43, 46, 50	
Contraflecha	29	
Cuasipermanente.....	11	
Curva de temperatura.....	36	
D		
Datos generales	8	
Decimales.....	15, 66	
Deformación	10	
Deformación límite.....	35	
Descripción del material.....	15	
Detalles de cálculo.....	31	
Diagrama de resultados	56, 59	
Diagrama de resultados oculto	58	
Diagramas en barras	54	
E		
Esbeltez de barra	37, 47	
Escalado	54	
Esfuerzos internos	63	
Estado límite de servicio.....	51	
Estado límite último.....	31, 51	
Evaluación de resultados.....	51	
Excel	67	
Exportar	61, 66	
Exportar material.....	65	
Exportar sección.....	64	
Exposición al fuego.....	30	
Extremos de barras desplazados	35	
F		
Factor de incremento	33	
Filtrado de barras	58	
Filtro	57	
Frecuente	11	
G		
Gráfico de RSTAB.....	59	
Gráfico en fondo	52	
I		
Impresión de gráficos	59	
Imprimir	59	
Información de la sección.....	19	
Informe	59, 60	

Iniciar el cálculo	39	Peso unitario	49
Iniciar el programa	6	Posición x	42, 45
Iniciar RF-STEEL EC3	6	Propiedades del material	15
Instalación	5	Protección frente al fuego	11, 51
L		Punto de tensión	19
Lista de barras	29	Q	
Lista de piezas	47, 50	Quitar RF-STEEL EC3	8
Longitud	22, 48	R	
Longitud de barra equivalente	22	Razón	42
Longitud de pandeo	22, 23	Razón de tensiones	20
Longitud de pandeo lateral	25	Relativa	21
Longitud de referencia	11	Renderizado	57
Longitud eficaz	22	Representación de resultados	53
M		Resistencia al fuego	10
Material	15	RF-STABILITY	23
Método de la barra equivalente	35	S	
Método general	35	Sección paramétrica	63
Modo visualización	51, 52	Sección variable	18, 33, 43, 64
Momento elástico crítico	33	Secciones	17
N		Seleccionar tablas	8
Naumes	13	Servicio	29, 35
Navegador	8	Sistema no deformado	35
Navegador mostrar	53, 57	Situación de cálculo	42
No deformado	33	Solicitaciones	45
Nota	20	Suma	49
O		T	
OpenOffice	67	Tablas	8
Optimización	20, 37, 63	Tablas de resultados	41
Optimización de secciones	63	Tipo de estructura	33
Optimization	63	Tipo de protección	30
P		Tipo de viga	29
Paleta de colores	57	Torsión	33
Pandeo	23	U	
Pandeo en eje	23	Unidades	15, 66
Pandeo lateral	12, 21, 24	V	
Pandeo por flexión	21, 23	Valores de resultados	53
Panel	7, 53, 57	Valores límite	9, 10, 12
Panel de control	57	Ventana de trabajo de RSTAB	52
Parte	48	Vista parcial	57
Perfil de usuario	66	Visualización	53
Peso	49	Volumen	48